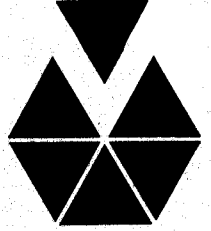
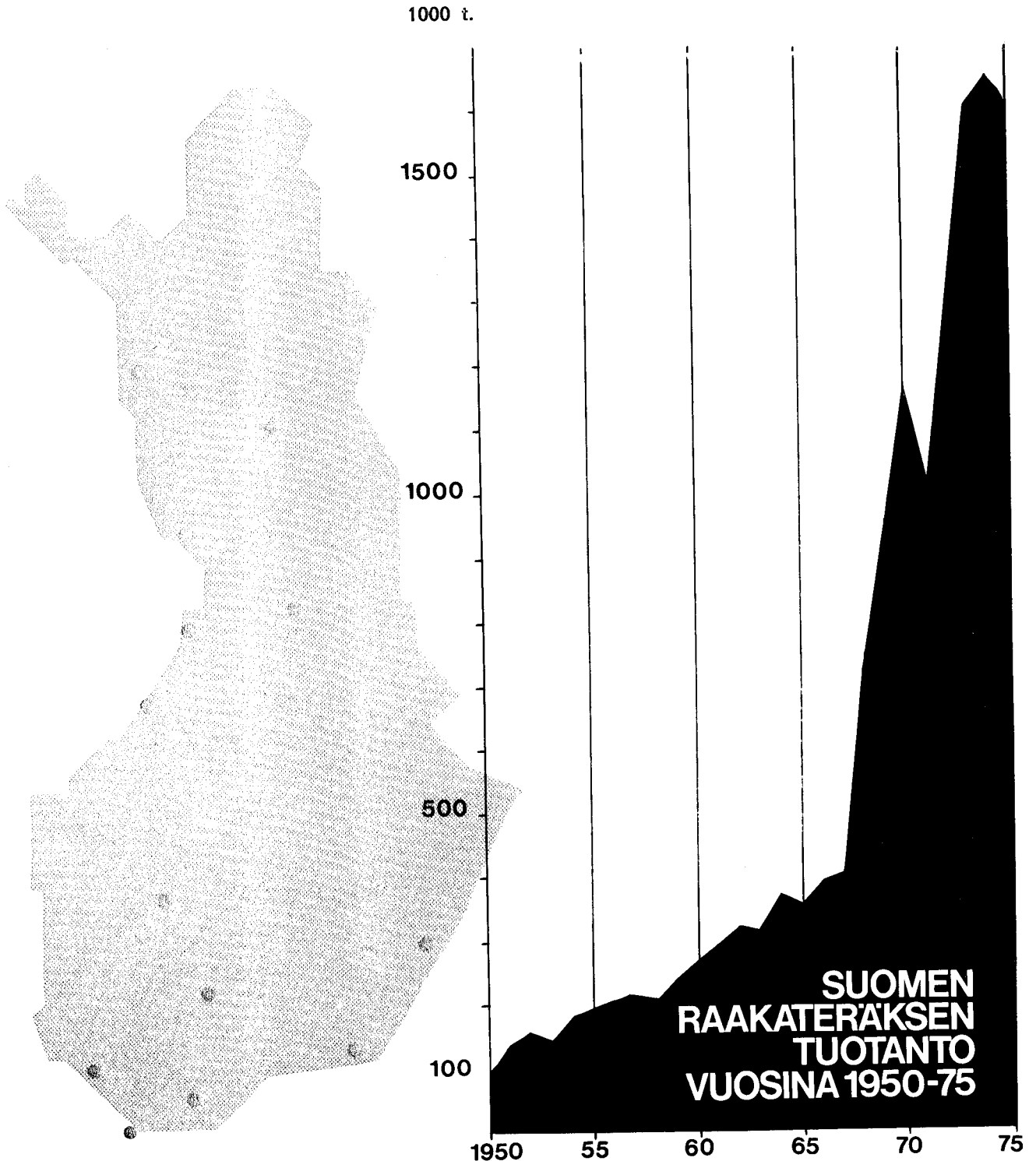


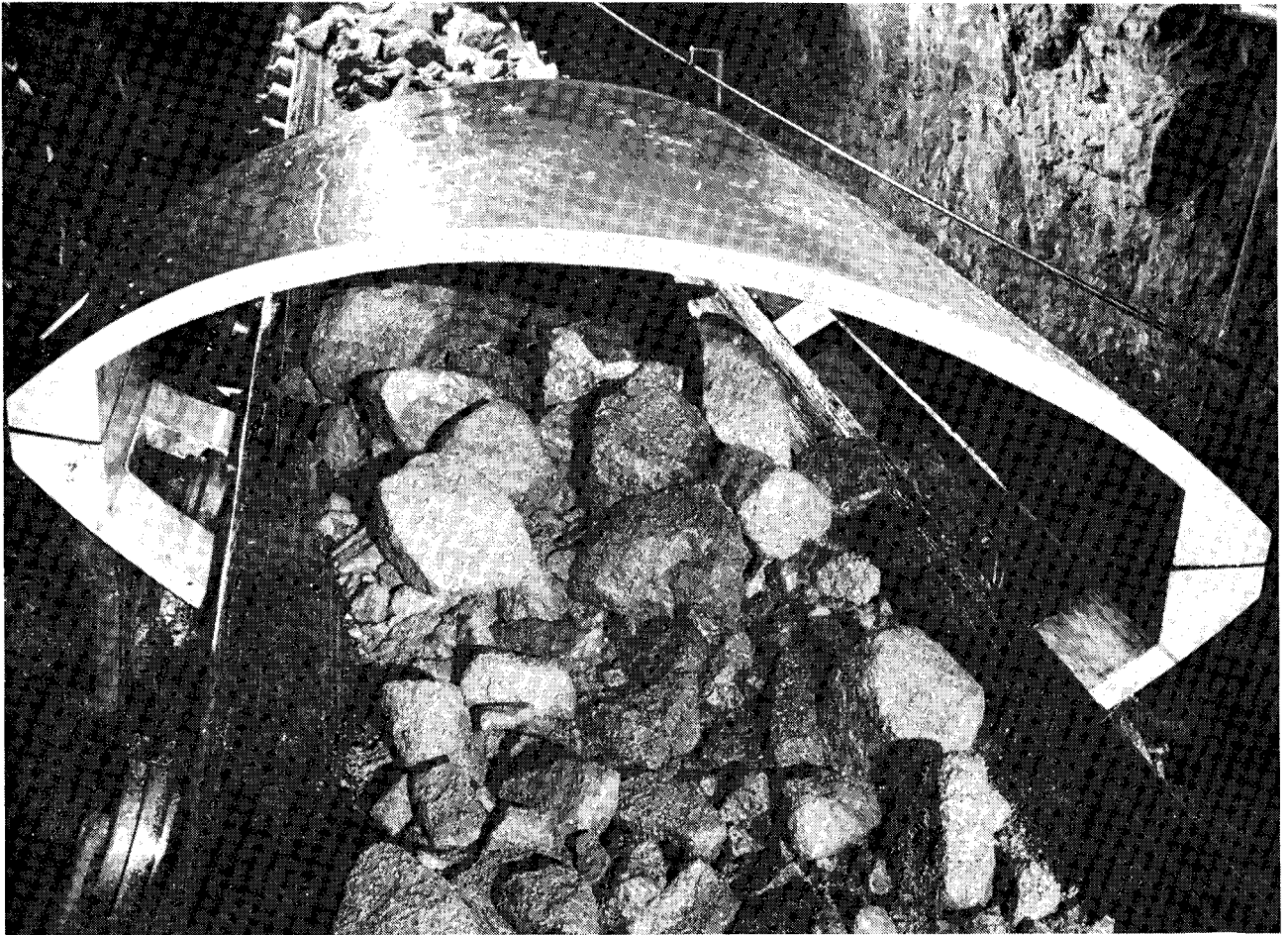
VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 1 1976
34. vuosikerta

Julkaisija: Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.





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

Outokumpu Oy:n kehittämä METOR[®] on rakenteeltaan ja toiminnaltaan markkinoiden pätevin metallinilmaisin.

METOR[®] katkaisee haitallisten metallikappaleiden – myös mangaaniteräksen – matkan varmasti ja tehokkaasti.

Vaikka malmi olisi magneettista.

METOR[®] on patentoitu kaikkialla maailmassa.



OUTOKUMPU OY

TEKNILLINEN VIENTI, 02100 ESPOO 10



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

suodattimia ja sakeuttimia kaivosteollisuudelle

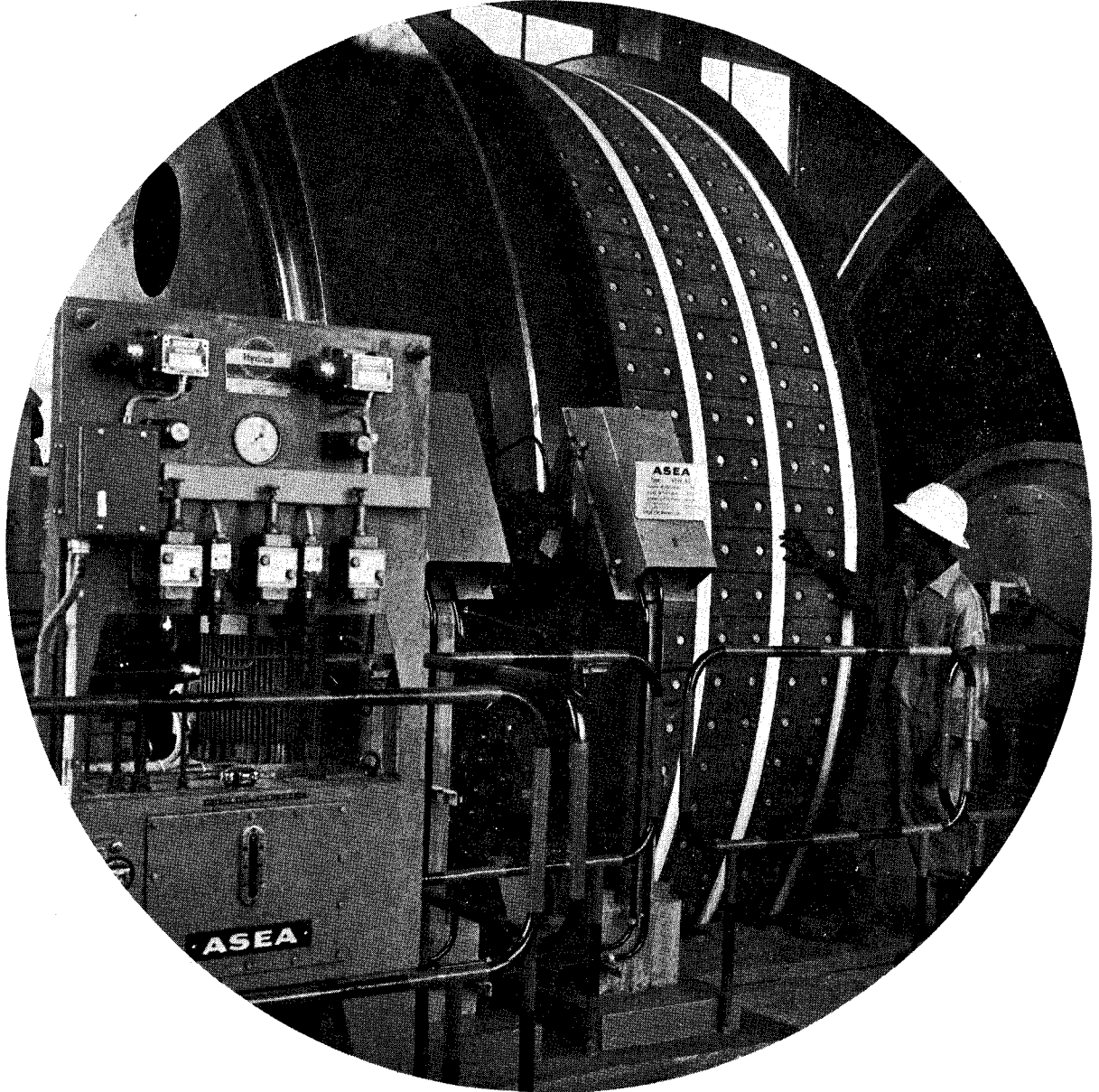
ENSO-KONEPAJARYHMÄ valmistaa Eimco Processing Machinery Division of Envirotech Corporationin lisenssillä erilaisia kaivosteollisuuden tarpeisiin suunniteltuja suodattimia ja sakeuttimia sekä muita laitteita kiinteiden aineiden erottamiseksi nesteistä.

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

ENSO

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

Mitä ASEA tarjoaa kaivosteollisuudelle?



Kokemusta

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

Teknistä taitoa

ASEA on edelläkävijä tyristorikäyttöjen, kitkapyöränostokoneiden, automaattisen punnituksen ja säätöjen kehittämisessä.

Automaattisia järjestelmiä

ASEA pystyy tarjoamaan pitkälle koneellistettuja kaivosnostokoneita ja automatisointeja, joita voidaan käyttää henkilö- ja tavarakuljetuksissa, vetureissa, vaunuissa, moottorikäyttöissä, lastaus- ja purkausjärjestelmissä sekä varastoinnissa.

Järkiperäisyyttä

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

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

ASEA



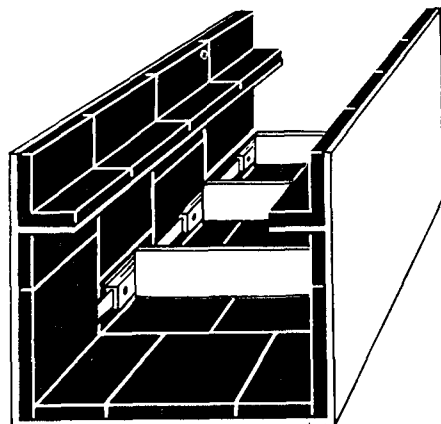
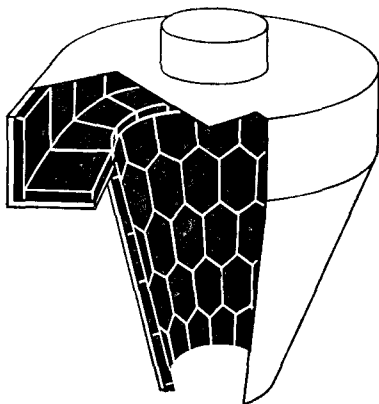
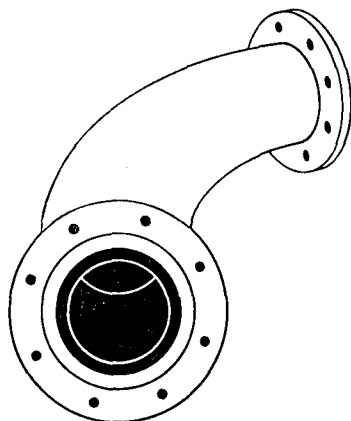
DEVCON

muoviteräs

Devcon muoviteräs tilapäisiin ja pysyviin korjauksiin.

Devcon-tuotteita on käytetty menestyksellisesti ympäri maailmaa rikkoutuneiden pumppujen, venttiilien, valukappaleiden, murtuneiden putkien, kompressoreiden, teräs-, lasi- tai puusäiliöiden, hydraulikkasyntereiden, leikkautuneiden kierteiden, kuljetushihnojen ym. korjaamiseen. Näitä käytetään myös kulutus-pintojen uusimiseen tai vanhojen laitteiden kunnostamiseen, tiivisteiden valmistamiseen, säiliöiden vuoraamiseen tai yleensä laitteiden suojaamiseen hankaavalta ja kemialliselta kulutukselta.

Ottakaa yhteys, kerromme mielellämme lisää Devcon -tuotteiden monipuolista käyttö-mahdollisuuksista.



sulabasalti suojaa kulumiselta

Hankaaminen ja kuluminen aiheuttavat kalliita vahinkoja ja seisonta-aikoja. Vahingot voidaan välttää käyttämällä Kalenbornin sulabasalttia. Tätä kulutusta erinomaisesti kestävä aine on tuotettu Kalenbornissa jo 30 vuoden ajan. Kaikkialla maailmassa on Kalenbornin sulabasaltilla vuorattuja, pitkäksi aikaa kulumiselta suojattuja laitteita.

Kääntykää puoleemme halutessanne yksityiskohtaisia tietoja Kalenbornin ohjelman tarjoamista eduista. Kalenbornissa valmistetaan sulabasaltin lisäksi "Kalen"-, "Kalceram"-, "Kalsica"- ja Kalelast"- tuotteita, joiden joukosta varmaan-kin löydätte oikean ratkaisun laitteisiinne kulumisongelmiin.



kalenborn



OY AXEL VON KNORRINGIN TEKNILLINEN TOIMISTO

00380 HELSINKI 38, KARVAAMOKUJA 6, PUH. 90-554 488 • TURKU, PUH. 921-337 755
 OULU, PUH. 981-224 312 • JYVÄSKYLÄ, PUH. 941-14 100 • TAMPERE, PUH. 931-31 230

Onko Teidän kuljetuskalustonne vakavasti otettava?

Kun Te kilpaillette urakoista, kiinnittää urakanantaja autoonne yhtä paljon huomiota kuin Teidän tarjoukseenne. KOCKUMS maansiirtoauto voi olla Teidän ratkaiseva valttinne.



Kockums huolehtii omistaan.

Kun hankitte KOCKUMS-maansiirtoauton, hankitte samalla varmuuden tehokkaasta huollosta. Kahdeksalla paikkakunnalla on huoltopiste, josta lähtee äkkiä paljon pystyvä huoltomies luoksenne työmaalle. Ja suuremmat huoltotoimet tapahtuvat tehokkaasti KOCKUMS-huoltokorjaamoissa.

Mielestämme koneitten pitää olla töissä. Silloin ne kannattavat.



412

kantavuus
kuormatilavuus
teho
nopeus

16 tn
11 m³ SAE 1:2
173 hv SAE
30 km/h



412 T (kaivosmalli)

16 tn
11 m³ SAE 1:2
173 hv SAE
30 km/h



425

22,5 tn
15 m³ SAE 1:2
285 hv SAE
50 km/h



442

32 tn
20,6 m³ SAE 1:2
365 hv SAE
65 km/h



445

40 tn
26,5 m³ SAE 1:2
510 hv SAE
65 km/h

Ottakaa yhteys. Keskustellaan vakavasti maansiirron kannattavuudesta.

MYynti: Vantaa, Jyväskylä, Oulu
HUOLTO: Helsinki, Tampere, Kouvola, Jyväskylä, Kuopio,
Joensuu, Kajaani, Oulu

 **KOCKUMS**

OY Kockum Industri AB

Vantaa Veromiehen teollisuusalue
PL 814, 00101 HELSINKI 10 Puh. 90-826 355

kolme kovaa

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

Atlas Copco

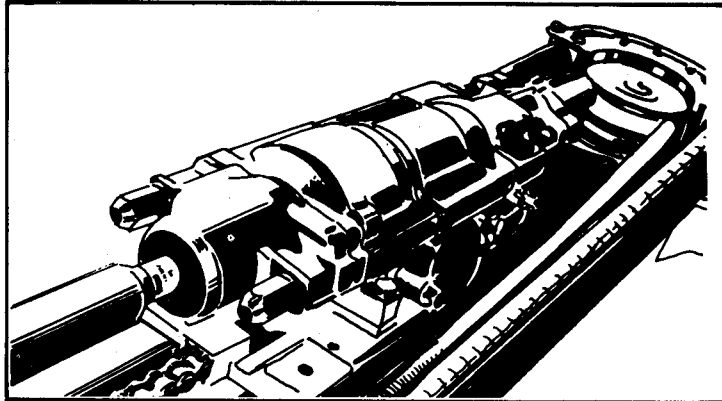
Atlas Copco on viime vuosina suunnitellut ja kehittänyt uusia kallioporakoneita eri käyttötarkoituksiin. Tässä muutama esimerkki:

Hydraulinen kallioporakone COP 1038 HD

on suunniteltu tunneliajoon. Se edustaa viimeisintä kehitystä tehonlisäyspyrkimyksissä.

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

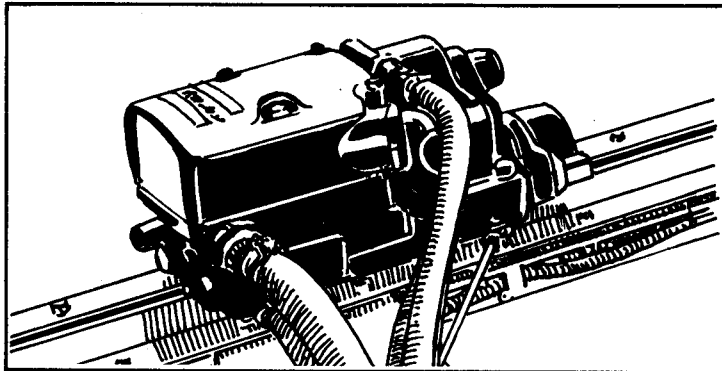
COP 1038 HD hydraulisten kallioporakoneiden teho, käyttövarmuus ja ihmisystävällisyys ovat huippuluokkaa.



COP 1038 HD tunneliajoon

Kallioporakone COP 130 EL

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



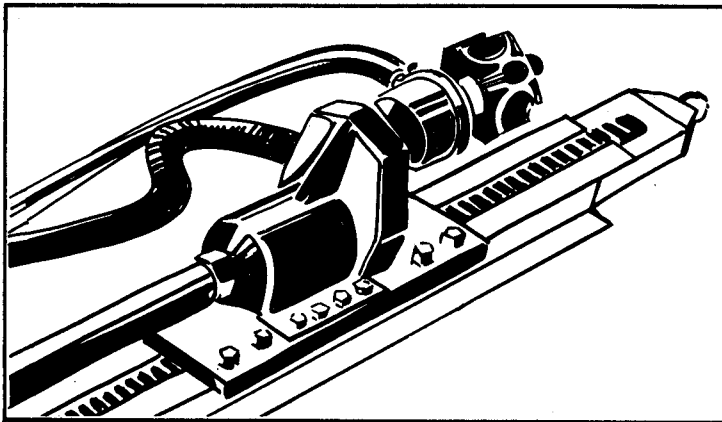
COP 130 EL pitkäreikäporaukseen

Uppoporakoneet

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

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

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



COP 4 ja COP 6 suureikäporaukseen

TALLBERG

ATLAS COPCO

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

Myyntikonttorit:

Tampere, Aarikkalankatu 6, puh. 633 622

Kuopio, Likolammentie 16, puh. 82 411

Kokkola, Indolan teoll.alue, puh. 17 255

Turku, Lieto, Vanhalinna, puh. 373 777

ALGOL

**TOIMITTAA KAIVOS-, METALLURGISELLE
JA PROSESSITEOLLISUUDELLE:**

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

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

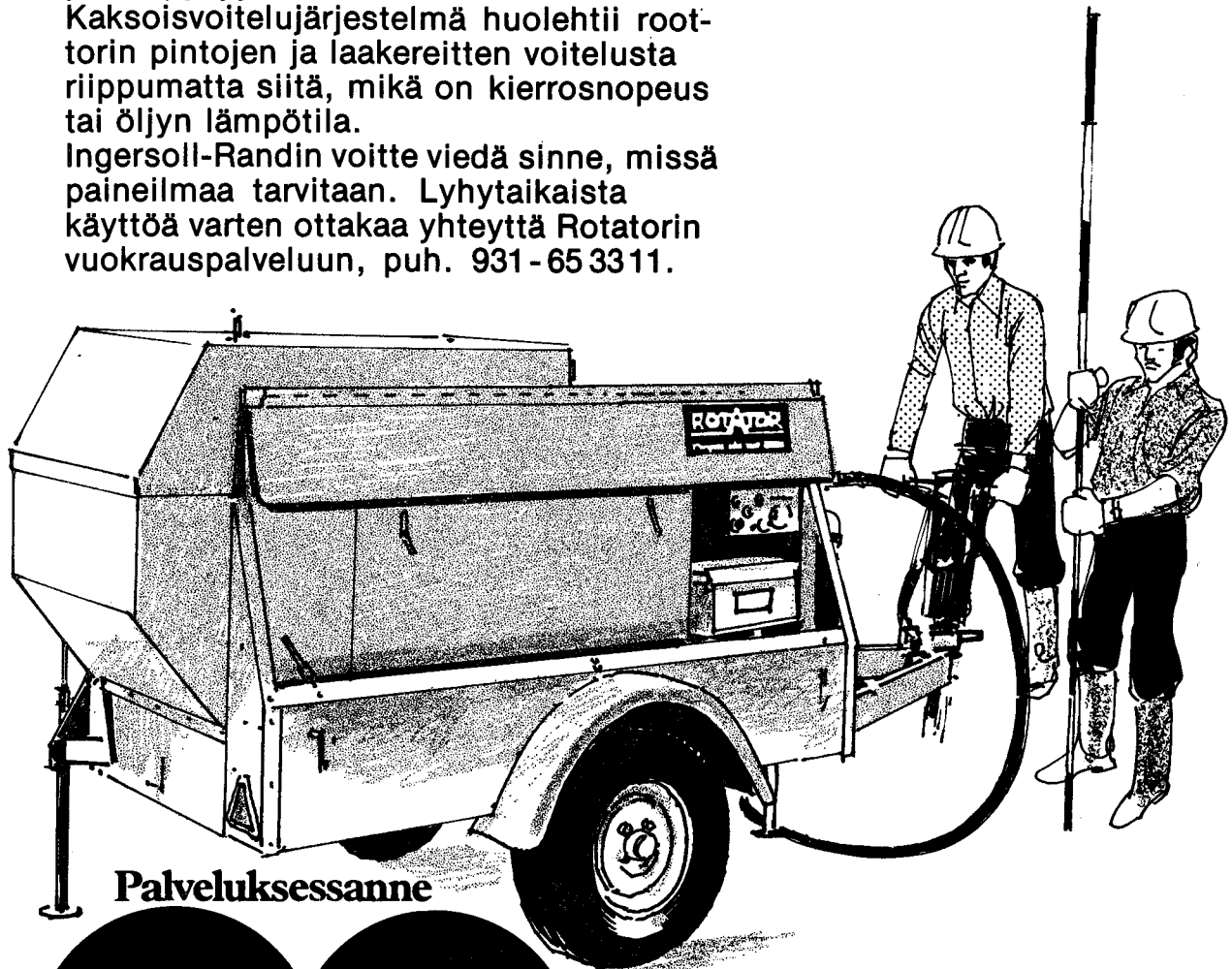
ALGOL

Eteläranta 8 00130 H:ki 13
Puh. 90/12 631
Telex 12-1430 algol sf

Ingersoll-Rand tekee paineilman taloudelliseksi. Lisäksi vähin äänin.

Ingersoll-Rand kompressoreihin kuuluu kaksikymmentä mallia. Niiden ilman-
tuottokyky kattaa alueen 2,4 m³/min —
57 m³/min. Kompressoreista pienimmät
ovat lamelli- ja isommat ruvikompressoreita. Molemmat toimivat diesel-öljyllä.
Ingersoll-Rand kompressoreissa ilman-
paine pysyy vakiona automaattisesti.
Kaksoisvoitelujärjestelmä huolehtii root-
torin pintojen ja laakereitten voitelusta
riippumatta siitä, mikä on kierrosnopeus
tai öljyn lämpötila.

Ingersoll-Randin voitte viedä sinne, missä
paineilmaa tarvitaan. Lyhytaikaista
käyttöä varten ottakaa yhteyttä Rotatorin
vuokrauspalveluun, puh. 931-65 3311.



Palveluksessanne

ROTATOR

Varikonkatu 2, Tampere Puh. 931-653311

ALIVA-koneita

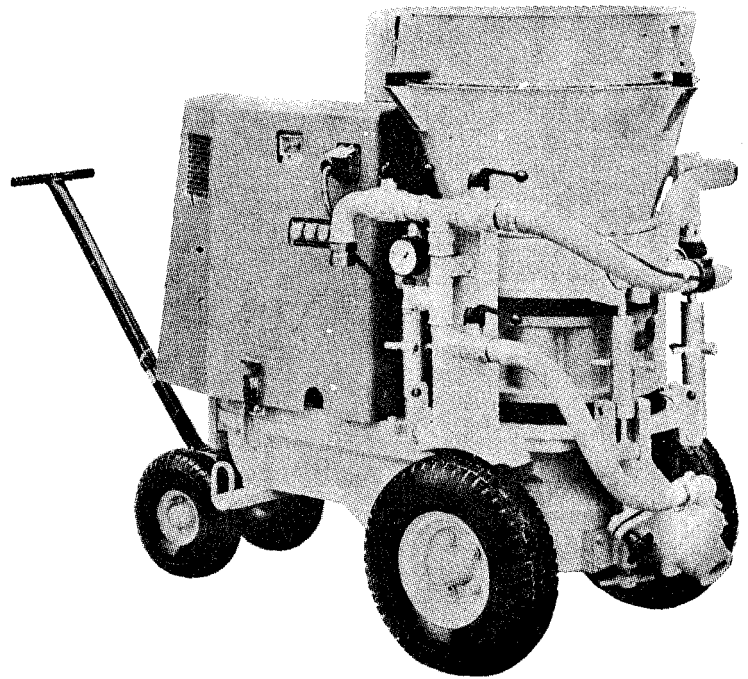
ruiskubetonille ja -laastille
tulenkestäville massoille
betonikuljetukseen ja
hiekkapuhallukseen

HÄNY betonininjektointi-
pumppuja

ALCEMENT-LAFARGE
pikasementtiä

Oy VITRIFER Ab

00120 Helsinki 12, Fredrikinkatu 25
Puhelimet 636 742, 638 587
Telex 12-1120 Wibex



ALIVA-260

**VUORIMIESYHDISTYS –
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:n**

VUOSIKOKOUS

pidetään Helsingissä 25.—26. 3. 1977

Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin
postitettavassa kutsussa.

**VUORIMIESYHDISTYS –
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:s**

ÅRSMÖTE

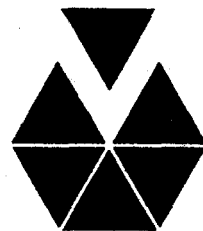
hålles i Helsingfors den 25.—26. 3. 1977

Närmare uppgifter meddelas i inbjudan som
postas vid en senare tidpunkt.

VUORITEOLLISUUS

BERGSHANTERINGEN

N:o 1 1976
34. vuosikerta



Julkaisija:

**VUORIMIESYHDISTYS —
BERGSMANNAFORENINGEN r.y.**

Hallitus 19. 3. 1976

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

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

Prof. Kauko Korpela 921-335 599
Turun Yliopisto
Maaperägeologian laitos
20500 Turku 50

Johtaja Esko Pihko 973-561
Outokumpu Oy
83500 Outokumpu

FT Esko Peltola 973-561
Outokumpu Oy
83500 Outokumpu

DI Rainer Tuovinen 981-223 155
Rautaruukki Oy
Pakkahuoneenkatu 21
90100 Oulu 10

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

Johtaja Esko Nermes 939-741 500
Outokumpu Oy
29200 Harjavalta

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

Joht. Väinö Juntunen 912-41 511
Oy Lohja Ab
08700 Virkkala

DI Pertti Kostamo 911-431 00
Oy Koverhar Ab
10820 Lappohja

Yhdistyksen sihteeri:

DI Erkki Ström 954-63 688
OVAKO Oy
Imatran terästehdas
55100 Imatra 10

Yhdistyksen rahastonhoitaja:

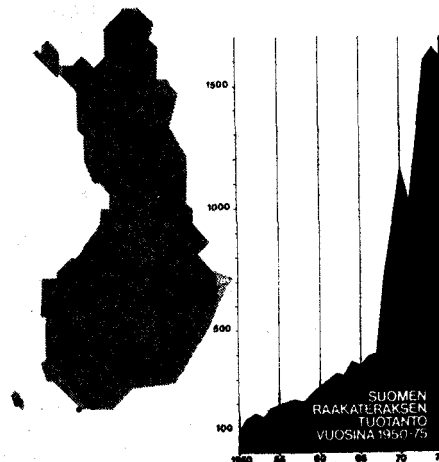
TL Heikki Aulanko 90-421 3502
Outokumpu Oy
PL 27
02101 Espoo 10

SISÄLTÖ • INNEHALL

Reijo Antola: Muutokset metallurgiaoston toiminnassa	9
Helge Haavisto: Suomen terästeollisuus, sen merkitys ja tulevaisuuden näkymät	10
Henrik Ohquist: Suomen rauta- ja terästeollisuus vientimarkkinoilla	18
Jaakko Ihamuotila: Rauta- ja terästeollisuutemme kotimaisen asiakkaan näkökulmasta	22
Martti Sulonen: Lämpökäsittelymenetelmien viime kehityksestä	26
Antero Järvinen: Elementtimenetelmä muokkaustekniikassa	35
U. Kortela, T. Niemi: Jauhatuspiirin matemaattinen malli kuparipitoisuuden suhteen	40
Erkki Laurila, Kari Heiskanen: Eero Mäkisen diplomityö Tukholman kuninkaallisessa teknillisessä korkeakoulussa	46
Markku Kaján: Tutkimus sementin hienojauhuksesta avo- ja sulkeispiirissä	50
Urpo Salo: Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 1975	53
VMY:n tutkimusvaltuuskunnan toimintakertomus	55
Uusia jäseniä	60
Uutta jäsenistä	61
Suoritettuja tutkimuksia	63

Kansikuva:

Suomen rautakaivokset ja raudan jalostuslaitokset sekä raakateräksen tuotannon kehitys vuosina 1900—1975



Jaostot:**Geologijaosto:**

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

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

Kaivosjaosto:

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

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

Metallurgijaosto:

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

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

**Rikastus- ja pros.tekniikan
jaosto:**

Joht. Timo Heikkinen, phj. 973-561
Outokumpu Oy
83500 Outokumpu

DI Olli Korhonen, siht. 90-4211
Outokumpu Oy
PL 27
02101 Espoo 10

Vuoriteollisuus-lehti:**Päätoimittaja:**

Prof. Martti Sulonen 90-46 01 44
Teknillinen korkeakoulu
02150 Espoo 15

Toimittaja:

TkL Pekka Särkkä 90-46 01 44
Teknillinen korkeakoulu
02150 Espoo 15

Toimitussihteeri:

Rouva Kaija Marmo 90-46 21 92
Otakallos 2 B 19
02150 Espoo 15

Toimitusneuvosto:

phj. TkT Kalevi Klukkola 90-64 99 11
Kemira Oy
Malminkatu 30
00100 Helsinki 10

TkT Kalle Hakalehto 931-43 14 11
Tampella-Tamrock
33310 Tampere 31

FM Marjatta Virkkunen 90-46 10 11
Geologinen tutkimuslaitos
02150 Espoo 15

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

DI Olli Korhonen 90-42 11
Outokumpu Oy
PL 27, 02101 Espoo 10

Ilmoitushinnat:

Kansisivut 1100:—, muut sivut 950:—

1/2 s. 650:—, 1/3 s. 550:—, 1/4 s. 450:—

Vuosikerta 10:—

Irtonumero 5:—

Lehti ilmestyy toukokuussa ja joulukuussa.

Muutokset metallurgijaoston toiminnassa

Metallurgijaoston perinteelliset toimintamuodot ovat olleet vuosikokous, kesäretki ja syyskokous. Näiden tilaisuuksien avulla jaosto on pyrkinyt osaltaan toteuttamaan Vuorimiesyhdistyksen tavoitteita: vuoriteollisuuden edistämistä maassamme, jäsentensä keskinäistä lähentämistä ja yhteisten etujen valvomista.

Viimeksi kuluneina vuosina on metallurgijaosto lisännyt toimintaansa. Jaosto on käynnistänyt täydennyskoulutuksen ja alkanut julkaista omaa "Metallurgijaosto tiedottaa" -lehteä. Näiden tarkoituksena on ollut antaa lisää mahdollisuuksia jäsenten keskinäiseen lähentymiseen ja yhteisten etujen valvomiseen.

Riittävän korkeatasoisen täydennyskoulutuksen lähes täydellinen puute metallurgian alalla oli tiedostettu jo kauan. Metallurgijaoston toimesta selvitettiin keväällä 1973 koulutuskurssien järjestämistä ja toiminnan käynnistämisestä tehtiin päätös. Jaosto toimeenpani vuosina 1973—75 neljästä eri aiheesta 2—3 päivän kurssitilaisuudet, joista viimeinen — laadunvalvontaa käsittelevä — uusittiin välittömästi runsaan osanottajamäärän takia. Näiden kurssien suunnittelu oli jaoston tehtävänä. Kurssien rutiinijärjestelyistä vastasi Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus (INSKO) ja Vuorimiesyhdistys antoi rahallista ja muuta tukea. Metallurgijaosto ja INSKO olivat valmiit näiden kurssien jälkeen perustamaan INSKO:n yhteyteen metallurgisen valtakunnallisen asiantuntijatoimikunnan (VAT) hoitamaan täydennyskoulutusta. Sopimukseen

sisältyy kohtia, jotka takaavat metallurgijaoston vaikutuksen koulutuksen saantiin ja sisältöön. VAT on jo järjestänyt ensimmäiset kurssinsa.

"Metallurgijaosto tiedottaa" -lehden tarkoituksena on ollut tiedottaa jaoston jäsenille tapahtuneesta ja varsinkin tulevasta toiminnasta. Lehti on ilmestynyt 4—5 kertaa vuodessa. Pääsisältönä ovat olleet tiedot kokouksista, retkien ja kurssien ohjelmista sekä jonkun verran muitakin kirjoituksia. Lehteä onkin mahdollisuus kehittää edelleen näiden muiden kirjoitusten puolella.

Metallurgijaosto on lisännyt sisäistä toimintaansa käynnistämällä täydennyskoulutuksen ja julkaisemalla tiedotuslehteä. Mitä uutta jaoston toiminnassa tämän jälkeen?

Ilmeisesti nyt olisi aika painottaa toimintaa ulospäin ja vuoriteollisuuden edistämistä maassamme. Eräs alue tässä työssä ovat korkeakouluissa ja yliopistoissa opiskelevat tekkarit, sillä vuoriteollisuutta ja sen tarjoamia mahdollisuuksia ei riittävästi tunneta alan nuorten opiskelijoiden keskuudessa. Metallurgijaosto on järjestänyt viime vuosina joukon tiedotustilaisuuksia tekkareille kolmessa eri korkeakoulussa. Kokemukset näistä tilaisuuksista ovat myönteisiä, mutta asian hoitaminen vaatii vielä sekä selvittelytyötä että käytäntöön soveltamista. Tähän tarvitaan jaoston jäsenten aktiivista tukea.

12. 3. 1976

Reijo Antola

Suomen terästeollisuus, sen merkitys ja tulevaisuuden näkymät

Vuorineuvos Helge Haavisto, Rautaruukki Oy

Esitelmä Vuorimiespäivillä 19. 3. 1976

Kun tarkastelemme maamme tämän päivän terästeollisuutta, on palautettava mieliin, että Suomen rautateollisuudella on pitkä ja merkittävä historia. Ensimmäinen rautaruukki rakennettiin Mustiolle vuonna 1616 ja 1700-luvun loppupuoliskolla maassamme toimi yli kolmekymmentä kaupallista rautaruukkia, joiden tuotannosta suurin osa suuntautui vientiin, pääasiassa Venäjälle. Niinpä Suomi oli tuolloin maailman toiseksi suurin raudan ja vasarapajatuotteiden viejä Ruotsin jälkeen. Tähän rautateollisuutemme suuruuden aikaan myötävaikutti lähinnä Suomesta saatava järvimalmi, metsiemme mahdollistama puuhiilituotanto ja edullinen tullisopimus Venäjän kanssa.

Kivihiiilen käytön laajentaminen ja malmien hankintamenetelmien kehitys alensi siinä määrin raudan tuotantokustannuksia, että järvimalmiin ja puuhiileen perustuva kaupallisen raudan tuotanto kävi kannattamattomaksi. Siten tuon ajan rautatehtaista meidän päivinämme toimivat vain Wärtsilä Oy:n Taalintehtas ja Ovako Oy:n Äminneforsin terästehtas, joka jatkaa Fiskarsin perinteitä.

Itsenäisyytemme neljän ensi vuosikymmenen aikainen rauta- ja terästeollisuuden kehitys keskittyi pääasiassa Imatran terästehtaan ja Turun rautatehtaiden rakentamiseen Oy Vuoksenniska Ab:n toimesta sekä luonnollisesti Taalintehtaan ja Äminneforsin kehittämiseen. Näiden kolmen terästehtaan tuotanto oli vuonna 1960 yhteensä 273 000 tonnia, kun samanaikaisesti valssaus tuotteiden kulutus Suomessa vastasi 1 045 000 tonnia terästä.

SUOMEN TERÄSTEOLLISUUDEN TÄRKEIMMÄT TAPAHTUMAT VV. 1960—1975

- v. 1960 perustettiin Rautaruukki Oy
- v. 1960 perustettiin Oy Koverhar Ab
- v. 1961 alkoi raudan tuotanto Koverharissa
- v. 1964 alkoi raudan tuotanto Raahan rautatehtaalla
- v. 1967 alkoi terästuotanto ja kuumavalssatun levyn valmistus Rautaruukissa
- v. 1969 Oy Vuoksenniska Ab, Oy Fiskars Ab ja Oy Koverhar Ab muodostivat OVAKO-ryhmän, jonka jäsenet ovat Ovako Oy ja Oy Koverhar Ab

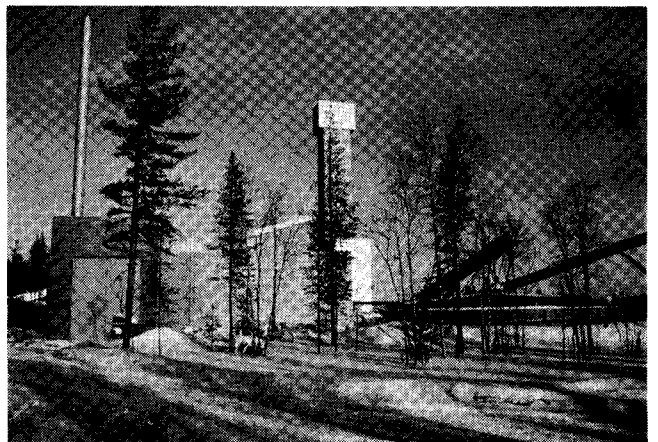
v. 1970 ylitettiin Suomen terästuotannossa 1 milj. vuositonnin raja

v. 1971 alkoi teräksen valmistus Koverharissa

v. 1972 käynnistyi Rautaruukin Hämeenlinnan tehdas

v. 1975 käynnistyi Taalintehtaalla tankovalssaamo

Vuodesta 1960 muodostui monessa mielessä käännekohta maamme terästeollisuuden kehityksessä. Syysäyksen tälle antoi erikoisesti Oy Koverhar Ab:n ja Rautaruukki Oy:n perustaminen. Kuluneina viitenätoista vuotena kehitys on ollut voimakasta. Teräksen tuotanto on vuodesta 1960 vuoteen 1975 mennessä kuusinkertaistunut siten, että maamme eri terästehtaiden tuotanto viime vuonna oli yhteensä 1 616 000 tonnia. Terästuotannon kasvu kuluneena viisitoistavuotiskautena on ollut keskimäärin noin 13 prosenttia vuodessa, kun koko maailman terästuotanto samana aikana on kasvanut keskimäärin noin 5,5 prosenttia vuodessa.



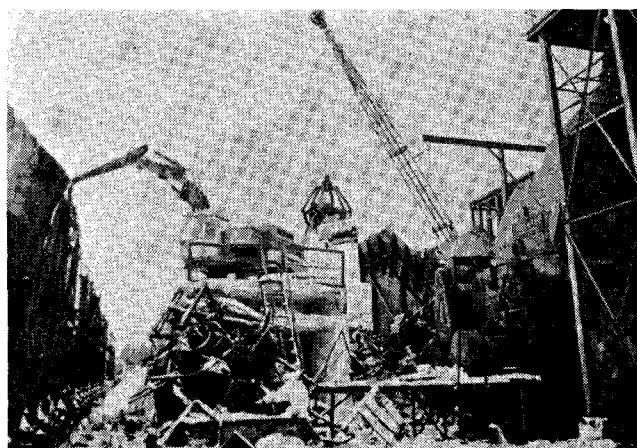
Kuva 1. Rautuvaaran kaivos.
Fig. 1. Rautuvaara mine.

Tuotannon voimakkaan kasvun myötä on myös kuluneina vuosina tuotevalikoima merkittäväällä tavalla laajentunut. Tärkeimpiä tapahtumia tässä mielessä on ollut kuuma- ja kylmävalssattujen levyjen tuotannon aloittaminen Rautaruukki Oy:n Raahen ja Hämeenlinnan tehtailla. Tällä hetkellä valmistetaan Suomessa kaikkia tärkeimpiä terästuotteita. Valmistusmahdollisuuksiemme ulkopuolelle jäävät oikeastaan vain tinattu ohutlevy ja raskaammat muototeräkset. Varsinaisten valssaustuotteiden lisäksi tuotamme myös jopa vientiin erilaisia harkkorautalaatuja, teelmiä ja levyaihioita. Tuotevalikoiman kehitys osoittaa selvästi, että meillä muiden teollistuneiden maiden tapaan terästeollisuuden kehitykselle on suuntaa antavana ollut kotimarkkinoiden kysynnän tyydyttäminen. Näin kotimainen tuotanto käsittää kaikki sellaiset meillä käytetyt tuotteet, joiden valmistus määränsä ja laatunsa puolesta on meidän mittakaavassamme perusteltua. Tilannetta on parannettu kehittämällä valmistusta vientiä varten siten, että se yhdessä kotimaan tarpeen kanssa luo edellytykset taloudelliselle tuotannolle.

Suomen terästeollisuuden viime vuosien nopea kehitys on edelleen jatkumassa. Rautaruukki Oy:n vuonna 1971 aloittama "Ohjelma 1 500 000" valmistuu vuoden 1977 alkupuolella. Tämän ohjelman mukaisesti Raahen rautatehtaalla on jo valmistunut masuuni n:o 2 apulaitoksineen, uusi levyvalssaamo valmistuu ensi kesänä ja kuluvan vuoden lopulla valmistuu terässulaton laajennus. Tällöin Raahen tehtaan kapasiteetti kasvaa noin 1 700 000 tonniin terästä vuodessa. Tänä vuonna saadaan Ovako Oy:n Imatran terästehtaalla päätökseen terästehtaan modernisointiin liittyneet uudistukset. Ensi vuoden alkupuolella valmistuu Rautaruukki Oy:n Hämeenlinnan tehtaan laajennukset, jolloin kylmävalssatun levyn tuotantokyky nousee lähes 500 000 tonniin vuodessa ja tuotanto-ohjelmaan tulevat myös muovipäällystetyt levyt. Merkittävänä tapauksena on tulossa ruostumattoman levyn valmistuksen aloittaminen tämän vuoden lopussa Outokumpu Oy:n Tornion tehtaalla. Tämän suuren projektin toteutuminen on tärkeä saavutus suomalaisen terästeollisuuden kehityksessä. Kun samanaikaisesti tapahtuu erikoisterästen osuuden kasvua myös muissa meidän tehtaissamme, tulevat lähimmät vuodet merkittämään paitsi tuotannon edelleen laajentumista myös sen jalostusasteen nousua.

LÄHIVUOSIEN LAAJENNUKSET

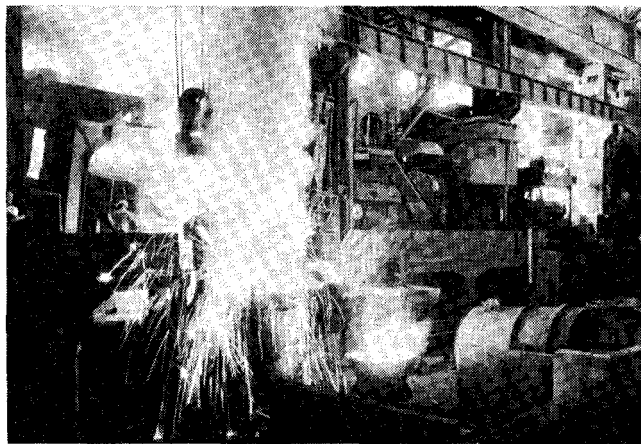
vv. 1976—1977	Rautaruukin terästuotanto kaksinkertaistuu
v. 1976	Imatran terästehtaan modernisointi valmistuu
v. 1977	ruostumattoman teräksen valmistus alkaa Outokumpu Oy:n Tornion tehtaalla.



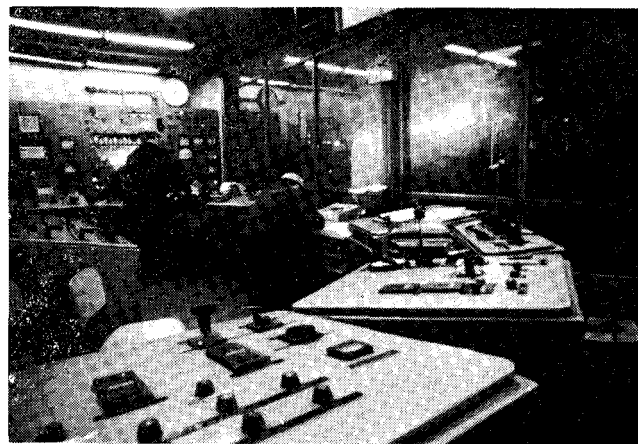
Kuva 2. Romun hajoitusta Kuusakoski Oy:ssä Heinolassa.
Fig. 2. Scrap disintegration plant. Kuusakoski Oy, Heinola.

Nopean kasvun mukana on tapahtunut myös muutoksia Suomen terästeollisuuden rakenteessa. Aina vuoteen 1960 saakka teräksen tuotanto tapahtui kokonaisuudessaan yksityisten yhtiöiden toimesta. Rautaruukin perustaminen merkitsi, että myös Suomessa valtio ryhtyi sijoittamaan varoja tähän teollisuuden alaan. Tällä hetkellä meillä tuotetaan teräksestä noin puolet valtionenemmistöisen yhtiön toimesta. Rautaruukin laajennuksen ja Outokumpu Oy:n Tornion tehtaan myötä valtion osuus terästeollisuudessa edelleen lisääntyy. Riittävässä mittakaavassa toimiva, malmia ja rikasteita teräkseksi ja valssaustuotteiksi jalostava integroitu terästehdas vaatii niin paljon pääomaa, että sen saaminen yksityisiltä markkinoilta tuottaa vaikeuksia. Tämän hetken kustannustason mukaan mak-saa nykyaikainen keski-suuri integroitu terästehdas noin 3 000 markkaa vuosittomia kohden. Näin esimerkiksi Raahen laajentuvaa tuotantoa vastaavan uuden tehtaan kustannusarvio olisi tänään lähes 5 miljardia markkaa. On varsin ymmärrettävää, että tällaisten pääomien saaminen Suomen tai vastaavien maiden olosuhteissa on yksityisiltä pääomamarkkinoilta lähes mahdotonta. Niinpä Ruotsissakin, jossa terästeollisuuden painopiste on aina ollut yksityisellä puolella, nyt suunnitellaan laajennusten tapahtuvan pääasiassa valtion omistaman NJA:n puitteissa. Mutta näyttää siltä, että myöskin heillä terästehtaan vaatiman suuren pääoman johdosta suunnitelman laajuutta supistetaan.

Suuresta pääoman tarpeesta huolimatta teräs katsotaan kaikkialla sellaiseksi perushyödykkeeksi, että myös useimmissa markkinatalouden maissa sen tuotannon tukemista tavalla tai toisella kuin myös sen suojaamista pidetään kansantalouden kannalta perusteltuna. Tätä kehitystä kuvaa, että Länsi-Euroopassa viime aikoina rakennetusta terästeollisuuden kapasiteetista yli puolet on ollut valtioiden rahoittamaa. Näin ollen Suomessa tapahtunut kehitys ei ole mitenkään poikkeuksellista muihin Länsi-Euroopan maihin verrattuna.



Kuva 3. Sähköteräsuuni, Imatran terästehdas.
Fig. 3. Electric steel melting furnace. Imatra Steel Works.



Kuva 4. Happikonvertteri, Raahen rautatehdas.
Fig. 4. Oxygen converter. Raahen Steel Works.

Valmistusprosessin suhteen on myös tapahtunut viimeisten vuosien kuluessa merkittävä muutos. Suomen terästuotanto perustui 1960-luvun alkupuolella kokonaan romun ja harkkoraudan uudelleen sulatukseen sähkö- ja SM-uuneissa. Raakaraudaa tuotti vain erillinen Turun masuuni pääasiassa vientiä ja valimoiden tarpeita varten. 1960-luvulla rakennetuissa Raahen ja Koverharin tehtaissa rautarikasteista tuotetaan raakaraudaa, joka sulassa muodossa jalostetaan suoraan teräkseksi happikaasukonverttereissa. Tällä hetkellä meillä 30 prosenttia teräksen tuotannosta perustuu romun uudelleen sulatukseen ja vastaavasti 70 prosenttia teräksestä tuotetaan raakaraudasta happikaasukonverttereissa.

TÄMÄN HETKEN TERÄSTUOTANTO JA TUOTTEET

OYAKO Oy	Teräskapasiteetti	Tuotteet
Imatran terästehdas	tn/v 250 000	tanko, valssilanka, valssatut profiilit
Turun rautatehdas Äminneforsin terästehdas	100 000	raakaraudatanko, valssilanka
Oy Koverhar Ab	400 000	teelmät
Rautaruukki Oy Raahen rautatehdas Hämeenlinnan tehdas	825 000	kuumavalssattu levy kylmävalssattu levy
Wärtsilä Oy Taalintehdas	110 000	tanko, valssilanka

Teräksen valmistustekniikassa ja raaka-ainepohjassa tapahtunut perusteellinen rakennemuutos on ollut välttämätön tuotannon laajentamiselle. Kotimaasta saatava romu on meillä käytetty kokonaisuudessaan hyväksi ja vaikka metalliteollisuuden kasvun myötä romun tuotanto on jatkuvasti kasvanut, niin romuun perustuvan terästuotannon laajentaminen edellyttää kasvavaa romun tuontia, joka tulevaisuudessa saattaa tuottaa yhä enemmän vaikeuksia. Voidaankin todeta, että myös teräksen raaka-ainepohjan suhteen olemme saavuttamassa eräänlaisen teollisuusmaiden tasapainon, mikä merkitsee, että romupohjaisen teräksen osuus on noin 25 prosenttia. Rautarikasteiden käyttöön perustuvan teräksen tuotannon lisäksi on samalla merkinnyt aivan uusia toimintaedellytyksiä kotimaiselle rautamalmi-kaivostuotannolle.

Arvioitaessa terästeollisuuden merkitystä voidaan havaita, että yhä selvemmin teollistuneet maat pyrkivät määrättyyn omavaraisuuteen teräksen suhteen. Syitä tähän kehitykseen on löydettävissä monelta taholta. Ehkä tärkeimpiä ovat teräksen tuotannon kansantaloudellinen merkitys ja sen positiivinen vaikutus maksutaseen kannalta. Näiden tavoitteiden toteuttamisen tekee entistä helpommaksi raaka-aineiden yleisesti katsoen hyvä tarjonta ja jatkuvasti halventuneet raaka-ainerahdit.

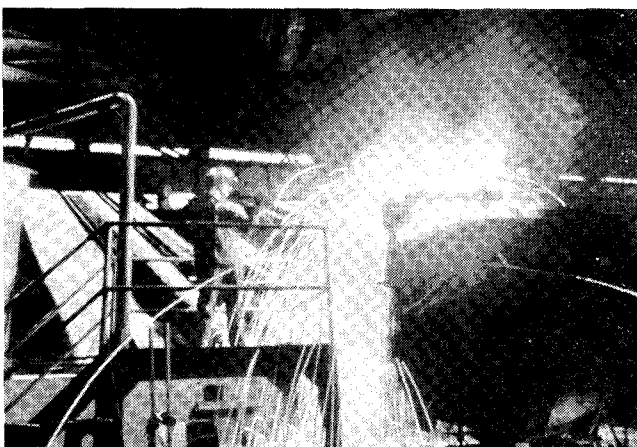
TERÄKSEN TUOTANTO JA KULUTUS HENKEÄ KOHDEN V. 1974

	Suomi	Ruotsi	Eurooppa	USA	Japani
Tuotanto per capita	354	734	490	623	1064
Kulutus per capita	480	789	466	680	688

Teräksen kulutus asukasta kohden vuodessa noudattaa melko tarkasti bruttokansantuotteen kehitystä laskettuna asukasta kohden. Ruotsissa on nykyisin maailman korkein teräksen kulutus asukasta kohden vuodessa, kun se jo lähentelee 800 kg. Amerikan Yhdysvalloissa ja Japanissa kulutus on vastaavasti vajaat 700 kg ja meillä Suomessa vain noin 480 kg asukasta kohden vuodessa teräkseksi muutettuna. Suomen metalliteollisuuden kehitystä kuvaa se, että kulutus asukasta kohden vuonna 1960 oli vain 235 kg vuodessa. Kaikissa ennusteissa on oletettu Suomen teräksen kulutuksen lisääntyvän lähivuosina metalliteollisuutemme arvioitun voimakkaan kasvun ansiosta keskimääräistä nopeammin. Näin on arvioitu, että meillä teräksen kulutus per capita vuodessa nousisi vuoteen 1980 mennessä tasolle 580 kg asukasta kohden vuodessa, mikä merkitsisi noin 2 800 000 tonnin vuotuista kokonaiskulutusta.

Teräksen tuotantomäärä kulutukseen nähden bruttolukuina on meillä tällä hetkellä noin 75 prosenttia, kun vastaavasti esimerkiksi Ruotsissa ja USA:ssa tuotetaan määrällisesti yli 90 prosenttia kulutuksesta. Rakenteilla olevat laajennukset merkitsevät kotimaisen tuotannon nousua tasolle noin 500—550 kg asukasta kohden. Kun samalla kuitenkin myös kulutus kasvaa, voitane todeta, että määrällisesti Suomen terästuotanto on hyvinkin sopusoinnussa kulutuksen kanssa.

Samalla kun teräksen kulutus kansantalouden kehityksessä kasvaa, tapahtuu myös teräksen kulutuksen rakenteessa suuria muutoksia. Kansantalouden alhaisella kehitystasolla teräksen kulutus koostuu pääasiassa ratamateriaalista ja rakentamiseen tarvittavista valssaus tuotteista. Kansantalouden ja samalla teollistumisasteen kehittyessä kasvaa teräksen kulutus asukasta kohti ja ratamateriaalin samoin kuin pääasiassa rakentamiseen käytettävien tankotuotteiden suhteellinen osuus vähenee. Teräslevyn osuus taas kasvaa nopeasti, sillä onhan levy pääasiassa teollisuuden käyttämä raaka-aine. Niinpä pitkälle kehittyneissä teollisuusmaissa levytuotteiden osuus terästuotteiden kulutuksesta on yli 60 prosenttia, Japanissa laajamittaisen telakkateollisuuden ansiosta jopa lähes 85 prosenttia.



Kuva 5. Teräslevyaihion jatkuvavalu, Raahen rautatehdas.
Fig. 5. Continuous casting of steel slabs. Raahе Steel Works.

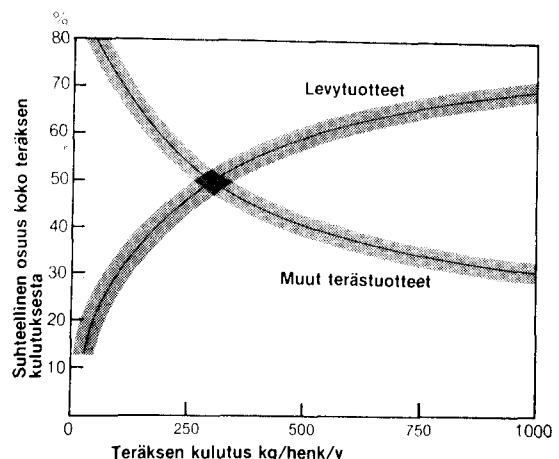
Tätä taustaa vastaan katsottuna on perusteltua, että meillä Suomessa on viime vuosina erikoisesti lisätty teräslevyn tuotantoa.

Selvemmän kuvan kuin bruttoluvut antaa Suomen teräshuollon tilanteesta tuoteryhmittäin tapahtuva tarkastelu. Vaikka määrällisesti meillä tuotetaan terästä noin 75 prosenttia kulutusta vastaavasta teräsmäärästä, on meidän tuotekohtainen omavaraisuutemme kuitenkin vain vajaat 60 prosenttia. Osa terästuotannostamme suuntautuu vientiin, joten tuonnilla joudumme kattamaan tarpeestamme 42 prosenttia. Oma-avaraisuus levytuotteiden osalta on yli 70 prosenttia, kun se muiden valssaus tuotteiden osalta on vajaat 50 prosenttia.

VALSSAUSTUOTTEIDEN TUOTANTO, TUONTI JA KULUTUS V. 1975 SUOMESSA

	Tuotanto	Tuonti	Kulutus	Tuonti % kulutuksesta
Levyt	660 000	240 000	825 000	29
Muut	490 000	435 000	800 000	54
Yhteensä	1 150 000	675 000	1 625 000	42

Terästeollisuutemme kehittämisen edellytysten arvioinnissa on todettava, että on useita valssaus tuotteita, joissa kotimainen tarve on niin pieni, että taloudellisesti kannattavalle tuotannolle ei ole edellytyksiä. Pienessä maassa tarvittavien valssaus tuotetyyppien lukumäärä on sama kuin suurissa maissa, mutta määrät tuotetyyppejä kohden ovat pienet. Myöskin on aina olemassa teräslaatuja, joita ei kovin pienessä mittakaavassa kannata tuottaa. Me olemme Rautaruukissa eri selvityksissä päätyneet siihen, että lienee meidän olosuhteissamme taloudellisesti mielekäästä pyrkiä omalla tuotannolla kilpailemaan noin 80—85 prosentista Suomen teräslevymarkkinoista. Muiden valssaus tuotteiden kohdalla, ehkä betoniteräksiä lukuunottamatta, koti-



Kuva 6. Valssaus tuotteiden suhteellisen osuuden kehitys teräksen ominaiskulutuksen kasvaessa.

Fig. 6. Trends of different rolled products with the increase of steel consumption.

maisen tuotannon kannattavuusraja on alempi. Näin ollen tuntuisi kansantaloudellisesti perustellulta ja liiketaloudellisesti mahdolliselta nostaa maamme terästuotannon omavaraisuusastetta nykyisestä vajaasta 60 prosentista ehkä noin 75 prosenttiin. Tämä yhdessä kulutuksen kasvun kanssa luo huomattavia edellytyksiä terästuotantomme kehittämislle jo yksin kotimaan markkinoiden perusteella.

Raaka-ainehuollon suhteen on todettava, että tällä hetkellä yli puolet meidän rautatuotannostamme perustuu ulkoa tuotuihin rautarikasteisiin. Raahan masuunilaitos toimii käytännöllisesti katsoen kokonaan kotimaisen ja nimenomaan Pohjois-Suomesta tuotettujen rautarikasteiden varassa, kun sen sijaan Etelä-Suomessa sijaitseviin Turun ja Koverharin masuunihin rautarikasteet tuodaan ulkomailta. Rautamalmeja maailmassa on riittävästi saatavissa. Niiden käytön taloudellisuus riippuu suuresti kuljetusolosuhteista. Hyvän satamansa ansiosta Koverhar on edullisessa asemassa tuontiin nähden. Kun Raahan tehtaalla tämän vuoden lopulla alkaa kahden masuunin rinnakkaisajo, joudutaan myös Raahan osalta turvautumaan tuontiin. Alkuvuosina sen on suunniteltu tapahtuvan pääasiassa Ruotsista ja myöhemmin Neuvostoliiton suunnittelemaasta Kostamuksen kaivoksesta. Koska kotimaisen rautateollisuuden malmin tarve on nopeassa kasvussa, on se samalla kova haaste meidän geologeillemme ja malminetsintätyöllemme. Huolimatta rautamalmin helposta kansainvälisestä saannista on kuitenkin kotimaisen kaivostoiminnan kansantaloudellinen merkitys niin vankasti perusteltavissa, että tuloksellisen kaivostoiminnan edellyttämää geologista tutkimustyötä ja malminetsintää olisi maassamme julkisin varoin edelleen tehostettava. Aluepoliittisesti katsoen malmi-kriittisiksi arvioituista alueista pääosa sijaitsee maamme kehitysalueilla. Kaivostoiminta on jalostusasteeltaan korkein mahdollinen ja kun vielä todetaan kaivostoiminnan suuri merkitys maksutaseen kannalta, lienee riittävästi perusteita kohdistaa entistä enemmän henkisiä ja aineellisia varoja maaperämme perusteelliseen selvitystyöhön.

Romu muodostaa rautarikasteen ohella toisen rautaa prosessiin tuovan raaka-aineen. Kuten edellä on todettu, meillä romun osuus teräksen valmistuksessa on suunnilleen samalla tasolla kuin pitkälle kehittyneissä teollisuusmaissa. Me joudumme kuitenkin romun tarpeen tyydyttämiseksi turvautumaan aika ajoin mitta-vaankin tuontiin. Tämä johtuu osittain siitä, että meillä romun keräily ja käsittely ei vielä ole riittävän laajasti kehittynyt. Myöskin pitkät kuljetusmatkat ovat rajoittamassa romun hyväksikäyttöä. Kuitenkin aivan viime vuosina meille on rakennettu hyvin nykyaikainen laitos autoromun käsittelemiseksi terästeollisuudelle sopivaksi raaka-aineeksi. Myöskin on ilmeistä, että viime vuosina tapahtunut teräksen kulutuksen kasvu alkaa lähiaikoina selvemmin ilmetä myös romun tarjonnassa. Toisaalta on kuitenkin todettava, että romun tuonti pitkällä tähtäimellä saattaa vaikeutua, joten lienee todennäköistä, että me emme enää ilman kasvavia riskejä voi perustaa terästuotannon laajen-

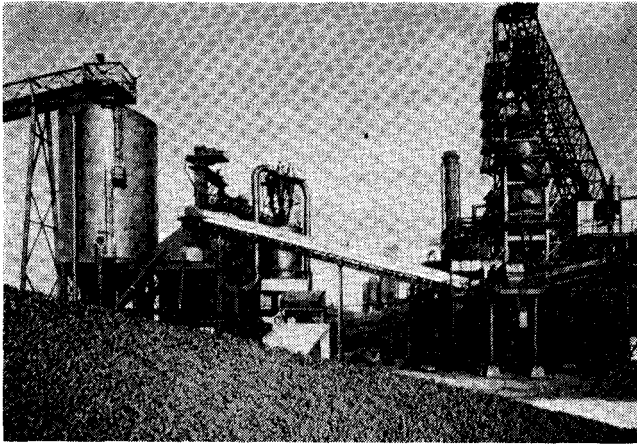
nusta romun lisääntyvään käyttöön.

Energia muodostaa taloudellisesti merkittävimmän raaka-aineen teräksen valmistuksessa. International Iron and Steel Institute'in (IISI) mukaan terästeollisuus kuluttaa nykyisin noin 9 prosenttia maailmassa tuotetusta energiasta. Rungas puolet terästeollisuuden energiasta saadaan hiilestä ja toisen puolen muodostaa ostettu sähköenergia, polttoöljy ja kaasu. Noin 55 prosenttia käytetystä energiasta kuluu raudan valmistukseen, noin 25 prosenttia teräksen tuottamiseen ja valsaukseen ja loput noin 20 prosenttia muuhun käyttöön, josta lämmitys on merkittävin.

Meillä Suomessa tärkein terästeollisuuden energia-aine on masuunikoksi. Raakaraudan tuottaminen vaatii nykyisin rautatonna kohden masuunissa noin 450 kg koksia ja noin 50 kg öljyä, minkä lisäksi sintterin valmistus vaatii noin 100 kg koksimurskaa rautatonna kohden. Suomeen koksi tuodaan pääasiassa Neuvostoliitosta ja sen tuonti perustuu pitkäaikaisopimuksiin. Vaikkakin raudan valmistukseen tarvittavasta hyvälaatuudesta koksista on ollut maailmassa ajoittain puutetta, ovat kuitenkin meidän kaksin saantimme tapahtuneet häiriöttä. Myöskin pitemmällä tähtäimellä voidaan katsoa, että kaksin saanti on riittävästi varmistettu. Ottaen kuitenkin huomioon kaksin maailmanmarkkinahinnan on kaksin kulutuksen alentamiseen tähtäävät toimenpiteet edelleen eräs keskeisimpiä teknillis-taloudellisia kysymyksiä rautatuotantomme kilpailukyvyyn säilyttämisessä.

Energian hinnan nopean nousun johdosta on energiakysymys yleensä muodostunut myös terästeollisuudelle entistä tärkeämmäksi. Varsinkin energiaköyhässä maassa kuten Suomessa meidän on kiinnitettävä tähän erityistä huomiota. Terästeollisuuden energian kulutuksen kannalta on romu hyvin tärkeä tekijä. Masuunihappikaasuprosessissa on energian kokonaiskulutus 3,5—4,0 Gcal terästonnia kohden. Teräksen tuottaminen romusta valokaariuunissa vaatii sähköenergiaa, jonka kehittämiseen tarvitaan polttoainetta vain noin 1,3—1,5 Gcal terästonnia kohden. Näin ollen jokaiseen romutonna itse asiassa sisältyy valtava energiamäärä teräksen valmistuksen kannalta katsottuna. Tämäkin näkökohta on peruste sille, että kotimainen teräsromu tulisi mahdollisimman suuressa määrin saada käytetyksi terästeollisuuden raaka-aineeksi.

Viime aikoina on paljon puhuttu rautarikasteiden suorapelkistykseen perustuvasta teräksen tuotannosta. Saavutetut tulokset kuitenkin osoittavat, että rautarikasteesta suorapelkistyksellä tuotettujen metallisten pellettien edelleen käsittely sähköuunissa vaatii noin 25—30 prosenttia enemmän energiaa kuin sintraamon, koksimasuunin ja happikaasukonverterin muodostama ketju laskettuna rautarikasteesta sulaksi teräkseksi. Näin ollen suorapelkistysmenetelmä soveltunee sellaisiin olosuhteisiin, joissa samalla alueella on saatavissa rautarikasteita ja halpaa polttoainetta. Valmiin teräksen siirtäminen kulutuskeskuksiin tulee tällöin todennäköisesti halvemmaksi kuin rautamalmin ja käytetyn polttoaineen, usein maakaasun, kuljettaminen.



Kuva 7. Suorapelkistyslaitos Korfin tehtaalla Länsi-Saksassa. sassa.

Fig 7. Direct reduction method. Korf Works, West-Germany.

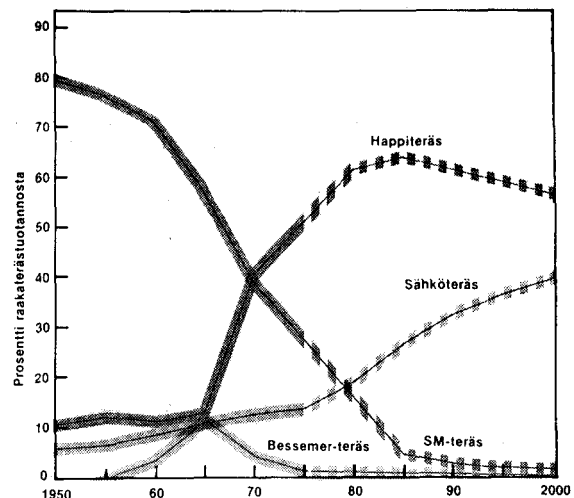
Edellä esitetyn perusteella voitane tehdä se johtopäätös, että raaka-aineresurssien ja energian käytön kannalta Suomen terästeollisuus on kehittynyt kokonaisuutena edullisimmalla tavalla. Keskeisenä kysymyksenä tulee olemaan kotimaisen rautarikastehuollon turvaaminen ja jos mahdollista sen osuuden nostaminen sekä energian suhteellisen osuuden alentaminen. Raaka-aineiden ja energian suhteen meidän terästeollisuutemme ei ilmeisesti ole huonommassa asemassa verrattuna esimerkiksi Länsi-Euroopan terästeollisuuteen.

Teknologisesti on teräksen valmistuksessa happikaasukonvertteri osoittautunut teknillis-taloudellisesti edullisimmaksi. Tätä osoittaa myös tämän tuotantomenetelmän nopea kehitys. Tänäpäin yli puolet maailman teräksestä tuotetaan happikaasuteräksenä. Pitkällä tähtäimellä on ennustettu, että noin 60 prosenttia teräksestä tuotetaan happikaasulla ja loput sähköuuneissa. Myöskin tämä kansainvälisestä kehityksestä tehty arvio osoittaa, että meillä Suomessa käytössä olevan menetelmän arvioidaan säilyttävän asemansa. Kun teräs vielä valetaan meillä pääasiassa energiaa säästävällä ja korkean saannin takaavalla jatkuvavalumenetelmällä, voitane katsoa, että teknologian ja laitteiston kannalta Suomen integroidut terästehtaat ovat kilpailukykyisiä.

Suomessa terästehtaat ovat pieniä kansainvälisen mittapuun mukaan arvioituina. Suurilla tehtailla terästonnia kohti lasketut investointikustannukset samoin kuin tiettyyn rajaan saakka myös teräksen valmistuskustannukset ovat alhaisemmat kuin pienillä

tehtailla. Tuotantolaitteiden yksikkökoko on myös jatkuvasti kasvanut. Toiminnassa on jo masuuneja, jotka voivat tuottaa 3,5 miljoonaa tonnia rautaa vuodessa eikä 5 miljoonan tonnin vuosituotannon saavuttamista pidetä mahdollisena. Rautaruukin masuunien tuotanto on 800 000 tonnia vuodessa. Kun masuuni muodostaa eräänlaisen "modulin" integroidun terästehtaan rakentamisessa, niin uuden suuren masuunin käynnistäminen merkitsee, että joka kerta tulee markkinoitavaksi lisää ehkä 2—3 miljoonaa tonnia tuotteita. Lopulliseen taloudelliseen kokonaistulokseen ja laitoksen optimikokoon tietyissä olosuhteissa vaikuttavat monet eri tekijät, kuten juuri markkinat ja kapasiteetin hyväksikäyttö, tuotannon menetykset suurten yksiköiden seisonta-aikoina sekä yksikkökoon kasvaessa tapahtuva teknisten vaikeuksien lisääntyminen ja raaka-ainehuollon vaikeutuminen.

Luonnollisesti pääoman ja omien raaka-aineiden niukkuus on ollut eräänä rajoituksena Suomen terästeollisuuden laitostekoa suunniteltaessa. Kuitenkin ylläesitettyjen tietojen ja saadun oman kokemuksenkin valossa näyttää siltä, että laitokset ovat Suomen ja Skandinaviankin oloissa melko sopivat. Ruotsiin on ollut NJA:n toimesta suunnitteilla kansainvälisiin suuriin terästehtaisiin verrattava noin 4 miljoonan vuositonniin laitos. Aivan viime päivinä on kuitenkin Ruotsista kantautunut tietoja, joiden mukaan NJA:n suunnitteleman terästehtaan modulikokoa oltaisiin pienentämässä lähes Raahen tehtaan tasolle.



Kuva 8. Teräksen valmistus tuotantomenetelmittään maailmassa.

Fig. 8. Different methods in world's steel production.
 Happiteräs = oxygen steel
 Sähköteräs = electric steel
 SM-teräs = open hearth steel
 Bessemer-teräs = Bessemer steel

**RAUTA- JA TERÄSTEOLLISUUDEN HENKILÖ-
KUNTA V. 1975 TUOTANTOLAITOKSITTAIN**

Rautaruukki

Raahen rautatehdas	3.500
Hämeenlinnan tehdas	600

OVAKO Oy

Imatran terästehdas	1.900
Turun rautatehdas	300
Aminneforsin terästehdas	600

Oy Koverhar Ab

660

Wärtsilä

Taalintehdas	1.200
--------------	-------

Yhteensä

8.760

Suomen terästeollisuuden merkitystä ja kehittämisen edellytyksiä tarkasteltaessa on myös kiinnitettävä huomiota tämän alan työllisyysvaikutukseen. Tänäpäin lähes 9000 henkeä on välittömästi terästeollisuuden palveluksessa. Tehtaat Turun rautatehdasta lukuunottamatta sijaitsevat aluepoliittisesti paikkakunnilla, joissa niiden työllistävällä vaikutuksella on ratkaiseva merkitys työympäristönsä kehitykselle. Ehkä juuri terästehtaittemme sijainnin ansiosta olemme voineet kehittää tuotantoamme työvoiman saannin sitä rajoittamatta. Euroopan terästeollisuuden kehittämisen kannalta me olemme ilmeisesti tässä suhteessa edullisessa asemassa. Monessa Keski-Euroopan maassa on tänään vaikeuksia saada riittävästi henkilöstöä laajenevan terästeollisuuden tarpeisiin.

Terästeollisuutemme liiketaloudellisen kannattavuuden tarkastelua vaikeuttaa maailman terästeollisuudelle ominaiset suuret suhdantevaihtelut. Vuosina 1973—1974 vallinneet hyvät suhdanteet kääntyivät viime vuoden alussa jyrkkään laskuun ja terästeollisuus varsinkin Länsi-Euroopassa ja Japanissa joutui käymään läpi ehkä historian vakavimman laman. Tilannetta kuvaa se, että teräksen hinnat laskivat viime vuonna 30—40 prosenttia ja tehtaita voitiin hyvin yleisesti käyttää vain 75 prosentin kapasiteetilla. Kun lisäksi tärkeiden raaka-aineiden, kuten hiilen ja öljyn hinta nousi, oli seurauksena tuotannon selvä tappiollisuus. Suomen terästeollisuuden taloudellista kestävyttä kuvaa se, että me selvisimme viime vuoden lamasta keskimääräistä paremmin. Tähän luonnollisesti vaikutti osaltaan Suomessa suhteellisen hyvänä pysynyt kotimainen teräksen kysyntä.

Terästeollisuudessa normaalikannattavuuden vallitessa kustannukset jakaantuvat suunnilleen siten, että palkkakustannukset kaikkine siihen liittyvine muodostavat noin 30 prosenttia, raaka-ainekustannukset ehkä noin 40—45 prosenttia ja pääomakustannukset noin 25—30 prosenttia.

Huolimatta siitä, että tehtaamme ovat suhteellisen pieniä, on meillä nykyaikaisen teknologian ansiosta tuottavuus suunnilleen Euroopan keskitasolla. Näin ollen palkkakustannusten osalta me ainakin vielä olem-

me kilpailukykyisiä. Mitä raaka-ainekustannuksiin tulee, on maailmassa luonnollisesti terästeollisuutta, jolla joko malmi tai polttoaineet tai molemmat sijaintinsa ansiosta ovat hyvin edulliset. Luulisin kuitenkin, että Suomen terästeollisuus voi sijaintinsa ansiosta hankkia ainakin rautamalmin vähintään yhtä edullisesti kuin esimerkiksi Keski-Euroopan terästeollisuus. Eroa kilpailijoihimme nähden saattaa syntyä pääomakustannusten suhteen. Me joudumme jatkuvasti rahoittamaan investointejamme suhteellisen lyhytaikaisin luotoin, joista joudumme useimmiten maksamaan myös korkoa enemmän kuin useimmat kilpailijoistamme.

Yleisesti voidaan todeta, että viimeisten viidentoista vuoden aikana on terästeollisuuden keskimääräinen liiketaloudellinen kannattavuus koko maailmassa laskenut. Tähän on pääasiassa vaikuttanut monien maiden hallitusten politiikka, jonka pyrkimyksenä on ollut inflaation jarruttamiseksi pidätellä teräksen hintojen nousua. Näin on tapahtunut varsin selvästi Englannissa, mutta myös monissa muissa Länsi-Euroopan maissa ja USA:ssa. Näin ollen meidän terästeollisuutemme kilpailukykyä ei voida mitata yksin yhtiöiden taseiden avulla. Oikeampi tapa on luonnollisesti pyrkiä vertaamaan liiketaloudellista kannattavuutta kilpailijamaittemme terästeollisuuden kanssa. Tämä vertailu osoittaa, että ei ole todettavissa selvää eroa liiketaloudellisessa kannattavuudessa Suomen ja muiden maiden terästeollisuuden välillä. Sen perusteella voidaan tehdä tärkeä johtopäätös, että ainakin toistaiseksi meidän terästeollisuutemme taloudellinen kilpailukyky on tyydyttävällä tasolla.

Edellä esitetty ei kuitenkaan saa olla aiheena liialliseen optimismiin. Täytyy muistaa, että meillä määrällisesti suuri osa tuotannosta tapahtuu uusissa laitoksissa, joissa on käytössä happikaasuteräsmenetelmä ja käytetään taloudellisesti edulliseksi osoittautunutta jatkuvavalumenetelmää. Euroopan terästeollisuuden keskimääräinen tilanne on teknologisesti vielä tällä hetkellä huonompi. Käytännössä on paljon vanhoja pieniä tehtaita, joissa sekä teräksen valmistus että valssaus tapahtuvat vanhoilla ja teknillistaloudellisesti epäedullisilla koneilla. Tuottavuutta terästeollisuudessa voidaan parhaiten tarkastella vertaamalla terästuotannon määrää tuotantoon osallistuvaa henkilöä kohden vuodessa. Meillä Suomessa tuottavuus on koko terästeollisuudessa lähes 200 tonnia henkeä kohden vuodessa. Koko Euroopan terästeollisuuden vastaava vertailuluku lienee myös noin 200 tonnia, kun se esimerkiksi Englannissa on vain noin 120 tonnia. Kun Rautaruukin laajennukset valmistuvat, nousee tuottavuus lähes 400 tonniin henkeä kohden vuodessa, mikä eurooppalaisittain on korkea saavutus, joskin Japanissa on yhtiöitä, joissa tuottavuus lähentelee 600 tonnia henkeä kohden.

Samoin Euroopassa kuin muuallakin maailmassa rakennetaan uusia suuria terästehtaita, joissa tuottavuus on korkea ja tuotanto perustuu happikaasuteräksen ja jatkuvavalun käyttöön. Näin terästeollisuuden yksiköiden keskikoko kasvaa ja samalla tuotantokustan-

nukset suhteellisesti laskevat. Tämän kehityksen vaikutukset on meidän kompensoitava oikealla tuotteiden valikoimalla ja hellittämättömällä työskentelyllä tuotavuuden kohottamiseksi. Kilpailukykyemme säilyminen tässä mielessä ei tunnu lainkaan toivottomalta, vaan päin vastoin kuluneiden vuosien kokemukset osoittavat, että meillä on kykyä teknologian ja tuotavuuden kehittämiseen ja näin kilpailukykyemme säilyttämiseen.

Yhteenvetona voitane todeta, että meillä on olemassa tietyt suhteellisenkin hyvät teknillistaloudelliset edellytykset terästeollisuutemme edelleen kehittämiselle. Kehitys ei tulevaisuudessa voi niin selvästi kuin viimeksi kuluneina vuosina kohdistua tuotantomäärien lisäämiseen. Kehittäminen tulee ilmeisesti entistä enemmän kohdistumaan tuotteittemme jalostusasteen nostamiseen ja erikoisterästen valmistuksen laajentamiseen. Kilpailukykyemme tulee lisääntyvässä määrin perustaa taidon ja jatkojalostuksen varaan. Tämä luonnollisesti asettaa suuret vaatimukset erikoisesti terästeollisuudessa palvelevalle insinöörikunnalle. Heidän panoksestaan riippuu suuressä määrin, miten me tulemme menestymään yhä kiristyvässä kilpailussa.

Pienessä kansantaloudessa meidän on pyrittävä hyvän yhteistyön kautta pientämään suurten yhtiöiden etumatkaa. Tässäkin suhteessa meillä on hyvä lähtötilanne. Suomessa on luonnostaan selvä työnjako alalla toimivien yhtiöiden kesken. Meillä on korkeatasoinen alan koulutus ja hyvä yhteistoiminta terästeollisuuden, korkeakoulujen ja Valtion Teknillisen Tutkimuskeskuksen kanssa. Meillä on myös vankat perinteet ja yhä laajentuva kotimainen metalliteollisuus, joka jatkuvasti suuremmassa mitassa on arvostamassa kotimaisen terästeollisuuden merkitystä.

Vaikka maailman terästeollisuuden piirissä on määrätty epävarmuutta, katsoisin kuitenkin, että meillä Suomessa terästeollisuudella on oma tärkeä tehtävä maamme taloudellisen hyvinvoinnin kehittämisessä. Meillä lienee myös perustellut edellytykset tuotantoalamme kehittämiselle oikein sopeutettuna muuhun teolliseen kehitykseen, mahdollisimman pitkälle viety yhteistoiminnan tukemana.

SUMMARY

The Finnish steel industry, its importance and future prospects

The Finnish iron and steel industry has a long and impressive history. The first iron works was built as far back as 1616. Since Finnish independence the development of the iron and steel industry was concentrated mainly on the building of the Imatra steel works and the Turku iron works on behalf of Oy Vuoksenniska Ab and on the expansion of the Taalintehdas and Aminnefors plants.

1960 in many ways marked a turning point in the history of the Finnish steel industry. The impetus for this came especially from the foundation of Oy Koverhar Ab and Rautaruukki Oy. In the past 15 years the growth has been spectacular. Since 1960 steel production in Finland has shown a six-fold increase and in 1975 it reached a total of 1 616 000 tons.

The vigorous expansion of the Finnish steel industry is still continuing. Rautaruukki Oy's "Programme 1 500 000" will be completed by the beginning of 1977 when the capacity of the company will increase to about 1 700 000 tons of steel a year. This year the modernization of Ovako Oy's Imatra steel works will be completed. An event of considerable importance will be the introduction of stainless steel sheet production at the Tornio works of Outokumpu Oy at the beginning of next year.

With the rapid growth there have also been changes in the structure of the Finnish steel industry. Up to 1960 steel production in its entirety was carried out in Finland by private companies. With the foundation of Rautaruukki, however, this meant that the State began investing in this branch of industry too. At the same time it was decided to start the production of steel sheet in Finland as well. At the moment about half of the steel is produced by the State company. With the expansion of both Rautaruukki and the Tornio works of Outokumpu Oy the State's share in the steel industry will increase still further.

All forecasts point to an above-average growth in steel consumption in Finland in the near future owing to the estimated rapid growth in our metal industry. According to estimates Finnish steel consumption per capita will increase by 1980 to a level of 580 kilos per capita a year which would mean a total annual consumption of 2 800 000 tons. The expansions now under construction will mean that quantitatively Finnish steel production is keeping up with consumption.

An examination by product group gives a clearer picture than the gross figures. Although quantitatively Finland produces about 75 % of its steel needs, our self-sufficiency per product group is only about 60 %. Part of our steel production is exported with the result that we are forced to cover 42 % of our needs by import. Our self-sufficiency in sheet products is over 70 % while for other rolled products it is just under 50 %. It would seem to be economically justified and from the business point of view feasible to increase the degree of self-sufficiency in steel production in Finland to perhaps 75 %.

At the moment over half of our iron production is based on imported iron ore concentrates. Because of the rapid growth in the need for ore for the domestic iron industry, our geologists and ore prospectors are faced with a great challenge.

In addition to iron ore, scrap is another source of raw material for iron and a very important energy consumption reducer in the steel industry. The total energy consumption of the blastfurnace BOF route is 3.5—4.0 Gcal per ton of steel whereas steel production from scrap in an electric arc furnace requires only 1.3—1.5 Gcal per ton of steel. This justifies the use of domestic steel scrap as a raw material for the steel industry in as large a quantity as possible.

As far as raw materials and energy are concerned the Finnish steel industry is clearly in no worse position than, for example, the steel industries of Western Europe. Despite the fact that our mills are comparatively small, the productivity is approximately on the European level owing to our up-to-date technology. A difference with regard to our competitors may arise from the costs of capital. We are constantly obliged to finance our investments on relatively short-term credit terms on which we often have to pay a higher interest rate than our competitors.

In conclusion it can be stated that we have relatively good technical and economic preconditions for developing our steel industry further. The development in the future cannot as clearly as over the past few years be concentrated just on increasing the amount of production. The trend will clearly be towards raising the degree of refinement of our products and towards expanding the production of specialized steels. Our competitive ability will come more and more to rely on skill and the degree of further refinement.

Suomen rauta- ja terästeollisuus vientimarkkinoilla

Toimitusjohtaja Henrik Öhquist, OVAKO Oy

Esitelmä Vuorimiespäivillä 19. 3. 1976

ALKUSANAT

Kuvat 1—2 antavat tietoa Suomen raudan ja teräksen kulutuksesta, tuonnista ja viennistä. Näemme niin tuontia kuin vientiäkin olevan paljon ja teräksen vienti on kasvanut nopeasti.

Vuorineuvos Haavisto on esitelmässään osoittanut raudan ja teräksen valmistuksen perustelluksi Suomessa. Jäljelle jää kuitenkin kysymys: Eikö riitä, että valmistamme tarvitsemamme tuotteet, tarvitaanko tuontia ja vientiä?

Väittäisin olevan järkevää sekä tuoda että viedä näitä tuotteita, joskaan ei luonnollisesti pidä tuoda ja viedä samoja tuotteita.

MIKSI TUONTIA?

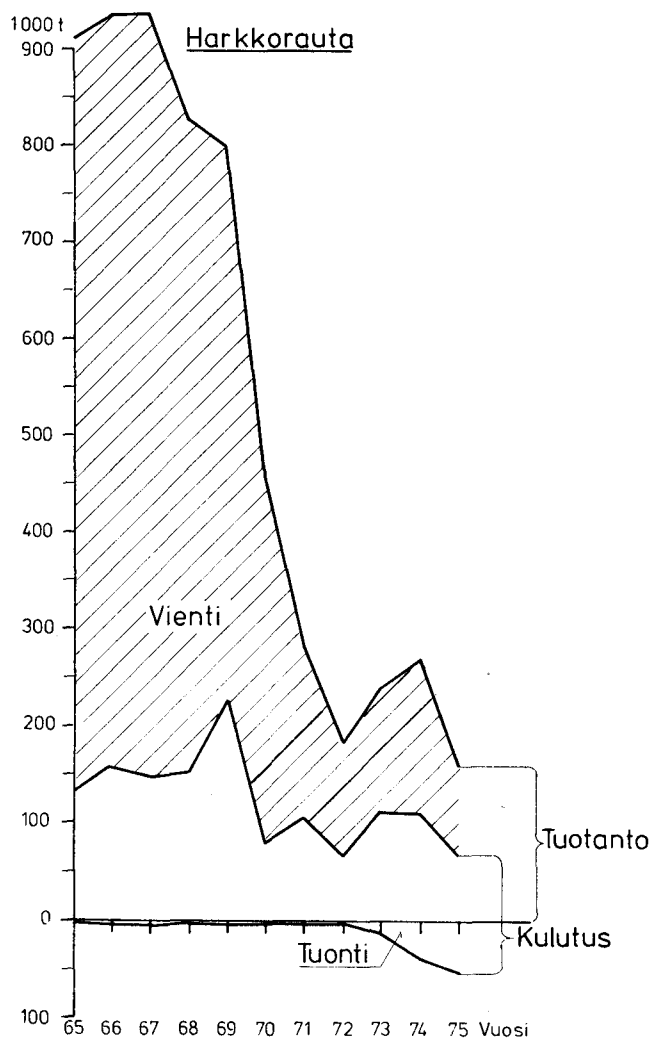
Tuonnin kohdalla on todettava, että kaikki Suomessa tarvittavat teräslaadut ja -muodot edustavat hyvin suurta valikoimaa. Koko tämän valikoiman valmistaminen kotimaassa merkitsisi useimmille tuotteille epä-taloudellisen pieniä valmistusmääriä, mikäli niitä ei samalla myydä ulkomaille. Jos taas kaikkien näiden tuotteiden valmistusmääriä haluttaisiin nostaa järkevälle tasolle viennin avulla, se tietäisi, että Suomen terästeollisuutta pitäisi laajentaa valtavasti. Tällöin ylivoimaisesti suurin osa tuotannosta menisi vientiin. Tähän meillä ei ole resursseja, eikä se liene taloudellisesti perusteltavissa. Useimmat niistä terästuotteista, joiden kulutus Suomessa on pieni, kannattaa siis jatkossakin tuoda ulkomailta.

MIKSI VIENTIÄ?

Mitä perusteluja on sitten suomalaisten rauta- ja terästuotteiden viennille? Mielestäni tähän löytyy ainakin seuraavat viisi syytä:

1. Kilpailukyky

Niinkuin Haaviston esityksestä on käynyt ilmi, luonnolliset edellytykset raudan ja teräksen valmistukselle Suomessa ovat hyvät. Tästä johtuen pystymme myös kilpailemaan kansainvälisillä markkinoilla, joskaan ehkä ei kaikilla tuotteilla eikä kaikilla markkinoilla. Taloudellinen kannattavuus onkin tärkein edellytys viennin harjoittamiselle.

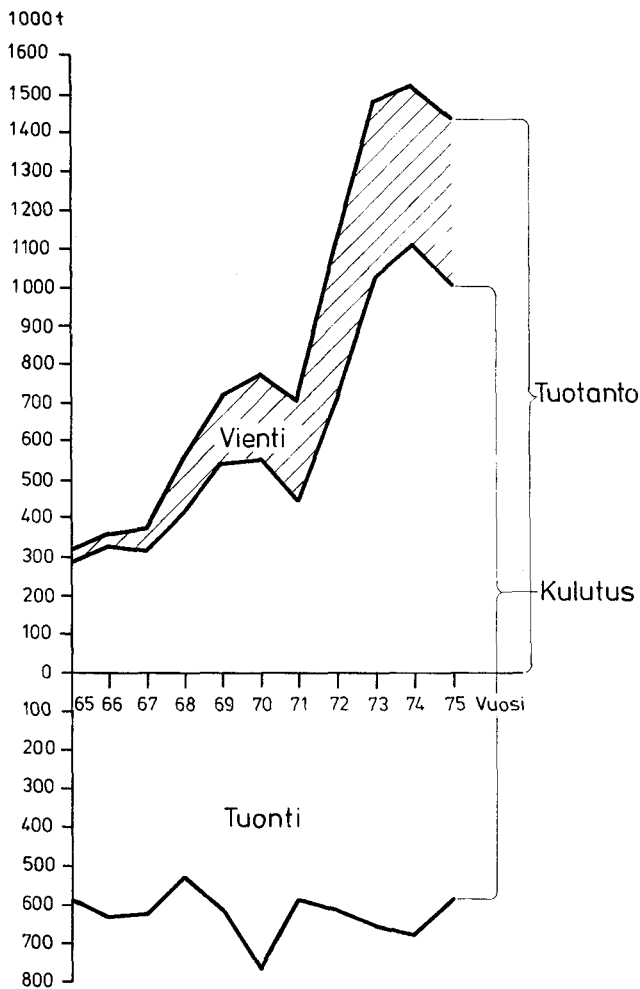


Kuva 1. Harkkoraudan tuotanto, vienti, tuonti ja kulutus Suomessa v. 1965—1975.
Fig. 1. Production (tuotanto), export (vienti), import (tuonti) and consumption (kulutus) of pig iron in Finland in 1965—1975.

2. Valmistusmäärät

Tuotteita, joiden kulutus Suomessa on suuri, kannattaa valmistaa jo pelkästään kotimaan markkinoita varten (esim. betoniteräs, laivalevyt). Toinen on tilanne niiden tuotteiden osalta, joiden kulutus kotimaassa on siksi pieni, ettei se vastaa taloudellista valmistusmäärää. Tällöin on joko lisättävä määriä viennin avulla tai peitettävä koko tarve tuonnilla. Kumpi on oikea ratkaisu, on päätettävä jokaisen tuotteen kohdalla erikseen. Ratkaisuun vaikuttaa ennen kaikkea kotimaisten tuottajien kilpailukyky, joka voi olla erilainen eri tuotteille riippuen esimerkiksi tuotantolaitteista tai teknisestä asiantuntemuksesta.

Valssaustuotteet



Kuva 2. Valssaustuotteiden tuotanto, vienti, tuonti ja kulutus Suomessa v. 1965—1975.

Fig. 2. Production (tuotanto), export (vienti), import (tuonti), and consumption (kulutus), of rolled commercial steel grades in Finland in 1965—1975.

3. Kauppatase

Raudan ja teräksen vienti vaikuttaa luonnollisesti edullisesti kauppataseeseemme. Tähän voidaan sanoa, että vastaavat resurssit (pääoma ja työvoima) voitai-

siin sijoittaa muille aloille, joilla saadaan aikaan sama vaikutus kauppataseeseen joko viennin tai tuontia korvaavan tuotannon avulla. On kuitenkin muistettava, ettei vienti ole kiinni yksinomaan rahasta ja työvoimasta, vaan se vaatii myös ulkomaista kysyntää. Ei ole varmaa, voidaanko raudan ja teräksen vientiä korvata muulla viennillä. Myös tuonnin korvaamisella on muilla aloilla teräsalan tavoin rajansa. Sitä ei pitäisi soveltaa, jos se edellyttää epätaloudellista tuotantoa.

4. Kuormituksen tasoittaminen

Koska Suomen markkinat ovat pienet verrattuna ulkomaisiin, vientiä voidaan käyttää rauta- ja terästeollisuuden kuormituksen tasoittajana. Ylimääräisen kapasiteetin myyminen ei yleensä tuota vaikeuksia, vaikka on tyydyttävä alhaisiin hintoihin matalasuhdanteessa. Jos suhdanteiden ajoituksessa on eroa eri maissa, tasoittaminen viennin avulla on sekä helppoa että kannattavaa. Vaikka suhdannevaihteluissa ajallisesti ei olisi eroa, standardituotteita voidaan valmistaa varastoon matalasuhdanteessa ja myydä ulkomaille korkeasuhdanteessa. Tämä on sekä liike- että kansantaloudellisesti järkevää, mutta edellyttää kykyä hoitaa varastojen rahoitus. Erikoisesti tänä vuonna varastoon tuottaminen olisi erittäin hyvin perusteltua. Valtiovaltan taholta ei kuitenkaan vielä ole annettu mahdollisuuksia lainojen nostamiseen tätä varten.

5. Varmuus kriisitilanteessa

Tarpeeksi laajan ja monipuolisen kotimaisen rauta- ja terästeollisuuden olemassaolo on tärkeä, jos rajat jostakin syystä suljetaan. Niinkuin edelläolevasta käy ilmi, tämä taas edellyttää toiminnan osaksi perustuvan vientiin. Vaikka suuri osa tuotteita normaalioloissa tuodaan ulkomailta, useimmat niistä voidaan tarpeen vaatiessa valmistaa kotimaassa.

MITÄ TUOTTEITA VIENTIIN?

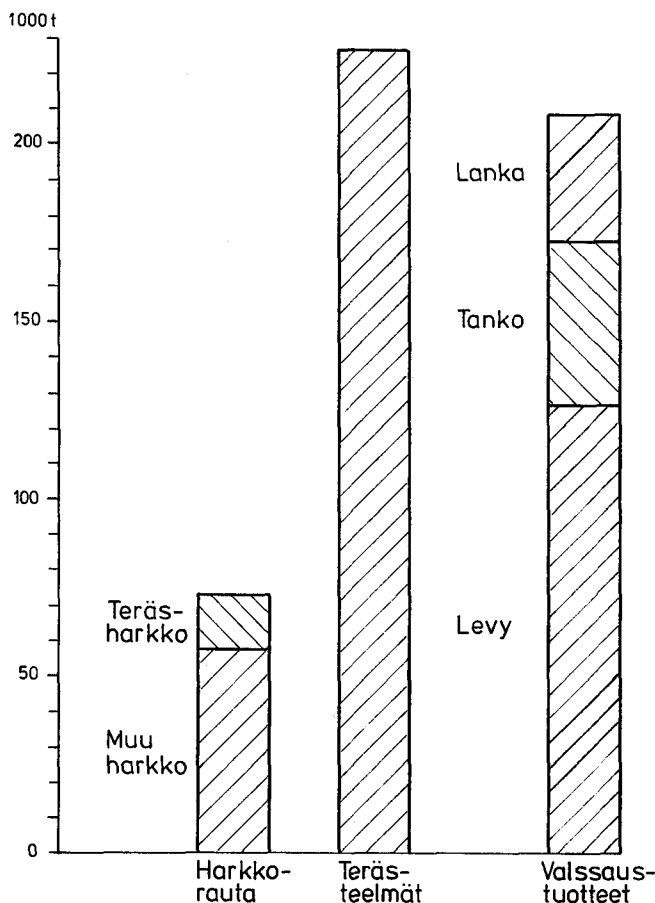
Kun ajatus viennistä on hyväksytty, seuraavat kysymykset ovat: Mitä tuotteita? Minne viedä? Millä tavalla? Käsittelen ensin viennin jakautumaa tuoteryhmittäin sekä perusteluja tähän. (Kuva 3).

Teräsharkkorautaa on viime vuosina viety vain poikkeustapauksissa. Se tulee kysymykseen vain tuotannon tasoituskeinona, joskin se korkeasuhdanteessa voi olla hyvinkin kannattavaa.

Muita harkkorautalaatuja (lähinnä valimoja varten) viedään huomattavia määriä. Tämä johtuu siitä, ettei kotimaan tarve riitä taloudellisen tuotannon aikaansaamiseksi. Turun Rautatehtaan tuotantokapasiteetti on tänään noin 190 000 tn/v ja nousee lähivuosina arvoon 230 000 tn/v. Kotimaan kulutus on 30 000—40 000 tn/v, joten pääosa tuotannosta on myytävä ulkomaille. Turun Rautatehdas on keskittynyt yhä enemmän erikoislaatuihin, joita terästehtaitten masuunit eivät pysty valmistamaan sivutuotteina. Tällä tavoin toiminta on saatu kannattavaksi.

Levyaihoita Rautaruukki on myynyt ulkomaille, kun ylikapasiteettia on ollut, ja ajoittain niitä on taas tuotu ulkomailta. Tarkoituksena on siis ollut tuotannon tasapainottaminen.

Vienti 1975



Kuva 3. Teräksen vienti Suomesta v. 1975.
Fig. 3. Export of iron and steel from Finland in 1975. Rolled products (valssaus tuotteet): wire (lanka), bar (tanko), plate (levy), steel billets (terästeelmät, pig-iron (harkko-rauta), basic iron (teräsharkko), pig-iron (muu harkko)).

Terästeelmiä Koverhar vie n. 250 000 tn/v. Tästä n. 100 000 tn/v toimitetaan ruotsalaiselle osakasyhtiölle Stora Kopparbergille. Muu vienti perustuu pitkäaikaisiin sopimuksiin, lukuun ottamatta ylimääräisten erien tilapäismyyntiä. Koverhar on kustannuksiltaan osoittautunut hyvin kilpailukykyiseksi, erikoisesti Pohjoismaiden markkinoilla. Pyrkimyksenä on myydä pääasiassa erikoislaatuja, joiden kannattavuus on paras. Koverharin teelmien tuotantokapasiteetti on tänään n. 400 000 tn/v mutta se nousee ensi vuonna n. 460 000 tn:iin. Tästä huolimatta vienti tulee vähitellen supistumaan johtuen lisääntyvästä kotimaisten valssausmojen tarpeesta.

Valssaus tuotteista Rautaruukin valmistamia laivalevyjä viedään vuosittain 40 000 — 50 000 tn ja teollisuuslevyjä n. 20 000 tn. Muita kauppataräksiä (tanko- ja lankatuotteita) viedään lähinnä vain tuotannon tasoittamiseksi. Esimerkkinä mainittakoon, että viime kuukausien aikana OVAKO:n laitosten työllisyyttä on ylläpidetty osaksi kauppataraksen viennillä.

Erikoisterästen vienti on kehittynyt nopeasti. Jatkuvan tuotevalikoiman rationalisoinnin tuloksena Imat-

ran Terästehtaan erikoisterästen tuotanto on keskittynyt matalaseosteisiin tanko- ja lankatuotteisiin. Erikoisteräksistä yli 80 % menee vientiin. Jalostusastetta on nostettu toimittamalla yhä suurempi osa teräksestä lämpökäsiteltynä, kirkkaana, määräpituuksiin katkottuna. Erikoisterästen tuotanto tapahtuu yleensä paljon pienemmissä laitoksissa kuin kauppataraksen valmistus. Tämän takia ulkomaisilla kilpailijoilla ei juuri ole volyymietua meihin verrattuna. Suurissa teollisuusmaissa erikoisterästen tuottajilla tosin on suuremmat kotimarkkinat kuin meillä, mutta tämä ei enää merkitse paljon. Kaupan esteiden poistaminen ja kuljetuskustannusten suhteellisen pieni merkitys, etenkin pitkälle jalostettujen erikoisterästen kohdalla tietää, ettei kotimaan myynnin ja viennin välillä ole suurta eroa kannattavuudessa.

Emme siis ole huonommassa asemassa kuin ulkomaiset kilpailijat, mutta onko meillä mitään etuja heihin verrattuna? Väittäisin että on. Erikoisterästen myynti perustuu ensisijaisesti laatuun ja toimitustarkkuuteen. Viime vuosina olemme Suomessa kehittäneet uusia erikoisterästen muunnoksia ja jopa aivan uusia laatuja (esim. Imacro), jotka antavat meille vahvan kilpailuaseman. Samoin on valmistustekniikkaa kehitetty niin, että pystymme valmistamaan useita laatuja halvemmalla tai pääsemme laadullisesti korkeammalle kuin kilpailijat. Tällä tavoin pystymme myös tasoittamaan suhdanteita, sillä kun on päästy esimerkiksi autotehtaan vakituiseksi toimittajaksi, sekä toimitusmäärät että hinnat pysyvät melko tasaisina.

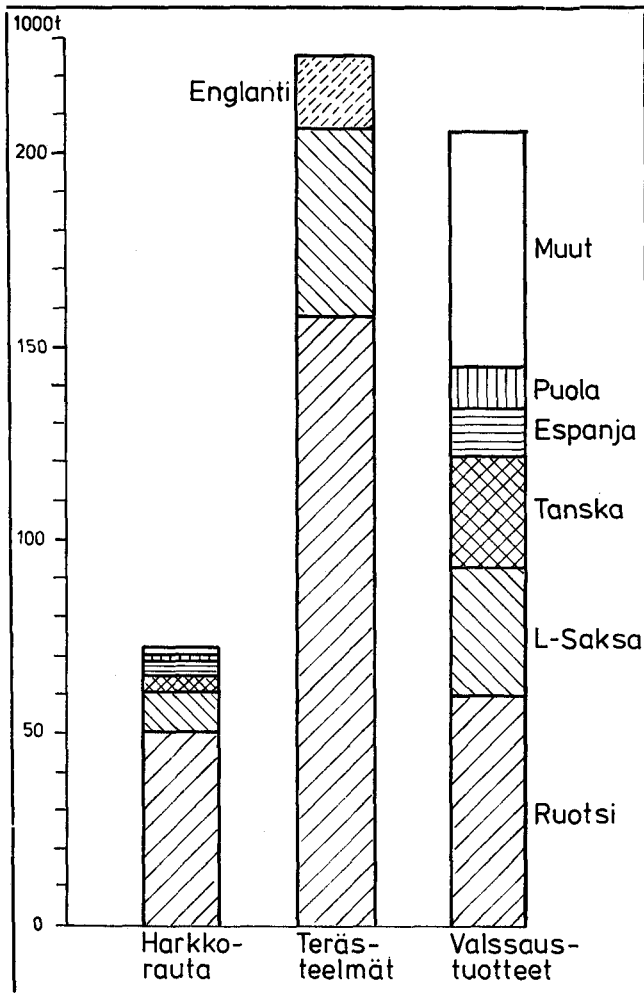
MINNE VIENTIÄ?

Kuvasta 4 käy ilmi, miten Suomen raudan ja teräksen vienti jakautuu eri markkina-alueille. Markkinoiden valintaan ovat vaikuttaneet kuljetuskustannukset, tullit ja muut kaupan esteet, kulutus eri alueilla sekä pyrkimys tasata myyntiä. Ensisijaisesti pyritään luonnollisesti myymään naapurimaihin. Koska kustannussyyt pakottavat volyymin lisäämiseen ja erikoistumiseen, läheiset vientimarkkinat eivät riitä, vaan on mentävä kauemmas. Niinpä on osoittautunut kannattavaksi viedä erikoisteräksiä Yhdysvaltoihin, ja tämä kauppa on kehittynyt nopeasti. Tällä tavoin pystytään myös jossain määrin tasoittamaan suhdanteita, sillä suhdannevaihtelut eivät yleensä ole aivan samanaikaisia joka maassa.

Mitä asiakkaiden valintaan tulee, politiikkamme on ollut keskittyä harvoin suuria asiakkaisiin. Tällä tavoin vientiä voidaan kehittää nopeammin ja hoitaa pienellä henkilömäärällä. Viime vuosina on kuvaan tullut myös standardituotteiden myynti ulkomaisten jälleenmyyjien varastojen kautta, mikä antaa mahdollisuuden palvella myös pienasiakkaita.

MILLÄ TAVALLA VIEDÄ?

Raudan ja teräksen vienti Suomesta tapahtuu vapaiden jälleenmyyjien avulla. Täten on saatu vienti kehittymään nopeasti ilman suuria sijoituksia. Oman myyntiyhtiön perustaminen tulee usein esille, kun



Kuva 4. Viennin jakautuminen eri maihin v. 1975.

Fig. 4. Export into different countries in 1975: England (Englanti), Poland (Puola), Spain (Espanja), Denmark (Tanska), West Germany (L-Saksa), Sweden (Ruotsi), Others (muut).

vienti jollekin markkina-alueelle kasvaa suureksi. Tällä voi olla määrättyjä etuja, mutta niitä helposti liioitellaan. Rahalliset ja henkiset uhraukset viennin kenttäorganisaatioon ovat poissa muista sijoituksista, joiden tuotto ehkä olisi parempi.

Viennin organisaatiosta riippumatta erikoistuotteiden myynti on suureksi osaksi teknistä myyntiä. On myytävä ratkaisuja asiakkaiden ongelmiin eikä vain terästonneja. Tämän vuoksi teknisten asiantuntijoidemme on oltava kiinteässä yhteydessä asiakkaisiin. On muistettava, että kilpailu vientimarkkinoilla on kivenkova, eikä halvalla hinnalla voi eikä kannata korvata heikkoa laatua tai epävarmoja toimitusaikoja. Tässä suhteessa olemme oppineet paljon viimeisten 10 vuoden aikana, ja väittäisin meidän nykyään ymmärtävän nämä seikat.

TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Aikaisemmin esitettyyn perustuen uskon Suomen rau-

ta- ja terästeollisuuden viennin jatkossakin kasvavan sekä absoluuttisesti että suhteessa koko myyntiin. Tämä on luonnollinen seuraus siitä, että kauppa vapautuu yhä enemmän, kuljetukset halpenevat suhteellisesti ja erikoistuminen kehittyy yhä pitemmälle tällä alalla niinkuin muillakin.

Rautaruukin kohta valmistuva suuri laajennus tulee lisäämään sekä kuuma- että kylmävalssattujen levyjen vientiä voimakkaasti lähivuosina (arviolta 200 000—300 000 tn/v). Tämä vienti vähenee kuitenkin sitä mukaan kuin kotimaan kulutus lisääntyy.

Uutena vientituotteena tulee lähivuosina markkinoille Outokummun Torniossa valmistama ruostumaton levy. Koko Tornion tuotanto tulee alustavien suunnitelmien mukaan olemaan n. 15 000 tn ensi vuonna ja n. 50 000 tn vuonna 1980. Vientiin tulee tästä menemään n. 7000—8 000 tn vuonna 1977 ja n. 30 000 tn vuonna 1980. Vienti tulee suuntautumaan ensisijaisesti Pohjoismaihin. Toiselle sijalle tulee Englanti, kolmannelle SEV-maat ja seuraavaksi Keskieurooppa.

Yleisesti uskon meidän kehittävän vientipolitiikkaamme samaan suuntaan kuin tähänkin asti. Ensisijaisesti pyrimme myymään suomalaista insinööritaitoa teräksen muodossa. Täydennyksenä tulee jatkossakin kuvaan tuotannon tasoittamiseen tähtäävä rajoitettu massatuotteiden tilapäisvienti.

SUMMARY

The Finnish Iron and Steel Industry in the World Market

At present the Finnish steel grade and profile requirements represent a large range. Those with a low capacity demand are uneconomical to produce, however, and for these products importing is founded.

The Finnish iron and steel industry is internationally competitive and this makes profitable export possible. It must be remembered that exporting is not only a matter of finance and manpower but also of demand. Since the Finnish market is small exports may be used to balance the market situation. Standard products can be made and stored when the demand is low and marketed abroad during expansion. This is not only commercially economically sound but also nationally. A sufficiently broadlybased and divergent home production is, however, essential in the event of a crisis.

At present basic pig iron, slabs and commercial grades of rolled products have essentially been used as market stabilizers. Other pig iron grades are exported since production for the home market alone would be uneconomical. Steel billets export has been based on long-term agreements, however, this is decreasing due to home rolling-mill demand. The export of special steels has increased rapidly to 80% produced. Since these normally are produced in smaller establishments foreign competitors do not have a volume advantage. The Finnish export of special steels is based on quality, accuracy and technical "know-how".

Marketing is based on a few large customers since the export can be developed quickly and attended to by minimal personnel. Free agents are used for the export sales since expansion is possible with little investment and the produce is more widely available.

The Finnish exports should increase due in part to the Rautaruukki expansion making hot and cold-rolled plates and sheets available as well as Outokumpu bringing stainless steel onto the market. Prime concentration must be given to selling Finnish engineering achievement in the form of steel as well as 'market-balancing' bulk products.

Rauta- ja terästeollisuutemme kotimaisen asiakkaan näkökulmasta

Toimitusjohtaja Jaakko Ihamuotila, Valmet Oy

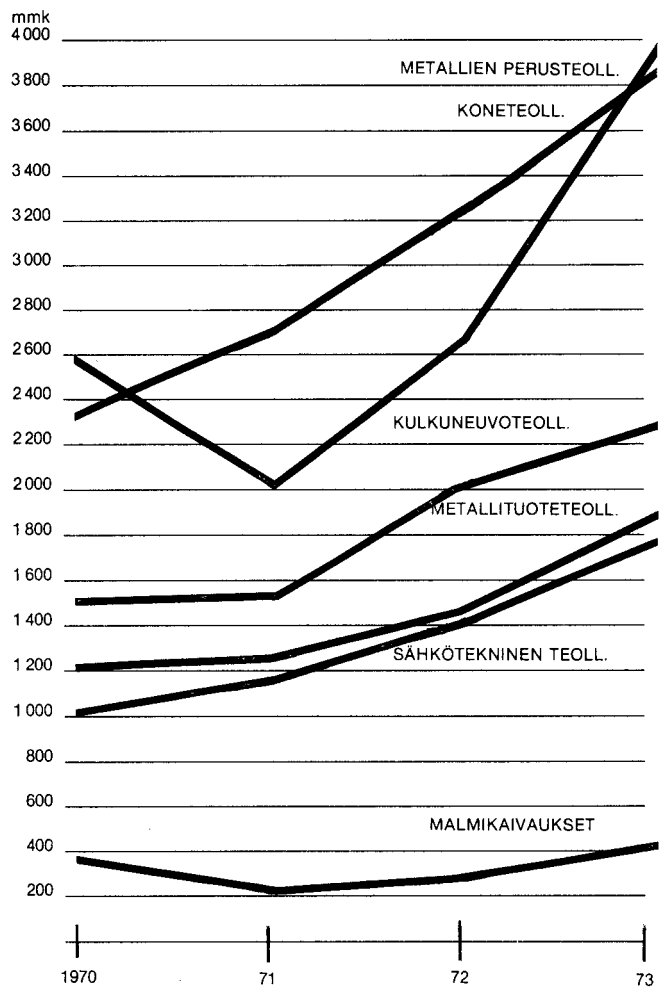
Esitelmä Vuorimiespäivillä 19. 3. 1976

Metalliteollisuus on 1970-luvulla kohonnut jalostusarvoltaan ja henkilömäärältään maamme suurimmaksi teollisuusalaksi ja kilpailee ensi sijasta myös tuotannon bruttoarvon osalta. Koko metalliteollisuuden tuotannosta pitkälle jalostettujen koneiteollisuuden, sähköteknisen teollisuuden ja kulkuneuvoteollisuuden tuotteiden osuus on yli puolet. Nämä alat muodostavat rauta- ja terästeollisuutemme erään keskeisen ja nopeasti laajenevan asiakasryhmän.

Kyseisten tuotealojen kasvu ja tunkeutuminen vientimarkkinoille on edellyttänyt kasvavaa ammattitaitoa, koulutusta, kauppasopimuksia, rahoitusjärjestelmiä; ylipäänsä omaleimaisia, pitkälle jalostettuja tuotteita, tukevaa talous- ja teollisuuspolitiikkaa. Mutta sen lisäksi on vaadittu uudenlaisen teollisen infrastruktuurin syntymistä, jossa kotimaisten hankintalähteiden, erityisesti rauta- ja terästeollisuuden kehittämisellä on olennainen osuus. Jotta konepajateollisuus voisi menestyä integroituvilla kansainvälisillä markkinoilla, sen tulee voida keskittyä lopputuotteidensa kehitykseen, valmistukseen ja markkinointiin. Tämän keskittymisen eräänä edellytyksenä ovat läheiset suhteet monipuoliseen raaka-aine-, puolivalmiste- ja komponenttiteollisuuteen, joka omalta osaltaan voi vastata kilpailun ja teknillisen kehityksen haasteisiin. Tässä mielessä kotimaisen rauta- ja terästeollisuuden kehittyminen volyymin, tuotevalikoiman, laadun ja toimitusehtojen puolesta entistäkin kilpailukykyisemmäksi on konepaja- ja telakkateollisuuden läheisessä intressissä.

KONEPAJA- JA TELAKKATEOLLISUUDEN KASVU

Eräiden talouspoliittisten tavoitteiden, mm. ulkomaankaupan tasapainon saavuttamiseksi, Suomen metalliteollisuuden tuotannon volyymin tulisi eri arvioiden mukaan kasvaa 8 %/v ja viennin selvästi yli 10 %/v. 1970-luvun alkuvuosina kasvu on ollut tätä suuruusluokkaa tai jonkin verran nopeampaa. Kasvu on myös ollut suhteellisen tasapainoista perusteollisuuden ja konepajateollisuuden välillä. (Kuva 1).



Kuva 1. Metalliteollisuuden tuotannon bruttoarvo tuotantoaloittain.

Fig. 1. Gross product value of different branches of metal industry.

Metallien perusteollisuus = basic metallurgical industry
Koneiteollisuus = machine industry
Kulkuneuvoteollisuus = vehicle industry
Metallituoteteollisuus = manufacture industry
Sähkötekninen teollisuus = electric industry
Malmikaivokset = ore mines

Ennusteita vuosikymmenen loppuun koko metalliteollisuuden volyymistä tuskin on käytettävissä. Metalliteollisuuden Keskusliitto on kuitenkin tehnyt selvityksiä raskaan konepaja- ja laivanrakennusteollisuuden osuudesta, joka on noin puolet koko kone-, sähkö-

ja kulkuneuvoteollisuudesta. Näiden mukaan kasvunopeus saattaisi olla suuruusluokkaa 15 %/v. Perinteisistä raskaan metallin päätuotteista alusten ja puunjalostuskoneiden tuotannon kasvu olisi mahdollisesti jossain määrin hitaampaa kuin esimerkiksi lähi-siirtolaitteiden, metallurgisen teollisuuden koneiden tai energiatuotantokoneiden tuotantomäärien kasvu.

Mikäli kasvu kevyemmässä metalli- ja sähköteknillisessä teollisuudessa on samaa suuruusluokkaa, on ilmeistä, että meneillään olevat rauta- ja terästeollisuuden investointiohjelmat on oikein ajoitettu ainakin sillä osin kuin ne tähtäävät kotimaisen asiakaskunnan raaka-ainetarpeen tyydyttämiseen.

KONEPAJA- JA TELAKKATEOLLISUUDEN HANKINNAT JA KOTIMAINEN TUOTANTO

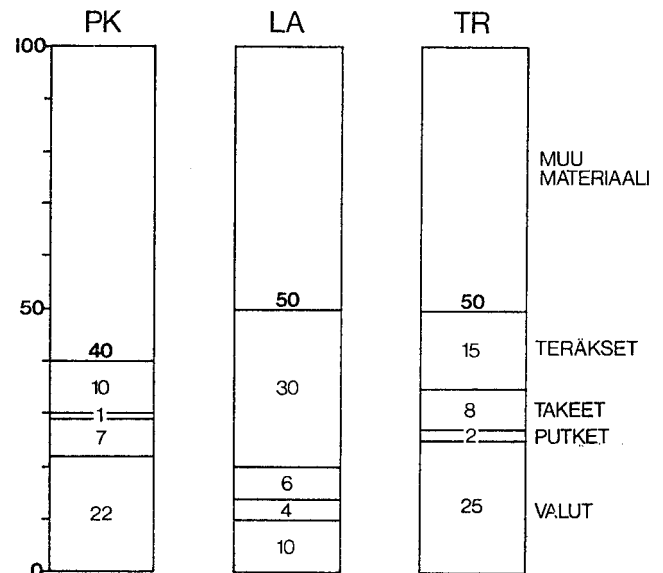
Laajan tuoteskaalan johdosta kysymystä teollisuuden rauta- ja teräshankinnoista voinee parhaiten valaista esimerkein tyypillisiltä tuotesektoreilta. Materiaalin osuus tuotteen kokonaiskustannuksista on tyypillisillä raskaan metallin tuotteilla kuten paperikoneella, kuivalastilaivalla tai maataloustraktorilla yleensä hiukan 50 % yläpuolella. Hankittu materiaali, ts. raaka- ja tarveaineet sekä erilaiset komponentit, muodostaa konepaja- ja laivanrakennusteollisuudessa siten yleensä suurimman kustannuserän. Ei ole kuitenkaan yksikäsitteistä sääntöä siitä, mitä kustannuksia materiaaliin kulloinkin sisällytetään. Esimerkiksi kun telakka ostaa rakentamaansa laivaa varten joltakin ulkopuoliselta konepajalta pääkoneen, tämän koko hinta luonnollisesti kirjataan ao. laivan ja myös telakan materiaalikustannuksiin kuuluvaksi. Jos pääkoneen valmistaa telakan oma konepajaosasto, saatetaan pääkoneesta kirjata materiaalikustannustilille vain sen materiaalikulut ilman valmistuspalkkoja ja kustannusliisiä. Näin menetellen näytettävät materiaalikustannukset pienemmiltä sekä absoluuttisesti että suhteellisesti. On siis ilmeistä, että materiaalikustannuslukuihin on syytä suhtautua varauksella, ellei laskentaperusteita tarkoin tunneta. Niin ikään on ilmeistä, että mitä useampi samaan yritykseen kuuluva tulosyksikkö on mukana yhden ja saman lopputuotteen ketjuuntuneessa valmistusprosessissa, sitä työläämmäksi käy kustannusatomian esittäminen materiaalin osalta.

Edellä mainitut tuotteet muistuttavat toisiaan lähinnä vain siinä suhteessa, että niissä kaikissa on hallitsevana perusmateriaalina rauta ja teräs, jonka jalostusaste on sitäpaitsi laajasti vaihteleva. Kun tähän perusmateriaaliin lasketaan kuuluvaksi rauta- ja teräsvalut, takeet, putket sekä muut valssatut tai vedetyt terästuotteet ja kun materiaalikustannuksia tarkastellaan tuotevastuun kantajan, ts. asianomaista tuotetta mark-

kinoivan tulosyksikön näkökulmasta, saadaan seuraavantapainen materiaalikustannusten jakautuma:

Materiaalikustannusten painopiste näyttää siis olevan ostettujen komponenttien suunnalla, mutta näihin puolestaan sisältyy oleellisen runsaasti ja monessa eri muodossa perusmateriaalia, jolla tässä edelleen tarkoitetaan rautaa ja terästä, olkoon se sitten valssatussa, vedetyssä, valetussa tai taotussa muodossa.

Jos halutaan tarkastella materiaalikustannusten suhteellista jakautumaa hieman syvemmältä hajauttamalla kustannuksellisesti eräät merkittävät komponentit kuten mm. laivan pää- ja apumoottorit samoin kuin traktorin moottori ja turvaohjaamo, saadaan seuraavantapainen kustannuskuva: (Kuva 2)



Kuva 2. Materiaalikustannusten jakautuminen paperikoneen, laivan ja traktorin valmistuksessa.

Fig. 2. Distribution of material costs of paper machine, ship and truck.

Lähde, source: Metalliteollisuuden vuosikirja 1975.

	Perusmateriaali	Komponentit ym. materiaali
— paperikone	n. 40 %	n. 60 %
— lastilaiva	n. 20 %	n. 80 %
— maataloustraktori	n. 20 %	n. 80 %

	Paperikone	Laiva	Traktori
Teräkset	10 %	30 %	15 %
Takeet	1 %	6 %	8 %
Putket	7 %	4 %	2 %
Valut	22 %	10 %	25 %
Muu materiaali	60 %	50 %	50 %

Perusmateriaalin suhteellinen osuus näyttää siis laivan ja traktorin osalta kasvaneen enemmän kuin kaksinkertaiseksi sen johdosta, että "tähytyspistettä" on muutettu.

Näyttää siltä, että materiaalikustannusten suhteellinen osuus on jatkuvasti kasvamassa. Syitä on useita, mutta tärkein lienee se, että on opittu turvautumaan toisten apuun entistä enemmän ja maltettu luopua ylikorostetusta "tee-se-itse" -ajattelusta, tarpeettomasta vertikaalisesta integraatiosta tuotteiden valmistuksessa. Taloudelliset laskelmat ovat muuttaneet aikaisempia valmistuspäätöksiä ostopäätöksiksi tai omat resurssit eivät ole yksinkertaisesti enää riittäneet, vaikka tekemisen taito olisi tallella ollutkin. Myös tuotantoprosessin rationalisointi on vaikuttanut materiaalikustannusten suhteellista osuutta lisäävästi.

Kiintoisin on kuitenkin se havainto, että ulkomaisten hankintojen suhteellinen osuus materiaalikustannuksista on ratkaisevasti pienentymässä. Kun ulkomaisten hankintojen osuus materiaalikustannuksista oli kymmenisen vuotta sitten vielä keskimäärin n. 45 %, ollaan nyt lähestymässä 30 %:n tasoa. Kotimaisen materiaalin panos tuotteiden kustannuskuvassa on siis selvästi voimistunut.

Vaikka n. 40 % maamme teräshuollosta arvioidaan olevan edelleen tuonnin varassa, on todettava tyydytyksellä, että nimenomaan laivanrakennusmateriaalin suhteen on päästy varsin pitkälle kohti kansallista omavaraisuutta. Valssattujen laivaprofiilien kotimaisen tuotannon puuttumista voidaan tämän saavutuksen rinnalla tuskin sanoa miksikään korvaamattomaksi vahingoksi. Vastaavasti ei rakenteilla oleva ja loterästehdaskaan tule ratkaisemaan kaikkia haponkestävän ja ruostumattoman teräksen käyttäjien materiaaliapulmia.

Olisi väärin kuvitella, että terästen tuontitarpeelta voitaisiin koskaan kokonaan vältyä. Näin lienee asian laita myös takeiden kohdalla. Vaikka kotimaista takomokapasiteettia ei voitaneakaan normaalioloissa täysin kuormittaa, on samanaikaisesti tuotettava takeita ulkomailta tuhansia tonneja vuosittain.

Ehkäpä muovaavan työstön menetelmien käyttö ja kehittäminen on meillä jäänyt jotenkin lapsipuolen asemaan lastuavan työstön rinnalla. Takomoalan kotimaista tuotemenekkiä ja omavaraisuusastetta selvittelyvä SITRAn tutkimus antanee lähitulevaisuudessa osaltaan selvyyttä siihen, olisiko kotimaisen terästeollisuuden kasvulle lisätilaa vallattavissa tälläkin suunnalla. Ehkäpä juuri terästehtailla itsellään olisi parhaat edellytykset kilpailukykyisen takomotoiminnan luomiseen ja kehittämiseen. Lienee ainakin osittain maamme takomoiden jo ikääntyneestä konekannasta johtuvaa, että niiden kilpailukyky ei nykyisellään vaikuta erityisen vakuuttavalta haettiinpa vertailukohteita idästä tai lännestä.

KOTIMAISTA YHTEISTYÖTÄ STANDARDISOINTIIN

On luonnollista ja ymmärrettävää, jos oma terästeolli-

suutemme tähtää tiiviisti ulkomaisille markkinoille pyrkien kehittämään tuotevalikoimaansa niihin soveltuvaksi. Jos silloin kotimaan teollisuuden tarpeet ja toivomukset jätetään vaille riittävää huomiota, on vahingonvaara tarjolla. Yleisesti ottaen ei tosin ole aihetta moittia kotimaisia teräksentuottajia sopimattomista mitta- ja muotostandardien valikoimista.

Laatta- ja muototangot on edelleen tuotettava ulkomailta. Samoin yli 60 mm paksuiset teräslevyt ja läpimitan 170—180 mm ylittävät valssatut pyörötangot raskaan konepajateollisuuden tarpeisiin. Näissä tapauksissa ei syy ole tietenkään yksin standardeissa vaan myös valitussa tuotepolitiikassa ja tuotantovälineissä.

Kun raaka-ainetoimittajat pyrkivät valitsemaan ohjelmaansa ne laadut, joita suuret ja tärkeät ulkomaiset asiakkaat käyttävät, syntyy helposti sellainen tilanne, että standardien sisältö värityy meille osittain sopimattomaksi.

Niin mitta- kuin laatustandardienkin käyttöön tuotantokustannuksia alentavana keinona vaikuttaa luonnollisesti myös konepajateollisuutemme kyky sopeutua tilanteisiin oikealla tavalla. Tunteeseen perustuva arviointi sopivista ja sopimattomista esikuvastandardeista ei ole harvinaista. Seurauksena on kirjava käyttövalikoima, joka puolestaan on esteenä myyntivarastojen syntymiselle. Kun toisaalta tehdastoimitukset ovat moniin käyttötarkoituksiin liian suuria, joudutaan tarvittavat laadut ostamaan mannermaisilta varastomyyjiltä.

Kotimaisten terästehtaiden ja konepajateollisuuden monimuotoinen yhteistyö mm. standardien kehittämisessä ei tietenkään voi olla täysin kitkatonta. Pääpiirteisissään sen voitaneen sanoa sujuneen hyvin. Erityisesti konepajat ja telakat arvostavat terästehtaiden tutkimuslaitosten käyttäjystävällistä orientoitumista.

SOPEUTUVAISUUS — KOTIMAISEN TOIMITTAJAN KILPAILUETU

Parhainkaan teräs ei ole käyttäjän mielestä kyllin hyvää ellei sen saatavuus ole turvattua ja hinta kilpailukykyinen. Sovituista hankinta-ajoista on pyritty puolin ja toisin pitämään kiinni velvollisuudentuntoisesti, ja kun toimitusohjelmia on ollut pakko joskus syystä tai toisesta tarkistaa, on puolin ja toisin osoitetulla sopeutumishalukkuudella ja joustavuudella aina saavutettu tuloksia.

Vaikka kotimaistenkin teräksien hintakysymykse nykyisin kulkevat suurelta osalta CECA-säännösten

määrittelemässä uomissa, jää toki jotain kaupanteon viehätuksesta vielä jäljelle. Konepaja- ja laivanrakennusteollisuus joutuu alati painiskelemaan omien asiakkaitensa kanssa paitsi hinnoista myös näitä suosivista maksuehdoista. Olisi lohdullista jos terästeollisuus voisi puolestaan osoittaa tällä alueella nykyistä suurempaa joustavuutta ja nähdä oman menestyksensä ainakin osittain riippuvaiseksi kotimaisen konepaja- ja laivanrakennusteollisuuden kilpailukyvästä.

CECA-säännösten vaikutukset eivät ole ehkä vielä niin selvästi nähtävissä, että niiden etuja ja haittoja olisi helppoa punnita. Selvää lienee kuitenkin se, että heijastumat yhtenäisestä teräsmateriaalin hintapolitiikasta ulottuvat jo laajalle. Voidaan ehkä aiheellisesti kysyä, miten saattaa materiaalivaltainen konepaja- ja laivanrakennusteollisuutemme kilpailla menestyksellisesti ulkomaisilla markkinoilla, jos sen pohjana olevalla kotimaisella terästeollisuudella ei ole mahdollisuutta puhaltaa samaan hiileen vaikka halua ehkä olisikin.

KOTIMAINEN RAAKA-AINE — MYÖNTEISTÄ KAUPPATASEEN JA KILPAILUKYVYN KANNALTA

Eräs metalliteollisuutemme tärkeitä kehityspiirteitä viime vuosina on ollut tuotannon kotimaisuusasteen kasvaminen. Konepaja- ja telakkateollisuudessa ulkomaisten raaka-aineiden ja komponenttien osuus on laskenut 15 %:iin, mikä on perustunut rauta- ja terästeollisuuden tuotannon kasvuun ja monipuolistumiseen samoin kuin kotimaisen komponentiteollisuuden ja alihankkijatoiminnan laajenemiseen. Laivanrakennusteollisuuden kotimaisuusaste on myös keskimäärin erittäin korkea. Perusraaka-aine, laivalevyt, ovat nyt lähes 100-prosenttisesti kotimaista alkuperää. Kotimaisuusastetta voidaan lähivuosina edelleen kohottaa mm. laivapalkkeja valmistavan tehtaan aloitettua toimintansa.

Kotimaisuusasteen kasvamisella on välitön myönteinen vaikutus kauppataseeseen. Rauta- ja terästeollisuuden panos konepaja- ja telakkateollisuuden raaka-aineiden saannin turvaajana ei kuitenkaan rajoitu tähän. Olennaisinta on, että perusteollisuus kotimarkkinoillaan voi toimia suhdanteita tasaavasti ja läheisessä yhteistyössä asiakaskuntansa kanssa luoden täten konepaja- ja telakkateollisuudelle vähintään samat lähtöasemat raaka-aineen suhteen kuin mitä kilpailijoilla on integroituvilla kansainvälisillä markkinoilla.

SUMMARY

Finnish iron and steel industry from the viewpoint of a domestic customer

The development which has taken place in the Finnish iron and steel industry is of substantial significance to the important and growing group of customers, which consists of the Finnish engineering, electrical and transport equipment industries. On the basis of what can be said about the growth prospects of the engineering and shipbuilding industries at present, it would seem that the investment programmes of the iron and steel industry now in progress have been suitably timed, at least so far as they aim at satisfying the domestic customers' raw material requirements.

The share of material of the total manufacturing costs with such typical heavy metal products as paper machinery, dry cargo ships or agricultural tractors is a little over 50 %. The acquired material, i.e. raw materials and equipment as well as different components, is thus in general the greatest cost item in the engineering and shipbuilding industries. In addition, the relative share of material costs seems to be on the increase.

One of the important development features of the Finnish metalworking industry has been the increase in recent years in the degree of domestic origin of a product. This has to a great extent been affected by the fact that the relative share of imported materials is decisively decreasing in expenditure. Though their share ten years ago was on average 45 %, it is now approaching 30 %. The share of foreign raw materials and components in the engineering industry has dropped to 15 % of the products net selling price. This is based on the growth of production and the ever increasing variety of products in Finland's own iron and steel industry as well as on the expansion of the domestic origin in the shipbuilding industry is also very high on average. The basic raw material, ship plates, is close on a hundred per cent domestic in origin. The degree of domestic origin can in the coming years be further increased, especially as the factory manufacturing welded profiles for shipbuilding has started operation.

The increase in the degree of domestic origin has a direct, favourable effect on the balance of trade. The iron and steel industry's contribution towards ensuring the availability of raw materials for the engineering and shipbuilding industry is, however, not confined to this. The point is that through its operations in the domestic market, the basic industry can equalise economic fluctuations and thus, in close cooperation with its customers create for the engineering and shipbuilding industry the same starting points regarding raw materials as competitors have in the integrating international markets.

from p. 52

SUMMARY

A survey on fine grinding of cement in open and closed circuit.

The purpose of this study was to investigate fine grinding of cement on laboratory scale. The test material was Portland-cement, the fineness of which is 68 % —32 μ m and the specific surface area 3100 cm²/g. Both minipebs and balls with diameter of 20 mm were used as grinding media.

The best results in the open circuit in function of the net energy consumption were reached when using minipebs, smooth lining and 0.5 % triethanolamine as grinding aid. In closed grinding circuit, fig. 4, it was possible to produce cement, the fineness of which was more than 90 % —32 μ m, with less energy consumption than in the open circuit.

Lämpökäsittelymenetelmien viime kehityksestä

Prof. Martti Sulonen, Teknillinen korkeakoulu, Metallien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio, Otaniemi.

JOHDANTO

Metallurgian teollisuuden tuottamista ja metalliteollisuuden käyttämistä metallisista raaka- ja rakenneaineista suurin osa lienee lämpökäsittelmätöntä, vaikkakin teollisuuden rakenteesta, tuotevalikoimasta, yms. syistä johtuvia melko suuria paikallisia eroja näyttää esiintyvän lämpökäsittelyn käytön laajuudessa. Niinpä esim. DDR:ssä tuotetuista metallisista rakenneaineista kokonaista 70 % ilmoitetaan lämpökäsiteltävän. Lämpökäsittelyn materiaalin osuus on joka tapauksessa kaikkialla jatkuvasti kasvamassa seurauksena käyttötartteiden ja -tottumusten, ominaisuusvaatimusten ja mm. materiaalin ja energian hintasuhteiden muuttumisesta tämänlaatuista kehitystä suosivaan suuntaan.

Taulukko I. Lämpökäsittelyn vaikutus tuotekustannuksiin Ruotsissa.*)

Lämpökäs.tuotteet	Tuotearvo Mkr	Lämpökäs. kust. Mkr
Terästeht. tuotteet (ei teräsvalua ja -levyä)	2250	115
Teräsvalu ja -levy	500	80
Ei-rautametalli- puolivalmisteet (Cu ja Al)	700	50
Konepajatuotteet, terästä	1640	490
Konepajatuotteet, ei-rautametallia	150	30
	Yht. 5 240	765

*) Lähde: Sveriges Mekanförbund: Värmebehandling, konferens 13. 5. 1971 i Västerås.

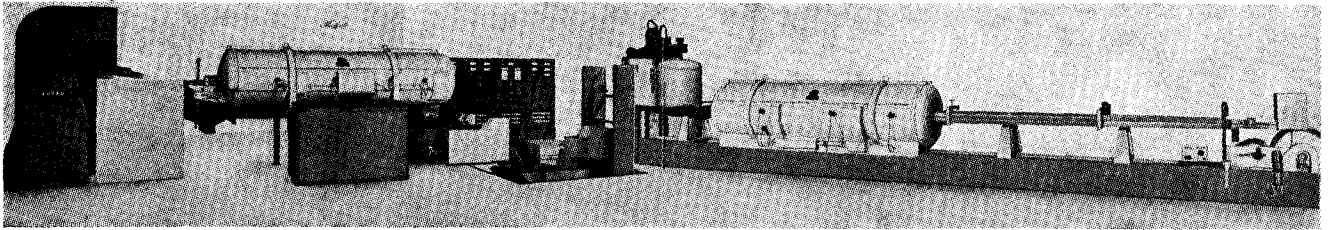
Tilastotiedot Ruotsista osoittavat (taulukko I), että metalliteollisuuden eri haaroista konepajateollisuus käyttää eniten lämpökäsittelyä. Näiden kustannukset muodostuvat myös sekä suhteellisesti että absoluuttisesti suuremmiksi kuin esim. terästeollisuudessa. Keskimäärin lämpökäsittelystä aiheutuu metalliteollisuudessa n. 15 %:n kustannuslisä. Teollisuuden erilaisen rakenteen johdosta esitetyt luvut eivät ole meikäläisiin olosuhteisiin suoraan siirrettävissä. Suomeen todennäköisesti tuodaan valmiiksi käsiteltyjen tuotteiden muodossa suhteellisesti enemmän lämpökäsittelyä kuin naapurimaahamme.

Lämpökäsittely on melko konservatiivinen tekniikan ala, jossa muutokset ovat hitaita ja uudet menetelmät voidaan ottaa käyttöön vasta pitkällisten selvitusten ja käyttökokemusten jälkeen. Yleensä on monin verroin helpompaa vaihtaa lämpökäsiteltävää seoskoostumusta kuin itse lämpökäsittelyä.

Vaikka todella merkittäviä, entisistä täysin poikkeavia, uusia lämpökäsittelymenetelmiä keksitäänkin varsin harvoin, ehkä vain muutama vuosikymmenessä, tapahtuu vanhojen menetelmien kohdalla kuitenkin jatkuvaa, varteenotettavaa kehitystä laite-, suoritus- ja mittausteknillisten parannusten muodossa. Nämä useinkin ovat seurausta tekniikan yleisestä kehityksestä. Myös materiaalien käyttäytymisen lisääntyvä tuntemus — olipa sitten kysymys mikrorakenteeseen kohdistuvassa tutkimuksessa tai varsinaisissa käyttöolosuhteissa ilmenevien ulkoisten ilmiöiden tutkimuksessa saavutetuista tuloksista — saattaa joskus olla aiheena lämpökäsittelymenetelmien kehittämisspyrkimykseen.

UUNINRAKENNUS

Lämpökäsittelyn tärkein teknillinen apuneuvo on uuni. Puhtaasti konstruktiivisten seikkojen ohella uunien suunnittelussa kiinnitetään nykyisin huomiota uuni-prosesseissa vaikuttaviin perustekijöihin: kaasu- ja



Kuva 1. Automaattinen lämpökäsittelylaitos. Toiminnot (vas. vaus, uudelleenpanostus, päästöehkutus, purkaus.

Fig. 1. Plant for automatic heat treatment. Operations degreasing and drying, reloading, annealing, unloading.

lukien): panostus, hiiletys, karkaisu, rasvanpoisto ja kui-

(from left to right): loading, carburization, quenching,

öljylämmitteisissä uunilaitoksissa palamisen reaktiokinetiikkaan, polttoaineen ja ilman sekoittuessa ja palassa polttimissa esiintyviin virtausilmiöihin ja virtauksiin uunitilassa, lämmönsiirtoon kappaleisiin ja kappaleissa sekä niiden ulkopuolella. Myös myrkyllisten aineiden, kuten esim. typen oksidien, mahdollinen syntyminen palamisen yhteydessä on otettava huomioon. Suunnittelun apuna käytetään matemaattisia ja fyysikaalisia uunimalleja. Matemaattinen malli, jonka luominen edellyttää edelläsänotunlaisten tekijäin vaikutusten tuntemista, "toimii" kuten todellinen uuni.

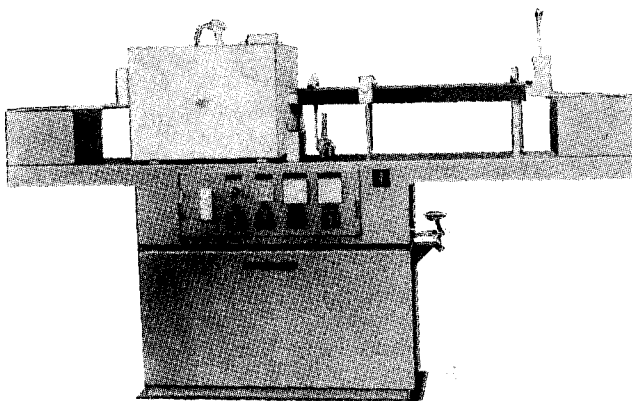
Lämpökäsittelyjä kappaleita jatkuvasti tuottavassa tai käyttävässä teollisuudessa, kuten esim. autotehtaisa, uunit ryhmitetään usein tuotantolinjoiksi, kuva 1. Tällaiseen linjaan sisältyvät kaikki ko. lämpökäsitte-

lyohjelmaan tarvittavat uunit ja apulaitteet, esim. hii-letyskarkaisu- ja päästöuunit väliin sijoitettui- ne sammutus- ja pesulaitteineen.

Monet uunien valmistajat toimittavat nykyään uuneja rakennussarjaperiaatteella. Moduulimitoitettut osat — näihin voi sisältyä tyhjuunejakin — voidaan helposti liittää toisiinsa ja siten uunien kokoa ja varustelua entistä helpommin vaihdella. Pienten massa-artikkeli- lämpökäsittelyihin soveltuvat, päättymätömällä metalliverkkonauhakuljettimella varustetut läpikulku-uunit (kuva 2), jotka useasti on varustettu suoja-kaasulaittein, kuuluvat nykyisin lähes jokaisen uunivalmistajan tuotevalikoimaan.

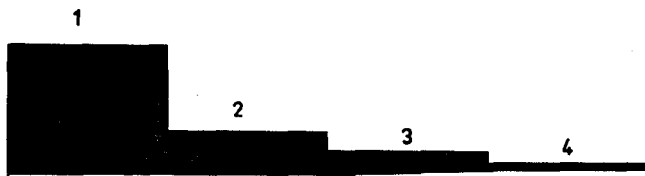
Uunien rakennusaineista keraamiset aineet ovat edelleen tärkeimmät. Osa näistä on varsinaiseen kuumatilaan tarkoitettuja, tulenkestäviä aineita, joiden käytössä on havaittavissa selvää siirtymistä shamottityyppisistä keraamisista aineista kemiallisesti kestävämpiin runsasaloksidisiin aineisiin, osa taas on eristysaineita, joilta ei vaadita aivan yhtä korkeiden lämpötilojen kestävyyttä.

Eristysaineet ovat viime aikoina merkittävästi kehittyneet tulenkestävien kuituaineiden tultua käyttöön. Kemialliselta koostumukseltaan nämä voivat olla alumiinisilikaatteja, Al_2O_3 tai ZrO_2 . Etenkin jälkimmäiset ovat termisesti niin stabiileja — rakenteeltaan ne ovat mikrokiteisiä aineita, joissa on paljon huokoisuutta — että niitä voidaan käyttää jopa 1500° yläpuolella ilman tavanomaisille eristysaineille tyypillistä jälkikutistumista. Niiden lämmöneristyskyky on erinomainen, sillä esim. $200^\circ C$:ssa lämmönjohtavuus $\lambda = 0.040 W/mK$, $1000^\circ C$:ssa $0.230 W/mK$. Uunien lämpöhäviöitä, painoa ja lämpökapasiteettia voidaan paljon pienentää tulenkestäviä keraamisia kuitumateriaaleja käyttämällä (kuva 3). Käyttömahdollisuuksia pohdittaessa on kuitenkin otettava huomioon aineiden huono kulutuskestävyys samoin kuin, että ne eivät kestä voimakkaiden kaasuvirtausten vaikutuksia. Näillä aineilla on myös erinomainen ääneneristyskyky. Lisäksi niitä voidaan käyttää mm. suodatukseen.



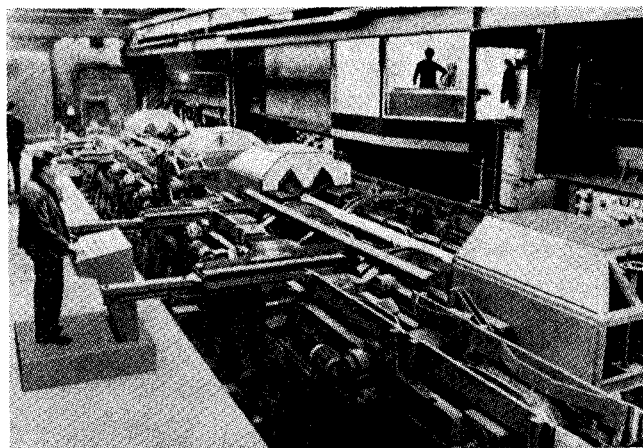
Kuva 2. Pieni metalliverkkokuljettimella varustettu suoja-kaasulämpökäsittelyuuni.

Fig. 2. Small protective atmosphere furnace with end-less wovenchain conveyer.



Kuva 3. Uunin seinän suht. paksuus eri materiaaleja käyttäen, kuin seinän sisä- ja ulkolämpötilat ovat samat. Seinän painossa erot olisivat vielä suuremmat. 1 = alumiinisilikaattitiili, 2 = tulenkestävä eristysmassa, 3 = tulenkestävä eristystiili, 4 = tulenkestävä keraaminen kuitu.

Fig. 3. Variation of wall thickness with different construction materials when inside and outside temperatures are held constant. Variation of wall weights is still greater. 1 = aluminium silicate brick, 2 = insulating mass, 3 = insulating firebrick, 4 = ceramic fibre.



Kuva 4. Teelmien ohminen kuumennus. Kuumennusteho 10 t/h, sähkötehon kulutus 8600 KVA.

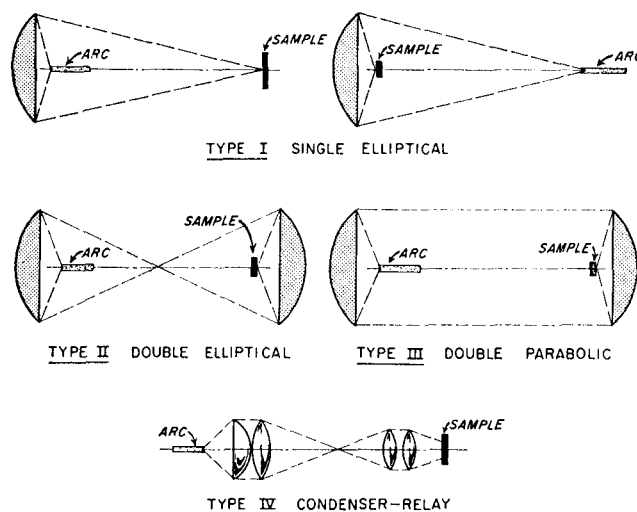
Fig. 4. Direct resistance heating of billets. Throughput 10 ton/h, heating power 8600 KVA.

SURTEHOKUUMENNUS

Kappaleen lämpökäsittelyyn sisältyy normaalisti sekä kuumennus- että jäähdytysvaihe, sitähän edellyttää jo lämpökäsittelyn käsite. Tavanomaisten kuumennusmenetelmien heikkoutena on monesti huono lämpötila, Teollisuusuneissa hyötysuhde saattaa vaihdella muutamasta %:sta muutamaankymmeneen %:iin kappalemuodosta, uunin täytösasteesta ja käytön jatkuvuudesta riippuen. Tästä syystä huomio onkin alkanut kohdistua mahdollisuuteen kehittää suurtehokuumennusmenetelmiä, joille olisi ominaista sekä hyvä kuumennuksen hyötysuhde että kappaleiden nopea lämpeneminen. Tällaisina kuumennusmenetelminä saattavat eri tapauksissa tulla kyseeseen:

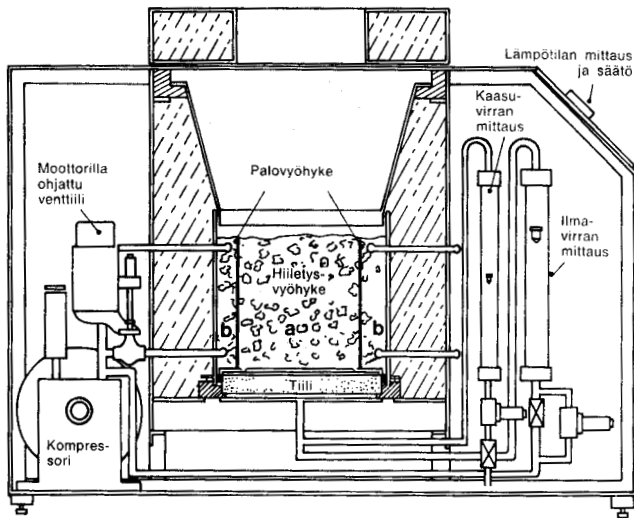
- suora ohminen kuumennus läpikulkevalla sähkövirralla kappaleen itsensä ollessa kuumennusvastuksena. Kuumennuksen hyötysuhde on tällöin luonnollisesti hyvin korkea, n. 90 %. Menetelmä sopii nimenomaan tasapaksuille, ohuille kappalemuodoille ja sitä käytetään mm. kupari- ja alumiinilankojen rekristalisaatiohehkutuksiin, betoniteräslangan päästöhehkutukseen ja työkaluterästankojen kuumennukseen valssausta varten (kuva 4).
- induktiokuumennus, jonka varjopuolia ovat mm. laitteistojen kalleus sekä tehokkaan energiasirron edellyttämä kappaleiden mittatarkkuus.
- säteilykuumennus korkealämpötilasäteilijöillä, tavallisimmin halogeenivolfraamilampuilla, sopiviin heijastinjärjestelmiin yhdistettynä (kuva 5). Tasapainolämpötilat voivat olla jopa 1900°C.
- upotuskuumennus sulissa metalleissa, lähinnä lyijyssä tai lyijyvismuttiseoksessa tai suoiloissa; varjopuolena kylpyaineen kiinnitarttumisen sekä työterveydelliset ongelmat.

— pyörrepatjakuumennus, jossa ideana on käyttää lämmönsiirtäjänä tulenkestävää, suht. raskasta jauhetta, tavallisimmin 20–30 μm:n raeluokkaa olevaa Al₂O₃-jauhetta, joka jauhepatjan läpikulkevalla kuumalla kaasuvirralla tai suorastaan patjassa tapahtuvalla kaasun poltolla saatetaan kiehuntaa muistuttavaan, nopeaan pyörteiseen liiketilaan (jo hieman iskostunut nimitys ”leiju-



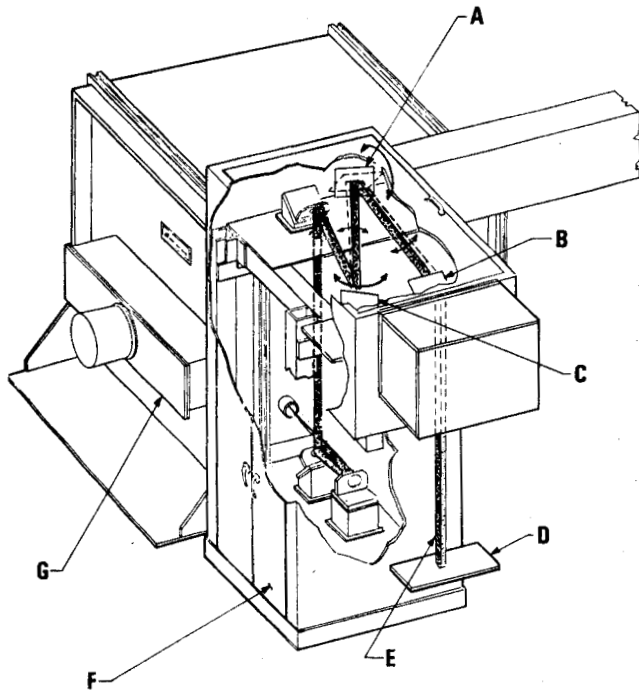
Kuva 5. Korkealämpötilasäteilijöiden (tässä kaarilampujen) käyttöjärjestelmiä.

Fig. 5 Different arrangements of high-temperature radiators (arc-lamps).



Kuva 6. Kaasuihitykseen suunniteltu pyörrepatjauuni.

Fig. 6. Fluidized bed furnace for gas carburization.

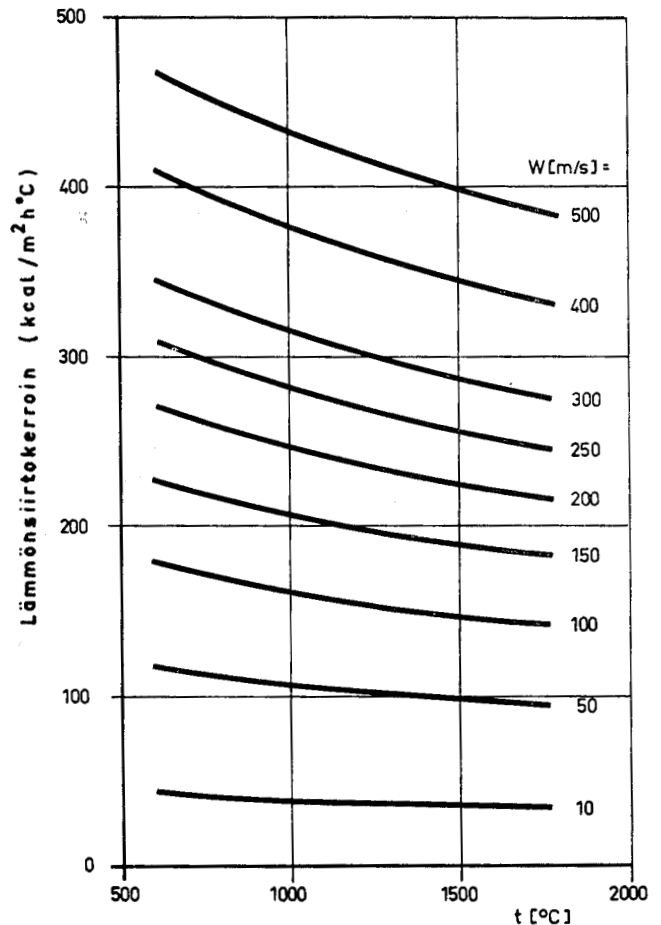


Kuva 7. CO₂-laserin käyttöön perustuva lämpökäsittelylaitteisto. A, C = liikkuvat peilit, B = kiinteä peili, D = käsiteltävä kappale, E = kappaleeseen osuva säde, F = optiikkaosa, G = laseri.

Fig. 7. CO₂-laser heat treatment equipment. A, C = oscillating mirrors, B = stationary mirror, D = work surface, E = beam, F = optics, G = laser.

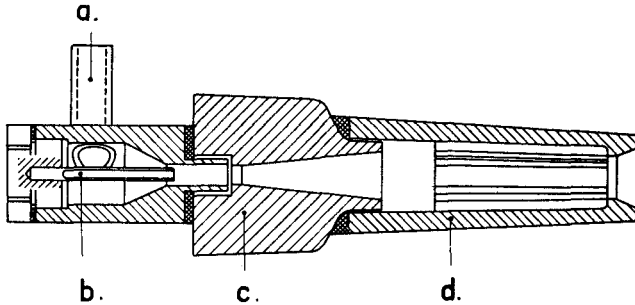
patja" on siten huonosti ilmiötä kuvaava). Patjaan upotetut kappaleet kuumenevat nopeudella, joka on useita kertoja suurempi kuin normaalissa atmosfääriuunissa saavutettava. Etuna on edelleen uunin nopea kuumeneminen käyttölämpötilaansa. Kaasuihitykskin on mahdollista pyörrepatjauuneissa (kuva 6), joita muutamia kymmeniä on jo käytössä Euroopassa.

— laserkuuminen lämpökäsittelyissä on vasta alulla, mutta sille voitane ennustaa menestystä tulevaisuudessa suurtehoisten jatkuvasäteilylaserien kehityksen myötä. Erityisesti sellaiset tapaukset, joissa lämpökäsittelyä tarvitaan vain kappaleen pienelle osalle, esim. vain pintaan tai sen osalle, ovat laseria käyttämällä kätevästi ratkaistavissa. Eräitä laitteita on kaupallisesti tarjolla; säteilyä säädetään niissä muuttamalla peilien avulla kulmaa, jolla säteily kohtaa pinnan, ja säätämällä pyyhkäisy nopeutta (kuva 7). Pintaseostus, esim. hiiletys, on myös mahdollista sulattamalla sopivaa lisäainetta kappaleen pinnalle.



Kuva 8. Lämmönsiirtokerroin kaasusta lieriömäiseen kappaleeseen kaasuvirtauksen osuessa kohtisuoraan kappaleen pintaa vasten.

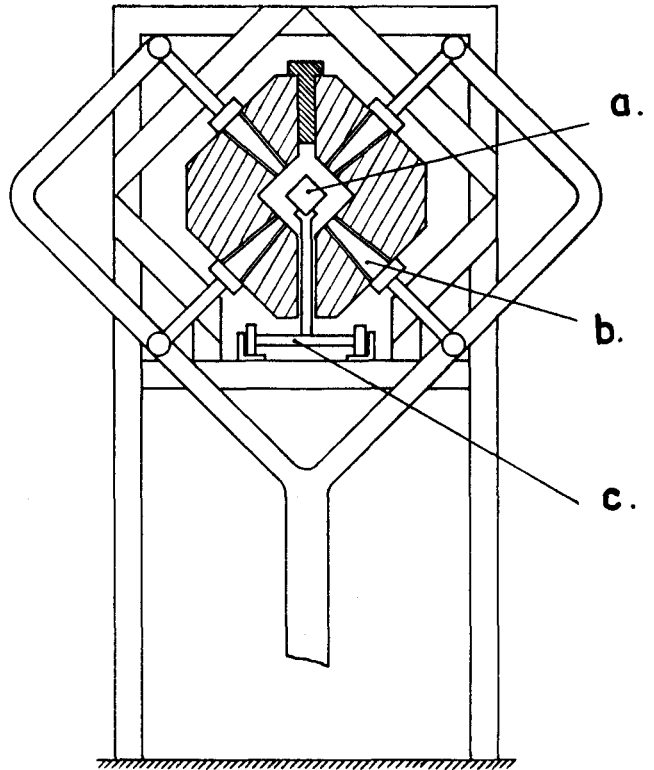
Fig. 8. Coefficient of heat transfer from gas to cylindrical sample. Gas flow at right angles to the surface.



Kuva 9. Tunnelipoltin. 1 = kaasu-ilmaseoksen tuloputki, 2 = pyörteen estäjä, 3 = diffusori, 4 = palotunneli.

Fig. 9. Tunnel burner. 1 = air-gas inlet, 2 = turbulence obstacle, 3 = diffuser, 4 = combustion tunnel.

- elektronisuihkukuumennusta on ehdotettu vastaavanlaisiin tapauksiin.
- plasmakuuennus tarjoaa monitahoisia mahdollisuuksia etenkin hyvin korkeiden lämpötilojen saavuttamiseen, mutta sen ensimmäiset sovellutukset ovat enemmänkin sulatuksen kuin lämpökäsittelyn puolella.
- kaasusuihkukuumennus pakotetun konvektion eri menetelmiä käyttäen on suurtehokuuennustapa, johon käytännössä on eniten nojaututtu. Luonnolliseen konvektioon perustuva lämmönsiirto kuumista uunikaasuista kappaleeseen on kovin hidaskäyttöinen. Suuntaamalla kaasusuihkut kohtisuoraan kappaleen pintaan vastaan ja käyttämällä suuria virtausnopeuksia lämmönsiirto voimakkaasti tehostuu (kuva 8). Vertauksen vuoksi mainittakoon, että kokonaissäteilyteho 1900°C muuttavasta pinnasta on $1,1 \times 10^6 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ ($= 1,25 \times 10^6 \text{ W/m}^2$). Virtausnopeuksia, jotka ovat 100 m/s luokkaa, voidaan saavuttaa mm. ns. tunnelipolttimilla, joiden käyttöön monet uuniratkaisut perustuvatkin (kuva 9). Sen tyyppisissä uunissa, jota kuva 10 esittää, voidaan 600°C :een esilämmitetty $100 \times 100 \text{ mm}^2$:n teelmä kuumentaa 1000°C :een tunnissa. Lyhyestä kuumennusajasta johtuen hapettuminen ja hiilenkato jäävät vain murto-osaan siitä, mitä ne olisivat konventionaalisessa hitaassa kuumennuksessa, ja myös mikrorakenteellisia etuja voidaan samalla saavuttaa. Etenkin kuumana helposti naarmuuntuvan alumiininauhan lämpökäsittelyssä voidaan kaasusuihkuja samalla käyttää myös "leijuttamaan" nauhaa läpi uunin. Tämäntapaisissa uuneissa hyötysuhde voi olla 50–60 %.



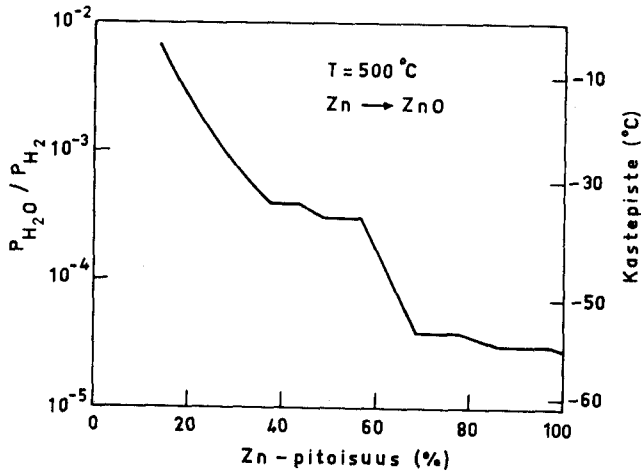
Kuva 10. Teelmien pikakuuennusuuni. 1 = teelmä, 2 = poltin, 3 = kuljetin.

Fig. 10. Rapid billet heating furnace. 1 = billet, 2 = burner, 3 = trolley.

SUOJAKAASUTEKNIikka

Suojakaasujen käyttöä edellyttävien lämpökäsittelyjen suhteellinen osuus kaikista lämpökäsittelyistä on epäilemättä voimakkaasti kasvanut etenkin konepaja- ja metallituoteollisuuden piirissä. Itse suojakaasujen kohdalla ei varsinaista periaatteellisuonteista kehitystä ole tapahtunut, mutta kylläkin sinänsä merkittävää edistystä laite-, mittaus- ja säätötekniikassa. Tällaisena tuloksena voidaan mainita menetelmä, joka on kehitetty ja meilläkin käytössä sinkkipitoisten messinkien ja uushopean kiiltohehkuksen suorittamiseksi hyvin kuivatuissa $\text{H}_2\text{-N}_2$ -atmosfääreissä (kuvat 11 ja 12). Tyhjäpumpusta käytetään käsittelyn alkua ja loppuvaiheissa atmosfäärin puhdistamiseksi happipijätteistä. Matalahko lämpötila, joka tosin edellyttää pidennettyä hehku-aikaa, estää sinkin höyrystymisen aiheuttamat ongelmat.

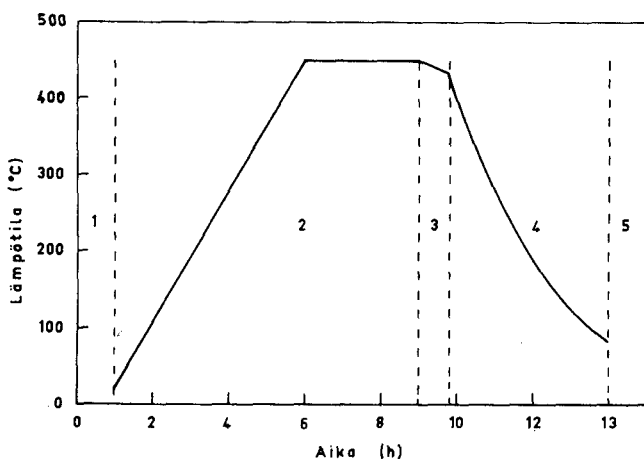
Koska nykyisin yhä useammin tavoitteena on lämpökäsittelyn automaattinen prosessisäätö, ovat eri prosessit ja niiden säätö- ja mittausmenetelmät jatkuvan tutkimuksen kohteena. Kuitenkin kaasuihketus tuot-



Kuva 11. Sinkin hapettumisraja Cu-Zn-seoksissa H_2/H_2O -kaasussa 500°C:ssa.

Fig. 11. Critical conditions for oxidating of zinc in Cu-Zn-alloys in H_2/H_2O -atmosphere at 500°C.

taa vaikeuksia vaadittavan suuren säätötarkkuuden takia, sillä esim. n. 0,8 %:n C-pitoisuus on saavutettava yleensä $\pm 0,03$ %:n tarkkuudella. Tämä on hyvin tiukka vaatimus, kun otetaan huomioon, että hiilipotentiaalin säätöön käytettävissä kastepisteen tai CO_2 -pitoisuuden mittaamenetelmissä keskimääräiset virheet vastaavat n. $\pm 0,06$ %:n C vaihtelua hiilipitoi-



Kuva 12. Ms 63:n hehkutusohjelma. 1 = tyhjööhuhtelu, 2 = kuumennusvaihe, 3 = ilmajäähdytys (ulkop.) 4 = kaasujäähdytys, 5 = tyhjööhuhtelu. Atmosfääri N_2+H_2 -seos, kastepiste $-70^\circ C$.

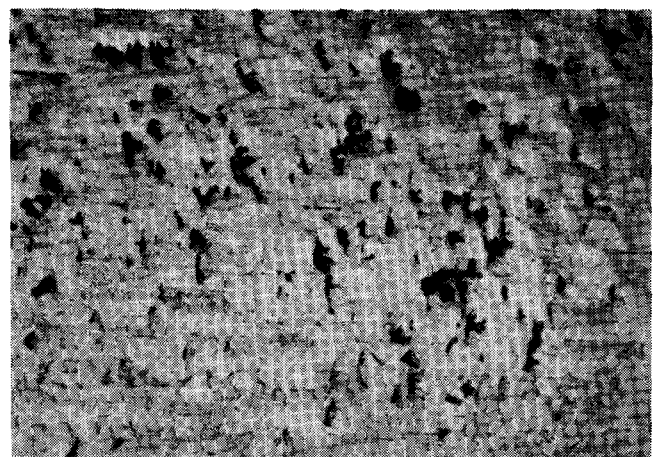
Fig. 12. Time-temperature graph for bright annealing brass 63/37. 1,5 = vacuum flushing, 2 = heating period, 3 = air cooling, 4 = gas cooling.

suudessa. Viimeaikoina on kehitetty ja otettu tuotantoon sellaisia integroituja säätöjärjestelmiä, jotka kaasun CO_2 -pitoisuuden ohella huomioivat CO -pitoisuuden, lämpötilan, paineen ja seoskoostumuksen yhteisen vaikutuksen. Näin voidaan välttää mm. lämpötilan muutoksissa uhkana oleva nokeutumisrajan ylitys.

Suojakaasujen valmistuksen lähtöaineena on nykyisin propaani C_3H_8 , mutta maakaasunsaantialueilla propaani on sillä korvattavissa, mikä esim. USA:ssa on tavallista. Suomessakin siihen siirtyminen olisi paikallisten nyt mahdollista, mutta edellyttää tiettyjä laitemuutoksia eikä ole prosessin säädön kannalta suositeltavaa hiiletysatmosfäärin kyseessä ollessa. Muiden suoja-atmosfäärien valmistukseen maakaasu sen sijaan saattaa olla hyvinkin sopivaa.

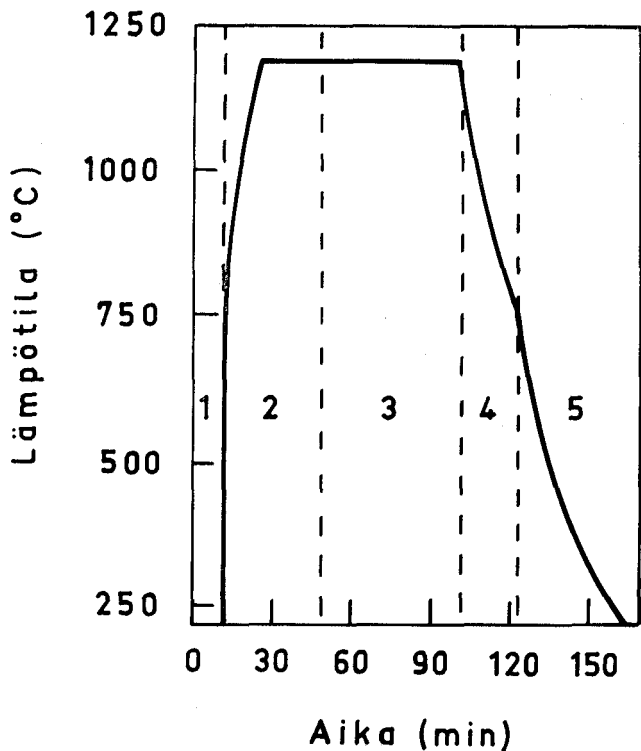
HILETYSLAMPÖKASITTELYT

Viime aikoina kasvavaa huomiota on kiinnitetty siihen, että normaalit kaasuhiiletysatmosfäärit sisältävät valmistusprosessista johtuen siinä määrin hapenkantajia CO , CO_2 ja H_2O , että tavallisissa hiiletysteräksissä tapahtuu hapelle aktiivisten seosaineiden, kuten mangaanin, kromin ja piin, sisäistä hapettumista. Tämä johtaa mm. karkenevuuden vähenemiseen kappaleiden pintakerroksissa 0,02—0,04 mm:n syvyydelle asti. Etenkin vierintäväsäilytyksessä tällä voi olla edistävää vaikutus (kuva 13).



Kuva 13. Hapelle affiinisten seosaineiden sisäisen hapettumisen takia osittain karsuneen pintakerroksen varhaispitting hiiletyskarkaistussa vierintäpinnassa.

Fig. 13. Early pitting caused by internal oxidation of oxygen affine elements, appearing on gas carburized hardened rolling contact surface.



Kuva 14. Tyhjöhiiletyksen aika-lämpötilakäyrä 2,5 % Si sisältävälle teräkselle.

Fig. 14. Time-temperature graph of vacuum carburization heat treatment for a steel containing 2,5 % Si.

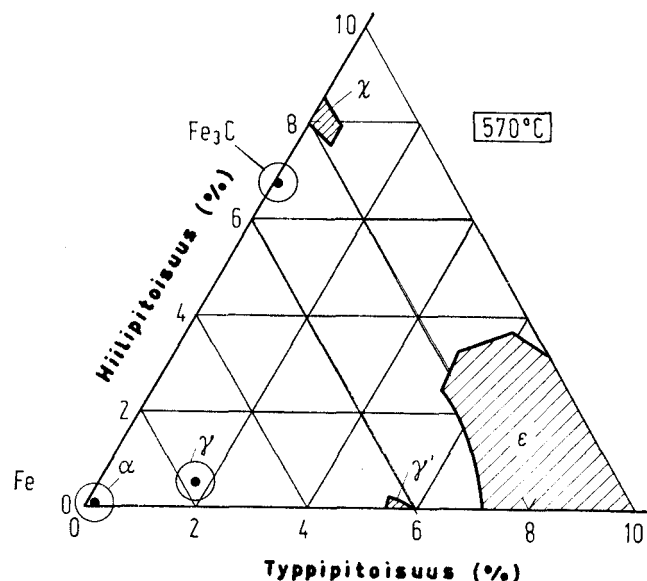
Hiiletysmenetelmä, jossa ei ole mahdollisuuksia sisäiselle hapettumiselle, on ns. tyhjöhiiletys. Hiiletystä ei tässäkin suoriteta täydessä tyhjiössä, vaan alennetussa paineessa, pelkkää hiilivetyä käyttäen. Käsitteily kuitenkin aloitetaan kuumentamalla kappaleet tyhjiössä hiiletyslämpötilaan. Menetelmän etuja ovat seosaineiden hapettumisen estymisen lisäksi, että ei tarvita kaasugeneraattoria, kaasun säästö, nopea käynnistys ja pysäytys ja nopeutuva hiiletys, koska kaasussa ei esiinny muita komponentteja. Laitteistot sallivat myös tavallista korkeampien hiiletyslämpötilojen käytön. Kaiken kaikkiaan hiiletysajat lyhenevät voimakkaasti (kuva 14) ja voidaan käsitellä myös aktiivisia seosaineita sisältäviä teräksiä.

Kaasuhiiletetystä ja sen läheistä muunnelmaa, kaasukarbonitruusta, käytetään pääasiassa sellaisille koneenosille, joilta vaaditaan suurinta mahdollista pintapaineiden kestävyttä. Hammaspyörät ovat tästä hyvä esimerkki. Pieni näkökantojen muutos on kuitenkin tapahtunut; aikaisemmin haluttiin hiiletyskarkaistuille hammaspyörille täysin martensiittinen mikrorakenne, jolloin siis ns. jäännösausteniitti katsottiin vahingolliseksi. Nykyään ollaan jokseenkin vakuuttuneita, että 10...60 % jäännösausteniittia mikrorakenteessa on eduksi kuoppautumisväsymis- eli pitting-kestävyyden kannalta. Olennaisesti samaan ajatukseen pe-

rustuu myös Kymi Oy:n patentoima menettely osittain bainiittikarkaista pallografiittivalurautaiset hammaspyörät. Tällöin lastuava työstö ja käytössä syntyvä pintakuormitus muuttavat jäännösausteniittia martensiitiksi ja pintapaineiden kestävyys kasvaa lähestyen hiiletysteräksillä saavutettavia arvoja.

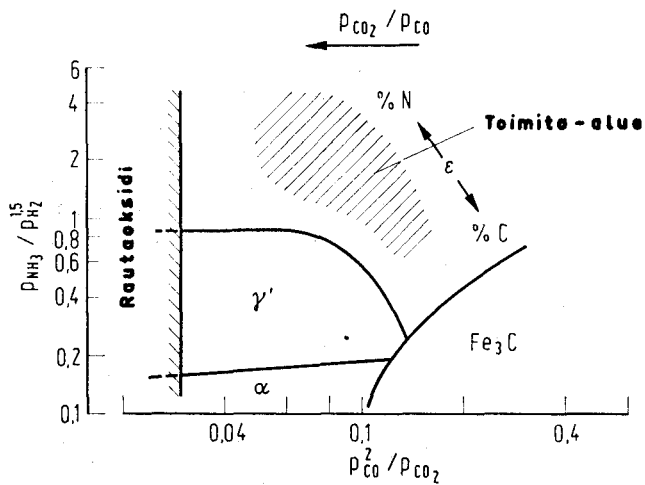
NITRAUSLÄMPÖKÄSITTELYT

Kun pintapaineiden kestävyysvaatimus on pienempi ja erityisesti pannaan painoa vähäiselle leikkautumistai-pumukselle, hyvälle liukumisominaisuuksille, taivutusväsymislujuudelle ja pienille mittamuutoksille lämpökäsittelyssä, on valinta yleensä nitrauskäsittely. Kaasutypetys jo kauan tunnetussa muodossaan edellyttää suurten pintakovuuksien saavuttamiseksi melko kalliitten erikoisseostettujen terästen käyttöä. Käsitteilyajat ovat myös pitkät ja pintaan syntyvä valkoinen hauras kerros, joka on pääasiassa γ' -faasia (kuva 15) on poistettava ennen käyttöä. Yli 25 vuotta sitten kehitetty nopeampi kylpy- eli pehmeänitrausmenetelmä, ns. tenifer-menetelmä, ohittaa monet kaasunitrauksen vaikeudet synnyttäen mm. sitkeätä ϵ -faasia, mutta menetelmän ongelmana on kylvyn vahvasti myrkyllinen koostumus. Tässä on kuitenkin tapahtunut nyt muutos, kun orgaanista lisäainetta käyttämällä näiden kylpyjen syanidipitoisuus voidaan alentaa hyvin vä-



Kuva 15. Eri faasien asemat Fe-C-N-seossysteemissä 570°C:ssä.

Fig. 15. Position of different phases in Fe-C-N-alloys at 570°C.

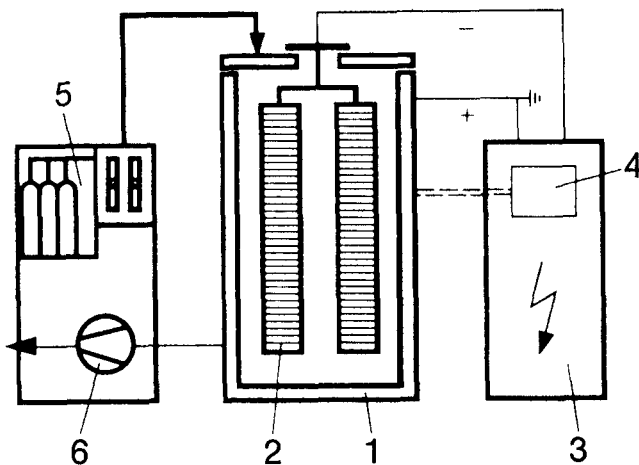


Kuva 16. Nitroc-menetelmän työskentelyalue.

Fig. 16. Working range of the Nitroc-method.

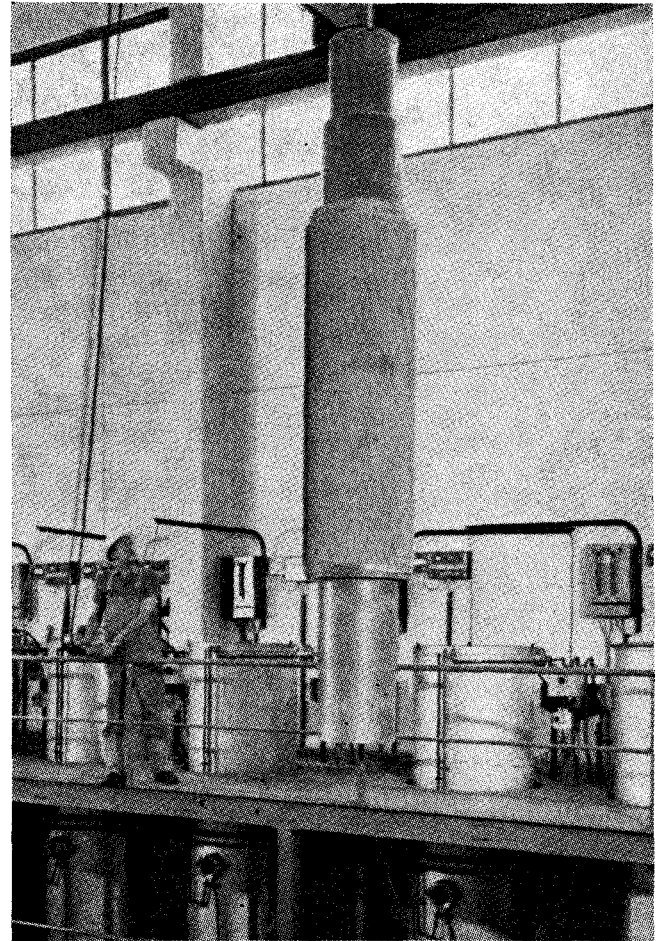
häiseksi. Toisaalta kaasunitrauksenkin nopeutta on voitu ratkaisevasti kohottaa nk. Nitroc- ja Nikotrier-menetelmin, joissa ammoniakkin lisäksi käytetään jotain sopivaa hapetinta, edellisessä hiilivetyjen eksoteremisessä, jälkimmäisessä endoteremisessä palamisessa syntyvää kaasua (kuva 16). Samalla pintakerros saa toivotun ϵ -faasirakenteen.

Viime vuosina käyttöön tullut plasmanitraus- eli ionitrintimenetelmä perustuu sen sijaan kokonaan fyysikaaliseen ilmiöön, ohennetuissa typpi- ja hiilipitoisissa kaasuihin anodin ja katodin välillä syntyvään hohtopurkaukseen (kuva 17). Purkauksessa syntyvät



Kuva 17. Ionitrintilaitteiston kaavakuva. 1 = tyhjiötila, 2 = kappaleet, 3 = sähkölaitteet, 4 = säätöyksikkö, 5 = kaasusäiliöt, 6 = tyhjiöpumppu.

Fig. 17. Scheme of an ionitriding equipment. 1 = vacuum vessel, 2 = work pieces, 3 = electric unit, 4 = control unit, 5 = gas supply system, 6 = vacuum pump.



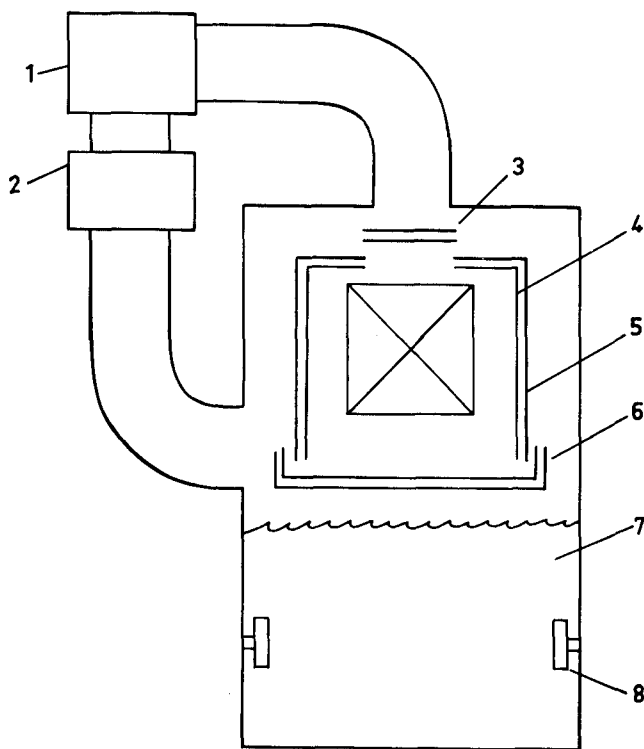
Kuva 18. Suurten kappaleiden ionitrintointia.

Fig. 18. Ionitriding of massive parts.

typpi- ja hiili-ionit pommittavat katodina olevan kappaleen pintaa, menettävät varauksensa ja diffundoituvat sisään, jolloin tulokseksi saadaan samantapaisia pintarakenteita kuin edellä mainituilla muillakin nitrausmenetelmillä. Johtuen siitä, että ionitroinnissa käsitteilylämpötilat saattavat olla niinkin alhaisia kuin 400°C , nitrauksissa yleensä tavallisen 570°C :een asemesta, saavutettavat kovuudet ovat myös suurempia, jopa $1500\text{--}1700\text{ HV}$, mikä hyvin sopii esim. kuulakärkikynän kuulille. Laitteistot voivat olla hyvinkin tilavia, jopa 12 m korkeita tyhjiökammioita on käytössä (kuva 18).

TYHJÖLAMPÖKÄSITTELYT

Tyhjiöuneissa suoritettavat lämpökäsittelyt ovat tekniikan kehittymisen ja reaktiivisten metallien käsittelyyn liittyvien ongelmien myötä tulleet yhä yleisemmiksi. Osaltaan tähän on vaikuttanut tyhjiö- ja uuniteknikan paraneminen. Vallitsevaksi uunityypiksi lämpökäsittelyjen kyseessä ollessa on muodostunut



Kuva 19. Kylmäkammiotyhjölämpökäsittelyuunin kaavio-kuva.

Fig. 19. Scheme of cold-wall vacuum heat treatment furnace.

kylmäkammiouuni (kuva 19). Tässä kappaleiden kuumennus tapahtuu uunitilaan sijoitettujen säteilykuumennusvastusten avulla. Suojaheijastimet ovat esim. Cu, ruostumatonta terästä tai Mo, kuumennusvastukset Mo, W, Ta, Pt tai grafiittia. Nykyisin tyhjökäsittelyyn voidaan liittää myös esim. karkaisua varten tarvittava sammutus, joka tehdään joko kaašuvirralla tai eräissä uunityypeissä myös silikonisammutusöljyyn upottamalla. Silikoniöljyjen höyrypressio on niin matala, että esim. terästen käsittelyssä öljyn ei tarvitse olla tyhjästä kaasutiiviisti erotetussa tilassa, vaikka tällais-takin järjestelyä käytetään eräissä uunityypeissä. Samoin käytössä on eräänlaisia jatkuvatoimisia uunikon-struktioita.

LOPPULAUSE

Edellä hyvin katsauksenomaisesti annettu kuva lämpökäsittelyn nykyisistä kehitystendensseistä osoittaa, että sekä teräksen ja metallien valmistajien että niiden käyttäjien on syytä kiinnittää huomiota lämpökäsittelyalan kehitykseen, joka aivan viime vuosina on merkityksellisesti nopeutunut. Leimaa antavana piirteenä tälle kehitykselle voidaan pitää fysikaalisten ilmiöiden entistä tehokkaampaa soveltamista lämpökäsittelyyn ja sen ohjaukseen.

LAHTEITA:

1. Uuni- ja lämpökäsittelytekniikan näyttelyt ja kongressit, Düsseldorf 28. 5.—1. 6. 1974 ja Pariisi 12.—17. 5. 1975.
2. Sulonen, M. S., Uuni- ja suoja kaasutekniikka, Luentomoniste. Otaniemi, Teknillinen korkeakoulu, 1975.
3. Sulonen, M. S., Lämpökäsittelymenetelmät, luentomoniste. Otaniemi, Teknillinen korkeakoulu, 1975.
4. Eri artikkeleita mm. aikakauslehdissä Härtereitechnische Mitteilungen ja Metal Progress vv. 1974—1975.
5. Brunklaus, J. H., Industrieofen- und Brennerbau. Essen Vulcan Verlag, 1975.

SUMMARY

The recent progress in furnace and heat treatment technology is reviewed. It is shown that in furnace construction new materials and new handling, measuring as well as control techniques have been successfully applied in equipments. Further progress is to be expected a.o. in the heating methods, which may result in the introduction of new types of plant. Remarkable progress is also to be observed in the heat treatment methods, especially in the field of low temperature nitriding and carburization, where methods like glow discharge nitriding and carbonitriding in gases containing some oxidating agent, in addition to ammonia, have been developed to industrially usable stages.

Elementtimenetelmä muokkaustekniikassa

Tekn.lis. Antero Järvinen, Teknillinen korkeakoulu, Vuoriteollisuusosasto,

Metallien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio

1. JOHDANTO

Vielä muutamia vuosia sitten lujuusopilliset konstruktioitehtävät ja materiaalien mekaanisia ominaisuuksia koskevat laskelmat voitiin ratkaista vain tarkoilla matemaattisilla kaavoilla tai analyyttisillä likiarvomenetelmillä. Näitä menetelmiä voidaan kuitenkin soveltaa vain eräisiin säännöllisiin ja yksinkertaisiin konstruktioihin ja kuormitustapauksiin, tai sitten joudutaan tekemään karkeita yksinkertaistavia alkuolettamuksia, jotka heikentävät tulosten luotettavuutta. Etenkin heterogeenisten materiaalien mekaanisia ominaisuuksia koskeva kontinuummekaaninen tutkimus johtaa hyvin monimutkaisiin reunaehtoihin, joita ei voida analyyttisin menetelmin hallita. Lisäksi materiaalin käyttäytymistä määräävät lait ovat usein epälineaarisia.

On kuitenkin olemassa menetelmä, jolla mielivaltaisen rakenteen jännitysten ja venymien selvittäminen halutulla tarkkuudella on mahdollista. Menetelmässä tutkittava rakenne jaetaan pieniin äärellisiin elementteihin, jotka liittyvät toisiinsa solmupisteistään. Yhden elementin alueella oletetaan jännitystilän olevan tietynlainen. Menetelmän nimi on elementtimenetelmä tai äärellisten alkioiden menetelmä (finite element method, FEM).

Elementtimenetelmää voidaan käyttää paitsi erilaisen mekaanisten ominaisuuksien laskemiseen staattisissa ja dynaamisissa kuormitustapauksissa myös muiden ilmiöiden kuten lämmönsiirtymis-, diffuusio- ja virtaustapausten tutkimiseen. Elementit voivat olla periaatteessa minkä muotoisia tahansa. Tässä kuitenkin rajoitutaan tarkastelemaan vakiovenymäkolmioelementtiä.

Menetelmän käyttö lineaaristen tehtävien ratkaisemiseksi alkoi yleistyä 1960-luvun lopussa. Vasta uusimmat suurtietokoneet ovat tehneet mahdolliseksi epälineaaristen käytännön tapauksien laskemisen. Elementtimenetelmän kehitystä veivät 1960-luvun lopussa eteenpäin lähinnä Yhdysvaltain avaruushallinto ja sikäläiset autotehtaat. Esimerkkinä mainittakoon, että Ford Pinto-henkilöauton teräslevyrunko on analysoitu elementtimenetelmällä. Analyysi käsitti jännitysten, venymien, nurjautamisen, lommahtamisen ja lämmönsiirron laskelmia. Myös lentokone- ja laivanrakennusteollisuudessa sekä maanrakennuksessa elementtimenetelmä on vallannut jalansijaa. Sen sijaan plastisuus-teoriassa ja muokkaustekniikassa sitä ei ole käytetty kovinkaan runsaasti.

Elementtimenetelmän sovellutusten esteenä on viime vuosiin saakka ollut varsinaisen laskennan suoritus

eli tarpeeksi suurten tietokoneiden ja sopivien ohjelmien puute. Suuret ohjelmat on tähän mennessä yleensä ostettu Suomeen pääasiassa Yhdysvalloista. Koska todella monipuolisen ja joustavan ohjelman kehittäminen alusta lähtien ja toimintakuntoon saattaminen voi viedä jopa sata miestyövuotta, ei suurten ohjelmien tekoon Suomessa ole resursseja. Eräs suurimmista Suomessa lasketuista tehtävistä on Helsingin rakennettavan Kampin metroaseman kalliokaton jännityslaskenta, joka sisälsi noin 900 kuusitahokaselementtiä.

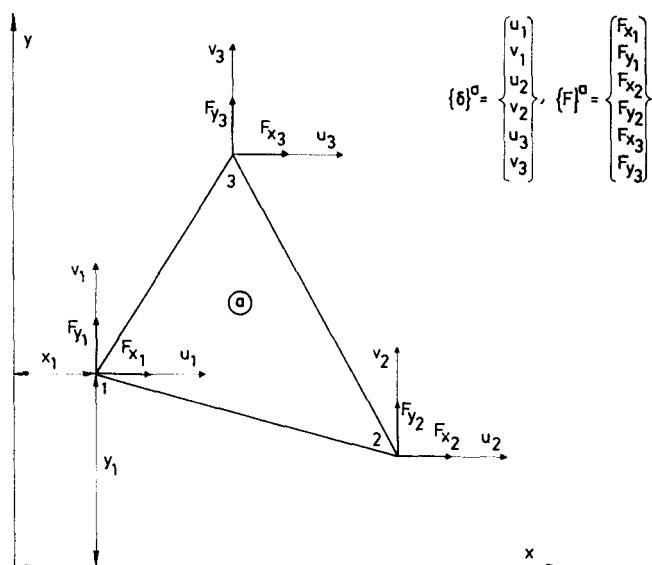
2. KATSAUS ELEMENTTIMENETELMÄN TEORIAAN

2.1. Kimmoinen tapaus

Menetelmän pääperiaatteet ovat seuraavat /1/:

- Tutkittava kohde jaetaan kuvitelluilla viivoilla tai pinnoilla äärellisiksi elementeiksi.
- Elementit liittyvät toisiinsa solmupisteistään. Kaikki voimat vaikuttavat solmupisteiden kautta ja solmujen siirrokset ovat tärkeimmät tuntemattomat parametrit.

Tarkastellaan kuormituksen alaisessa kappaleessa olevaa kaksiuulotteista kolmioelementtiä a (kuva 1),



Kuva 1. Kolmioelementti tasomaisessa kappaleessa.

Fig. 1. A triangular element in a plate.

jonka nurkkapisteissä vaikuttavat voimat ovat aiheutaneet tietyt siirtymät. Seuraavassa esityksessä käytetään matriisimuotoa, jolloin esimerkiksi elementin a solmusiirtymiä merkitään vektorilla $(\delta)^a$ ja solmuvoimia vektorilla $(F)^a$. Valitaan ensiksi tietyt funktiot, jotka määräävät solmusiirrosten ja mielivaltaisessa elementin pisteessä vallitsevien siirtymien välisen yhteyden

$$(f)^a = [N]^a(\delta)^a, \quad (1)$$

missä $(f)^a$ ovat siirtymät jossakin elementin a pisteessä

$[N]^a$ ovat muotofunktiot ja

$(\delta)^a$ ovat elementin a solmusiirrokset.

Kolmioelementille muotofunktiot ovat ensimmäisen asteen polynomeja.

Jos solmusiirrokset tunnetaan, saadaan elementissä vallitsevat venymät

$$(\varepsilon)^a = [B]^a(\delta)^a, \quad (2)$$

missä $(\varepsilon)^a$ ovat venymät elementin a sisällä ja

$[B]^a$ on siirromatriisi, joka voidaan määrätä muotofunktioiden avulla.

Puuttumatta siirromatriisiin johtoon todetaan, että kolmioelementille sen alkiot eivät riipu paikasta elementin sisällä, joten venymät ovat vakiot elementissä.

Kun venymät on laskettu, voidaan elementissä vaikuttavat jännitykset määrätä aineen konstitutiivisen lain mukaan

$$(\sigma)^a = [D](\varepsilon)^a, \quad (3)$$

missä $(\sigma)^a$ ovat jännitykset elementissä a ja $[D]$ on jännitysvenymämatriisi.

Yhtälössä (3) on mahdollisten jäännösjännitysten ja alkuvienymien vaikutus jätetty huomiotta. Kimmoisassa tapauksessa yhtälö (3) on Hooken laki laajennetussa muodossa, joten myös jännitykset ovat vakiot kolmioelementissä.

Vielä kuitenkin puuttuu systeemissä vaikuttavien voimien tasapaino ja voimien ja solmusiirtymien välinen yhteys. Jos oletetaan elementin käyttäytyvän kimmoisesti, sille saadaan aina yhteys

$$(F)^a = [k]^a(\delta)^a + (F_p)^a + (F_{\sigma_0})^a + (F_{\varepsilon_0})^a, \quad (4)$$

missä $(F)^a$ ovat solmuissa vaikuttavat ulkoisesta kuormasta aiheutuvat voimat,

$[k]^a$ on tarkasteltavan elementin jäykkyysmatriisi ja

$(F_p)^a$, $(F_{\sigma_0})^a$ ja $(F_{\varepsilon_0})^a$ ovat tasapainottavista solmuvoimista, jäännösjännityksistä ja alkuvienymistä johtuvia voimia.

Yhtälö (4) on elementtimenetelmän perusyhtälö. Se käsittää vain yhden tietyn elementin.

Elementin jäykkyysmatriisi muodostetaan edellä esiintyneiden $[B]$ - ja $[D]$ -matriisien avulla

$$[k]^a = \int [B]^a{}^T [D] [B]^a t dx dy, \quad (5)$$

missä $[B]^a$ on $[B]^a$:n transponoitu matriisi ja t on elementin paksuus.

Jotta tilanne koko tutkittavassa rakenteessa voitaisiin selvittää, on kaikkien elementtien jäykkyysmatriisit, systeemissä vaikuttavat voimat ja solmusiirtymät koottava yhdeksi yhtälöryhmäksi, joka on muotoa

$$(R) = [K](\delta), \quad (6)$$

missä (R) sisältää kaikki systeemissä vaikuttavat voimat,

$[K]$ on systeemin globaalinen jäykkyysmatriisi ja

(δ) sisältää kaikki solmusiirtymät.

Rakenteen globaalisen jäykkyysmatriisin muodostaminen on tärkeä perusvaihe elementtimenetelmäanalyyseissä ja sen ymmärtäminen on olennaista elementtimenetelmän menestykselle käytölle. Periaatteessa se muodostetaan seuraavasti. Ensiksi määrätään elementtien jäykkyys- ja voimasuureet materiaali- ja kuormitustietojen sekä geometrian avulla. Kullakin elementillä on oma numeronsa ja määrätty solmupisteet. Elementeille määrätty jäykkyys- ja voimakomponentit asetetaan globaaliin matriisiin omalle paikalleen. Lopuksi yhtälöryhmä (6) muodostetaan yksinkertaisesti laskemalla yhteen kullakin paikalla olevat alkiot. Linearisesta yhtälöryhmästä (6) ratkaistaan siirrokset (δ) . Yhtälöryhmä voidaan ratkaista esimerkiksi Gaussin eliminaatiolla. Tasapainon löytämiseksi rakenteen kokonaispotentiaalienergia on saatava mahdollisimman pieneksi. Kun siirrokset on ratkaistu, palataan jälleen elementtitasolle ja määrätään elementtien venymät ja jännitykset.

Yleisessä tapauksessa kukin nurkka voi siirtyä kolmeen eri suuntaan ja kiertyä kolmen eri akselin ympäri, joten yhtä nurkkapistettä kohti on kuusi tuntemattomia kuusi kertaa solmupisteiden luku. Dynaamisessa tapauksessa tulee vielä lisää hitausvoimista aiheutuvia tuntemattomia solmuvoimia. Kaksidimensi-onalisesa tapauksessa kuten tasojännitys- ja tasomuodonmuutostilassa tutkittaessa kutakin solmua kohti on vain kaksi tuntemattomia siirtymää. Käytännössä tällaisten yhtälöryhmien ratkaisu on mahdollista vain tietokoneiden avulla etenkin, kun yhtälöryhmä yhden analyysin aikana joudutaan ratkaisemaan yleensä useita kertoja.

2.2. Epälineaaristen tehtävien ratkaiseminen

Tutkittaessa metallin käyttäytymistä muokkausprosessissa, joissa metalli deformoituu plastisesti, tasa-

painoyhtälöt (6) tulevat epälineaariksi. Epälineaarisuus esiintyy jäykkyyssmatriisissa, joka on funktio epälineaarista materiaaliominaisuuksista eli jännitysvenymämatriisi [D] ei ole vakio. Epälineaariset tehtävät voidaan ratkaista joko iteraatio- tai lisäysmenetelmillä. Iteraatiomenetelmissä rakennetta kuormitetaan tietyllä kuormalla ja jokaisella kierroksella käytetään likimääräistä vakiojäykkyyssmatriisia. Lisäysmenetelmissä rakennetta kuormitetaan vaiheittain lisääntyvällä kuormalla ja jäykkyyssmatriisi muodostetaan kutakin kierrosta varten uudestaan sillä hetkellä vallitsevien olosuhteiden mukaan. Lisäksi näitä kahta menetelmää voidaan käyttää yhdessä. Iteraatiomenetelmät ovat nopeampia kuin lisäysmenetelmät, koska niissä yleensä käytetään vakiojäykkyyssmatriisia, joka ratkaisua varten täytyy kääntää vain kerran. Lisäysmenetelmät ovat työläämpiä, mutta niillä saadaan yleensä täydellisempi ja todellisempi kuva rakenteen käyttäytymisestä kuormituksen kasvaessa. Jos kuorma aiheuttaa rakenteessa suuria siirroksia, on myös jäykkyyssmatriisin muodostamista muutettava.

3. ELEMENTTIVERKON LAATIMINEN

Tulosten tarkkuus riippuu ratkaisevasti elementtiverkosta, koska yhden elementin alueella oletetaan jännitys- ja venymätilan olevan tietynlainen ja koska voimat vaikuttavat vain nurkkapisteissä. Elementtiverkon laatiminen onkin tärkeä ja kokemusta vaativa työvaihe elementtimenetelmänalyysissä. Mitään yleispäteviä sääntöjä ei ole olemassa, vaan kukin tapaus on ratkaistava erikseen. Yleisesti kuitenkin paikoissa, joissa on odotettavissa jännitys- ja venymähuippuja tai joissa on rakenteellisia epäsuunnollisuuksia, on käytettävä tiheää elementtiverkkoa. Toisarvoisissa kohdissa voidaan verkkoa harventaa. Elementtiverkon tihentyessä tarkkuus paranee, mutta työmäärä ja tietokoneaika kasvavat. Tietokoneen keskusmuistin koko asettaa myös rajoituksen solmujen ja elementtien määrälle. Vaikka elementtiverkon tihentyessä ratkaisu lähestyykin tarkkaa ratkaisua, verkkoa laadittaessa olisi kuitenkin rajoituttava sellaiseen elementtimäärään, jolla saavutetaan riittävä tarkkuus. Tehtävä olisi pyrittävä ratkaisemaan erilaisilla verkoilla, jolloin mahdolliset virheet voidaan helposti havaita. Elementtiverkon tietojen kerääminen on työvaihe, jossa tulee helposti virheitä, joten ohjelmassa pitää olla virherutiinit, jotka mahdollisimman tehokkaasti ilmoittavat virheen laadun ja sijainnin. Virheiden välttämiseksi ja työn nopeuttamiseksi on olemassa ohjelmia, jotka laativat tietyt säännölliset osat elementtiverkosta annettujen ohjeiden mukaan. Käytettäessä kolmioelementtejä heksagonaalinen malli on yleensä edullisin.

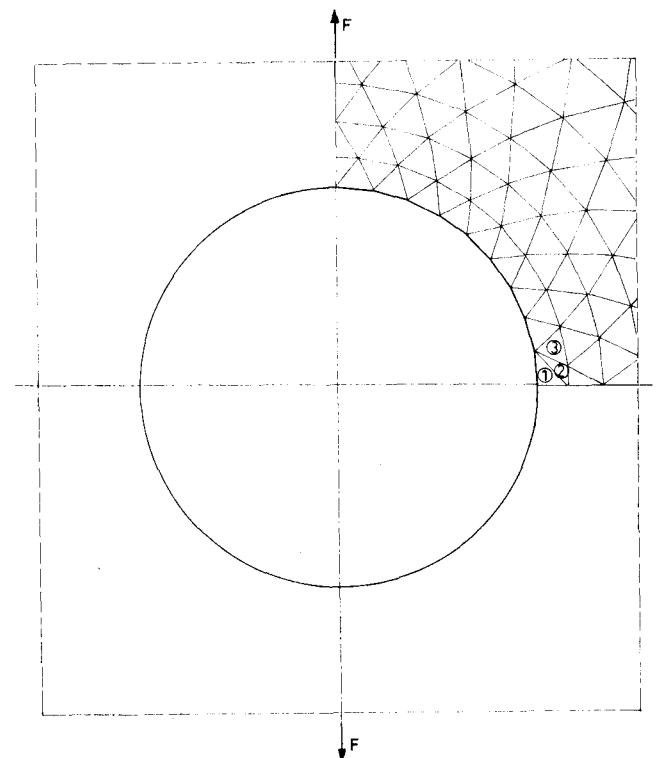
4. ELEMENTTIMENETELMÄ METALLIEN MUOKKAUKSESSA JA MUOVAUKSESSA

Vaikka elementtimenetelmä on alunperin kehitetty konstruktöörin apuvälineeksi, sitä voidaan käyttää myös tutkittaessa materiaalien käyttäytymistä erilaisissa muokkaus- ja muovausprosesseissa, esimerkiksi

tutkimalla, missä paikoissa ja millä edellytyksillä rakenteessa esiintyy suuria vetojännityksiä. Sitä voidaan käyttää myös metallurgisissa prosesseissa esiintyvien lämmönsiirtymistapausten tutkimiseen /2/. Levynmuovauksessa elementtimenetelmää on jo käytetty menestyksekkäästi /3/. Myös hitsisaumaan muodostuvia jännitystiloja on määrätty /4/. Elementtimenetelmä soveltuu kuitenkin parhaiten tutkittaessa erilaisten mikrorakenteellisten ilmiöiden kuten sulkeumien, kolojen ja muiden vieraiden faasien sekä rakenteellisten epäjatkuvuuksien vaikutusta materiaalin plastiseen käyttäytymiseen, murtumanmuodostukseen ja -etene-

4.1. Sovellutusesimerkki

Esimerkkinä esitetään lisäysmenetelmiin kuuluva menetelmä, joka soveltuu erittäin hyvin plastisuustehtävien ratkaisuun. Sen periaatteen ovat ensiksi esittäneet japanilaiset Yamada et al. /5/. Menetelmässä noudatetaan kimmo-opin mukaista menettelyä, mutta kimmainen jännitysvenymämatriisi [D] (kaava (3)) korvataan plastisella jännitysvenymämatriisilla [D^p], joka on vakio vain hetkellisesti, ja venymät ja jännitykset niiden lisäyksillä. Tämä merkitsee, ettei myöskään jäykkyyssmatriisi ole vakio, vaan muuttuu, kun jännitykset ja venymät kappaleessa muuttuvat. [D^p] muodostetaan Misesin myötöehtoa noudattavalle materiaalille Hillin plastisuusteorian mukaan lähtien Prandtl-Reussin yhtälöistä.



Kuva 2. Yksiaksaalisessa vedossa oleva levy, jossa on pyöreä reikä.

Fig. 2. A perforated plate under uniaxial tension.

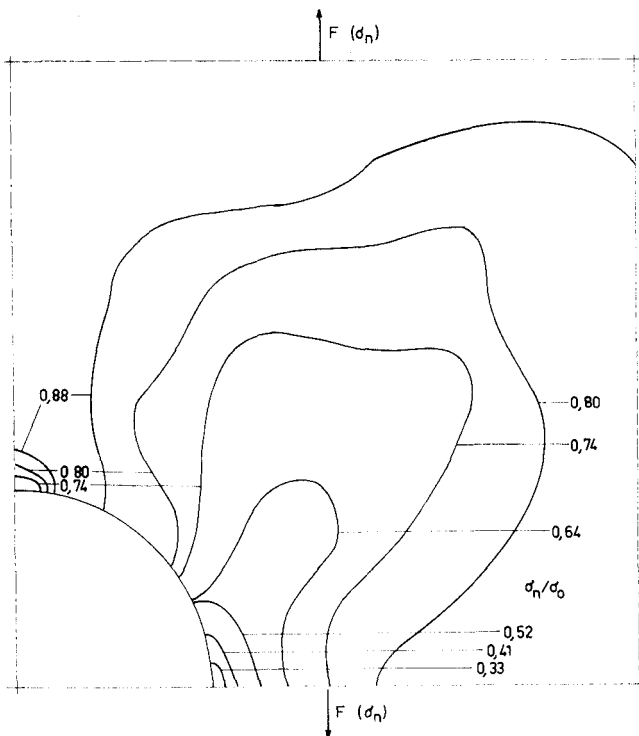
Tarkastellaan yksiakiaalisen vedon alaisena olevaa levyä, jossa on pyöreä reikä. Osa levystä on esitetty kuvassa 2. Symmetriaehtojen vuoksi riittää, kun tarkastellaan vain yhtä neljänestä. Tätä esimerkkiä voidaan käyttää myös elementtimenetelmätarkaisun testaamiseen. Ratkaisun periaate on seuraava:

- Kun on määrätty rakenteen kimmainen globaalinen jäykkyysmatriisi, asetetaan jokin testikuorma F , ja lasketaan kunkin solmun kimmoiset siirrokset ja kussakin elementissä vaikuttavat jännitykset ja venymät sekä ekvivalenttijännitys.
- Määrätään kullekin elementille kertotekijä, jolla kimmoiset suureet olisi kerrottava, jotta kyseisessä elementissä ekvivalenttijännitys saavuttaisi myötölujuuden eli elementti myötäisi. Valitaan pienin kertotekijä ja kerrotaan sillä kaikki kimmoiset suureet, jolloin vain yksi elementti on myötänyt. Esimerkissä tämä myötänyt elementti on odotetusti numero 1 (kuva 2). Talletetaan saadut tulokset.
- Määrätään myötäneelle elementille plastinen jännitysvenymämatriisi $[D^p]^1$ ja uusi jäykkyysmatriisi $[k]^1$ ja sijoitetaan se paikalleen rakenteen globaaliseen jäykkyysmatriisiin.

- Valitaan jokin testikuorman lisäys ΔF , ja lasketaan jännitysten ja venymien lisäykset sekä ekvivalenttijännitykset kullekin elementille.
- Vielä kimmoisina oleville elementeille määrätään kertotekijät ja valitaan niistä pienin, jolla kaikkien suureiden lisäykset kerrotaan. Nyt myös aikaisemmin myötäneessä elementissä tapahtuu tietty plastisen venymän kasvu ja yksi uusi elementti alkaa myötää. Talletetaan tulokset.
- Toistaen edellä esitettyä menettelyä jatketaan kunnes kaikki elementit ovat plastisia ja edelleen niin pitkälle kuin halutaan.

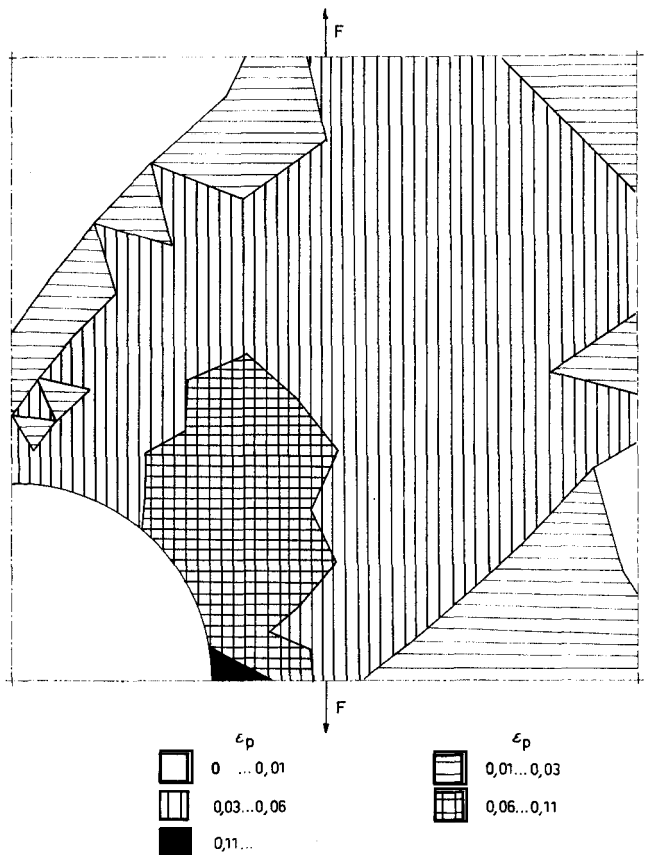
Jokaisella kierroksella plastisille elementeille muodostetaan uudet jäykkyysmatriisit, jotka sijoitetaan globaaliseen jäykkyysmatriisiin. Yhtälöryhmän (6) ratkaisemiseksi globaalinen jäykkyysmatriisi on käännettävä jokaisella kierroksella. Käytännössä prosessia nopeutetaan pitämällä plastisina myös sellaiset kimmoiset elementit, joiden ekvivalenttijännitys σ on lähellä myötörajaa σ_0 . Jos $\sigma = 0,95\sigma_0 \dots 0,955\sigma_0$, ele-

mentiä pidetään seuraavalla kierroksella plastisena. Toisaalta, koska kukin askel on lineaarinen, sallitulle plastisen venymän kasvulle on asetettava yläraja, joka hidastaa prosessia. Askeleen pituus voidaan myös



Kuva 3. Plastisoituneen alueen laajuus nimellisjännityksen ja aineen myötölujuuden suhteen avulla ilmaistuna.

Fig. 3. Spread of plastic zones for various ratios of the nominal stress and the yield strength of the material.



Kuva 4. Plastisen venymän jakautuminen rakenteessa.
Fig. 4. Distribution of the plastic strain in the structure.

maksimoida sallimalla jokin suurin poikkeama myötöpinnalta.

Tarkastellaan esimerkkitapauksessa saatuja tuloksia, kun materiaalina on austeniittinen ruostumaton teräs 1050°C:ssa. Kuvassa 3 on esitetty myötämisen eteneminen ulkoisen kuorman kasvaessa. σ_{11} on kuorman aiheuttama nimellisjännitys kappaleessa. Kuvassa 4 on esitetty plastisen venymisen jakautuminen tietyn suuruisen deformaation jälkeen.

Kyseisessä esimerkissä, vaikka se on hyvin yksinkertainen, deformaation jakautumisen määrittäminen on vaikeaa puhtaasti matemaattisin keinoin. Tämä kaksidimensionaalinen malli tasomuodonmuutostapauksessa kuvaa hyvin esimerkiksi huokosen aiheuttamaa tilannetta todellisessa kolmiulotteisessa materiaalissa.

Kyseisessä esimerkissä, vaikka se on hyvin yksinkertainen, deformaation jakautumisen määrittäminen on vaikeaa puhtaasti matemaattisin keinoin. Tämä kaksidimensionaalinen malli tasomuodonmuutostapauksessa kuvaa hyvin esimerkiksi huokosen aiheuttamaa tilannetta todellisessa kolmiulotteisessa materiaalissa.

5. LOPPUTOTEAMUKSET

Elementtimenetelmän käytön haittapuolia ovat sen edellyttämät nykyaikaiset tietokonelaitteistot ja monimutkaiset ohjelmat sekä menetelmän käyttäjiltään vaatima hyvä kokemus. Menetelmä vaatii myös suuren määrän lähtötietoja, jotka ovat alttiita virheille. Menetelmän kiistaton etu on, että sillä voidaan ratkaista lähes mielivaltaisia tehtäviä suurella tarkkuudella. Tähän asti elementtimenetelmää on käytetty pääasiassa lineaaristen tehtävien ratkaisuihin. Laitteistojen ja ohjelmistojen kehittyessä myös geometrisesti ja fysikaalisesti epälineaaristen tehtävien sekä dynaamisten tapausten ratkaisumahdollisuudet ovat parantuneet, joten elementtimenetelmä tulee ilmeisesti valtaamaan alaa myös plastisuusteoreettisten ja muokkausteknisten tehtävien käsittelyssä etenkin, jos tarkastellaan heterogeenisen materiaalin käyttäytymistä.

KIRJALLISUUS

1. Zienkiewicz O. C., *The Finite Element Method in Engineering Science*. Lontoo, McGraw-Hill, 1971. 521 s.
2. Soliman J. I. & Fakhroo E. A., *J. Mech. Eng. Sci.* **14** (1972) s. 19...24.
3. Iseki H., Jimma T. & Murota T., *Bull. JSME* **17** (1974) s. 1240...1246.
4. Ueda Y. & Yamakawa T., *Analysis of thermal elastic-plastic stress and strain during welding*, IIW Doc. X-616-71, 1971.
5. Yamada Y., Yoshimura N. & Sakurai T., *Int. J. Mech. Sci.* **10** (1968) s. 343...354.

SUMMARY

In this article possibilities of using the finite element method in plasticity problems are briefly reviewed. In a structure which is deformed plastically the constitutive laws of material are non-linear. A method based on the Prandtl-Reuss equations of plastic increments is here introduced.



MUOTOKUVAN PALJASTUS

Professori Matti Tikkanen muotokuva, jonka on tehnyt tait. Ensio Kohonen, paljastettiin Teknillisen korkeakoulun vuoriteollisuusosastolla Otaniemessä 5.12.1975 pidetyssä tilaisuudessa. Muotokuvan ovat maalauttaneet prof. Tikkanen entiset oppilaat ja Vuorimiesyhdistys. Maalauttajien puolesta puhui yli-ins. Raimo Eriksson kuvaten prof. Tikkanen laajaa ja ansiokasta toimintaa metallurgian opetuksen ja tutkimuksen parissa maassamme. Korkeakoululle luovutetun muotokuvan otti vastaan rehtori, prof. Pentti Laasonen. Professori Tikkanen kiitti vastauspuheessaan lahjoittajia.



**Tässä tilanteessa ei ole
varaa koneisiin jotka
uppoavat liejuun**

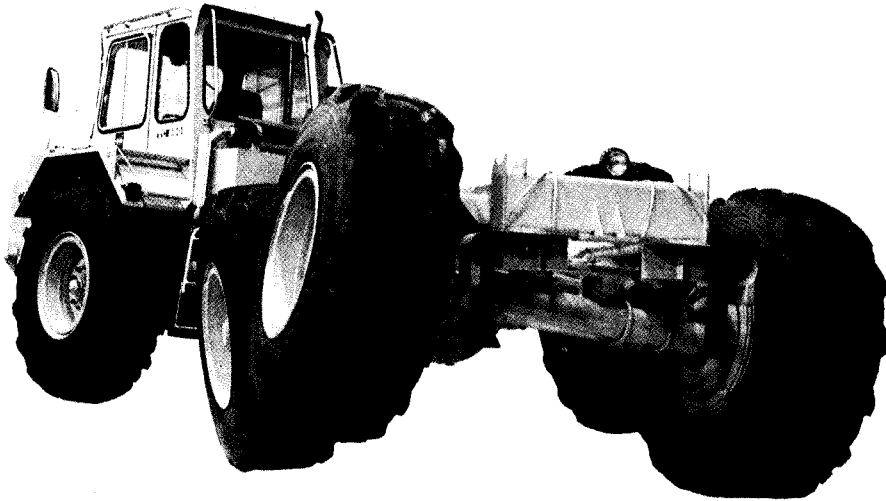
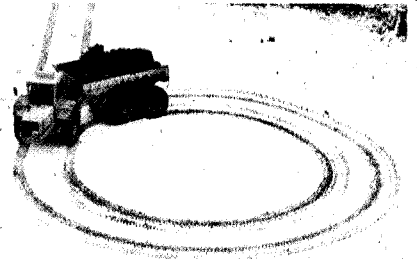
**Siksi VOLVO BM valmistaa dumpereita
tehdäkseen melkein
”mahdottomat” kuljetukset kannattaviksi**



Kun alkaa sataa tai sää muuttuu suo-
jaiseksi ja pitäisi rakentaa voimalan
patoa tai moottoritietä. Kun pitäisi
perustaa lentokentän kiitorataa tai
pysyttää teollisuuslaitosta, kun maas-
tokuljetusten pitäisi sujua, jotta
pysyttäisiin aikataulussa. — Juuri
silloin kuljetusvälineiden oikea valinta
ratkaisee, päästäänkö tyydyttävään
voittoon vai joudutaanko maksamaan

on todella edullinen kuljetusväline.
Kuivalla mutta hyvin karkealla poh-
jalla, missä tavalliset ajoneuvot hajo-
aisivat alkutekijöihinsä, 860 -dumpperi
on kuin kotonaan.

*VOLVO BM -dumpperi on ainutlaa-
tuinen ajoneuvo, jolla on ainutlaatuiset
ominaisuudet sen ainutlaatuisen raken-
teen ansiosta.*



Runko-ohjaus antaa ketteryyttä ja parantaa maastokelpoisuutta

Runko-ohjauksella on saatu aikaan
hyvin pieni kääntösäde, mikä nopeut-
taa kääntymistä kuorma- ja kaato-
paikoilla. Ja jos on niin vetelää, että
normaali pyörien vetokyky ei riitä,
VOLVO BM 860 pääsee kiemurtele-
maan irti sellaisestakin paikasta, mihin
muut ajoneuvot uppoaisivat.

860 selviää liukkaimmastakin paikasta

Nelipyöräveto voidaan kytkeä ja sen
kytkentä irrottaa dumpperin ollessa
liikkeellä. Molemmilla vetävillä akse-
leilla on tasauspyörästölukot. Suuren
pyöräkoon ansiosta pintapaine on
pieni, eivätkä pyörät putoa jokaiseen
pieneenkin kuoppaan.

Luja runkonivel kestää kovaa ajoa

Runkonivelessä oleva täysin pyörivä
laakerointi päästää moottoriyksikön
ja vaunuyksikön kiertymään toisiinsa
nähdessä pituusakselin ympäri niiden
runkojen rasittumatta. Tämä yhdessä
vaunuyksikön ainutlaatuisen telira-
kenteen kanssa merkitsee sitä, että 860
kestää jatkuvaa kovaa työtä epätasa-
isessa maastossa.

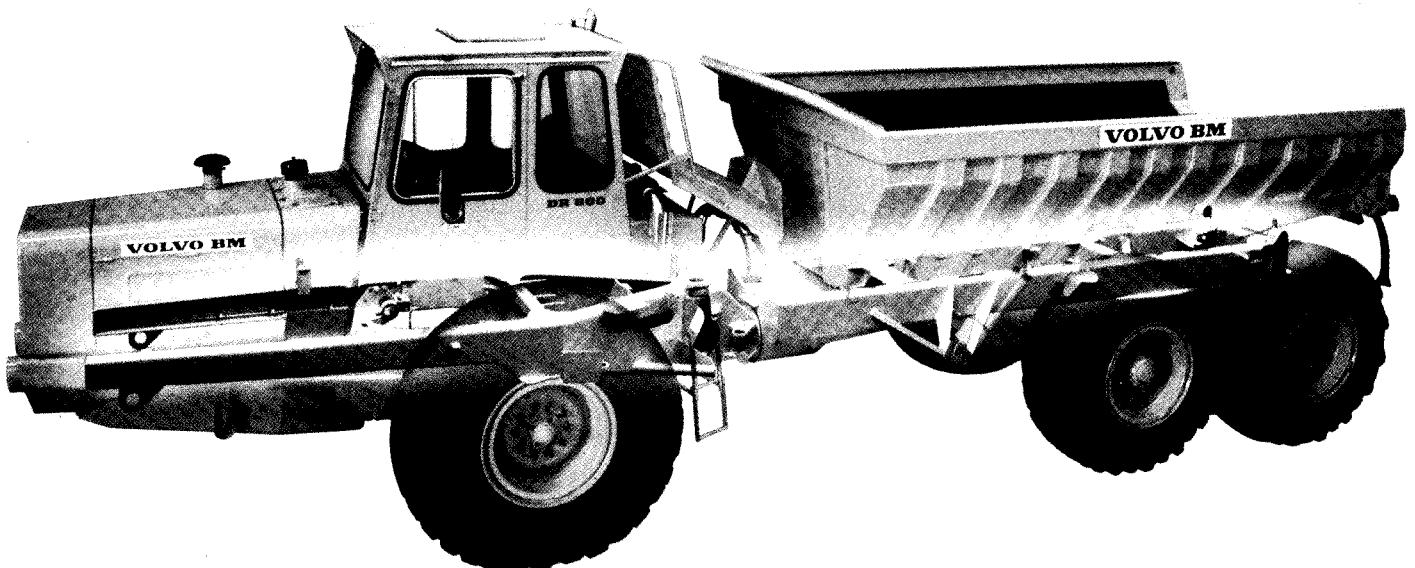
myöhästymissakkoja. Juuri silloin
VOLVO BM -dumpperit voivat rat-
kaista ongelmanne.

VOLVO BM -dumpperien ainut-
laatuinen maastokelpoisuus säästää
usein kalliilta huoltoteiden rakenta-
miselta ja mahdollistaa kaivumassojen
tai rakennustarvikkeiden kuljetuksen
oikeaan kohteeseen maasto-olosuh-
teista riippumatta.

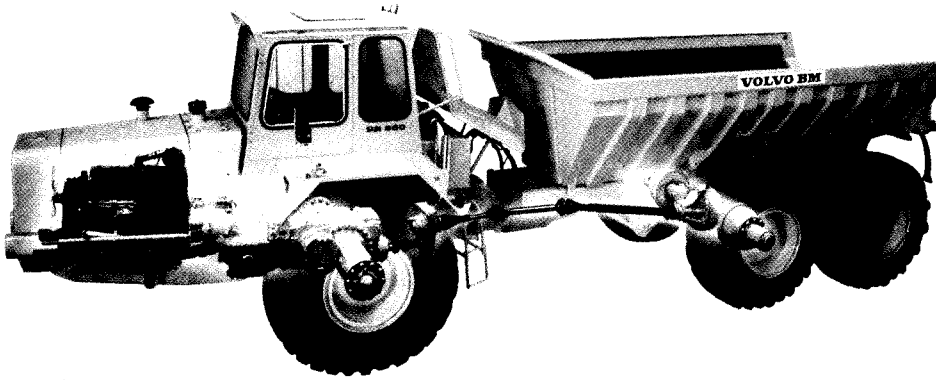
VOLVO BM 860 -dumpperi on talou-
dellinen kaikissa muissakin tilanteissa,
joissa koko kuljetusmatka tai vain osa
siitä on maastoa. Sorakuopissa, kalk-
kilouhoksissa, avokaivoksissa jne. 860

Ainutlaatuinen teli selviää mitä hankalimmassa maastossa

Telin rakenne sallii kummannikin pyö-
räparin heilahtamisen yksilöllisesti
varsin väljissä rajoissa. Myös vankan
vaunuyksikön ja moottoriyksikön
välillä on vapaan kierron salliva nivel.
Tämä merkitsee sitä, että louhikossa ja
kuoppaisessakin maastossa ja syvissä
raiteissa kaikki pyörät säilyttävät
maakosketuksensa ja siten vetoky-
kynsä. Vaunuyksikön runko kulkee
tasaisesti epätasaisesta ajoalustasta
huolimatta, joten kuorma ei pääse
valumaan yli laidan.



Helppokäyttöinen vaihteisto nopeuttaa ajojaksoja



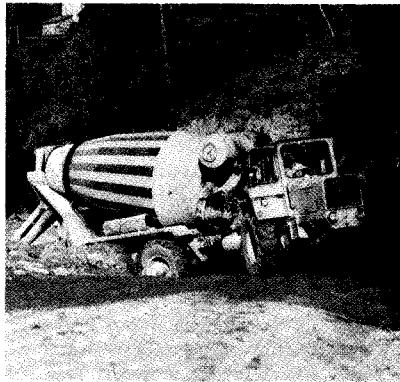
VOLVO BM -dumpperin mainiota maastokelpoisuutta voidaan käyttää hyväksi muissakin tehtävissä
Monenlaisia tarvikkeita joudutaan kuljettamaan samanlaisissa olosuhteissa kuin leikkausmassoja 860-dumpperilla. Esimerkkeinä näistä ovat puutavara, betonipalkit, sementti, putket jne.

Vaihtamista isommalle ja pienemmälle, eteenpäinajolle ja peräytykselle sekä nelipyörävedolle hallitaan vain yhdellä ainoalla vaihtevalitsinvivulla. Väännönmuunnin synnyttää jatkuvasti tarvittavan vääntömomentin ja toimii tasaisesti hankalissakin maasto-olosuhteissa. Kun sitten tie muuttuu hyväksi, suorakytkin kytkeytyy automaattisesti, parantaa kiihtyvyyttä ja nostaa keskinopeutta.

Turboahdettu Volvo-diesel antaa enemmän tehoa

6-sylinterinen Volvo-dieselmoottori on suunniteltu alun perin turboahdimiseksi. Turboahdin ei ainoastaan auta moottoria kehittämään enemmän voimaa — mikä pääsee oikeuksiinsa nimenomaan suurissa korkeuksissa — vaan pitää myös pakokaasut puhtaam-

pina. VOLVO-moottorien luotettavuudesta ovat taas osoituksena ne tuhannet kuorma-autot ja muut ajoneuvot, jotka ovat käytössä joka puolella maailmaa.



VOLVO BM 860 TC -maastoalusta on rakenteeltaan täysin samanlainen kuin 860-dumpperi, mutta ilman kuormalavaa ja sen kippiä. 860 TC on verraton alusta, jolle voidaan asentaa mitä tahansa hankalassa maastossa kuljetettavia laitteita.

VOLVO BM -maarakennuskonemallistoon kuuluu pyörä- ja runko-ohjattuja pyöräkuormaajia, kokonaispainoltaan 7 tonnista 18 tonniin, dumpereita ja maastoalusta.



VOLVO BM kuuluu Volvo-yhtymään, pohjoismaiden suurimpaan konepajateollisuusyhtymään, joka on johtava henkilöautojen, kuorma-autojen, linja-autojen, traktorien, tiehöyliä, kuormaajien, dumperien, metsäkoneiden, merimoottorien, teollisuusmoottorien, suihkumoottorien jne. valmistaja.

VOLVO BM

VOLVO BM AB ESKILSTUNA

Maahantuoja:

Oy Volvo-Auto Ab

Sturenk. 21 — puh. 711311

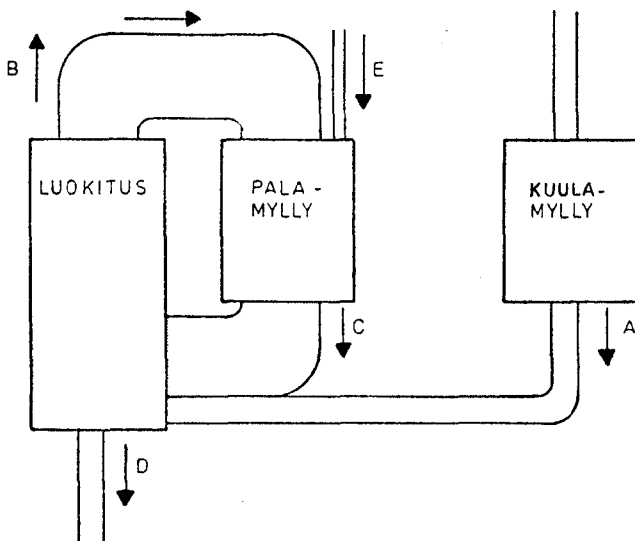
00510 Helsinki 51

Pääosa jauhattavasta malmista syötetään kuulamylyyn (50—60 t/h). Myllyyn lisätään vettä ja ulostulevan lietteen kiintoainepitoisuus on n. 75 paino-%. Lietevirta johdetaan pumppukaivoon, josta se pumpataan luokittimelle. Luokitin erottaa lietteestä lähes kokonaan veden ja hienoimman osan kuiva-aineesta vaahdotukseen. Luokittimen alitteeseen lisätään vettä, jotta liete voitaisiin pumpata palamylyyn. Palamylyssä tapahtuu autogeeninen jauhatus. Kuulamylyyn syötettä nimitetään murskeeksi ja palamylyyn lisätäviä jauhinkappaleita paloiksi. Palasyöttö on murskeyttöä huomattavasti pienempi (n. 2 t/h). Palamylystä tuleva lietevirta johdetaan samaan pumppukaivoon kuulamylystä tulevan lietevirran kanssa, josta lietevirta johdetaan luokittimelle. Pumppukaivosta on kaksi erillistä lietelinjaa, joista vain yksi kerrallaan on käytössä. Molemmilla linjoilla on kaksi erillistä luokitinta, joista toinen on varalla. Tiheys- ja virtausmittaus on vain toisella pumppauslinjalla, joka olikin käytössä kokeiden aikana.

2.2

Kiertokuorman määrittäminen

Yksinkertaisin tapa määrätä kiertokuorma perustuu seula-analyysin hyväksikäyttöön. Luokittimen tulee olla tasapainossa sekä kuiva-aineen määrän että laadun suhteen. Kiertokuorman määrittämiseksi tarvitaan seuraavien tuotteiden seula-analyysit kuvan 2 mukaisesti:



Kuva 2. Kaavio kierto- ja jauhetusprosessin määrittämiseksi.
Fig. 2. The Figure for Defining the Recycle Load

Merkitty
kuivapaino t/h

Seulan x läpäiseen kuiva-aineen määrä %

Kuulamylyyn tuote
Luokittimen alite
Palamylyyn tuote
Luokittimen ylite

A
B
C
D

a
b
c
d

Palasyöttö on jätetty tarkastelusta pois, koska sen määrä on huomattavasti luokittimen alitetta pienempi.

$$\text{Kiertokuorma} = \frac{B}{A} \cdot 100 \% = \frac{C}{A} \cdot 100 \% = \frac{d-a}{c-b} \cdot 100 \% \quad (1)$$

Kiertokuorman määrittämiseksi otettiin kaksi näyttesarjaa, jolloin näytteet otettiin 15 min välein ja kustakin pisteestä otettiin viisi näytettä. Näytteiden keskiarvot ovat taulukossa 1.

Seula mm	NÄYTE-ERÄ 1				NÄYTE-ERÄ 2			
	a %	b %	c %	d %	a %	b %	c %	d %
1.651	0.4	1.6	0.6	—	1.7	1.3	0.3	—
0.590	8.6	4.0	1.2	—	16.0	7.0	2.0	—
0.210	38.2	26.9	18.0	9.8	37.7	31.0	24.0	11.0
0.074	26.5	46.0	46.6	29.6	23.3	46.0	46.7	30.0
-0.074	26.3	21.5	33.6	60.6	21.3	14.7	27.0	59.0
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Taulukko 1. Seula-analyysit kierto- ja jauhetusprosessin määrittämiseksi.

Kiertokuorman laskemisessa päädytään hieman erilaiseen tulokseen, kun käytetään eri seulojen läpäisyprosenttien arvoja. Erojen rajoittamiseksi suositellaan, että hienoimman tuotteen läpäisyprosentin arvo on mahdollisimman lähellä lukua 90 % /4/.

Kiertokuorma arvoiksi saadaan 0.210 mm:n seulan läpäisyprosenttien mukaan

Näyte-erä 1 Kiertokuorma = 294 %
Näyte-erä 2 Kiertokuorma = 341 %

Kiertokuorma voidaan määrätä myös tiheys- ja virtausmittausten avulla. Kuvan merkintöjen mukaan saadaan

$$\text{Kiertokuorma} = \left(\frac{Q_k}{Q_k - 1} \cdot (D351-1) \cdot F373 \cdot 60 - F351 \right) \cdot 100 / F351 \quad (2)$$

Näyte-erä n:o 1:n keräämisen aikana olivat mittaus-ten tunnin keskiarvot.

F373 = 2.698 m³/min
D351 = 1.824 kg/l
F351 = 49.3 t/h
 $\rho_k = 3.2 \text{ kg/dm}^3$ (kiintoaineen tiheys)

Kiertokuorma on näiden mittausten perusteella 294 %.

2.3 Palautuskertoimien määrittäminen

Jos myllyjen tuotteiden raekokojakaumat olisivat samanlaiset, saataisiin molemmille tuotteille sama palautuskerroin, tässä tapauksessa 300 %:n kiertokuormalla palautuskerroin olisi 0.75.

Taulukosta 1 havaitaan kuitenkin, että jakautumisissa on selvä ero. Merkitään k_1 :llä kuulamylyn tuotteen palautuskerrointa ja k_2 :llä palamylyn tuotteen palautuskerrointa. Otetaan huomioon palasyöttö, joka on 1/25 osa murskesyötöstä u_1 ja palamylyn ulostulo 300 %:n kiertokuormalla $3u_1$. Tuotteen raekokojakauman mukaan voidaan erotuskertoimet määrittää, kun jokainen raekokoluokka painotetaan kertoimella, joka on raekokoluokan osuus tuotteen kuivaainemäärästä.

$$k_1 \cdot u_1 + k_2 \cdot 3u_1 + u_1/25 = 3u_1 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n (a_i u_1 + c_i \frac{k_1 u_1 + u_2}{1 - k_2} - b_i (k_1 u_1 + \frac{k_1 k_2 u_1 + k_2 u_2}{1 - k_2})) = u_1 + u_2, \quad (4)$$

missä indeksi i tarkoittaa eri raekokoluokkia.

Taulukosta 1 nähdään, että luokittimen ylitteellä on molemmissa näyte-erissä vain kolme raekokoluokkaa, joten summatermi rajoittuu kolmeen termiin. Palautuskertoimiksi saadaan

$$k_1 = 0.8 \\ k_2 = 0.72$$

2.4 Kuulamylyn identifiointi pulssikokeella

Pulssikokeella tarkoitetaan identifioitavan prosessin syötteen jonkin komponentin konsentraation muuttamista määrääjäksi. Merkkiaineena voidaan myös käyttää ainetta, jota ei ole lainkaan identifiotavassa prosessissa. Sisäänmenopulssista otetaan näytteet pulssin korkeuden määrittämiseksi ja prosessin ulostulosta otetaan näytteet, joiden avulla määrätään prosessin siirtofunktio. Tavallisin tapa siirtofunktion määrittämisessä on minimoida mittauksen ja teoreettisesti lasketun pulssivasteen eron neliöllinen summa.

Kuulamylyn siirtofunktion oletettiin olevan muotoa

$$G(s) = \frac{1}{(1 + \tau s)^m} \cdot e^{-t_d s} \quad m = 1, 2 \text{ tai } 3 \quad (5)$$

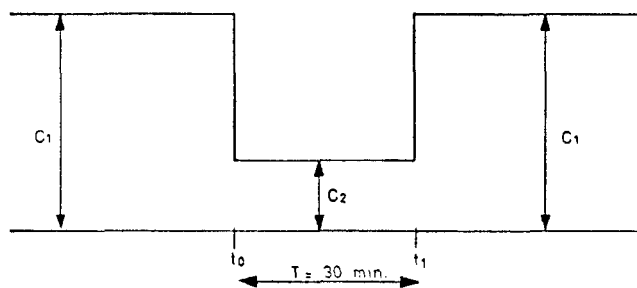
Kaavan (5) merkkien selitykset

- t_d kuollut aika
- τ aikavakio
- s laplacemuuttuja
- m systeemin kertaluku

eli yhden tai useamman samankokoisen ideaalisekoittajan sarjakytkentä $1/1$.

Merkkiaineena tässä kokeessa käytettiin ns. raakkumalmia, jonka kuparipitoisuus oli vain n. 1/20 osa tavallisen syötteen kuparipitoisuudesta. Pulssin korkeuden selville saamiseksi otettiin kuulamylyn ulostulosta 10 näytettä ennen raakkusyötön aloittamista.

Näytteiden pitoisuuksien keskiarvoa käytettiin laskuissa. Murskeesta otettiin myös näytteet, mutta näiden näytteiden pitoisuuksissa oli suurempaa hajontaa kuin myllyn ulostulosta otetuissa näytteissä, joten myllyn ulostulosta otettujen näytteiden keskiarvo tuntuu luotettavammalta pulssin korkeudeksi. Raakkumalmista otettiin myös 10 näytettä, joiden kuparipitoisuuksien keskiarvoa käytettiin laskuissa. Merkitään pulssin korkeutta c_1 :llä ja c_2 :llä raakkumalmin kuparipitoisuuden keskiarvoa kuvan 3 mukaisesti.



Kuva 3. Syötteen konsentraatio pulssikokeessa.

Fig. 3. Concentration during the Pulse Test.

Siirtofunktion oletetaan olevan muotoa (5), jolloin ulostulon muutoksille pätee

$$X_{out}(s) = (c_1/s - (c_1 - c_2) \cdot 1/s \cdot e^{-t_d s} + (c_1 - c_2) \cdot 1/s \cdot e^{-t_1 s}) \cdot \frac{e^{-t_d s}}{(1 + \tau s)^m}, \quad (6)$$

missä t_0 on raakkusyötön aloittamishetki ja t_1 on raakkusyötön lopettamishetki

Raakkusyötön kesto aika oli 30 minuuttia. Näytteet myllyn ulostulosta otettiin 20 sekunnin välein. Näytteitä ulostulosta otettiin yhteensä 170 kpl eli 80 näytettä vielä sen jälkeen, kun raakkusyöttö oli vaihdettu takaisin murskesyötöksiksi.

Myllyn dynamiikkaa kuvaavan siirtofunktion määrittämiseksi minimoitiin näytteen kuparipitoisuuden ja mallista lasketun pulssivasteen neliöllinen ero. Parhaat arvot haettiin ensimmäisen, toisen ja kolmannen kertaluvun systeemeille, joilla saattoi olla vielä kuollutta aikaa.

Pitoisuuksien mukaan minimoitiin kriteeri

$$J = \sum_{i=1}^{170} (y(i) - L^{-1}(X_{out}(s)))^2, \quad (7)$$

missä $y(i)$ on i :n näytteen kuparipitoisuus
 $t = i/3$
 $X_{out}(s)$ on yhtälön (6) mukainen
 $t_d = 1/3$ min $l = 0, 1, \dots, 10$
 $\tau = 5 + n/6$ min $n = 0, 1, \dots$
 $m = 1, 2$ tai 3

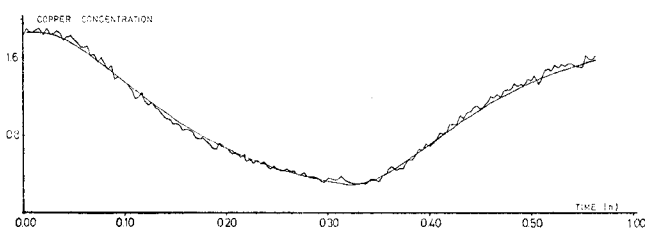
Hyvyyuskriteerin paras arvo saatiin kuparipitoisuuksien suhteen toisen kertaluvun systeemillä, johon oli lisätty kuollutta aikaa. Kolmannen kertaluvun systeemissä saavutettiin paras tulos ilman kuollutta aikaa. Kolmannen ja toisen kertaluvun systeemeissä ei hyvyyuskriteerin arvossa ollut merkittävää eroa, mutta ensimmäisen kertaluvun systeemi oli selvästi huonoin.

Parhaaksi toisen kertaluvun siirtofunktioksi saatiin

$$\frac{X(s)_{out}}{U(s)_{in}} = G(s) = \frac{e^{-1.66s}}{(7.66s + 1)^2} \quad (8)$$

ja parhaaksi kolmannen kertaluvun siirtofunktioksi

$$\frac{X(s)_{out}}{U(s)_{in}} = G(s) = \frac{1}{(5.50s + 1)^3} \quad (9)$$



Kuva 4. Kuulamylyn pulssivaste ja teoreettisesti laskettu vaste.

Fig. 4. Pulse Response Function of the Ball Mill.

Kuvassa 4 on esitetty graafisesti pulssikokeen tulokset sekä vastaavat teoreettisesti lasketut arvot siirtofunktion (8) avulla. Tuloksista voidaan havaita, että myllyä voidaan kuvata erittäin hyvin kahden tai kolmen ideaalisekoittajan sarjakytkennällä.

On myös osoitettu /3/, että pienillä virtaushäiriöillä ei ole mainittavaa vaikutusta myllyjen aikavakioihin, koska virtauksen kasvaessa myllyn hold-up kasvaa lähes samassa suhteessa. Esimerkiksi $\pm 5\%$:n virtaushäiriön vaikutus aikavakiossa on $\pm 1,5\%$.

2.5 Palamylyn identifiointi

Palamylyn identifiointi suoritettiin impulssikokeella, jossa merkkiaineena käytettiin 500 kg magnetiittia. Magnetiitin kovuus, ominaispaino ja raekokojakauma vastasivat parhaiten jauhatuspiirin kuiva-aineen ominaisuuksia. Magnetiitti on kuitenkin kovempaa ja raskaampaa kuin jauhatuspiirin kuiva-aine, joten merkkiaineen palautuskertoimen oletettiin olevan suurempi kuin palamylyn tuotteelle saatu palautuskerroin $k_r = 0,72$.

Palamylyn siirtofunktion oletetaan olevan toista kertalukua kuulamylyn identifiointin antamien tulosten perusteella. Putkistojen ja pumppukaivon aiheuttama pieni tulppavirtaus ei ole erikseen mukana siirtofunktiossa. Lietteen kuluaika myllyn ulostulosta takaisin myllyyn on n. 20 sekuntia. Myllyllä ei oleteta olevan myöskään kuollutta aikaa, koska lietevirtaus palamylyyn on yli kolme kertaa suurempi kuin samankokoiseen kuulamylyyn, jolle toisen kertaluvun siirtofunktiossa oli kuollut aika 1.66 min.

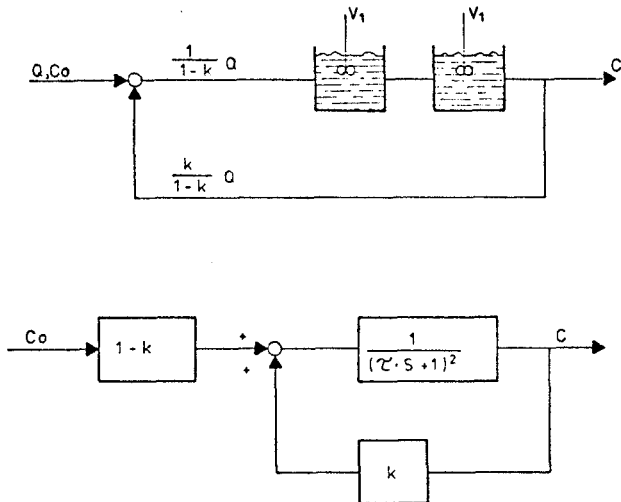
Nämä oletukset tehdään, jotta impulssivasteen analysointi saataisiin helpommaksi ja jotta muodostetusta mallista saataisiin jatkuva-aikainen. Viiveellisen differentiaalimallin diskretisointi on myös hankalaa, varsinkin kun putkistoviiveet ovat eri suuruisia. Saavutettu parannus malliin olisi myös vähäinen, koska viiveet ovat suhteellisen pieniä ideaalisekoittimien aikavakioihin verrattuna.

Suljetun piirin siirtofunktioksi saadaan kuvan 5 avulla

$$\frac{c(s)}{c_0(s)} = M(s) = \frac{1 - k}{(\tau s + 1)^2 - k}, \quad (10)$$

missä k on magnetiitin palautuskerroin.

Näytteitä otettiin 120 kpl 20 sekunnin välein. Ensimmäinen näyte otettiin kaksi minuuttia magnetiittierän syötön jälkeen. Tämä viivästymisen aiheuttui magnetiitin syötössä esiintyneiden vaikeuksien vuoksi. Näiden viiden näytteen merkityksen voidaan kuitenkin olettaa olevan vähäinen. Yksikköimpulssivasteeksi saadaan (10):n avulla



Kuva 5. Suljetun piirin aineenvirtausjärjestelmä ja vastaava lohkoakaavio.
Fig. 5. The Flow and the Block Diagram of the Closed Circuit.

$$c(t) = \frac{1-k}{\tau\sqrt{k}} \sinh\left(\frac{\sqrt{k}}{\tau} \cdot t\right) \cdot e^{-t/\tau}$$

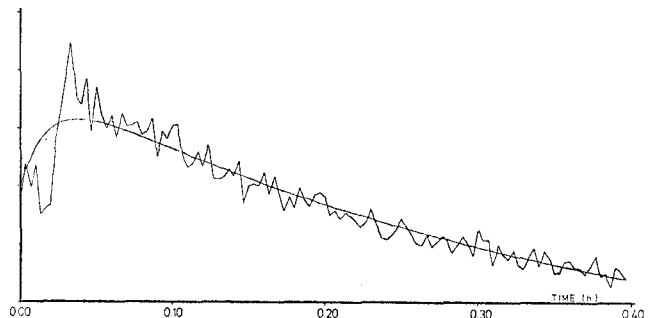
$$= \frac{1-k}{2\tau\sqrt{k}} \left(e^{(-1+\sqrt{k})t/\tau} - e^{-(1+\sqrt{k})t/\tau} \right) \quad (11)$$

Siirtofunktion aikavakiot ja palautuskerroin haettiin minimoimalla neliöllinen virhe

$$J = \sum_{i=1}^{120} \left(y(i) - \frac{(1-k)}{2\tau\sqrt{k}} \left(e^{(-1+\sqrt{k})(i+5)T/\tau} - e^{-(1+\sqrt{k})(i+5)T/\tau} \right) \right)^2 \quad (12)$$

missä T on 20 sekuntia
ja y(i) i:n näytteen arvo.

Pienin neliöllisen virheen arvo saatiin k:n arvolla 0.82 ja $\tau = 3.50$ minuuttia. Kuvassa 6 on kokeellinen impulssivaste ja systeemiä kuvaavan siirtofunktion avulla laskettu impulssivaste. Voidaan havaita, että viiveiden mukaan ottaminen olisi tuskin parantanut mallia.

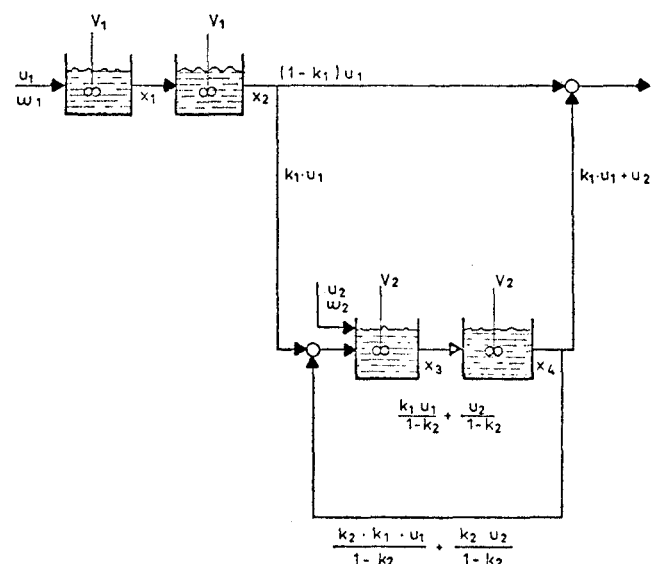


Kuva 6. Palamyllyn impulssivaste ja teoreettisesti laskettu vaste.
Fig. 6. Impulse Response Function of the Autogenous Mill.

2.6

Jauhatuspiirin jatkuva, lineaarinen malli

Jauhatuspiirille voidaan kirjoittaa nyt jatkuva-aikainen malli, missä ideaalisekoitinsarjat kuvaavat myllyjä. Aineenvirtausjärjestelmä kuiva-aineen ja sen kuparipitoisuuden suhteen esitetään kuvassa 7.



Kuva 7. Jauhatuspiirin kiintoaineen aineenvirtausjärjestelmä.
Fig. 7. Flow Diagram of Dry Material.

Kuvan merkinnät

- u_1 on murskesyötön määrä
- u_2 on palasyötön määrä
- w_1 on murskeen kuparipitoisuus
- w_2 on palasyötön kuparipitoisuus
- x_i $i = 1, \dots, 4$ kuparipitoisuuksia
- k_1 on palautuskerroin kuulamyyllyn tuotteille
- k_2 on palautuskerroin palamyyllyn tuotteelle

Kirjoitetaan taseyhtälöt ideaalisekoittimille

$$V_1 \frac{dx_1}{dt} = u_1 \cdot w_1 - u_1 \cdot x_1 \quad (13)$$

$$V_2 \frac{dx_2}{dt} = u_1 \cdot x_1 - u_1 \cdot x_2 \quad (14)$$

$$V_2 \frac{dx_3}{dt} = k_1 \cdot u_1 \cdot x_2 + u_2 \cdot w_2 + \left(\frac{k_2 \cdot k_1 \cdot u_1}{1-k_2} + \frac{k_2 \cdot u_2}{1-k_2} \right) x_4 - \left(\frac{k_1 \cdot u_1}{1-k_2} + \frac{u_2}{1-k_2} \right) x_3 \quad (15)$$

$$V_2 \frac{dx_4}{dt} = \left(\frac{k_1 \cdot u_1}{1-k_2} + \frac{u_2}{1-k_2} \right) x_3 - \left(\frac{k_1 \cdot u_1}{1-k_2} + \frac{u_2}{1-k_2} \right) x_4 \quad (16)$$

Kappaleiden 2.3, 2.4 ja 2.5 perusteella

$$k_1 = 0.8$$

$$k_2 = 0.72$$

$$V_1/u_1 = 7.66 \text{ min}$$

$$V_2 / \left(\frac{k_1 \cdot u_1}{1-k_2} + \frac{u_2}{1-k_2} \right) = 3.50 \text{ min}$$

Sijoitetaan arvot yhtälöihin (13), (14), (15) ja (16) ja kirjoitetaan yhtälöryhmä matriisimuodossa

$$\dot{x} = A x + B w$$

- missä A on 4×4 -dimensioinen systeemimatriisi
- B on 4×2 -dimensioinen ohjausmatriisi
- x on 4×1 -dimensioinen tilavektori
- w on 2×1 -dimensioinen ohjausvektori

Tilayhtälön (1) yleinen ratkaisu voidaan esittää seuraavasti /5/:

$$x(t) = AP(t-t_0) x(t_0) + \int_{t_0}^t AP(t-\tau) \cdot B w(\tau) d\tau, \quad (18)$$

missä tilansiirtomatriisi

$$AP(t) = e^{At} = L^{-1} (sI - A)^{-1} \quad (19)$$

ja I on yksikkömatriisi.

On-line systeemissä tietojen keruu tapahtuu diskreetisti, joten kaavan (17) mukainen matemaattinen malli on diskretisoitava. Olkoon toimintaväli T ja näytteenottohetki

$$t_0 = k \cdot T, \quad (20)$$

missä $k = 1, 2, \dots$

ja yhden poimintajakson jälkeen

$$t = (k+1) T. \quad (21)$$

Oletetaan, että toimintaväli T on riittävän pieni ja että säätövektori w muuttuu diskreetisti.

Tällöin yhtälö (18) voidaan kirjoittaa diskreetissä muodossa

$$x(k+1) = AP(T) x(k) + \int_{t_0}^t AP(t-\tau) B w(\tau) d\tau. \quad (22)$$

merkitään

$$AG = \int_{t_0}^t AP(t-\tau) B d\tau = \int_0^T AP(\tau) B d\tau \quad (23)$$

$AP(T)$ voidaan kehittää sarjamuotoon

$$AP(T) = e^{A \cdot T} = \sum_{i=0}^m \frac{A^i T^i}{i!} \quad (24)$$

Sijoittamalla yhtälö (24) yhtälöön (23) ja integroimalla näin saatu yhtälö, saadaan

$$AG(T) = \sum_{i=0}^n \frac{A^i T^{i+1}}{(i+1)!} \cdot B \quad (25)$$

$$x(k+1) = AP(T) \cdot x(k) + AG(T) \cdot w(k) \quad (26)$$

Yhtälön (26) mukainen malli on käyttökelpoinen prosessitietokonesovellutuksissa, jolloin ainoastaan diskretisoitua mallia voidaan käyttää hyväksi.

YHTEENVETO JA TARKASTELU

Prosessikokeet Vuonoksen rikastamalla onnistuivat erittäin hyvin ja tulokseksi saatiin jauhatuspiirin dynamiikkaa kuparipitoisuuden suhteen kuvaava vakio-kertoiminen, lineaarinen, jatkuva malli. Vuonoksen jauhatuspiiri on virtausten suhteen varsin stabiilisti käyttäytyvä, joten muuttuvakertoimisella mallilla tuskin olisi saatu merkittävää parannusta. Muuttuvakertoimisen mallin määrääminen olisi myös aiheuttanut huomattavat lisäkustannukset laajempien prosessikokeiden vuoksi sekä sen käyttöönotto olisi vaatinut jauhatuspiirin instrumentoinnin laajentamista.

Eero Mäkisen diplomityö Tukholman kuninkaallisessa teknillisessä korkeakoulussa 1918.

Prof. Erkki Laurila, VTT

Tekn.lis. Kari Heiskanen, TKK, Vuoriteollisuusosasto

Vuorineuvos Eero Mäkinen syntyi 27. 4. 1886 joten tänä vuonna on kulunut 90 vuotta hänen syntymästään. Keskipolven ja sitä vanhemmille insinööreille ja laajalti myös muitten alojen edustajille on Eero Mäkinen ja hänen elämäntyönsä tuttu. Hänen kuolemaansa on jo kulunut 23 vuotta. Hänen uranuurtajatyönsä Suomen vuoriteollisuudessa ja metallurgisessa teollisuudessa on mittavuudessaan ja merkitsevyydessään sitä luokkaa, että nuoremmatkaan insinööripolvet tuskin voivat kokonaan välttää siitä kuulemasta. Vaikka Outokumpu Oy:n historiikin kirjoittaja joutuikin asioiden omasta painosta johtuen käyttämään varsin paljon sivuja ilmiön Eero Mäkinen kuvaamiseen, on hänen elämänsä kirjalliseen kuvaukseen erillisteoksen puitteissa täysi syy. Mutta sellaisen teoksen ilmestymisen ajankohdaksi sopisi ehkä parhaiten vasta vuosi 1986.

Tämän kirjoituksen aiheena on se, että tekijöitten käsiin sattui joutumaan Eero Mäkisen diplomityön koviin kansiin sidottu käsikirjoitus, jonka vaiheet siinänsä ovat hieman erikoislaatuiset. — Eero Mäkinen oli tullut geologian tohtoriksi jo v. 1913 ja jatkanut tieteellisiä töitään muutaman vuoden ajan kun hän v. 1916 päätti muuttaa elämänuransa suuntaa ilmeisestikin tietoisesti pyrkien siihen, että hän voisi vaikuttaa mittavan vuoriteollisuuden kehittymiseen Suomessa. Tässä tarkoituksessa hän ilmoittautui syksyllä 1916 Tukholman kuninkaalliseen teknilliseen korkeakouluun päämääränään vuori-insinöörin tutkinto. Jo syksyllä 1917 hän pääsi käsiksi diplomityöhön, jonka hän teki professori Walfrid Petterssonille ja jonka aihevalinnassa saattaa uumoilla ajatusten jo liikkuvan Outokumpun malmin rikastusprobleemoissa. Työ oli käsin kirjoitettuna luonnoksena valmis, kun Mäkinen helmikuun alussa 1918 lähti Suomeen osallistuakseen sotaan. Jo huhtikuussa hän palasi jatkamaan opintojaan ja syksyyn mennessä oli filosofian tohtorista tullut vuori-insinööri. — Saattaa olla, että sotaan lähtö vaikutti siihen, että diplomityö hyväksyttiin käsikirjoituksena.

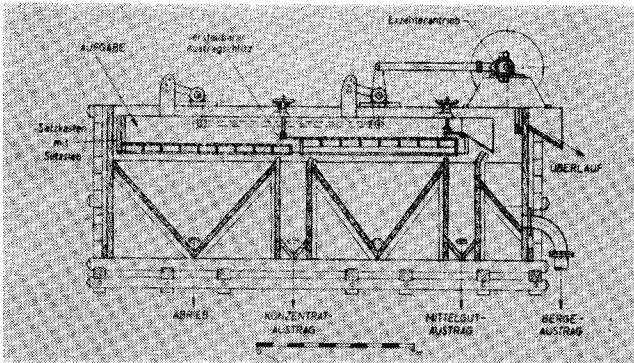
Diplomityö, jonka nimenä oli "Sättmaskiner" (hytkeyttimet), joutui ilmeisesti professori Petterssonin kirjakokoelman mukana huutokauppaan, josta sen osti Tukholman porvarikillan arkkivaari Forsbom otaksuen sen käsittelevän kirjapainotekniikkaa (alis-

tuskoneet). Huomattuaan erehdyksensä hän lahjoitti teoksen Jernkontoretille, josta se edelleen toimitettiin Suomeen.

Hytkytys oli tämän vuosisadan alkuvuosina eräs rikastustekniikan eniten käytetyistä menetelmistä, jolla erotettiin varsin pienenkin ominaispainoeron omaavia mineraaleja. Hytkytyn teoriaa käytiin myös vilkasta keskustelua varsinkin siitä esitettyjen teorioiden pohjalta. Nykyisin, jolloin muunlaiset menetelmät dominoivat rikastustekniikassa, on asialla mielenkiintoa lähinnä tekniikan historian kannalta. Historiaa ovat myös ne hytkytyn toimintatavasta vuosisadan alussa esitetyt teoriat, joita Mäkinen diplomityössään kuvailee ja analysoi. Seuraavaan kuvaukseen Mäkisen diplomityöstä on toinen kirjoittajista (Heiskanen) liittänyt katsauksen nykyisiin teorioihin, jotka kehittyivät vasta aikana, jolloin hytkytys jo oli syrjäytynyt lähes kaikilla muilla rikastustekniikan lohkoilla paitsi hiilen ja tinan rikastuksessa.

HISTORIALLINEN KATSAUS

Jo Georg Agricola mainitsee kirjassaan "De re metallica" hytkyttimen esityypin, jota käytettiin Joachimsthalin lyijymalmien käsittelyssä. Kuitenkin vasta n. 1730 tulivat sellaiset hytkyttimien esityypit yleisiksi Harz-vuoristossa. Koska eri vuorityöseutujen välillä tiedonsiirtyminen oli puutteellista ja hidasta käyttivät kaikki omia hieman erilaisia konstruktioitaan. Hytkytys oli rikastustekniikan päämenetelmä. Hytkytyn ja samalla koko rikastustekniikan kehitys vauhdittui 1800-luvun puolivälissä (teollisen vallankumouksen alkaessa). Arany Idkassa Unkarissa otettiin 1828 käyttöön hytkytin, jossa oli kiinteä seula. Laite toimi panosperiaatteella ja sen mäntä oli eristetty seulatilasta pellavakankaalla. Seuraava kehitysvaihe oli rakentaa mäntä ja seulatila samaksi tilaksi. Rakenteet muuttuivat neliskulmaisiksi. Tällaisten laitteiden vaikeutena oli vesipulssin epätasainen jakautuma. Tämän takia asennettiin seulan alle pystysuoraan riippuvia listoja ns. virtaussäätäjiä, samoin konstruointiin laitteita, joissa mäntä oli suoraan seulan alapuolella. Imun pienentämiseksi ja seulasta läpitulleen materiaalin kulun sallimiseksi varustettiin mäntä venttiileillä, joista tuli laitteiden heikko kohta. Tällöin



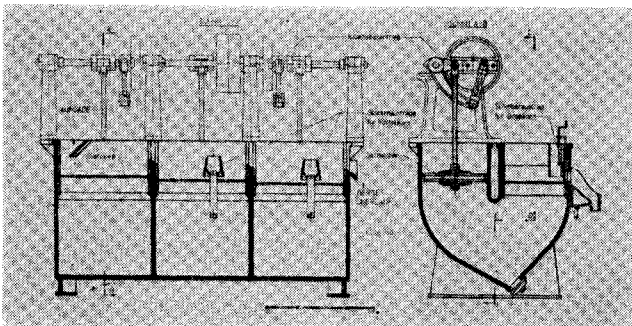
Kuva 1. Liikkuvaseulainen hytkytin.

Fig. 1. Movable sieve type jig.

palattiin osin laitteisiin, joissa oli liikkuva seula (kuva 1).

Ensimmäiset jatkuvatoimiset hytkyttimet konstruointiin 1800-luvun puolivälissä. 1843 sai englantilainen Throughton patentin ensimmäiselle tällaiselle laitteelle. Koneen jätteenpoisto oli jatkuva, mutta rikasteen poisto edelleen ei ollut. Belgialainen Berard sai ratkaistua ongelman 1849 kivihiilen hytkytykseen sopivalla laitteellaan. Joachimsthalilainen Vogl esitti samana vuonna oman jatkuvatoimisen konstruktion. Suunnilleen samoihin aikoihin (1850—51) esitti myös claussthalilainen T. Wimmer oman paremman laitteen. Wimmerin edelleenkehitystyön tuloksena syntyivät 1860 sekä hienon että karkean materiaalin erotukseen soveltuvat laitteet, joita voidaan pitää tunnetun Harz-hytkyttimen kantamuotoina. (kuva 2).

Huomattava kehitystapahtuma oli apupatjan kehittäminen Englannissa. Menetelmä otettiin käyttöön 1860-luvulla menestyksellä Harzissa.



Kuva 2. Harz hytkytin.

Fig. 2. Harz jig.

Mäkinen toteaa, että aikaisempi kehitys tapahtui paljolta vanhoissa eurooppalaisissa kaivoskeskuksissa kuten Harz-vuoristossa (Clausthal) ja Joachimsthalissa. Myöhemmin tapahtui kehitys hyvin paljolta Yhdysvalloissa.

HYTKYTYKSEN VANHEMMAT TEORIAT

Mäkinen on tutkinut varsin suuren joukon eri tutkijoiden teorioita. Saksalaisesta koulukunnasta on tässä otettu käsiteltäväksi vain sen suuret nimet J. von Sparre ja P. von Rittinger. Amerikkalaisesta koulukunnasta on referoitu vain H. J. Munroeta ja R. H. Richardsia.

J. von Sparre esittää teorian, että pääpaino on asetettava rakeen vapaalle vajoamiselle. Nousevalla ja laskevalla vesivirralla on pienempi merkitys. Erityisen merkityksellinen on kiihdytysvaihe ennenkuin rae on saavuttanut loppunopeutensa. Sparren mukaan pienimmätkin lyijyhohderakeet (0,5 mm) vajoavat alussa nopeammin kuin suurimmat kvartsirakeet (18,9 mm). 1/20 sekunnissa vajoaa lyijyhohde 7.88 mm ja kvartsirae 7.18 mm.

P. von Rittinger on myös suorittanut samanlaisia laskuja kuin Sparre, mutta on ottanut myös huomioon veden liikkeen. Näiden perusteella Rittinger on tullut seuraavaan teoriaan. Nousevassa vesivirtauksessa nousee koko patja lähes yhtenäisenä ylös. Vain patjan yläosassa vaikuttaa nouseva vesivirta yksittäisiin rakeisiin kuten ne olisivat yksinään. Vesivirran pysähtyessä ja kääntäessä suuntaansa vain patjan alaosa ovat rakeet putoavat vapaasti. Molemmissa tapauksissa Rittinger kuten Sparrekin painottaa alkukiihtyvyyden merkitystä. Samat prosessit toimivat myös materiaalipatjassa, mutta rajoittuneessa määrin, koska patja muodostaa lähes yhtenäisen massan.

Munroe teorian mukaan on liikettä hytkyttimessä pidettävä liikkeenä ahtaissa kanavissa. Tällä perusteella on Munroe modifioinut Rittingerin esittämää vapaan putoamisen kaavaa

$$V = k \sqrt{d (\delta_K - 1)} \quad * \quad (1)$$

seuraavaan muotoon

$$V = k \left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^{2/3}\right) \sqrt{d (\delta_K - 1)} \quad (2)$$

Richardsin mukaan on erotettava kaksi eri vajoamistapaa

- 1) hidasteinen vajoaminen ja
- 2) vapaa vajoaminen

Richardsin käsittelyn ydinkohta on se, että hytkytyksessä on vallalla hidasteinen vajoaminen. Richards ei ota huomioon rakeen kiihdytysvaihetta. Vapaassa vajoamisessa Rittingerin kaava (1) sopii karkeille rakeille ja kaava

*) käytetyt merkinnät s:lla 49

$$V = K (\delta_K - 1) d^2 \quad (3)$$

hienoille rakeille. Kaavojen välialue on lyijyhohteella 0.13 mm. Mäkinen toteaakin, että niin hienoja rakeita ei hytkytyksessä esiinny. Hidasteiselle vajoamiselle Richards esittää

$$V = K \sqrt{d (\delta_K - L)} \quad (4)$$

jossa L on lietesuspension näennäinen ominaispaino.

Lyhyet referaatit osoittavat, että saksalainen ja amerikkalainen koulukunta eroavat toisistaan huomattavasti. Saksalaisen käsityksen mukaan tulee pääpaino asettaa rakeen liikkeelle kiihtyvyyden ajan. Amerikkalaisen käsityksen mukaan tällä ei ole merkitystä vaan hytkyttimessä tapahtuva erottaminen on käsiteltävä joko vajoamiseksi kapeissa kanaaleissa tai hidasteiseksi vajoamiseksi. Vaikka amerikkalaiset tutkijat olivat perustaneet teoriansa laajojen kokeiden varaan näytti Mäkisestä kuin amerikkalaisilla ei olisi ollut tarpeeksi syitä hylätä vanhempia saksalaisia teorioita.

Mäkinen kritisoi Munroeta siitä, että huolimatta laajoista kokeista pienillä laboratoriolaitteilla, eivät käytännön tulokset ole yhtäpitäviä teorian kanssa.

Richardsin teoriaa hidasteisen vajoamisen aikana vallitsevista olosuhteista ei Mäkinen hyväksy. Mäkinen toteaakin, että on vaikeaa seurata ja ymmärtää Richardsin päättelyä, kun hän käsittelee rakeiden ja veden suspensiota homogeenisena massana, jolla on korkeampi ominaispaino kuin vedellä. Mäkisessä herättää ihmetystä todistelu, jossa Richards väittää hienojen kvartsirakeiden aiheuttavan edellämäin mainitun lietteen ominaispainon nousun. Mäkinen esittääkin väitteen, että Richardsin periaatteita ei voida soveltaa hänen omiin koekonstruktioidihinsa, koska Richards esittää selvästi niiden tarvitsevan 1—1,5 tunnin tasoittumisajan ennenkuin ne toimivat oikein. Mäkinen toteaakin, että tällöin ovat hienot kvartsirakeet poistuneet hytkyttimestä täysin so. Richardsin teoria on perusteiltaan väärä.

Rittingerin teoria edellyttää, että rakeiden kokosuhde on pienempi kuin niiden saman loppunopeuden kokosuhde (niiden eri ominaispainoisten rakeiden, jotka vajoavat samalla loppunopeudella, koon suhde). Kuitenkin hiilen hytkytyksessä on loppunopeuden kokosuhde 5:1, mutta suurimman ja pienimmän rakeen kokosuhde voi olla 15:1, peräti 150:1 on käsitelty. Toinen kohta, jota Rittingerin teoria ei voi selittää on se, että vesipulssilla on olemassa jokin optimi frekvenssi. Rittingerin mukaanhan amplitudin pysyessä samana frekvenssin nosto aina parantaisi tuloksia /7/.

Richardsin teoria ei pysty selittämään puolestaan pienen ominaispainoeron omaavien mineraalien erotusta /7/.

NYKYISET TEORIAT

Kesti kuitenkin aina 1950-luvulle saakka ennenkuin esitettiin uusia teorioita, jotka pystyivät selittämään paremmin hytkytystä /1,2,3,4,5/. Nykyiset teoriat perustuvat pääasiassa Kirchbergin /1,2/ ja Mayerin /3,6/ tutkimuksiin. Ne jakaantuvat kahteen selvään osaan, patjan liikkeen teoriaan ja itse erotustapahtuman teoriaan.

Patjan liikkeen osalta esitetään lyhyesti Kirchbergin saavuttamia tuloksia. Patja nousee veden virrassa ylöspäin kokonaisuudessaan. Suurin veden virtaus, joka ei sekoita patjaa on

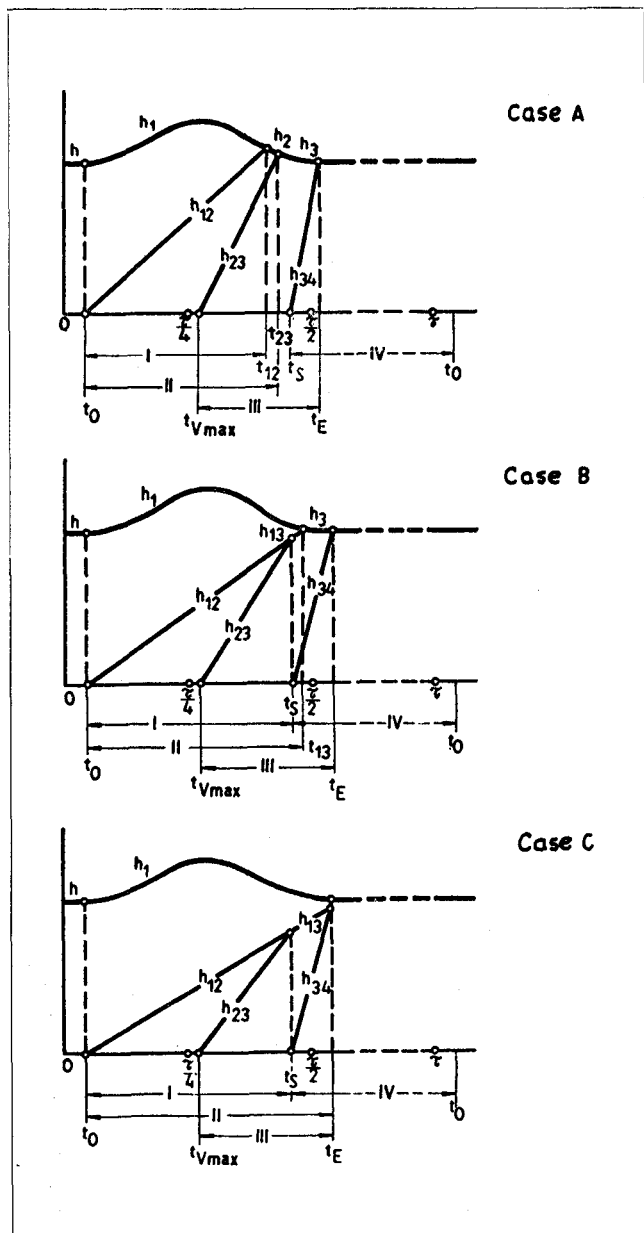
$$V = \sqrt{\frac{(\delta_K - \delta_e) (1 - V_R) 2 g d \cdot V_R}{\eta \delta_e}} \quad \text{cm/s.} \quad (5)$$

Noustuaan patja rupeaa löystymään pohjasta ylöspäin. Löystymisaallon, joka etenee tiiviin patjan läpi, takana on metastabiili systeemi, jonka aukkojen lukumäärä riippuu vallitsevasta vesivirtauksesta. Tätä systeemiä kutsutaan fluidiksi vyöhykkeeksi. Jos vesivirtaus laskee alle koko patjan laskeutumisenopeuden, voi fluidi vyöhyke säilyä erään ajan, mutta tällöin systeemillä on enemmän aukkoja kuin virtaus edellyttää. Se on löystynyt patja. Kuvassa 3 on esitetty graafisesti patjan muutokset.

Nykyisen käsityksen mukaan ei materiaalin lajittuminen hytkytyksessä johdu laskeutumisesta vaan on selitettävissä seuraavasti. Patjan, jossa rakeilla on eri ominaispaino, lajittumattoman ja lajittuneen tilan välillä on ero potentiaalienergiassa. Lajittumaton rae-seos on labiili mekaaninen systeemi, jossa painovoimapotentiaali pyrkii saattamaan seoksen stabiilimpaan (lajittuneeseen) tilaan, jolla on matalampi energia. Lajittuminen on sidoksissa energian pienemiseen ja vain energian pieneminen on fysikaalisena syynä lajittumiseen.

Siksi hytkyttimen iskun patjaan tuoma energia ei saa aikaan lajittumista. Näin patjaan tuotu energia saa aikaan vain efektin, joka sallii lajittumattomaan seokseen varastoituneen energian vapautumisen. Tässä on vanhojen teorioiden perusvirhe, koska ne olivat vesipulssin tuoman energian aiheuttavan lajittumiseen.

Hytkyttimen vesipulssi on tehokas tapa siirtää vaa-dittava "vapautusenergia" materiaalipatjaan. Tässä on kuitenkin tehtävä seuraava rajoitus. Ominaispainon mukaista lajittumista voi esiintyä vain, jos raskaat rakeet "korvaavat" kevyet rakeet ylöspäin. Tämä korvaaminen on kuitenkin mahdollista vain rakeiden ollessa keskenään kontaktissa tai niiden osuessa toisiinsa. Jos vesipulssin aiheuttama patjan löystyminen on niin suuri, että rakeet menettävät kontaktin toisiinsa ne vajoavat toisistaan riippumatta. Tällöin voi tapahtua lajittumista vain laskeutumisenopeuksien mukaan, mutta ei ominaispainon mukaan. Jos rakeet, kuten normaalisti teollisuudessa, ovat muodoiltaan eri-



Kuva 3. Hytkyttimen patjan liikediagrammeja.

Fig. 3. Diagrams of motion.

Tapaus A. Kuulapatja dispergoituu täysin fluidiksi patjaksi.
Tapaus B. Patja dispergoituu täysin löystyneeksi patjaksi.
Tapaus C. Patja dispergoituu epätäydellisesti.

I Nousevan, mutta dispergoitumattoman panoksen alue.

II Fluidin patjan alue

III Löystyneen patjan alue

IV Laskeutuneen patjan alue

h Pinnan korkeus

h_1 Nousevan, mutta dispergoitumattoman patjan pinnan-
korkeus

h_2 Fluidin patjan pinnankorkeus

h_3 Löystyneen patjan pinnankorkeus

$h_{12}^h, h_{23}^h, h_{34}^h$ Eri dispersiotilojen väliset rajat

t_0, t_{Vmax}, t_E alku-, löystymisen alku ja loppuhetki

suuria ja epämääräisiä on otettava huomioon niiden kokonaisominaispaino. Tämä ei ole fysikaalisesti eksaktisti määrättävissä oleva suure, kuten ominaispaino, vaan sen sijaan statistinen suure, joka riippuu ominaispainosta, raemuodosta ja rakeiden pakkauksesta. Toisinsanoen rakeen ja sen lähimmän ympäristön muodostaman tilan näennäinen ominaispaino. Hytkytyn statistista luonnetta painottavat myös monet muut tutkijat /7,8,9/.

Eero Mäkinen teki diplomityönsä aikana, jolloin hytkytys oli eräs yleisimmistä rikastusmenetelmistä. Sen puutteet oli kuitenkin jo tiedostettu ja uudet menetelmät, eritoten vaahdotus, olivat tulossa. Eero Mäkinen, joka aikanaan sitten oli avainasemassa, kun liekkisulatusmenetelmä kehitettiin, osoitti samaa rohkeutta — tosin harkitsevaa ja kriittistä — ottaessaan Outokummussa käyttöön vaahdotuksen, jonka asema ei 1920-luvulla vielä suinkaan ollut lopullisesti vaikiintunut.

KÄYTETYT MERKINNÄT

δ_k = kiintoaineen ominaispaino

δ_l = väliaineen ominaispaino

d = rakeen halkaisija

D = kanavan halkaisija

K = kerroin

L = lietesuspension näennäinen ominaispaino

ψ = vastustuskerroin

g = maan vetovoiman aih. kiihtyvyys

v_m = väliaineen virtausnopeus patjan ulkopuolella

h = patjan korkeus

V_r = patjassa olevien aukkojen määrä

KIRJALLISUUSLUETTELO

1. Kirchberg, H. Aufbereitung bergbaulicher Rohstoffe Bd 1 Verlag Gronau Jena 1953.
2. Kirchberg, H., Hentzschel, W. A. study of the behaviour of particles in Jigging. Transaction Int. Mineral Dressing Congr. Sthlm 1957.
3. Mayer, F. W. Neue Wege in der Aufbereitungsforschung Bergbauarchiv 4 1947.
4. Kühn, C. Die Berechnung der Setzmaschinen für Steinkohlen nach neuer Erkenntnis des Setzvorganges und auf Grund praktischer Erfahrungen Bergbauarchiv 12 nr 2 1951.
5. Wicke, E., Brötz, W. Vorschlag für eine Nomenklatur von Verfahren, in denen gekörntes Gut von Gasen oder Flüssigkeiten durchströmt wird Chem. Ing. Tech. 24 1952 2.
6. Mayer, F. W. Fundamentals of a potential theory of the Jigging process Transactions Int. Mineral. Processing Congr. New York 1964.
7. Lill, G. D., Smith, H. G. A study of the motion in a jig bed Transactions Int. Mineral proc. Congr. London 1960.
8. Spetl, F., Puncmanova J., Prochazka, V. Contribution to gravitational separation of fine grained coals. Transactions Int. Min. Proc. Congr. Leningrad 1968.
9. Vinogradov, N. N., Rafaels-Lamarka, E., Kollody, K. K., Egorov, N. S., Melik-Stepanova A. G., Gurvich, G. M. New trends in theory and technology of jigging the minerals. Transactions Int. Min. Proc. Congr. Leningrad 1968.

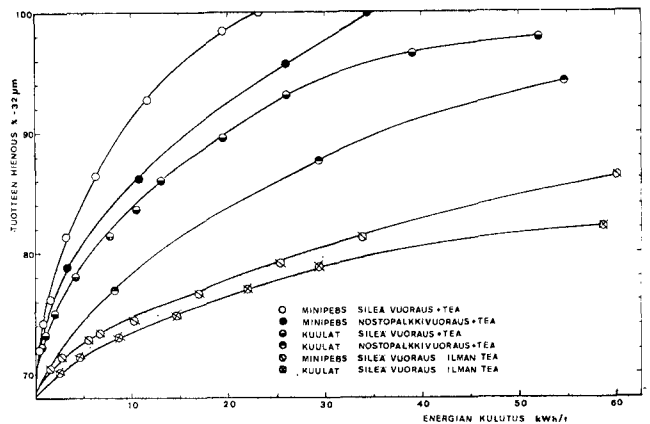
Tutkimus sementin hienojauhatuksesta avo- ja sulkeispiirissä

Dipl.ins. Markku Kaján, Suomen Malmi Oy

Työn tarkoituksena oli tutkia sementin hienojauhasta tavanomaista hienommalla alueella käyttäen jauhinkappaleina sekä kuulia että minipebsejä. Jauhatuset suoritettiin Outokumpu Oy:n valmistamalla Mergan-jauhautuvuusmyllyllä, Ø 267x267 mm, jolla voitiin mitata jauhatuksen käytetty nettoenergian kulutus. Sulkeisen piirin kokeissa käytetty luokitin oli VTT:n keskipakoluokitin "tuulikaappi TK 2". Minipebs-kappaleet olivat F. L. Schmidtin valmistamia pieniä sylinterinmuotoisia jauhinkappaleita, koko 4—8 mm ja paino 1—4 g. Käytettyjen kuulien halkaisija oli 2.5—3 cm ja keskimääräinen paino noin 130 g. Pääasiallinen koemateriaali oli Paraisten Kalkki Oy:n Portland-sementti, hienous noin 68 % —32 µm ja ominaispinta-ala noin 3100 cm²/g. Dispergoivana jauhatuslisäaineena käytettiin trietanolamiinia (TEA) metanoliin liuotettuna seossuhteen ollessa 200 mg/ml.

Myllyn optimaalinen toiminta-alue sementin hienojauhatusessa etsittiin parametrejä vaihtelemalla. Tavoitteena oli löytää alue, jossa saadaan tuotettua uutta —32 µm:n materiaalia pienimmällä nettoenergian kulutuksella. Edullisimmaksi osoittautui tilanne, jossa jauhettavan materiaalin painon suhde jauhinkappaleiden painoon oli 1:4.4, myllyn volymetrinen täyttöaste 40 % ja kierrosnopeus 70 % kriittisestä.

Sementin hienojauhatusta ilman dispergoivaa lisäainetta osoittautui erittäin hankalaksi johtuen pintapeitteiden muodostumisesta sekä voimakkaasta agglomeraatiosta ja lämmönkehityksestä. Jauhettaessa ilman lisäainetta tarttuivat ensimmäiseksi hienoimmat sementtihiukkaset myllyn seinämille ja jauhinkappaleiden pinnoille muodostaen ohuita pintapeitteitä. Tämä kerros muodosti hyvän tarttumispohjan karkeammille rakeille. Primäärikerroksen muodostuttua syntyi nopeasti paksuja lisäkerroksia, jolloin jauhatustehokkuus laski ja energiankulutus lisääntyi. Toinen perusilmiö kuivassa hienojauhatusessa oli jauhettavassa materiaali-patjassa tapahtuva agglomeroituminen, jolloin pienet hiukkaset yhtyivät suuremmiksi kappaleiksi. Tällaiset agglomeraatit syntyivät ainoastaan silloin, kun materiaalissa oli riittävästi hienoa ainesta. Em. agglomeraattien syntyminen heikensi jauhautuvuutta ja toisaalta vaikeutti mm. seula-analyysin suorittamista. Hienojauhatus häiritsivät lisäksi hankauksien ja iskujen seurauksena syntyneet sähköisesti varautuneet hiukkaset. Edellä mainitut vaikeudet vältettiin käyttämällä jauhatusessa dispergoivana lisäaineena 0.5 % trietanolamiinia jauhettavaa materiaalmäärää kohden.

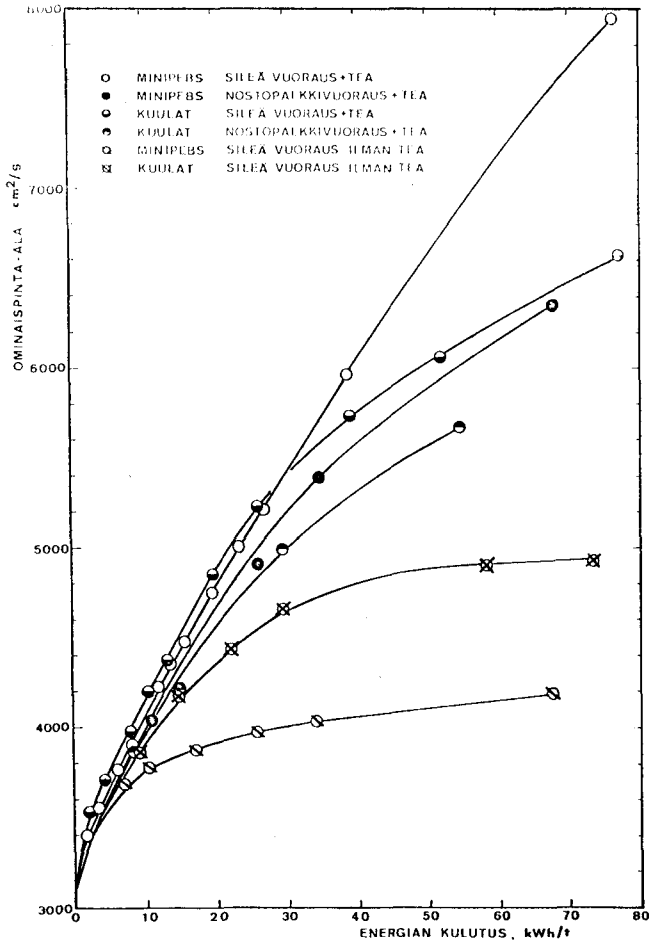


Kuva 1. Jauhatus tuotteiden hienous % —32 µm nettoenergiakulutuksen funktiona.

Fig 1. Fineness of products % —32 µm in function of net energy consumption.

Saavutettujen koetulosten pohjalta piirretyt käyrät on esitetty kuvissa 1 ja 2. Verrattaessa toisiinsa tuloksia jotka on saavutettu sileällä vuorauksella ja nostopalkkivuorauksella havaitaan, että sekä suurempi 32 µm:n läpäisyprosentin arvo että suurempi ominaispinta-alan arvo nettoenergiakulutuksen funktiona saavutettiin jauhinkappaleista riippumatta käyttämällä myllyssä sileää vuorauksella. Tämä johtuu siitä, että sillä raekokoalueella jossa hienojauhatusta suoritetaan, jauhatus perustuu enemmän jauhinkappaleiden hiertoon kuin iskuvaikutukseen. Nostopalkit aikaansaavat jauhinkappaleiden liikeratoin muutoksia, jolloin niiden hiertovaikutus pienenee ja iskuvaikutus lisääntyy. Koska materiaalin keskimääräinen raekoko hienojauhatusessa on erittäin pieni, < 10 µm, on todennäköisyys vähäinen, että yksittäiseen hiukkaseen kohdistuisi isku. Tästä johtuen jauhatustehokkuus nostopalkkivuorauksella varustetussa myllyssä jäi alhaiseksi.

Vertailtaessa jauhinkappaleiden soveltuvuutta sileällä vuorauksella varustetussa myllyssä havaitaan, että hienousaste 95 % —32 µm saavutettiin minipebsejä käytettäessä nettoenergiakulutuksella 14 kWh/t, kuulilla 31.0 kWh/t. Ero johtuu ilmeisesti minipebsien suuresta lukumäärästä, jonka seurauksena hiukkasiin kohdistuvan hienonnuusvaikutuksen todennäköisyys on suurempi kuin kuulia käytettäessä. Käytetyssä 20 kg:n jauhinkappalekuormassa oli minipebsejä noin 8000 kpl ja kuulia vain 160.



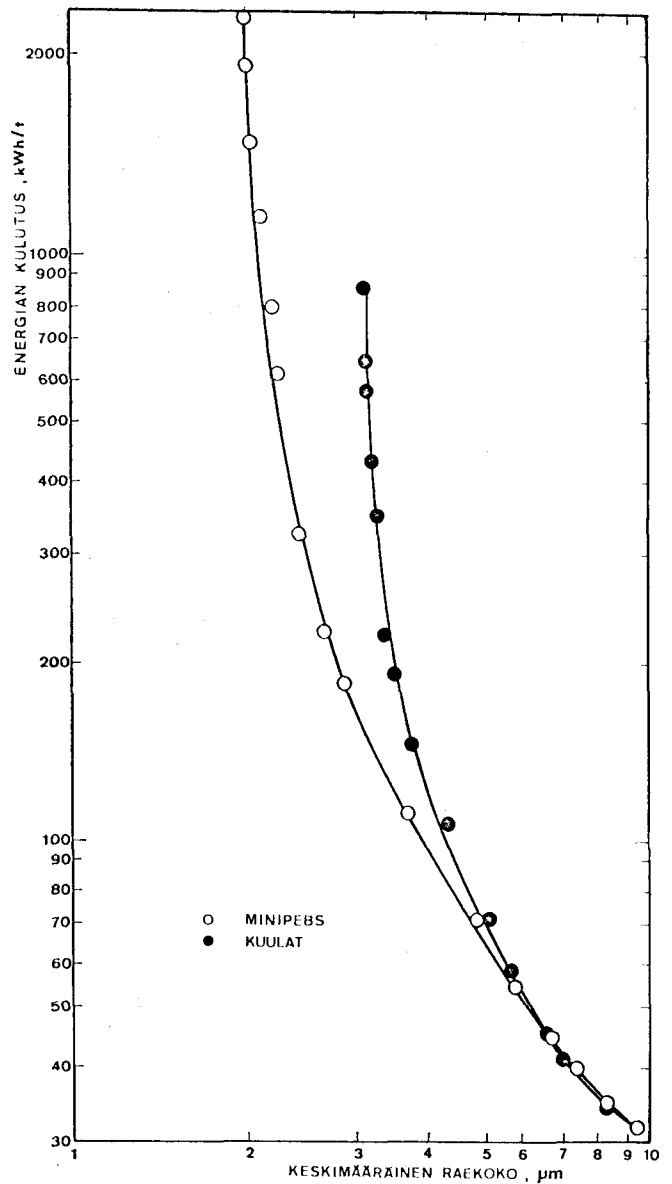
Kuva 2. Jauhatus tuotteiden ominaispinta-alat cm^2/g nettoenergiakulutuksen funktiona.

Fig 2. Specific surface area cm^2/g , of products in function of net energy consumption.

Kuvasta 2 havaitaan, että jauhatuksen alkuvaiheessa ominaispinta-alan arvoon $5000 \text{ cm}^2/\text{g}$ asti, ero kuulien ja minipebsien avulla saavutetussa jauhatustuloksessa on vähäinen. Minipebs-kappaleiden edullisuus ilmenee selvimmin vasta tuotettaessa sementtiä, jonka ominaispinta-ala on $> 5000 \text{ cm}^2/\text{g}$.

Yhteenvetona nk. supersementin valmistuksesta avopiirissä voidaan todeta, että energiatalouden kannalta näyttää olevan edullisinta suorittaa jauhatus minipebsillä sileällä vuorauksella varustetussa myllyssä käyttämällä dispergoivana lisäaineena trietanolamiinia.

Eräissä kokeissa käytettiin erittäin suuria energiapanoksia, jopa $> 2000 \text{ kWh/t}$. Tarkoituksena oli tutkia, mikä on pelkästään jauhamalla saavutettava suurin mahdollinen ominaispinta-ala. Ko. arvo minipebsiä käytettäessä oli näissä kokeissa $15000 \text{ cm}^2/\text{g}$ ja kuulia käytettäessä $9500\text{--}10000 \text{ cm}^2/\text{g}$. Energiakulutusravoihin on otettu mukaan myös lähtömateriaalin



Kuva 3. Nettoenergiakulutus kWh/t keskimääräisen raekoon funktiona logaritmiasteikolla.

Fig 3. Logarithmic presentation of net energy consumption in function of mean particle size.

Portland-sementin valmistukseen kulunut energiämäärä 32 kWh/t . Tuotteiden keskimääräinen raekoko on laskettu kaavasta

$$x = q x \frac{60000}{\zeta x S} \mu\text{m} \quad (1)$$

jossa

x = keskimääräinen raekoko (μm)

q = keskimääräinen raemuototekijä 1.5

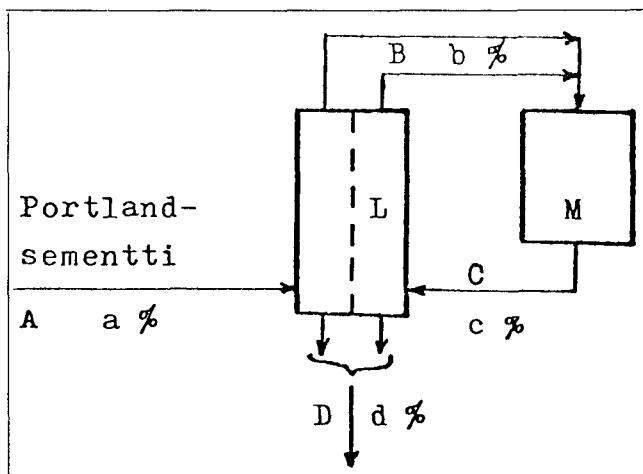
ζ = kiintoaineen ominaispaino (g/cm^3) 3.1 ja

S = tuotteen ominaispinta-ala (cm^2/g).

Kuvassa 3 on esitetty jauhettujen tuotteiden keskimääräinen raekoko nettoenergiakulutuksen funktiona. Kuvasta nähdään, että 4 ja 10 mikronin välillä minipebskuvaajan kulmakerroin on noin -1.5. Hienompiin raeluokkiin siirryttäessä käyrän kulmakertoimen itseisarvo suurenee nopeasti ja käyrä lähestyy asymp-toottisesti pystysuoraa viivaa. Tällöin lähestytään ns. "grind limit"-arvoa, joka sementin jauhatuksessa minipebsejä käytettäessä näyttää olevan hieman alle 2 μm . Vastaava kuulajauhatuskuvaajan kulmakerroin on jyrkempi ja saavutettu "grind limit" noin 3 μm .

Seuraavaksi tutkittiin, onko mahdollista valmistaa hienoudeltaan 95 % -32 μm olevaa supersementtiä sulkeisessa piirissä avopiiriä pienemmällä energiankulutuksella. Koska käytössä ei ollut jatkuvatoimista myllyä, jaettiin sulkeinen piiri erillisiin jauhatus- ja luokitusvaiheisiin. Työssä käytetty tutkimuspiiri on esitetty kuvassa 4, jossa a, b, c ja d merkitsevät tuotteen hienoutta (% -32 μm) ja A, B, C ja D vastaavia painomääriä (g). Koska lopullista hienotuotetta saatiin sekä primääriluokituksesta että tasaantuneen sulkeisen piirin luokituksesta, on yhdistetyn hienotuotteen läpäisyprosentit ja ominaispinta-alan arvot laskettu painomäärän pohjalta painotettuna keskiarvona. Kuvan tasoittuneen piirin kiertokuorman arvot laskettiin kaavasta $CL = \frac{d-a}{c-b} \times 100 \%$. (2)

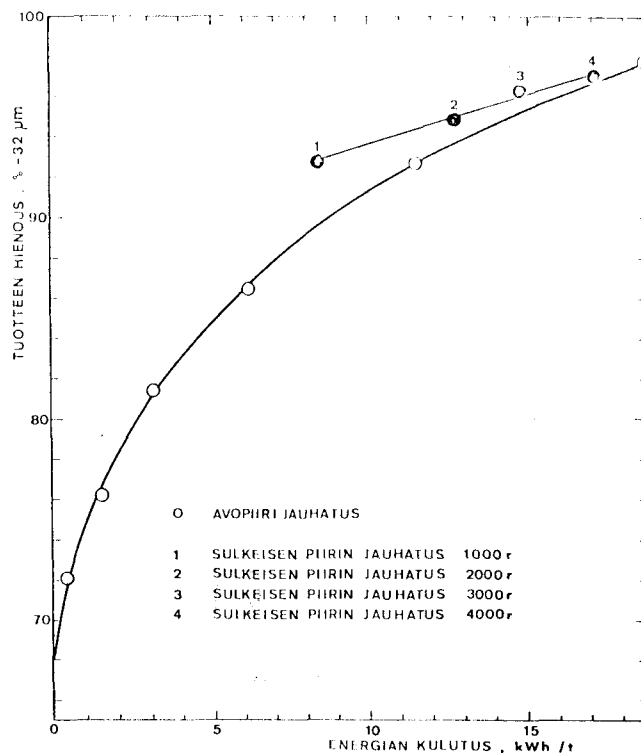
Sulkeisessa piirissä käytettiin jauhinkappaleina sekä minipebsejä että kuulia ja jauhatuslisäaineena trietanolamiinia. Sulkeisen piirin kierrätykset suoritettiin erilaisilla jauhatusajoilla 1000 kierroksesta 5000 kierrokseen. Luokittimen syötekapasiteetti pidettiin vakiona 1.5 t/h. Tasoittuneen sulkeisen piirin kokonaisenergiakulutus (kWh/t) laskettiin ottamalla huomioon primääriluokitukseen, sulkeisen piirin jauhatukseen ja sulkeisen piirin luokitukseen kuuluneet nettoenergiamäärät.



Kuva 4. Sulkeinen jauhatuspiiri M = mylly L = luokitin.
Fig 4. Closed grinding circuit M = mill L = classifier.

Kuvassa 5 on esitetty minipebsjauhatuksella suoritettujen tasoitettujen sulkeisten piirien antamat tulokset sekä avopiirijauhatusa edustava vastaava käyrä. Tummat pisteet esittävät eri kierroslukumäärillä saavutettuja arvoja. Havaitaan, että kaikki sulkeispiirissä saavutetut arvot ovat avopiirijauhatusa esittävän käyrän yläpuolella. Suurin ero sulkeisen jauhatus-luokituspiirin eduksi saavutettiin näissä kokeissa jauhatusjakson ollessa 1000 kierrosta. Tällöin tuotettiin esim. sementtiä, jonka hienous oli 93 % -32 μm , 3 kWh/t eli tässä tapauksessa 26 % avopiiriä pienemmällä kokonaisenergiakulutuksella, kun lähtöaineena oli Portland-sementti. Valmistettaessa hienoja sementtिलाатуja sulkeisessa piirissä osoittautui edullisimmaksi kiertokuorman arvoksi 150-180 %.

Yhteenvedona voidaan todeta, että käytettyä sulkeista jauhatus-luokituspiiriä soveltaen on mahdollista valmistaa sementtiä, jonka hienous on yli 90 % -32 μm , selvästi alhaisemmalla kokonaisenergiakulutuksella kuin avopiiriä käyttäen. Kaikki tämän tutkimustyön kokeet on suoritettu laboratoriomittakaavassa. Vastaavien kokeiden suorittaminen teollisuusmittakaavassa on tarpeellista, jotta voidaan varmistaa sulkeisen piirin edullisuus avopiirijauhatuskseen verrattuna.



Kuva 5. Sulkeisen piirin 32 μm :n läpäisyprosentit kokonaisenergiakulutuksen funktiona.

Fig 5. Fineness of product % -32 μm in function of total energy consumption.

● = closed grinding circuit
○ = open circuit

TILASTOTIETOJA

vuoriteollisuudesta vuonna 1975
koonnut ylitarkastaja Urpo J. Salo

Kaivos	Kunta	Tärkeimmät arvoaineet	Haltija	Yhteensä nostettu kiveä tonnia	Malmia tai hyötökiveä tonnia	Kaivostyöntekijöitä v. 1975 aikana			Kaivoksessa suoritettuja työtunteja
						avolouhos	maanalalla	yht.	
Malmi-kaivokset									
1. Vuonos	Outokumpu	Cu, Zn, Ni, Co	Outokumpu Oy	2 202 728	1 393 535	20	140	160	307 977
2. Otanmäki	Vuolijoki	V, Fe, Tio ₂	Rautaruukki Oy	1 182 500	1 119 200	—	148	148	283 582
3. Kemi	Kemin mlk	Cr ₂ O ₃	Outokumpu Oy	1 062 082	505 500	22	—	22	43 014
4. Pyhäsalmi	Pyhäjärvi	Cu, Zn, S, Fe, Au, Ag	Outokumpu Oy	1 003 045	875 384	8	136	144	278 062
5. Vihanti	Vihanti	Zn, Cu, Pb, S, Au, Ag	Outokumpu Oy	908 469	845 060	—	157	157	300 541
6. Rautuvaara	Kolari	Fe	Rautaruukki Oy	800 000	260 000	34	62	96	144 591
7. Hammaslahti	Pyhäselkä	Cu	Outokumpu Oy	780 611	388 300	27	62	89	171 420
8. Hitura	Nivala	Ni, Cu	Outokumpu Oy	778 367	280 973	17	—	17	32 189
9. Keretti	Outokumpu	Cu, Zn, S, Fe, Co	Outokumpu Oy	713 138	683 348	—	203	203	390 100
10. Luikonlahti	Kaavi	Cu, S, Zn, Co	Myllykoski Oy	641 229	512 400	—	97	97	185 628
11. Stormi	Vammala	Ni, Cu	Outokumpu Oy	631 885	129 631	11	17	28	53 573
12. Kotalahti	Leppävirta	Ni, Cu	Outokumpu Oy	530 485	459 585	—	90	90	173 343
13. Virtasalmi	Virtasalmi	Cu	Outokumpu Oy	303 638	263 990	—	21	21	41 108
14. Raajärvi *)	Kemijärvi	Fe	Rautaruukki Oy	173 699	173 699	—	36	36	32 625
15. Musta-vaara **)	Taivalkoski	V, Fe	Rautaruukki Oy	88 000	—	16	—	16	30 509
16. Pahta- vuoma ***)	Kittilä	Cu	Outokumpu Oy	53 250	—	—	12	12	23 465
Malmikaivokset 16 kpl yht.				11 853 126	7 890 605	155	1 181	1 336	2 489 727
Kalkkikivi-kaivokset									
1. Parainen	Parainen	kalkkikivi	Paraisten Kalkki Oy	1 882 362	1 559 487	31	8	39	85 874
2. Tytyri	Lohja	kalkkikivi	Oy Lohja Ab	959 104	959 104	—	73	73	139 488
3. Ihalainen	Lappeenranta	kalkkikivi wollaston.	Paraisten Kalkki Oy	820 211	795 672	26	—	26	49 918
4. Mustio	Karjaa	kalkkikivi	Oy Lohja Ab	444 621	414 518	12	—	12	22 599
5. Ruokojärvi	Kerimäki	kalkkikivi	Ruskealan Marmori Oy	336 402	296 079	2	44	46	89 135
6. Äkäsjöensuu	Kolari	kalkkikivi	Paraisten Kalkki Oy	259 900	259 900	11	—	11	20 400
7. Kalkkimaa	Tornio	dolomiitti kvartsi	Rauma-Repola Oy	178 692	178 692	5	—	5	8 727
8. Förby	Särkisalo	kalkkikivi	K. Forström Oy	132 845	132 845	—	20	20	41 337
9. Montola	Virtasalmi	dolomiitti	Paraisten Kalkki Oy	97 226	97 226	—	19	19	35 595
10. Ryytimaa	Vimpeli	dolomiitti	Paraisten Kalkki Oy	94 331	91 338	4	—	4	6 881
11. Sipoo	Sipoo	kalkkikivi	Oy Lohja Ab	79 220	79 220	—	6	6	11 184
12. Ankele	Virtasalmi	dolomiitti	Paraisten Kalkki Oy	50 137	48 037	4	—	4	7 872
Kalkkikaivokset 12 kpl yht.				5 335 051	4 912 118	95	170	265	519 010
Mineraali-kaivokset									
1. Lahnaslampi	Sotkamo	talkki	Yhtyneet Paperit. Oy	354 812	254 360	10	—	10	18 753
2. Kemiö	Kemiö	maasälpä, kvartsi	Oy Lohja Ab	149 366	147 866	5	—	5	10 179
3. Siilinjärvi***)	Siilinjärvi	apatiitti	Kemira Oy	141 979	114 217	10	—	10	6 080
4. Nilsinä	Nilsinä	kvartsi	Oy Lohja Ab	88 250	88 000	2	—	2	4 500
5. Haapaluoma	Peräseinäjoki	maasälpä	Oy Lohja Ab	16 913	15 579	5	—	5	2 760
6. Paakkila *)	Tuusniemi	asbesti	Paraisten Kalkki Oy	4 070	2 596	4	—	4	2 073
Mineraalikaivokset 6 kpl yht.				755 390	622 618	36	—	36	44 345

*) Lopettanut toimintansa v. 1975 aikana **) Rakenteilla ***) Tutkimusvaiheessa

Kaivos	Kunta	Tärkeimmät arvoaineet	Haltija	Yhteensä nostettu kiveä tonnia	Malmia tai hyötykiveä tonnia	Kaivostyöntekijöitä v. 1975 aikana			Kaivoksessa suoritettuja työtunteja
						avolouhos	maanalla	yht.	
Muut kaivokset; vuorivillan ja sementin valmistukseen tarvittavia kiviaineita									
1. Ybbernas	Parainen	Fe, Al, Mg	Paraisten Kalkki Oy	31 325	31 325	1	—	1	987
2. Kuivaniemi	Kuivaniemi	Fe, Al, Mg	—, —	23 700	23 700	1	—	1	940
3. Kaunola	Parikkala	Fe, Al, Mg	—, —	20 000	20 000	2	—	2	2 184
4. Sallittu	Suomusjärvi	Fe, Al, Mg	—, —	18 383	18 383	2	—	2	2 800
5. Mustamäki	Lemi	Fe, Al	—, —	17 673	17 673	1	—	1	544
6. Mantovaara	Sodankylä	Al	—, —	10 700	10 700	2	—	2	2 000
7. Parsby	Parainen	Fe, Al	—, —	10 652	10 652	1	—	1	235
8. Kangas	Parikkala	Fe, Al, Mg	—, —	4 418	4 418	1	—	1	523
9. Vuorenrinne	Lappeenranta	Fe, Al	—, —	3 424	3 424	1	—	1	272
Muut kaivokset 9 kpl yht.				140 275	140 275	12	—	12	10 490
Kaikki kaivokset 43 kpl yht.				18 083 842	13 565 616	298	1 351	1 649	3 063 572

Rikasteiden, metallien, mineraalien ja sementin tuotanto

	1973	1974	1975	Keskipitoisuus % v. 1975
Rikasteet tonnia				
Rautarikasteita yhteensä	893 629	937 099	908 398	65,7
— rautarikasteet ja pelletit	585 818	569 447	376 134	66,2
— pasute, purppuramalmi (Kokkola ja Siilinjärvi)	307 811	367 652	532 264	64,3
Rikkirikaste	777 426	703 790	519 067*)	47,3
Kromirikaste, palamalmi, valuhiekka (Cr ₂ O ₃ %)	149 471	165 479	331 540	39,3 27,2 ja 46,3
Kobolttirikaste	20 679	25 831	209 287	0,6
Kuparirikaste	174 131	172 269	186 698	20,7
Ilmeniittirikaste (TiO ₂ %)	159 000	152 000	122 600	45,1
Nikkelirikaste	122 511	122 252	116 460	4,55
Sinkkirikaste	110 452	117 941	108 064	50,3
Lyijyrikaste	4 144	2 975	2 206	42,1
Metallit tonnia				
Raakarauta (malmeista)	1 412 055	1 381 069	1 367 828	
Sinkki	80 662	91 786	109 885	
Elementääririkki	122 715	99 589	84 409	
Ferrokromi	39 570	47 932	39 787	
Katodikupari	42 907	38 277	35 764	
Katodinikkeli	5 839	6 455	6 544	
Vanadiinipentoksiidi	2 248	2 647	2 276	
Koboltti	1 010	812	821	
Kadmium	179	156	217	
Hopea kg	24 676	25 216	23 136	
Seleen kg	9 171	9 690	8 477	
Elohopea kg	6 760	6 320	10 654	
Kulta kg	615	645	691	
Mineraalit tonnia				
Kalkkikivi yhteensä	4 345 811	4 632 620	4 373 323	
— sementin valmistus	2 909 003	3 202 168	2 861 309	
— maanparannuskalkki	509 858	425 007	631 213	
— kalkinpoltto	445 717	511 783	481 974	
— rouheet, tekn.hienojauheet ym.	323 880	347 518	262 177	
— sulfiitti- ja metallurginen kivi	153 353	144 392	128 316	
— dolomiitin poltto	4 000	1 752	—	
Talkki	109 704	128 269	124 260	
Kvartsi	92 937	120 300	105 480	
Vuorivillakivi	74 179	103 640	77 806	
Maasälpä	58 318	63 577	68 577	
Sementinvalmistukseen lisäkiveä	—	44 640	64 676	
Wollastoniitti	6 547	9 118	13 089	
Asbesti	6 337	5 593	2 788	
Sementti tonnia	2 091 903	2 203 109	2 063 073	

*) Rikkirikasteen väheneminen johtuu pääosaltaan siitä, että Keretin kaivoksen rikkirikasteet (n 190 000 tn) merkitty v. 1975 kobolttirikasteisiin

Jatk. s:lta 45

Kehitettyä mallia on myöhemmin käytetty hyväksi suunniteltaessa tietokoneohjelmaa, jonka avulla ennustetaan vaahdotukseen menevän lietteen kiintoaineen kuparipitoisuutta. Kuparipitoisuus vaahdotuspiirin syötteestä mitataan joka kuudes minuutti Courier-röntgenfluoresenssianalysointilaitteella ja mittausarvo saadaan tietokoneelle. Kehitettyyn malliin sekä jauhatuspierin stokastisiin ominaisuuksiin perustuen on ohjelmoitu ns. Kalman-suodatin, jonka avulla mittaustulos suodatetaan. Tämän suodatetun mittausarvon sekä jauhatuspierin matemaattisen mallin avulla voidaan ennustaa vaahdotukseen menevän lietteen kiintoaineen kuparipitoisuus. Tietokonealgoritmi on jatkuva-aikaisessa käytössä Vuonoksen rikastamolla ja ennustettuja arvoja on tarkoitus käyttää vaahdotuspierin myötäketyssä säädössä.

KIRJALLISUUSLUETTELO

1. Kelsall, D. F., Reid, K. J., Stewart, P. S. B.: The study of Grinding Process by Dynamic Modelling, IFAC Symposium on System Dynamics and Automatic Control in Basic Industries, Sydney, 1968, pp. 205—217.
2. Mular, A. L., Bates, M. W.: Modelling of Parallel Cyclones in the Absence of Flow Measurement, The Canadian Mining and Metallurgical (CIM) Bulletin for January, 1971.
3. Olsen, T., Krogh S. R.: A Low Order Model of Continuous Ball Mill Grinding, Eleventh International Mineral Processing Congress, Piazza d'Armi, C.P. 236, Italy, 1975.
4. Hukki, R. T.: Mineraalien hienonnus ja rikastus, Keuruu, Publishing Co Otava, 1964, 656 p.
5. Kuo, B. C.: Discrete-Data Control Systems, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall-Inc., 1970, 399 p.

SUMMARY

A mathematical model for grinding process in regard to Cu-%

The model study presented here has been carried out in Helsinki University of Technology for the grinding process of the Vuonos Mine of the Outokumpu Co. The process includes ball mill, autogenous mill and separator, where the autogenous mill is working as a secondary grinding mill for the underflow coming from the separator. Screen analysis and several different kind of tests are carried out to get the material balances of this process. The dynamic model has been done with the aid of pulse and impulse tests. It has been shown that the dynamics of the ball and the autogenous mill can be described with perfect mixers and plug flow in series (ball mill) or with two or three perfect mixers in series (autogenous mill). Different types of models are compared with each other and the final model has been presented in matrix, vector form.

TUTKIMUSVALTUUSKUNNAN TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1975

Tutkimusvaltuuskunnan puheenjohtajana on toiminut johtaja Caj Holm, varapuheenjohtajana johtaja Erkki V. Heiskanen ja sihteerinä DI Hans Allenius

Tutkimusvaltuuskunnan kokoonpano on ollut seuraava:

Teollisuuden edustajina:

Varsinaiset jäsenet	Varajäsenet
DI Karl Haahti Karl Forsström Oy	Ins. Pertti Suurmaa Rauma-Repola Oy
Joht. Erkki Heiskanen Myllykoski Oy	DI Lauri Koivikko Ruskealan Marmori Oy
Joht. Caj Holm Oy Lohja Ab	DI Carl-Fredrik Bäckström Oy Lohja Ab
TT Kalevi Kiukkola Kemira Oy	Joht. Antti Mikkonen Suomen Malmi Oy
TL Raimo Matikainen 1975-01-31- Outokumpu Oy	Joht. Heikki Tanner Outokumpu Oy
TT Krister Relander Rautaruukki Oy	Joht. Rainer Tuovinen 1975-03-11- Rautaruukki Oy
Yli-ins. Sakari Seeste 1975-01-01 — 01-31 Outokumpu Oy	
Joht. Urho Valtakari Paraisten Kalkki Oy	FM Rolf Boström Paraisten Kalkki Oy
TT Jukka Vuorinen Imatran Voima Oy	FL Reijo Gardemeister Imatran Voima Oy
TL Teuvo Grönfors 1975-01-31- Roxon Oy	
TT Kalle Hakalehto 1975-01-31- Tampella—Tamrock Oy	

VMY:n hallituksen kutsuma lisäjäsen

Ylijoht. Herman Stigzelius
Geologinen tutkimuslaitos

Yhdistyksen jaostojen edustajat:

Geologijaosto

puh.joht. FT Lauri Hyvärinen
Geologinen tutkimuslaitos
FT Juhani Nuutilainen
Rautaruukki Oy

Kaivosjaosto

puh.joht. joht. Reino Kurppa
Outokumpu Oy

Metallurgijaosto

puh.joht. yli-ins. Reijo Antola
Ovako Oy

Rikastus- ja prosessiteknikan jaosto

puh.joht. joht. Timo Heikkinen
Outokumpu Oy

Tutkimusvaltuuskunta on vuoden aikana kokoontunut kaksi kertaa

Toiminnassa olleet työkomiteat

- N:o 27 Kallion rakenteelliset ominaisuudet
Professori Maijalan johtaman komitean loppuraportin englanninkielinen lyhennelmä valmistuu vuoden 1976 aikana.
- N:o 35 Louhoskattojen valvonta
Yhteispohjoismaisen projektin suomalaisena yhteismiehenä on DI Myyryläinen. Työ jatkuu ruotsalaisten toimesta.
- N:o 36 Pakokaasukomitea
Yhteispohjoismaisen projektin suomalaisena yhteismiehenä on DI Harjunpää. KTM:n myöntämän avustuksen turvin on tehty selvitys pakokaasukirjallisuuden nykytilanteesta. Työ jatkuu.
- N:o 38 Luokittelu märkäjauhituksen yhteydessä
Komitean puheenjohtajana on toiminut prof. Hukki. VTT:llä kehitetyt seularummun kokeilut ovat jatkuneet sekä koetehdas- että teollisuusmittakaavassa. Samoin on aloitettu hydraulisen luokittimen jatkuvatoimiset kokeet.
- N:o 41 ATK:n soveltaminen louhinnassa
Komitean puheenjohtajana on toiminut TT Niskanen. Komitea lakkautettiin vuoden lopussa.
- N:o 42 Kaivosten työympäristö
DI Myyryläisen johtaman komitean työ on edennyt raportin viimeistelyvaiheeseen.
- N:o 44 Geologian ja geokemian maa- ja kallioperästä tapahtuvan näytteenoton teknillinen suoritus.
Komitean puheenjohtajana on ollut FM Airas. Loppuraportin viimeistely on parhaillaan menossa.
- N:o 45 Perustutkimus sulkeisesta kuivajauhatuspiiristä, raekoon ylärajana 95 %—45 µm.
Komitean puheenjohtajana on toiminut prof. Hukki. Tutkimustulokset julkaistaan Vuoriteollisuus-Bergshanteringen lehdessä.
- N:o 46 Avattujen kalliotilojen geologinen kartoittaminen.
Prof. Mikkolan johtaman valmistelevan työryhmän ehdotuksen mukaisesti on Valtiovarainministeriö asettanut valvontaryhmän seuraamaan työn suoritusta VTT:ssä.

- N:o 47 Murskeen varastointi talviolosuhteissa
DI Kekin johtaman komitean työ on jatkunut ja valmistunee vuoden 1976 aikana.
- N:o 48 Kaivosten jätealueiden saattaminen uudelleen kasvillisuuden peittämiseksi
Komitean puheenjohtajana on toiminut DI Kemppinen. Työ on edennyt suunnitelmien mukaisesti. Vuorimiesyhdistys on yksin vastannut projektin rahoituksesta.
- N:o 49 Pohjavesikysymys kaivoksissa
Alustavan työryhmän puheenjohtajana on ollut FM Åberg. Komitea on laatinut ehdotuksen varsinaisen työkomitean toimintaohjelmaksi.
- N:o 50 Kaukokartoitus malminetsinnässä
Vastuu FT Talvitien johtaman työryhmän toiminnasta on siirtynyt geologian jaostolle.
- N:o 51 Sortumien geologiset syyt
Tutkimusvaltuuskunnan 1975-12-15 perustama työkomitea aloittaa työnsä keväällä 1976

Stenmaling

Yhteispohjoismaisen työkomitean puheenjohtajana on prof. Digre ja suomalaisena yhteismiehenä DI Niitti. Työ jatkuu norjalaisten toimesta.

Magnetiska tolkningsmetoder

Yhteispohjoismaisen työkomitean puheenjohtajana on FT Werner ja suomalaisena jäsenenä TT Hjelt. Kirjallisen loppuraportin valmistuminen riippuu Ruotsissa tapahtuvan kokoamistyön edistymisestä.

Tutkimustoiminnan rahoitus

Kannattavilta jäseniltä on peritty jäsenmaksu, jolla tutkimustoiminnan juoksevat kulut on rahoitettu. Työkomitealla n:o 36 on vuoden aikana ollut käytettävissä 8 300 mk Kauppa- ja teollisuusministeriön vuonna 1972 Vuorimiesyhdistykselle myöntämästä apurahasta. Kuluneen vuoden kustannusten erittely muodostuu täten seuraavaksi:

Kannatusmaksu	22 000 mk
Tutkimusveloiteiden myynti	3 500 „
Vuoden 1974 ylijäämä	4 000 „
Valtionavun ylijäämä 1974	8 300 „
Tuotot	37 800 „
Välittömät kustannukset	21 900 „
Erillistutkimukset	16 300 „
Pakokaasukomitean menot	8 800 „
Menot	47 000 „
Tilivuoden alijäämä	9 200 „

Tutkimustoimikuntien toiminta

Geologinen toimikunta

Kokoonpano: puh.joht. Prof. Aimo Mikkola
jäsenet FM Rolf Boström
FT Juhani Nuutilainen
Prof. Maunu Puranen
FT Heikki Wennervirta

Toimikunta on toimikauden aikana pitänyt kolme kansallista kokousta. Tämän lisäksi pidettiin toimikunnan järjestämä yhteispohjoismainen kokous Helsingissä 1975-03-13—14. Toimikunnan toimintakertomus vuodelta 1975 on liitteenä.

Kaivosteknillinen toimikunta

Kokoonpano:

puh.joht. Prof. Paavo Maijala	
jäsenet Yli-ins. Olavi Alarotu	1975-01-01—02-20
Joht. Caj Holm	
FM Harry Laine	1975-01-01—02-25
DI Pentti Lehtinen	1975-02-25 alkaen
TL Raimo Matikainen	1975-02-20 alkaen
FM Göran Mitts	1975-10-22 alkaen
Joht. Rainer Tuovinen	
Joht. Urho Valtakari	1975-01-01—10-22

Toimikunta on toimikauden aikana pitänyt kolme kokousta. Toimikunnan toimintakertomus vuodelta 1975 on liitteenä.

Rikastusteknillinen toimikunta

Kokoonpano: puh.joht. Prof. Risto T. Hukki	
jäsenet TL Kyösti Kitunen	
DI Jorma Koponen	
DI Esko Lehtonen	
DI Risto Rinne	

Toimikunta on toimikauden aikana pitänyt kaksi kansallista kokousta. Tukholmassa 1975-01-20 pidetyssä yhteispohjoismaisessa kokouksessa Suomea edustivat prof. Hukki, DI Koponen, DI Lehtonen, DI Rinne ja DI Allenius. Toimikunnan toimintakertomus vuodelta 1975 on liitteenä.

Pohjoismainen yhteistyö

Vuorimiesyhdistys on kuluneen vuoden aikana saanut seuraavat tutkimusraportit Svenska Gruvföreningeniltä:

B-199	Metoder för kontinuerlig nivåmätning i fickor
B-201	Industriell användning av obrända karbonatmineral
B-202	Svavelemission och vattenvård
B-203	Kalkstabilisering
C-62	Mineralogisk och kemisk studie av vissa mellansvenska järnmalmstyper
C-63	Inriktning av borrhål

Vuorimiesyhdistys on kuluneen vuoden aikana saanut seuraavat tutkimusraportit BVLI:ltä:

TR-21/3	Bergartenes materialtekniska egenskaper
TR-30/1—2	Undersøkelse av segresjon og slamproduksjon i slurrytanker ved A/S Sydvaranger, Kirkenes. Undersøkelse av homogeniserings-tanker i slamavdelingen ved A/S Norcem, avd. Kjøpsvik
TR-31/1	Regulering av flotasjonsprosesser. Parameterbestemmelser og simuleringstudier

Raportit on jaettu kannattaville jäsenille.

Vuorimiesyhdistys on lähettänyt englanninkielisen lyhennelmän:

"Rock strengthening methods and possibilities for their development" työkomitean n:o 43 teettämästä diplomityöstä Ruotsiin ja Norjaan.

Tutkimusvaltuuskunnan puolesta

Caj Holm
Puheenjohtaja

Hans Allenius
Sihteeri

GEOLOGISEN TOIMIKUNNAN TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1975

Kokoonpano

Geologisen toimikunnan puheenjohtajana on ollut professori Aimo Mikkola ja jäseninä
FM Rolf Boström, Paraisten Kalkki Oy
FT Juhani Nuutilainen, Rautaruukki Oy
Prof. Maunu Puranen, Geologinen tutkimuslaitos
FT Heikki Wennervirta, Outokumpu Oy

Kokoukset

Toimikunta on toimikauden aikana pitänyt kolme kansallista kokousta (1975. 02. 17, 1975. 04. 28 ja 1975. 11. 19), kaikki Otaniemessä. Tämän lisäksi pidettiin toimikunnan järjestämä yhteispohjoismainen kokous Helsingissä 1975. 03. 13—14. Yhteispohjoismaiseen kokoukseen saapui kaksi edustajaa Ruotsista, kuusi Norjasta. Kokouksen osanottajat vierailivat geologisessa tutkimuslaitoksessa sekä osallistuivat VMY:n geologijaoston kokoukseen.

Käynnissä olleet työkomiteat

Magnetiska tolkningsmetoder

Yhteispohjoismaisen työkomitean puheenjohtana on S. Werner ja jäseninä S.-E. Hjelt, K. Ryssdal, J. Zuber ja K. Åm.

S. Werner ja S.-E. Hjelt antoivat osaraportin työkomitean tutkimustuloksista VMY:n geologijaoston vuosikokouksen yhteydessä pitämässään esitelmässä. Kirjallisen loppuraportin valmistuminen riippuu Ruotsissa tapahtuvan kokoamistyön edistymisestä. Suomen osuus on käytännöllisesti katsoen valmis.

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

Komitean puheenjohtajana on toiminut K. Airas ja jäseninä A. Björklund, P. Hörkkö, M. Kokkola, R. Saikkonen, B. Öhman ja K. Rönkkö. Komitean työ on viety loppuun. VMY:n geologijaoston vuosikokouksessa kuultiin A. Björklundin esitelmä työryhmän tutkimustuloksista. Vuoden 1976 alkupuolella julkaistavasta raportista otetaan 50 kopiota.

N:o 46 Avattujen kalliotilojen geologinen kartoittaminen

Asiaa tutkimaan asetetun valmistelevan työryhmän: A. Mikkola, puheenjohtaja, J. Vuorinen ja H. Wennervirta, ehdotuksen mukaisesti on Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y. tehnyt esityksen, jonka mukaan valtiovarainministeriö nimeäisi komitean tutkimaan avattujen kalliotilojen geologisen tiedon dokumentointia. VVM on esityksen mukaisesti asettanut valvontaryhmän tutkimaan asiaa ja tekemään ehdotuksen tarvittavista toimenpiteistä. Ryhmään on valittu VMY:n edustajaksi FT E. Peltola.

N:o 50 Kaukokartoitus malminetsinnässä

Komitean puheenjohtajana on toiminut J. Talvitie ja jäseninä J. Aarnisalo, R. Kujansuu, L. Laurén, A. Mikkola, B. Söderholm, H. Tuominen. Työryhmän tehtävänä oli järjestää pohjoismainen RS-symposiumi fotogrammetrian kansainvälisen kokouksen yhteyteen heinäkuussa 1976. Rahoitusvaikeuksien sekä geologien

kannalta huonosti sopivan ajankohdan takia symposium on päätetty siirtää vuorimiespäivien 1977 yhteyteen. Vastuu komitean toiminnasta on näinollen siirtynyt geologian jaostolle.

N:o 51 Sortumien geologiset syyt

Tutkimusvaltuuskunnan 1975. 12. 15 perustama työkomitea aloittaa työnsä keväällä 1976.

Muita kokouksissa käsiteltyjä aiheita

Toimikunta on kokouksissaan käsitellyt mm. seuraavia aiheita:

- pohjoismaiset tutkimusprojektit ja yhteistyö
- sähköiset poranreikämittaukset
- suurruhjetulkinta ja kartoitus
- multielementtitalkinta ATK-menetelmiä soveltamalla geokemiallisessa tutkimuksessa
- mineraalipoliittisen komitean asettaminen
- seisminen prospektaus
- vedenalainen prospektaus

Helsinki 1976. 01. 21

Toimikunnan puolesta

Aimo Mikkola
Puheenjohtaja

Hans Allenius
Sihteeri

KAIVOSTEKNILLISEN TOIMIKUNNAN TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1975

Kokoonpano

Kaivosteknillisen toimikunnan puheenjohtajana on ollut professori Paavo Majjala ja jäseninä

Yli-ins. Olavi Alarotu, Outokumpu Oy 1975. 01. 01—02. 20.

Joht. Caj Holm, Lohja Oy

FM Harry Laine, Imatran Voima Oy 1975. 01. 01—02. 25.

DI Pentti Lehtinen, Imatran Voima Oy 1975. 02. 25. alkaen.

TL Raimo Matikainen, Outokumpu Oy 1975. 02. 20. alkaen.

FM Göran Mitts, Paraisten Kalkki Oy 1975. 10. 22. alkaen.

Joht. Rainer Tuovinen, Rautaruukki Oy.

Joht. Urho Valtakari, Paraisten Kalkki Oy 1975. 01. 01—10. 22.

Kokoukset

Toimikunta on toimikauden aikana pitänyt kolme kansallista kokousta: 1975. 02. 21. Raajärvellä, 1975. 04. 03. Otaniemessä ja 1975. 10. 28. Outokummussa.

Käynnissä olleet työkomiteat

N:o 27 Kallion rakenteelliset ominaisuudet

Professori Majjalan johtaman komitean loppuraportin englanninkielinen lyhennelmä on ollut työn alla. Yhteenveto valmistuu vuoden 1976 alussa ja siitä on päätetty ottaa 70 kopiota.

N:o 35 Louhoskattojen valvonta

Yhteispohjoismaisen projektin suomalaisena yhteys-

miehenä on DI Myyryläinen. Työ jatkuu ruotsalaisten toimesta.

N:o 36 Pakokaasukomitea

DI Harjunpää on siirtynyt jatkamaan DI Porkan työtä komitean puheenjohtajana. KTM:n myöntämän avustuksen turvin on DI Tulkki tehnyt selvityksen pakokaasukirjallisuuden ja julkaistujen artikkelien nykytilanteesta. Työn tuloksena valmistuu tutkimusselostetta n:o 31 täydentävä yhteenveto. DI Tulkin raportista otetaan 50 kopiota.

Kaivosteknillinen toimikunta on todennut, että pakokaasututkimusta olisi jatkettava. Tämä edellyttää kuitenkin uuden, laajemman tutkimusorganisaation perustamista, johon kaivosteknillisen toimikunnan nykyresurssit yksin eivät riitä.

DI Harjunpää on jatkanut yhteispohjoismaisen projektin suomalaisena yhteysmiehenä.

N:o 41 ATK:n soveltaminen louhinnassa

Työkomitean jäseninä ovat TT Niskanen, puheenjohtaja, DI Salminiitty, FL Laurén ja DI Bäckström. Komitea lakkautettiin vuoden lopussa. Viimeisimmät tiedot ATK-ohjelmista julkaistaan Vuoriteollisuus-Bergshanteringen lehdessä.

N:o 42 Kaivosten työympäristö

Työkomitean jäseninä ovat DI Myyryläinen, puheenjohtaja, I Maaranen, DI Viertokangas, DI Raike ja rva Heikkinen, sihteeri. Komitean työ on edennyt raportin viimeistelyvaiheeseen. Loppuraportista otetaan 100 kopiota.

N:o 49 Pohjavesikysymys kaivoksissa

Alustavan työryhmän kokoonpano on ollut seuraava: FM Åberg, puheenjohtaja, FM Rosenlund ja FM Ohenoja. Komitea on suunnitelmien mukaisesti laatinut ehdotuksen varsinaisen työkomitean toimintaohjelmaksi. Ohjelmaehdotus on lähetetty kaivosteknillisen toimikunnan jäsenille lausuntoa varten.

Muita kokouksissa käsiteltyjä aiheita

Toimikunta on kokouksissaan keskustellut seuraavista aiheista:

- pohjoismaiset tutkimusprojektit ja yhteistyö
- uudet tutkimusprojektit

Helsingissä 1976. 02. 16.

Toimikunnan puolesta

Paavo V. Majjala
Puheenjohtaja

Hans Allenius
Sihteeri

RIKASTUSTEKNILLISEN TOIMIKUNNAN TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1975

Kokoonpano

Rikastusteknillisen toimikunnan puheenjohtajana on ollut professori R. T. Hukki ja jäseninä

TL Kyösti Kitunen, Paraisten Kalkki Oy

DI Jorma Koponen, Lohja Oy

DI Esko Lehtonen, Outokumpu Oy

DI Risto Rinne, Rautaruukki Oy

Kokoukset

Toimikunta on toimikauden aikana pitänyt kaksi kansallista kokousta, 1975-05-15 Otanmäessä sekä 1975. 11. 25 Virkkalassa. Tukholmassa 1975. 01. 20 pidetyssä yhteispohjoismaisessa kokouksessa Suomea edustivat R. T. Hukki, J. Koponen, E. Lehtonen, R. Rinne ja H. Allenius.

Käynnissä olleet työkomiteat

Stenmaling

Yhteispohjoismaisen työkomitean puheenjohtajana on professori Digre ja suomalaisena yhteysmiehenä DI Niitti. Työ jatkuu norjalaisten toimesta.

N:o 38 Luokittelu märkäjauhatuksen yhteydessä.

Komitean puheenjohtajana on toiminut prof. Hukki. VTT:n vuoritekniikan laboratoriossa kehitetyt seularummun kokeilut ovat jatkuneet sekä koetehdas- että teollisuusmittakaavassa.

M. Virtanen on diplomityönsä yhteydessä saavuttanut positiivisia tuloksia hydraulista luokitinta käyttäen.

Jatkuvatoimiset koetehdasmittakaavaiset kokeet sanotulla VTT:n prototyypiluokittimella on aloitettu. Työ jatkuu.

N:o 45 Perustutkimus sulkeisesta kuivajauhatuspiiristä, raekoon ylärajana 95 %—45 μ m.

Työkomitean jäseninä ovat prof. Hukki, puheenjohtaja, TL Kitunen ja DI Koponen.

Tutkimuksen suorittanut DI M. Kaján kokoa tutkimustulokset julkaistaviksi vuoden 1976 aikana Vuoriteollisuus-Bergshanteringen lehdessä.

N:o 47 Murskeen varastointi talviolosuhteissa.

Työkomitean muodostavat DI Kekki, puheenjohtaja, TL Lantto, DI Vanninen, DI Westerlund. Työ on jatkunut ja valmistunee vuoden 1976 aikana.

N:o 48 Kaivosten jätealueiden saattaminen uudelleen kasvillisuuden peittämiksi.

Työkomitean jäseninä ovat DI Kemppinen, puheenjohtaja, DI Kallio, FT Korkman, DI Raike.

Työ on jatkunut suunnitelmien mukaisesti. R. Peltomaa on suorittanut astiakokeita eri jätteillä sekä kesä-elokuun aikana soveltanut näissä saatuja tuloksia käytäntöön. Viljelyskokeita on elokuun jälkeen jatkettu kaivosten omin voimin.

Vuorimiesyhdistys on yksin vastannut projektin rahoituksesta. SLT ei myöntänyt työryhmän anomaa apurahaa ja VMY:n Kauppa- ja teollisuusministeriöltä anomasta avustuksesta ei vielä ole päätöstä.

Muita kokouksissa käsiteltyjä aiheita

Toimikunta on kokouksissaan keskustellut seuraavista aiheista:

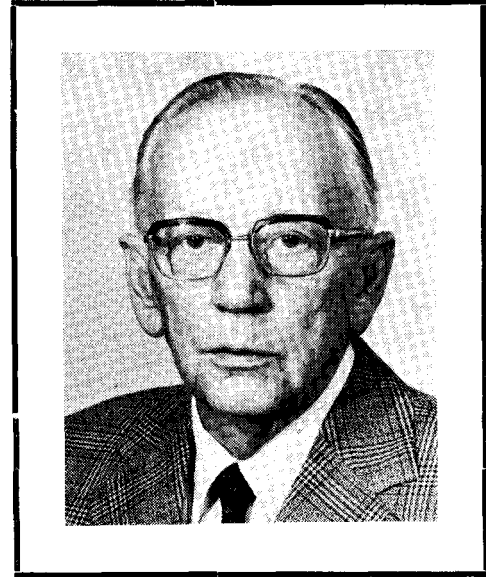
- pohjoismaiset tutkimusprojektit ja yhteistyö
- pneumaattiset luokittimet
- kulutusta kestävät materiaalit
- jauhinkappaleet ja vuoraus.

Helsingissä 1976. 02. 16

Toimikunnan puolesta

R. T. Hukki
Puheenjohtaja

Hans Allenius
Sihteeri



RUNAR KRISTOLA

8. 8. 1912 — 16. 1. 1976

Den 16 januari avled forskningskemisten vid Ovako Oy, Imatra järnverks kemiska laboratorium, fil. mag. Runar Kristola. Han var född den 8 augusti 1912 i Gamlakarleby och blev student från Svenska Samskolan därstädes 1929. Efter att ha studerat matematik och kemi vid Åbo Akademi avlade han fil. kandidatexamen 1935. Hans avsikt var att bli lärare, och sålunda auskulterade han vid Svenska Normallyceet läsåret 1935—1936. Men ödet förde honom likväl i industrins tjänst.

Magister Kristola tjänstgjorde vid Oy Vuoksenniska Ab:s koboltverk i Imatra 1936—1940 och 1945—1946. Mellanåren arbetade han som laboratoriechef vid samma bolags Haveri gruva i Viljakkala. Efter att 1946—1956 ha tjänstgjort vid Grönberg & Co:s laboratorium i Dickursby återgick han i Oy Vuoksenniska Ab:s tjänst och blev chef för bolagets kemiska laboratorium i Helsingfors. När detta laboratorium uphörde med sin verksamhet, överflyttade han till Imatra, där han var forskningskemist ända till sin bortgång.

Magister Kristola besatt ett stort mått av erfarenhet på metallanalytikens och gruvteknikens områden. Han var en av de kemister, som aktivt arbetat med den klassiska analytiska kemien. Hans gedigna fackkunskap, hans goda minne och utomordentliga förmåga att tillägna sig litteratur befrämjade hans arbete. Han delade gärna med sig av sitt kunnande åt sina arbetskamrater. Magister Kristola var en anspråklös och finkänslig person och mycket omtyckt bland sina vänner och arbetskamrater. Hans plats inom arbetslivet och i kamratkretsen är svår att fylla.

Magister Kristola var Bergsmannaföreningens medlem sedan år 1943.

Uusia jäseniä Nya medlemmar

Vuorimiesyhdistys r.y:n hallitus on hyväksynyt seuraavat henkilöt yhdistyksen jäseniksi:

Kokouksessa 12. 4. 1975:

Ahtiainen, Jaakko Taneli, DI, s. 16. 11. 1950. Outokumpu Oy, Vuonoksen kaivos, suunnitteluinsinööri. Osoite: Mikonkatu 8 C 26, 83500 Outokumpu.

Avellan, Kari Christer, DI, s. 9. 5. 1944. Oy Kreuto Ab, projekti-insinööri. Osoite: Linnankatu 5 D 25, 00160 Helsinki 16.

Heikkinen, Risto Kaarlo, DI, s. 6. 3. 1941. Outokumpu Oy, Outokummun kaivos, sähköinsinööri. Osoite: Raivonmäentie 4 A, 83500 Outokumpu.

Suomalainen, Heikki Olavi, DI, s. 27. 3. 47. Outokumpu Oy, Keretin kaivos, tutkimusinsinööri. Osoite: Sepänkatu 3-5 B 19, 83500 Outokumpu.

Kokouksessa 16. 1. 1976:

Flinck, Peter Karl Jakob, DI, f. 19. 1. 1950. Oy Grönblom Ab, försäljningsingenjör. Adress: Karlavägen 4 B 25, 00200 Helsingfors 20.

Karjalainen, Esko Armas, DI, s. 18. 4. 1939. Oy Lohja Ab, mineraaliosaston tutkimusinsinööri. Osoite: Hemgårdens A 3, 08700 Virkkala.

Leskinen, Kalevi Antero, DI, s. 9. 10. 1946. Oulun yliopisto, prosessiteknikan osasto, yliassistentti. Osoite: Saaristonkatu 23—25 A 5, 90100 Oulu 10.

Matikainen, Risto Pentti Pellervo, DI, s. 2. 3. 1948. Metallsäliiton Teollisuus Oy, Kemian teollisuus, CMC-tehtaan teknillinen neuvoja. Osoite: Puutarhakatu 3 A, 44100 Äänekoski.

Moisala, Tapio Olavi, DI, s. 18. 1. 1950. Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, metallurgian laboratorio, tutkija. Osoite: Sateenkuja 1 G 168, 02100 Espoo 10.

Mäkeläinen, Heikki Antero, DI, s. 15. 12. 1948. Valmet Oy, Helsingin telakka, standardisoimisinsinööri. Osoite: Rusthollarintie 7 C 00910 Helsinki 91.

Paavola, Jorma Viljami, FK, s. 30. 6. 1948. Geologinen tutkimuslaitos, kallioperäosasto, tutkija. Osoite: Hirvenpolku A1, A 4, 70910 Vuorela.

Peuralinna, Mauri Juhani, DI, s. 5. 4. 1947. Outokumpu Oy, Metallurginen tutkimus, tutkimusinsinööri. Osoite: Liisankatu 8 C 38, 28100 Pori 10.

Rekola, Timo Pentti, DI, s. 10. 7. 1946. Outokumpu Oy, Malminetsintä, Länsi-Suomen aluetoimiston geofyysikko. Osoite: Heinjoenpolku 3 D 31, 02140 Espoo 14.

Rouhiainen, Pekka Juhani, DI, s. 3. 4. 1949. Suomen Malmi Oy, elektroniikkainsinööri. Osoite: Torkkelinkuja 1 A 20, 00500 Helsinki 50.

Siirama, Lauri Olavi, DI, s. 7. 5. 1950. Rautaruukki Oy, Rautuvaaran kaivos, suunnitteluinsinööri. Osoite: Raittipellontie 8 as 8, 95900 Kolari.

Suppanen, Pekka Ilkka Juhani, DI, s. 25. 7. 1940. Kemi-Oy, suunnittelujohtaja. Osoite: Ylisrinne 6 B 7, 02210 Espoo 21.

Tarvainen, Matti Sakari DI, s. 27. 4. 1949. Outokumpu Oy, Keretin kaivos, tutkimusinsinööri. Osoite: Mikonkatu 8 D 31, 83500 Outokumpu.

Tolonen, Matti Adolf, TL, s. 3. 2. 1941. Rautaruukki Oy, Raahan rautatehdas, tutkimuslaitos, tutkija. Osoite: Ollinkehä 6 H 95, 92120 Raaha 2.

Tuokkola, Pekka Ville, DI, s. 26. 8. 1947. Outokumpu

Oy, Harjavallan tehtaas, sulaton käyttöinsinööri. Osoite: Urheilutie 2 B, 29200 Harjavalta.

Kokouksessa 9. 3. 1976:

Aarinen, Pekka Olavi, DI, s. 18. 12. 1951. Oy Wärtsilä Ab, Taalintehtas, tutkimusinsinööri. Osoite: 25900 Taalintehtas.

Ahlberg, Veli Markku, DI, s. 22. 4. 1950. Puolustusvoimien tutkimuskeskus, fysiikan osasto, tutkija. Osoite: 34110 Lakiala.

Ahlberg Reijo Jyrki, DI, s. 16. 5. 1950. Outokumpu Oy, Kokkolan tehtaas, rikkitehdas, tutkimusinsinööri. Osoite: Tehtaankatu 18 B, 67100 Kokkola 10.

Huju, Riku Antero, DI, s. 26. 5. 1949. Outokumpu Oy, Kokkolan tehtaas, rikkitehdas, käyttö- ja tutkimusinsinööri. Osoite: Kustaa Aadolfinkatu 6 B 13, 67100 Kokkola 10.

Hyppölä, Heikki Kalervo, Lääket.lis. s. 15. 3. 1942. Ovakko-ryhmän johtava työterveyslääkäri. Osoite: Terästedas B 51, 55610 Imatra 61.

Ilmoni Pehr-Adrian, DI, f. 23. 5. 1916. LKAB Stockholm, överingenjör. Adress: Trädgårdsvägen 5 A, 180 10 Enebyberg, Sverige.

Jylhä, Juha Erik, DI, s. 18. 2. 1949. Outokumpu Oy, Kokkolan tehtaas, rikkitehtaan sulaton tutkimusinsinööri. Osoite: Herman Renlundinkatu 17 A 7, 67100 Kokkola 10.

Jähi, Pentti Juhani, DI, s. 26. 4. 1950. Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, metallien muokkaus ja lämpökäsittelylaboratorio, tutkija. Osoite: Ruusankatu 2 A 3, 00250 Helsinki 25.

Järkälä, Jouni Matti, DI, s. 19. 2. 1948. Rautaruukki Oy, Otanmäen kaivos, rikastusinsinööri. Osoite: Rumpu A 5, 88200 Otanmäki.

Keränen, Tapio Valdemar, DI, s. 26. 5. 1949. Outokumpu Oy, Kokkolan tehtaas, rikkitehtaan sulaton käyttöinsinööri. Osoite: Urheilukatu 10—12 as 3, 67200 Kokkola 20.

Korhonen, Antti Samuli, DI, s. 14. 7. 1950. Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, metallien muokkaus ja lämpökäsittelylaboratorio, assistentti. Osoite: Kyläkirkontie 46, Venla B 23, 00370 Helsinki 37.

Kuusisto, Erkki Artturi, DI, s. 31. 10. 1947. Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, metallien muokkaus ja lämpökäsittelylaboratorio, tutkimusinsinööri. Osoite: Katajajarjuntie 5 B 24, 00200 Helsinki 20.

Lahtinen, Jarmo Juhani, FK, s. 11. 2. 1948. Outokumpu Oy, Malminetsintä, Pohjois-Suomen aluetoimisto, kansannäytegeologi. Osoite: Kaamoskuja 2 E 28, 96500 Rovaniemi 50.

Laitinen, Esko Ilmari, DI, s. 21. 12. 1926. Ovako Oy, hallinnollinen johtaja. Osoite: Uomakuja 5 A 9, 01600 Vantaa 60.

Lakanen, Mauri Ensio, DI, s. 26. 10. 1948. Outokumpu Oy, Malminetsintä, tutkimusgeofyysikko. Osoite: Mankki, 02780 Espoo 78.

Luuukkonen, Olli Juhani, DI, s. 3. 3. 1948. Posti- ja lennätinhallitus, puhelinlaboratorio, laboratorioinsinööri. Osoite: Vanha Viertotie 13 A 9, 00300 Helsinki 30.

Nurmisalo, Martti Kalervo, DI, s. 1. 3. 1946. Osuuskunta Metex, vienti-insinööri. Osoite: Heporinne 4 B 45, 01200 Vantaa 20.

Purra, Tuula Inkeri, DI, s. 30. 9. 1947. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, reaktorimateriaaliryhmä, tutkija. Osoite: Otakallio 4 A 12, 02150 Espoo 15.

Ranta-Eskola Arto Johannes, DI, s. 10. 4. 1950. Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, metal-

lien muokkaus ja lämpökäsittelylaboratorio, assistentti. Osoite: Kalevankatu 22 C 41, 00100 Helsinki 10.

Sundberg, Jorma Matti, Ekon. mag., f. 8. 7. 1942. Outokumpu Oy, Teknisk export, ekonomi- och administrativ direktör. Adress: Hagmarksgränden 1 P, 02120 Esbo 12.

Sundqvist, Heikki Antero, DI, s. 22. 2. 1948. Suomen Akatemia, Valtion teknillistieteellinen toimikunta, tutkimusassistentti. Osoite: Riistapolku 4 B 27, 02120 Espoo 12.

Villareal, Antonio, DI, s. 16. 2. 1945. Geologinen tutkimuslaitos, malmiosasto, geofyysikko. Osoite: Jälkimaininki 9 A 32, 02320 Espoo 32.

Uutta jäsenistä Nytt om medlemmarna

FL *Lea Aho*. Osoite: Vattuniemenkatu 6 B 13, 00210 Helsinki 21.

FM *Kari Airas* on nimitetty Rautaruukki Oy:n rautamalmiprojektin päälliköksi.

Ins. *Heino Alaniska*. Osoite: Tervakukkatie 23 A 3, 90800 Oulu.

TL *Veikko Alasvuo*. Osoite: Terästehdas B 104, 55610 Imatra 61.

DI *Yrjö Anjala* on nimitetty Outokumpu Oy, Teknillisen Viennin pyrometallurgian tuotelinjapäälliköksi. Osoite: Tontunmäentie 32 B 9, 02200 Espoo 20.

TL *Heikki Aulanko* on nimitetty Outokumpu Oy, Malminetsinnän apulaisjohtajaksi.

DI *Hannu Autio* on nimitetty Rautaruukki Oy malminetsintäosaston ATK-suunnittelijaksi. Osoite: Alppikatu 6 as 5, 90530 Oulu 53.

DI *Raimo Bergström* on nimitetty Outokumpu Oy, Kemian kaivoksen rikastamon päälliköksi.

FM *Fredrik Björnberg*. Adress: Strandstigen 2 A 4, 00330 Helsingfors 33.

DI *Gösta Diehl* har utnämnts till chef för marknadsplaneringen och internationella projekt vid Oy Tampella Ab, Tamrock. Adress: Ilmarinkatu 35 B 27, 33500 Tammerfors 50.

DI *Birger Eriksson*. Adress: Bulevarden 17 A 2, 00120 Helsingfors 12.

FT *Pentti Ervamaa*. Osoite: Satukuja 1 B 10, 02230 Espoo 23.

DI *Kaj Grönblad*. Adress: Löjvägen 2 B, 02170 Esbo 17.

DI *Matti Hakala*. Osoite: 10470 Fiskari.

DI *Arto Hakola*. Osoite: Mustikkavuorentie 10, 83500 Outokumpu.

DI *Jouni Hakuli*. Osoite: Isoholmintie B 1, 92100 Raahe. Teollisuusneuvos *Ilmari Harki*. Osoite: Pohjoisranta 6 A 2, 00170 Helsinki 17.

DI *Aimo Hattula* on nimitetty Rautaruukki Oy, malminetsintäosaston vanhemmaksi geofyysikoksi.

DI *Erkki Heikinheimo*. Osoite: Stenbäckinkatu 6 B 39, 00250 Helsinki 25.

TL *Seppo Heimala*. Osoite: Ojantie 29 as 10, 28130 Pori 13.

Övering. *Göran Henriksson*. Adress: Södra Strandgatan 1, 10600 Ekenäs.

FM *Aimo Hiltunen* on nimitetty Rautaruukki Oy Rovaniemen toimiston päälliköksi ja malminetsintäosaston Lapin ryhmän vanhemmaksi geologiksi.

DI *Pentti Hintikka*. Osoite: Lehti 3 A, 02180 Espoo 18.

FM *Mikko Honkamo* on siirtynyt Geologisen tutkimuslaitoksen Pohjois-Suomen aluetoimiston palvelukseen. Osoite: Väylätie 39 A 8, 96300 Rovaniemi 30.

DI *Eero Hukkanen*. Osoite: Rautataival D 20, 93400 Taivalkoski.

DI *Jorma Hyvärinen*. Osoite: Humalniementie 20 B 5, 00840 Helsinki 84.

FM *Markku Isohanni* toimii nykyään Outokumpu Oy, Malminetsinnän Kokkolan aluetoimiston kenttägeologina.

FL *Aarre Juopperi* on siirtynyt Rautaruukki Oy:n palvelukseen Rautuvaaran kaivokselle kaivosgeologiksi. Osoite: Koivuniementie 1 as 1, 95900 Kolari.

TT *Jyrki Juusela*. Osoite: Huovintie 6, 29200 Harjavalta.

DI *Jorma Kaartama* on nimitetty Oy John Stenberg Ab:n teknillisen osaston päälliköksi.

Pääjohtaja *Kauko Kaasila*. Osoite: Munkkiluodonkuja 6 A 8, 02160 Espoo 16.

DI *Ilpo Kaislaniemi* toimii nykyään Jätetekniikka Oy:n projekti-insinöörinä. Osoite: 52200 Puumala.

DI *Markku Kaivola*. Osoite: Näsilinnankatu 9 A 2, 33210 Tampere 21.

DI *Aarre Kangas* on nimitetty Oy Nokia Ab, Kaapelitehtaan kaapeliosaston johtajaksi.

DI *Olavi Kangas*. Osoite: Pikkuholminkatu 15 A, 92100 Raahe.

TL *Olof Karling*. Osoite: Jussila, 36110 Ruutana.

DI *Karl-Gustav Karls*. Adress: 66800 Oravais.

DI *Jorma Kemppainen*. Osoite: Louhentie 20 F 46, 02130 Espoo 13.

DI *Jorma Kerttula*. Osoite: Toppelundintie 5 L 51, 02170 Espoo 17.

Yli-insinööri *Heikki Konkola* on kutsuttu Suomen Työnantajain Keskusliiton johtajaksi.

DI *Ilpo Koppinen* toimii nyttemmin Outokumpu Oy:n pääkonttorissa vientimyyjänä. Osoite: Vilpunkatu 2 A 5, 00230 Espoo 23.

DI *Aaro Koskenrouta*. Osoite: Liistetie 7, 90650 Oulu 65.

DI *Valerian Kotiranta* on siirtynyt Outokumpu Oy, Tornion tehtaille valssaamon projekti-insinööriksi. Osoite: Saarenpäänkatu 61, 95400 Tornio.

DI *Reijo Kukkosuo*. Osoite: Castreninkatu 3 B 49, 00530 Helsinki 53.

DI *Tero Laako*. Osoite: Merivirta 9 D 57, 02320 Espoo 32.

TL *Juhani Laakso*. Osoite: Rajasilta, 28450 Vanha-Ulvila.

DI *Martti Laasasenaho*. Osoite: 63800 Soini.

DI *Tapio Laukkanen*. Osoite: Välskärinkatu 19, 67100 Kokkola 10.

DI *Aaro Laurila* on nimitetty Outokumpu Oy:n Teknillisen viennin kehitysjohtajaksi.

FK *Pekka Lestinen*. Osoite: Valtakatu 41 B 34. 96200 Rovaniemi 20.

DI *Sten Lindgren* arbetar sedan hösten 1975 som industrisekretärare vid Finlands ambassad i Stockholm. Adress: Höguddsvägen 27, 181 62 Lidingö, Sverige.

DI *Tage Linholm* har utnämnts till försäljningschef för specialstål vid Rautaruukki Oy. Adress: Skeppargränden 2 B 21, 02320 Esbo 32.

DI *Timo Lintumaa* on siirtynyt Outokumpu Oy, Tornion ferrokromitehtaalle sulaton tutkimusinsinööriksi. Osoite: Hallituskatu 5 B 19, 95400 Tornio.

DI *Irina Litja*. Osoite: Niittykuja 2 H 115, 02200 Espoo 20.

DI *Juha Länsiluoto*. Osoite: Nädänkatu 23, 05800 Hyvinkää.

TL *Raimo Makkonen* on nimitetty Oy Wärtsilä Ab, Taalintehtaan tuotekehityspäälliköksi. Osoite: Dalhöjden A 3, 25900 Taalintehtas.

TL *Heikki Martikka* on siirtynyt Ovako-ryhmän palvelukseen tutkimuskeskuksen tutkijaksi. Osoite: Kallenkatu 3 B 16, 55100 Imatra 10.

DI *Pauli Mattila* toimii nykyään Outokumpu Oy, Tornion tehtaiden laboratoriolta tutkimusinsinöörinä. Osoite: Jääkärintie 4, 95400 Tornio.

DI *Timo Muhonen* toimii nykyään Rautaruukki Oy, Mustavaaran kaivoksella prosessi-insinöörinä. Osoite: Taivalranta B 13, 93400 Taivalkoski.

FT *Markku Mäkelä*. Osoite: Laajakorvenkuja 2 as 8, 01620 Vantaa 62.

DI *Eija Naakka*. Osoite: Kartanopolku 3 A, 02360 Espoo 36.

DI *Osmo Norvasto*. Osoite: Lusankatu 28, 33500 Tampere 50.

I *Hannu Nurmi* toimii nyttemmin Oy Wärtsilä Ab, Taalintehtaalla valssilaitoksen osastopäällikkönä. Osoite: B 27/1, 25900 Taalintehtas.

FT *Juhani Nuutilainen*. Osoite: Liistekuja 13, 90650 Oulu 65.

DI *Jukka Palin* on nykyään Polartest Oy:n palveluksessa laadunvarmistusinsinöörinä. Osoite: Täysikuu 10 C 68, 02210 Espoo 21.

DI *Kalevi Pelkonen*. Osoite: Nuutilantie 2 as 1, 82200 Hammaslahti.

DI *Hannu Penttilä* on 31/5 -76—30/4 -77 Outokumpu Instruments Ltd palveluksessa Canadassa. Osoite: 1655 Sismet Road, Unit 7, Missisauga, Ontario L4W 1Z4, Canada.

DI *Jukka Pesonen*. Osoite: Sammalkallionkuja 3 C 25 02210 Espoo 21.

DI *Esko Pessi*. Osoite: Otsolahdentie 20 M 76, 02100 Espoo 10.

FK *Vesa Peuraniemi* on siirtynyt Rautaruukki Oy:n palvelukseen Malminetsintäosaston geologiksi. Osoite: Isokatu 82 B 12, 90120 Oulu 12.

DI *Mikko Pietilä*. Osoite: Lemminkäisentie 1 E, 95430 Tornio 3.

DI *Jorma Platan* toimii nykyään Outokumpu Oy, Viuhannin kaivoksella suunnitteluinsinöörinä. Osoite: Karsitie 3 B, 86440 Lampinsaari.

DI *Jukka Pukkila*. Osoite: Kiviahteentie 2 as 1, 37120 Nokia 2.

DI *Lassi Riihikallio* on nimitetty Outokumpu Oy:n yritysuunnittelijapäälliköksi. Osoite: Kakshuhdantie 12, 00390 Helsinki 39.

DI *Arto Riihimäki*. Osoite: Karhunkatu 16 B 10, 48600 Karhula.

I *Väinö Rinne*. Osoite: Rautamiilu C 13, 97900 Posio.

DI *Timo Roisko*. Osoite: Poppelitie 7, 67200 Kokkola 20.

DI *Esa Rousu* on siirtynyt Kemira Oy, Siilinjärven lannoitetehtaalle osastoinsinööriksi. Osoite: 71800 Siilinjärvi.

TT *Erkki Räsänen*. Osoite: Ruskontie 8 B, 92120 Raaha 2.

DI *Kyösti Saarhelo* toimii nyttemmin Outokumpu Oy, Teknillisen suunnittelun suunnitteluinsinöörinä. Osoite: Revontulentie 2 G 75, 02100 Espoo 10.

DI *Matti Saari*. Osoite: Haukantie 2, 28450 Vanha Ulvila.

DI *Lauri Saari* on nimitetty Valco Oy:n toimitusjohtajaksi.

DI *Olavi Salminen*. Osoite: Pohjolantie 23, 23360 Pori 36.

DI *Pekka Sariola*. Osoite: Pihlajakatu 4 D 22, 74130 Iisalmi 3.

DI *Kai-Markus Saurio*. Osoite: Aittakuja 1 as 6, 55610 Imatra 61.

DI *Pertti Selänne* on nimitetty Outokumpu Oy:n henkilöstöjohtajaksi.

DI *Jaakko Seppälä* toimii Kemira Oy:n kehitys- ja tutkimusosaston koerikastamon rikastusinsinöörinä. Osoite: Asematie 7, 71800 Siilinjärvi.

DI *Erik Stigzelius* arbetar numera som chefskonstruktör för gruvmaskiner vid Parkano Oy. Adress: Kiviahteentie 2 as 27, 37120 Nokia 2.

FM *Matti Suila*. Osoite: Mahlarinne 16 A, 02180 Espoo 18.

DI *Rolf Söderström* arbetar numera som ledare av specialprojekt inom gruvbranchen vid Pargas Kalk Ab.

DI *Tero Tiitola* on siirtynyt Kymi Kymmene Metallin palvelukseen Heinolan tehtaalle, missä hän toimii materiaali-päällikkönä. Osoite: Kyminsivu, 18150 Heinola 15.

DI *Markku Tili*. Osoite: Viherlaaksonranta 15 C 57, 02710 Espoo 71.

Yli-insinööri *Toivo Toivaselle* on myönnetty teollisuusneuvoksen arvonimi.

DI *Eero Toivonen*. Osoite: Forselleksentie 1—3 B 18, 02700 Kauniainen.

DI *Risto Torpo* toimii nyttemmin Rauma-Repola Oy, selluloosa- ja paperitehtaan kunnossapito-osaston päällikön apulaisena. Osoite: Telakankatu 6 B, 26100 Rauma 10.

DI *Tapani Tuisku*. Osoite: Kirvuntie 37, 02140 Espoo 14.

FL *Heikki Vartiainen* toimii nykyään Rautaruukki Oy:ssä Soklin vanhempana geologina.

DI *Pertti Voutilainen* on nimitetty johtajaksi Outokumpu Oy:ön, vastuualueenaan yritysuunnittelu ja ulkomaisen toiminnan taloudellinen valvonta ja rahoitus.

FM *Eero Wuolijoki*. Osoite: Ilomäentie 7 B 51, 00840, Helsinki 84.

DI *Esko Vuoristo*. Osoite: Rautataival D 22, 93400 Taivalkoski.

DI *Pentti Ylijoki*. Osoite: Tainionkoskentie 22 as 8, 55100 Imatra 10.

DI *Oiva Ylikotila* on nimitetty Perusyhtymä Oy:n teollisuusryhmän johtajaksi.

KIRJE TOIMITUKSELLE

Arvoisat vuorimiehet!

Miksi te kirjoittelette oman alanne asioista, kehityksestä, tapahtumista jne. vain toisillenne? Insinööriutisten päätoimittajana olen jatkuvasti havainnut sen tosiseikan, että alaanne kuuluvista asioista on jokseenkin vaikeaa saada käsiinsä täysipainoista aineistoa, joka olisi kirjoitettu muille kuin asiat perinpohjin hallitseville teknokraateille.

Insinööriutisten lukijakuntaan kuuluu yli 140 000

tekniikoista kiinnostunutta henkilöä, joten vuoriteollisuuteen perehtyneitä voi teoriassakin olla vain muutama prosentti verran. Kaikilla lienee takanaan kuitenkin joltinakin tekninen koulutus tai käytännön kokemus. Tämä suuri "muu joukko" lukisi varmasti mielellään myös teidän alastanne kirjoitettuja teknisesti yleistajuisia kirjoituksia, juttuja, uutisia.

Insinööriutisten toimituksessa ei kuitenkaan ole yhtään toimittajaa, jonka peruskoulutus olisi lähellään vuoriteollisuutta. Tarvitsemme siis ulkopuolista avustusta.

Edellä jo mainitsin — ainakin rivien välissä — vaatimukset, jotka asetamme kirjoituksille. Tärkein niistä on, että jutusta saa myös alaan vihkiytymätön henkilö kaivettua "jujun" ulos. Omille kollegoillennehan te kirjoitatte oman lehtenne palstoilla, kirjoittakaa muille teknokraateille tekniikan yleislehtien palstoilla.

Odotan puhelimeni ääressä toivorikkaana yhteydenottojanne. Uskon, että aktiivisella yhteistyöllä myös vuoriteollisuus saa arvoisensa osuuden Insinööriutisten palstatilasta.

Kirjoittamisiin *Seppo Santaholma*, päätoimittaja.

Suoritettuja tutkintoja Avlagda examina

HELSINGIN YLIOPISTO

Geologian ja mineralogian laitos

7.2.1976 tarkastettiin julkisesti fil.lis. *Matti Lehtisen* väitöskirja: "Lake Lappajärvi, A Meteorite Impact Site in Western Finland". Virallisena vastaväittäjänä toimi apul.prof. Heikki Papunen ja kustoksena prof. Heikki V. Tuominen.

Etelä-Pohjanmaalla sijaitseva Lappajärvi on pyöreähkö, pinta-alaltaan 160 km² oleva järvi, jota ympäröivä kallioperä koostuu prekambrisista kivilajeista. Vanha käsitys Lappajärven synnystä on, että se on muodostunut muinaisen tulivuoren syvälle kuluneeseen purkauskanaavaan.

Nyt tehdyt tutkimukset osoittavat, että Lappajärveen liittyy kokonainen sarja ns. shokkimetamorfisia kivilajeja. Näihin kuuluu jo vanhastaan tunnettu vulkaanista laavaa tai agglomeraattia muistuttava kärnäiitti, sueviitti, joka on kivilaji- ja mineraalifragmenttien ja erilaisten lasifragmenttien seos, sekä impaktibreksia, joka koostuu erikokoisista kivilaji- ja mineraalifragmenteista. Näistä kivilajeista vain kärnäiittiä tavataan kalliopaljastumissa.

Tutkimuksessa on kiinnitetty erityistä huomiota shokkimetamorfisen kivilajisarjan mineraaleihin. Optisia, röntgenografisia ja infrapunamenetelmiä käyttäen on selvitetty shokkimetamorfoosissa muuttuneiden mineraalien ominaisuudet. Eräästä sueviittinäytteestä pystyttiin separoimaan coesiittia. Tämä mineraali on eräs SiO₂:n korkeapainemuoto, jota on tähän mennessä tavattu vain muutamasta meteoriitin synnyttämästä räjähdyskraatterista.

Lappajärven kraatteriin liittyvissä kivilajeissa havaitut mineralogiset ja petrologiset muutokset ovat samankaltaisia kuin eräiden suurten meteoriittikraattereiden ja maanalaisissa ydinräjäytyksissä syntyneiden kraatte-

reiden kivilajeissa havaitut muutokset. Saatujen tulosten katsotaan osoittavan, että Lappajärven kraatteri on syntynyt suuren meteoriitin (asteroidin) maahan törmäyksessä ja sitä seuranneessa valtavassa räjähdyksessä. Tätä käsitystä tukevat myös Lappajärven shokkimetamorfisista kivilajeista tehdyt kemialliset analyysit, koboltti-nikkelimääritykset sekä rubidiumin ja strontiumin isotooppisuhteet.

Lappajärven kraatterin alkuperäinen läpimitta lienee ollut noin 14—17 km, ja sen keskipiste on sijainnut Kärnänsaaren itäpuolella. Kraatterin ikää ei toistaiseksi tunneta.

Filosofian lisensiaatin tutkinto:

Isokangas, Pauli: "The Mineral Deposits of Finland", tarkastajina prof. H. Tuominen ja prof. K. Rankama.

Kirjoituksessa esitetään louhinnan alaisina olleiden (v. 1974) malmi- ja teollisuusmineraaliesiintymien (kalkkikivet poisluettuna) sekä muutamien tärkeimpien loppupuun louhittujen malmiesiintymien geologiset ja mineralogiset kuvaukset sekä tuotantotiedot. Malmiesiintymät on kuvattu geneesiksen mukaan ryhmiteltyinä korostaen erityisesti taloudellisesti merkittäviä esiintymiä. Työhön kuuluu kohtuullinen määrä ajan tasalla olevia karttoja ja kuvia.

Filosofian kandidaatin tutkinto:

Nikkarinen Maria: "Moreenin hiekkafraktion mineraalikoostumuksen tutkiminen ja käyttömahdollisuudet malminetsinnässä".

Geologian ja paleontologian laitos

Filosofian kandidaatin tutkinto:

Salomaa, Risto: "Rokansalonharjun synnystä Puumalassa, Etelä-Savossa."

Tutkimuskohde, Rokansalonharju kuuluu osana pitkään harjujaksoon, joka alkaa II Salpausselältä. Kuvattu osa on noin 10 km pitkä ja sijaitsee 25—35 km II Ss:n pohjoispuolella. Harjun sijainnin, morfologian, rakenteen ja aineksen perusteella pyritään selvittämään harjun syntyä, jäätikön häviämistä ja rannan siirtymistä.

Rokansalonharju sijaitsee selvässä kallioperäpaineenteessa ja muodostaa kompleksin, joka koostuu pitkittäis- ja poikittaisharjuista, deltoista, kame-terassista ja kame-topografiasta. Silmiinpistävin piirre on lukuisat pienet deltat harjun kyljessä. Deltat on tulkittu syntyneiksi rikkoutuneessa jäänreunassa, jolloin pääuoman (harjun) lisäksi materiaalia purkaantui myös sivurailoihin. Deltojen materiaali on hienompaa kuin harjujen. Subglasiaalisissa railoissa muodostuneet harjut ovat hajaantuneet usein rinnakkais- ja poikittaisharjuiksi kun taas subglasiaaliset tunneliharjut ovat mutkaisia ja niiden laella on usein moreenikiviä.

Huomattava kuolleeseen jään topografia Rokansalonharjun yhteydessä osoittaa, että jäätikkö sulii hitaasti paikoilleen. Harjun suunta (N—S) poikkeaa selvästi uurteiden ja drumliinien suunnasta (NW—SE) osoittaen jäätikön perääntyneen eri suuntaan kuin edenneen. Deltapintojen korkeuden perusteella oli mahdollista hahmotella jäänreuna-asema Saimaan jääjärven H IV/H V vaiheen aikana. Korkeimman rannan alapuolella huomattavin ranta on Suursaimaan eroosioranta 85—86 m ymp.

OULUN YLIOPISTO

Geologian laitos

Filosofian kandidaatin tutkintoja:

Härkönen, Ilkka: "Lapin pohjamoreenin rakenteet". Tarkastajina olivat professori R. Aario ja vt. apulaisprofessori M. Saarnisto.

Tutkimuksessa tarkastellaan pohjamoreenissa esiintyviä rakennepiirteitä sekä niiden syntyä mahdollisesti jäätikön paineen ja liikkeen vaikutuksesta. Monien piirteiden havaitaan kuvastavan mannerjään liikkeen mekanisme ja näin antavan tietoa moreeniaineksen kulkeutumisesta ja kerrostumisoloista. Jäätikön vetäytymisen jälkeen esiintyneiden sekundääristen prosessien todetaan myös aiheuttaneen suhteellisen runsaasti erilaisia rakenteita pohjamoreeniin.

Rossi, Seppo Ilmari: "Ipatin—Hattusaarenkylän alueen kallioperä Pohjois-Karjalan liuskealueen koillisosassa". Tarkastajina olivat professori J. Seitsaari ja vs. apulaisprofessori Juhani Paakkola.

Tutkimusalue sijaitsee Kolin pohjoispuolella Pieliseen työntyvässä laajassa niemessä ja käsittää noin 30 km². Alueella on sekä presvekokarjalaiseen pohjaan että karjalaisiin muodostumiin kuuluvia kivilajeja. Karjalaiset muodostumat koostuvat niemen muotoa myötäilevästä leveydeltään 500 metristä kilometriin vaihtelevasta ortokvartsiittikaaresta, sen sisäpuolella sijaitsevista arkoosikvartsiiteista ja sekä kvartsiitteja että presvekokarjalaisen pohjan kivilajeja leikkaavista albiittidiabaasi- ja metadiabaasijuonista. Presvekokarjalaisen pohjan kivilajit sijoittuvat ortokvartsiittikaaren ja Pielisen rannan väliin jäävälle 0.5—1.5 km leveälle kaaren muotoiselle kaistaleelle. Tämän sisäreuna koostuu vulkanogeenista ja sedimentogeenista alkuperää olevista liuskeista, joita leikkaavat graniittijuonet. Kaaren ulkoreunaa kohti liuskeet asteittain vaihettuvat erilaisiksi gneisseiksi.

Prosessitekniiikan osasto

Diplomi-insinöörin tutkintoja:

Katila, Kaija-Leena Tellervo: "Virtausvastuksen ja zeta-potentiaalin välinen riippuvuus verkostovirtauksessa". Työtä valvoi vt.prof. Sakari Kurronen.

Kosonen, Markku Kalervo Ossian: "Selluloosa- ja paperitehtaan jätevesien BOD-kuormituksen määrittäminen, sen jakaantuminen ja pienentämismahdollisuudet". Työtä valvoi prof. Jorma Sohlo.

Kovanen, Raimo Tapani: "Raneykatalyyttien aktiivisuus typpioksidin vetypelkistyksessä". Työtä valvoi prof. Väinö Veijola.

Lahti, Seppo Tapio: "Selkeyttimen mitoituksessa huomioidettavat näkökohdat". Työtä valvoi vt. prof. Sakari Kurronen.

Pelkonen, Timo Pekka: "Eri tekijöiden vaikutus sulfaatitehtaan kemikaalitaseeseen". Työtä valvoi prof. Paavo Uronen.

Teknillisen fysiikan osasto

Diplomi-insinöörin tutkintoja:

Aksela, Raimo: "Tutkimus tietokoneohjauksen kannattavuudesta sulfaattiselluloosan vuokeitossa."

Ala-Antti, Juhani: "Jäähtymisnopeuden vaikutus eräiden 18:8 tyyppisten austeniittisten ruostumattomien teräksien herkistymiseen."

Hirvonen, Kari: "Ohjelmoitava prosessin sekvenssiohjausjärjestelmä."

Ilkko, Leo: "Tietojenkeruu ja käsittely prosessin ohjaus- ja valvontajärjestelmässä."

Kajava, Jorma: "Esiluokitusalgoritmien käyttö alfanuomeristen merkkien tunnistuksessa."

Kauppi, Tuomas: "TIG-hitsauksen vaikutus eräiden tavallisten austeniittisten terästen raerajakorroosioon."

Keski-Honkola, Pertti: "Erään digitaalisen äänentunnistuksen toteutus."

Kortela, Risto: "Kaustistamon dynaaminen malli ja simulointi."

Kyröläinen, Antero: "AISI-316-tyyppiseen lisäaineeseen MIG-hitsauksessa syntyvistä mikrorakenteista."

Lahtinen, Eero: "Valvomotekniikan ergonomia ja suunnitteluperiaatteet."

Mikkotervo, Juhani: "Digitaalinen on-line prosessisimulaattori."

Niemi, Timo: "Kuparipitoisuuden ennustaminen jauhauspiirissä."

Pöytäri, Matti: "Rautateiden kulunvalvontajärjestelmän simulaattorit."

Syvänen, Martti: "Hitsauksen lämpöjakauman mittaus ja tulostus käyttäen prosessitietokonetta."

TURUN YLIOPISTO

Geologian ja mineralogian laitos

Filosofian kandidaatin tutkinto:

Isomäki, Olli-Pekka: "Lounais-Suomen granodioriiteista". Tarkastajina prof. K. J. Neuvonen ja apulaisprof. Heikki Papunen.

Työssä on tutkittu Lounais-Suomen grano- ja kvartsiidioriittisten kivien petrografiaa sekä geokemiaa, varsinkin tavallisimpien hivenaineitten käyttäytymistä. Kivet on jaoteltu kolmeen ryhmään: tasarakenteiset grano- ja kvartsidioriitit, porfyyriset granodioriitit sekä trondhjeemiitit. Rb-Sr-jakauman avulla on määritetty kivien syntysyvyys, joissa esiintyvät erot on alustavasti korreloitu Satakunnan alueen vajoaman kanssa. On todettu mahdolliseksi granodioriittisten kivien syntyväksi kiteytyminen osittaisen sulamisen tuottamasta aineksestä. Porfyyriset kivet ovat sekundäärisesti graniittitutuneita.

Maaperägeologian laitos

Filosofian lisensiaatin tutkinto:

Salminen, Reijo: "Moreenin ja rapakallion geokemiallisista eroista". Tarkastajina prof. Kauko Korpela ja prof. Kalevi Kauranne.

Tutkimuksessa on selvitetty keski-Lapin alueelta Auger-kairauksella saadun näytemateriaalin perusteella moreenin ja rapakallion geokemiallisia ja geneettisiä eroja sekä selvitetty rapautumisprosessin luonnetta. Näytteistä analysoitiin atomiabsorptiotekniikkaa käyttäen Cu, Co, Ni, Zn, Mn ja Cr. Analyysituloksia tutkittaessa todettiin, että hivenalkuaineiden jakautumat moreenissa ja rapakalliossa poikkeavat toisistaan merkittävästi. Monimetallisuhteita ja tilastollista erotteluanalyysiä käyttäen voidaan emäksiset ja osittain intermediiärisetkin rapakallionäytteet erottaa moreeninäytteistä

analyysitulosten perusteella hyvin suurella todennäköisyydellä. Vastaavalla tavalla hivenainepitoisuuksista laskettujen monimetallisuhteiden avulla on pystytty erottamaan suppealla alueella eri-ikäiset moreenipatjat toisistaan.

Filosofian kandidaatin tutkinto:

Terho, Anneli: "Eräiden Pohjois-Satakunnan soiden stratiografiasta ja fysikaalis-kemiallisista ominaisuuksista". Tarkastajina prof. Martti Salmi ja apulaisprof. Gunnar Glückert.

Tutkielma käsittelee kolmen Pohjois-Satakunnan suon turpeiden turvelajeja, maatuneisuutta, happamuutta, vesi- ja tuhkapitoisuutta sekä fosfori-, sulfidi- ja nitraattipitoisuutta.

Rahkaturpeet ovat heikommin maatuneita, happamampia ja vähätuhkaisempia kuin saraisemmat turpeet. Edelliset ominaisuudet riippuvat toisistaan ja syvyydestä. Määritetyt fosfori-, sulfidi- ja nitraattipitoisuudet ovat pieniä, mikä onkin tyypillistä graniittialueen soille.

Tutkittujen soiden syntyolosuhteita on tarkasteltu siitepölyanalyysien avulla. Turpeiden kasvu on alkanut bo-reaalikaudella.

ABO AKADEMI

Geologisk-mineralogiska institutionen

Filosofie kandidat examen:

Kullman, Frej: "Granittektonik, greisengångar och krosszoner i Simskålaområdet, Åland."

Simskåla-området har nykarterats och de olika rapakivityperna beskrivs. En undersökning av aplitgångar ger vid handen att en dold granitkupol eller en insjunken bassäng kan ha förorsakat den markanta bågstrukturen i området. Denna struktur har dock inget samband med greisengångarna, men gångarnas riktning och förhållande till mindre förkastningar tyder på att de bildats i samband med vänsterhandsförkastningar i områdets stora krosszoner. De greisenbildande lösningarna härstammar troligen från ett massiv av porfyrisk granit, och området där detta massiv skärs av en mycket stor krosszon torde vara den mest sannolika platsen för en eventuell tennmalm.

TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Vuoriteollisuusosasto

Niskanen, Pentti: Syyskuun 27 p:nä 1975 tarkastettiin väitöskirja "Exploitation of Mineral Reserves". Vastaväittäjinä toimivat professori C. E. Carlson ja tekniikan tohtori Sakari Heikkilä sekä valvojana professori Aimo Mikkola.

Kivilahti, Jorma: Tammikuun 12 p:nä 1976 tarkastettiin väitöskirja "The Formation and Stability of the Hirth Dislocation in Aluminium-Magnesium Alloys". Vastaväittäjinä toimivat professori Anders Thölen ja tekniikan tohtori Markus Turunen sekä valvojana professori V. Lindroos.

Nelson, John: Helmikuun 20 p:nä 1976 tarkastettiin väitöskirja "Strengthening and Dislocation Interactions with Precipitates in Precipitation Hardened Copper-Iron Alloys".

Vastaväittäjinä toimivat dosentti Karri Vartiainen ja tekniikan tohtori Raimo Rätty sekä valvojana professori V. Lindroos.

Nykyään käytetään varsin yleisesti seostettuja metalleja. Tietyillä lämpökäsittelyillä saadaan seosaineet muodostamaan pieniä hiukkasia, jotka vaikuttavat perusaineen lujuuteen ja muokkausominaisuuksiin. Väitöskirjassa tarkastellaan näiden hiukkasten käyttäytymistä muokkauksen aikana, käyttäen vetokokeita, elektronimikroskooppitutkimuksia ja akustisia mittauksia.

Koemateriaalina on käytetty Cu-0.54 % Fe (kupari-rauta) -erilliskiteitä, joiden muokkauslujittumista on tutkittu. Havaintoja rakenteista on tehty elektronimikroskoopilla. Erityisesti on kiinnitetty huomiota erkaumien ja muokkauksessa syntyneiden dislokaatioiden vuorovaikutukseen. Tulosten perusteella esitetään malli muokkauslujittumisesta.

Väitöstyö tehtiin osittain HTKK:n Vuoriteollisuusosastolla Otaniemessä ja osittain OVAKOn Tutkimuskeskuksessa Imatralla.

Tekniikan lisensiaatin tutkintoja:

Makkonen, Raimo Tapio: "Eräiden eutektisten komposiittien mekaaniset ominaisuudet ja deformaatiokäyttäytyminen" professori Sulosen johdolla.

Rantanen, Heikki Kullervo: "Erään niukkahiilisen teräksen martensiittinen rakenne ja siinä tapahtuvat muutokset päästöissä" professori V. Lindroosin johdolla.

Diplomi-insinöörin tutkinnot:

Airo, Meri-Liisa: "Tutkimus suomalaisten raaka-ainelähteiden kilpailukyvästä eräiden perusmetallien tuotannosta" professori Mikkolan johdolla.

Auerkari, Pertti: "Hitsatun teräsrakenteen sitkeys ja COD sen mittana" dosentti Salokankaan johdolla.

Työssä mitattiin sitkeän rakenneteräksen hitsausliitoksen osien COD-arvoja lämpötila-alueella 140...350 °K ja lisäksi määritettiin murtopintojen ulkonäköön sekä koe-kappaleen kuormitettavuuteen perustuvia sitkeysparametreja. Odotetusti oli liitoksen haurain alue muutosvyöhykkeellä, mutta hitsi- ja perusaineen suhteellinen paremmuus riippui tarkastelutavasta, jolla myötölujuuden ja jäännösjännitysten vaikutuksia arvesteltiin.

Tulosten sekä kirjallisuustietojen pohjalta tarkasteltiin COD:n määrittämisen epätarkkuuksien, tutkittavan materiaalin ja konstruktion luonteen merkitystä pyrittäessä käyttämään COD-arvoja suunnitteluparametreina.

Eerola, Kalle: "Tutkimus kahden paineastiateräksen myöstöhalkeilutaipumuksesta" dosentti Forsténin johdolla.

Työn johdanto-osassa on pyritty selvittämään terästen myöstöhalkeilutaipumukseen vaikuttavia tekijöitä.

Työn kokeellisessa osassa on tutkittu terästen ASTM A 508 C 12 ja 12 X 2 MoA myöstöhalkeilutaipumusta. Molemmilla teräksillä pyrittiin keinotekoisesti aikaansaamaan muutosvyöhykkeen karkearakeista aluetta simuloivaa rakennetta, jollaista on havaittu esiintyvän samoilla alueilla kuin missä pinnoitteenalaisia halkeamia esiintyy. Tutkimusmenetelmänä käytettiin pääasiallisesti Murrayn relaksaatiokoetta.

Työ on osa laajemmasta projektista, jonka tarkoituksena on selvittää Cr-Mo-V -reaktoripaineastiateräksen ominaisuuksia.

Eklund, Pentti: "Tutkimus erään kuimalujan teräksen käyttöään lisäämisestä lämpökäsittelyllä" professori Lindroosin johdolla.

Työssä tutkittiin ovatko kuimalujassa pulttiteräksessä 21 CrMoV 511 virumisen aiheuttamat muutokset palautuvia, toisin sanoen, voidaanko regeneroimislämpökäsittelyllä kyseiselle materiaalille jälleen saattaa virumisen aikana menetetyt alkuperäiset ominaisuudet. Työssä havaittiin että lämpökäsittelyohjelmalla, joka sisälsi liuotushehikutuksen, normalisoinnin ja päästön, teräkselle voitiin palauttaa halutut ominaisuudet.

Harju, Pekka Kalervo: "Tutkimus austeniittisen ruostumattoman teräksen AISI 316 rekristallisaatiosta" professori Lindroosin johdolla.

Työssä on tarkasteltu kylmämuokatun teräksen rekristallisaation kulkua kovuusmittauksilla ja rakennetutkimuksilla. Rekristallisaatiohehikutus suoritettiin isotermisesti ja atermisesti, ns. ohjelmoituna rekristallisaatiohehikutuksena, jolloin käytettiin viittä eri kuumennusnopeutta. Rekristallisaation edistymistä vertailtiin näillä eri hehikutustavoilla ja tarkasteltiin kuumennusnopeuden vaikutusta rekristallisaatioon ja saavutettuihin raekokoihin.

Heino, Seppo Tapio: "Tutkimus wolframtrioksidin (WO₃) vetypelkistykseen teknologiasta" professori Tikkanen johdolla.

Työssä tutkittiin eri parametrien, lähinnä lämpötilan vaikutusta WO₃:n pelkistymiseen ja syntyvään volframiin. Volframipulverista on tutkittu SEM:illä raekokoa ja pulverin partikkelimuotoja, röntgendiffraktiometrillä sisäistä rakennetta, BET:llä ominaispinta-alaa. Syntyneitä volframipulveria verrattiin kaupallisiin W-pulvereihin. Työssä löydettiin sopivat valmistusolosuhteet hyvälle volframipulverille. Määräavimmät tekijät olivat pelkistyslämpötila, pelkistysuunin atmosfäärin H₂O-konsentraatio, sekä kerros pakkaus.

Heinonen, Pertti: "Eräiden bainitoituvien teräslaatuojen kuumasinkityksestä" professori Lindroosin johdolla.

Työssä pyrittiin selvittämään lujien pulttiterästen MoC 410 ja IB 18 bainitoitavuutta kuumasinkityksen yhteydessä suoraan austeniittialueelta sinkkikylpyyn sammuttaen. Syntyneen sinkkipinnoitteen rakennetta tutkittiin optisesti ja terästen lujuutta ja sitkeyttä sekä pinnoitteen kiinnipysyvyyttä testattiin veto- ja taivutusiskukokeissa. Muuttamalla kestoajoina sinkkikylvyssä pyrittiin ratkaisemaan edullisin pitoaika bainitoitumisen ja sinkkipinnoitteen muodostumisen kannalta.

Heljala, Toivo Antero: "Jatkotutkimuksia Mustavaaran vanadiiniprosessin liuotusjätteen pyrometallurgisesta käsittelystä" professori Tikkanen johdolla.

Työssä tutkittiin eri tekijöiden (pelkistyslämpötila, pelkistysaika, lisäaine ja pelkistystä edeltävä pellettien murskaus) vaikutusta pelkistystuotteesta, rautasienestä, magneettisesti erotetun magneettisen osuuden Fe_{met} pitoisuuteen ja epämagneettisen osuuden TiO₂-pitoisuuteen. Kokeet suoritettiin pääasiassa lämpötilassa 1200 °C. Tulokset osoittivat lisäaineen, 1 % P₂O₅ selvän parantavan vaikutuksen magneettisen osuuden Fe_{met} -pitoisuuteen ja TiO₂:n saantiin epämagneettiseen osuuteen. Samanlainen vaikutus, mutta vähäisempi, oli pelkistystä edeltävällä murskauksella. Paras tulos saatiin lämpötilassa 1200 °C kymmenen tuntia lisäaineen kanssa pelkistetylle murskeelle.

Hocksell, Veli-Erik: "Tutkimus ilma-vesi-seoksen soveltuvuudesta teräksen karkaisuaineeksi" professori Lindroosin johdolla.

Työssä tutkittiin mahdollisuuksia käyttää ilmapuhalluksen avulla vaahdotettua vettä sammutusaineena. Teoriaosassa selvitettiin sammutuksen tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä ja jäähtymisnopeuden säätelymahdollisuuksia. Kokeellisessa osassa tutkittiin vesivaahdon sammutustehoa hopeakuulakokeilla saatujen jäähtymiskäyrien ja vaahtoon sammutettujen teräskappaleiden kovuusjakautumien perusteella. Tässä työssä tutkitun vaahtoon sammutusteholla ei ollut merkittävää eroa veteen verrattuna, mikä johtui vaahtoon luhistumisesta takaisin vedeksi kuumen kappaleen ympärillä.

Hurmola, Heikki: "Materiaalin käyttäytyminen shokki- ja värähtelykuormitusten alaisena" professori Lindroosin johdolla.

Työssä pyrittiin selvittämään materiaalien käyttäytymistä dynaamisessa kuormituksessa, etenkin materiaalien lujuusominaisuuksien mahdollista muuttumista kuormitusnopeuden ja kuormituskertamäärän muuttuessa. Lähtökohtana tutkimukselle oli pyrkiä selvittämään käytännön rasitusolosuhteissa mitattujen kiihtyvyyksien vaikutusta eri materiaalien sallittuihin jännityksiin. Tutkittaviksi materiaaleiksi valittiin: laivanrakennusteräs, pronssit, alumiini, valurauta ja lujitemuovut.

Hämäläinen, Petteri: "Kaivoksen resurssien optimaalinen käyttö. Tärkeimmät kaivoksen koneet ja ammattimiesryhmät. PERT-verkkoon liittyvän resurssien allokointimenetelmän suunnittelu" professori Maijalan johdolla.

Työssä on käsitelty kriittisen polun toimintatekniikkaa eli PERT- ja CPM-menetelmiä ja pohdittu kaivoksen toiminnan jakamista projekteiksi.

Outokumpu Oy:n kaivosmalliprojekti on käsitelty ja esitetty menetelmä saatujen lähtötietojen käsittelyksi sellaisen koneaikataulusuunnittelun pohjaksi, jossa ajan käyttö olisi optimaalinen.

Outokumpu Oy:n Kotalahden kaivoksen valmistaville töille vuoden 1975 ensimmäiselle puoliskolle on laadittu PERT-verkko ja ajettu resurssit sisältävä aikataulu.

Juvonen, Olli Arimo: "Sivusuunnan mittauslaitteen suunnittelu ja testaus vastusvenymäliuskeriaaiteella" professori Mikkolan johdolla.

Mittasysteemissä sivusuuntakulman muutokset kairareissä saadaan mittaamalla reiän kaarevuus vakiovälein. Tämä tapahtuu mittaputkiston avulla, jossa on putket ja niiden välissä taipuva kappale. Kappaleeseen on kiinnitetty vastusvenymäliuskoja siltakytkenään, josta saatava jännite on verrannollinen sivusuuntakulman muutokseen. Laitetta voidaan käyttää ø 36—60 mm kairareissä, joiden kaltevuus on 30—85 ° ja suurin sivusuuntakulman muutos 5°/10 m. Sivusuunnan mittausvirhe < 10 m/500 m.

Kajatkari, Martti: "Lämpökäsittelyn vaikutus puhtaan hitsiaineen mekaanisiin ominaisuuksiin" professori Lindroosin johdolla.

Työssä on tutkittu jännityksenpoistohehikutuksen ja normalisoinnin vaikutusta seostamattoman ja Mn- ja Mo-seosteisen hitsiaineen iskusitkeyden ja veto-ominaisuuksiin. Murtopintoja on analysoitu scanning-elektronimikroskooppilla.

Karlström, Esa: "Johdinalumiinin sähkönjohtavuus" professori Sulosen johdolla.

Työssä pyrittiin selvittämään johdinalumiinin ominaisvastukseen vaikuttavia tekijöitä. Työssä todettiin, että liuostilassa olevilla epäpuhtauksilla on ratkaiseva merkitys. Plastisen deformaation aiheuttamat hilaviat kohottavat ominaisvastusta vain vähän. Työssä tutkittiin, minkälaisilla lämpökäsittelyohjelmilla saataisiin alumiinissa ylikyllästeisinä olevat rauta ja pii erkautumaan. Lisäksi tutkittiin mahdollisuutta sitoa liuostilassa epäpuhtauksina olevat Cr, Ti ja V alumiiniin liukenemattomiksi bori-eksi.

Kaunisto, Pirjo: "Alumiinin anodinen liuotus flokkausmekaaniksi selluloosateollisuuden jätevesiin" apul.prof. Yläsaaren johdolla.

Työssä todettiin, että alumiinin liuottaminen anodisesti selluloosateollisuuden jätevesien sähkökemialliseksi puhdistamiseksi on pitkälle hallittavissa seostuksella, liuosjärjestelyillä ja virrantiheyden säädöllä.

Pitempiaikaiset (85 h) liuotuskokeet osoittivat 10 %:n sinkkiseostuksen vähentävän alumiinin passivoitumista ja veden lyhyen reaktioastiasa tapahtuvan viipymäajan (4 min) sekä suuren virrantiheyden (13,3 mA/cm²) ja navanvaihtotekniikan pitävän elektrodit puhtaina.

Sähkökemiallisen vedenpuhdistusmenetelmän suurinmaksimi kustannustekijäksi muodostui sähkön hinta, mutta kustannuksia voidaan pienentää esim. ottamalla huomioon elektroflotaation ansiosta lyhentynyt selkeytysaika ja veden uudelleen käyttömahdollisuus pesuprosesseissa.

Koivisto, Ari: "Vanadiini-typpi-mikroseostetun hiili-mangaaniteräksen kuumavalssausten simulointi kuuma-kiertokoneella" professori Lindroosin johdolla.

Työssä tutkittiin kolmen vanadiini-typpi-mikroseostetun hiili-mangaani-teräksen, joiden analyysit poikkesivat toisistaan alumiini- ja tyypipitoisuuden osalta, kuuma-kuokattavuutta ja muodonmuutoslujuutta kuumamuokkauksen aikana simuloimalla kuumavalssausta kuuma-kiertokoneella. Huomiota kiinnitettiin myös muokkauksen jälkeen syntyvään ferriitin raekokoon sekä mikroseosaineiden erkautumiseen muokkausprosessien simulointikokeiden aikana.

Koivula, Eljas: "Titaanin hitsauksessa esiintyvän huokoisuuden syyt ja sen estäminen" professori Sulosen johdolla.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli löytää optimiolosuhteet titaanin hitsaukseen ja estää hitsauksessa syntyvä huokoisuus. Titaanin metallurgista rakennetta, fysikaalisia, kemiallisia ja mekaanisia ominaisuuksia selvitettiin hitsauksen kannalta. Erityisesti tutkittiin vedyn ja kosteuden vaikutusta huokoisuuden muodostajana. Huokoisuuteen vaikuttavina hitsausparametreinä tutkittiin virranvoimakkuutta, jännitettä, hitsausnopeutta sekä argonin virtausnopeuksia polttimeen, suojakenkään ja juuripolelle. Liitosten esivalmisteluina tutkittiin leikattuja ja työstettyjä reunoja sekä peittäusta. Uutena huokoisuuden estämiskeinona kokeiltiin myös hitsausjuoksuttimen käyttöä.

Koski-Lammi, Antti: "Tutkimus kuparin liukoisuudesta rautasilikaattikuonaan" professori Tikkasen johdolla.

Työssä tutkittiin kuparin liukoisuutta rautasilikaattikuonaan tasapainotettaessa Cu-Cu₂S-kuona-systeemi rikkidioksidipitoisen (N₂-SO₂) atmosfäärin kanssa ja liukoisuuden riippuvuutta kaasufaasin rikkidioksidin osapaineesta. Tutkimuksessa pyrittiin kontrolloimaan erityisesti liukoisuuden kannalta olennaiset termo-

dynaamiset tekijät: kuparin, hapen ja rikin aktiivisuudet.

Laakso, Vesa: "W Cu30-kontaktimateriaalin valmistaminen" professori Tikkasen johdolla.

Työssä tutkittiin volframijauheen raekoon, kuparin liiäsymuodon, puristuspuheen, esisintrauksen, kuparin imeytysajan ja -tavan sekä näytteen jäähdytysnopeuden ja alustan asennon vaikutusta imeytysmenetelmällä valmistetun W Cu30-kontaktimateriaalin rakenteeseen, jäännöshuokoisuuteen ja kovuuteen. Volframijauheen sintrautumista ja tuotteen rakennetta tutkittiin SEM:n ja valomikroskoopin avulla. Näytteen jäännöshuokoisuus määritettiin laskennallisesti.

Lisäksi tutkittiin kuparin ja volframin välisen kostu- tuksen riippuvuutta kuparin S-pitoisuudesta optisen dilatometrin avulla sekä määritettiin käytetyille W-jauheille kuparin diffuusionopeus huokoisessa volframissa käyttäen koetta varten suunniteltua uunilaitteistoa.

Parasta kontaktimateriaalia saatiin, kun

- (1) käytettiin karkeata (5,2 μm) W-jauhetta,
- (2) voiteluaine lisättiin W-jauheeseen tehokkaasti sekoittaen 80 °C:n lämpötilassa,
- (3) jauhe puristettiin 30 p%:n Cu-pitoisuutta vastaavaan huokoisuuteen,
- (4) puristetta esisintrattiin vetyatmosfäärissä 1100 °C:n lämpötilassa 30 minuuttia,
- (5) kupari imeytettiin syntyneeseen W-runkoon alustan pinnalla 1100 °C:n lämpötilassa 20 minuutin kuluessa,
- (6) imeytys suoritettiin kaltevalla grafiittialustalla erittäin puhtaasta kuparilaatua käyttäen ja
- (7) tuote jäähdytettiin kaltevalla alustalla hitaasti huoneenlämpötilaan.

Laatio, Eero: "Kotalahden kaivoksen tuuletuksen uudelleenjärjestely" professori Maijalan johdolla.

Kotalahden kaivoksen tuuletusjärjestelmä oli käynyt liian pieneksi tuuletusilmamäärän ja ilmavirtausten ohjaamisen kannalta. Voimakas koneellistuminen on suurin syy tuuletuksen riittämättömyyteen.

Työssä laskettiin uusi kokonaisilmamäärä pitäen mitoitusterusteena nimenomaan diesel-pakokaasujen aiheuttama epäpuhtaus kaivoksessa.

Uudeksi kokonaisilmamääräksi saatiin arvioitua noin 370.000 m³/h, mikä vastaa 2,5 m³/h käytössä olevaa hevosvoimaa kohden.

Ohjausjärjestelmän suunnittelussa käytettiin hyväksi Outokumpu Oy:n tuuletusmallia.

Mäkipere, Juha: "Tutkimuksia Imacro-teräksen korrosioväsymisestä merivedessä" apul.prof. Yläsaaren johdolla.

Oravainen, Heikki: "Tutkimus nikkelisulfidien vaahdotamisesta Vuonoksen rikastamon luokituspiirin syklonin alitteesta" professori Hukin johdolla.

Laboratoriovaahdotuskokeilla osoitettiin, että nikkeli-pitoisten sulfidien vaahdotus on suoritettavissa seulotusta syklonin alitteesta sekä ksantaatteja että tiofosfaatteja kokoojareagensseina käyttämällä. Silikaattien painamiseen soveltuivat parhaiten CMC ja lignosulfonaatti.

Kokeissa pystyttiin tuottamaan 2,5–3 % Ni ja alle 10 % silikaatteja sisältävää rikastetta 90–95 %:n saannilla. Nikkelin saantitappio varsinaiseen jätteeseen oli alle 2 % jätteen Ni-pitoisuuden ollessa 0.02 %. Osa nikkelistä sisältyi kertausjätteisiin.

Vaahdottamalla sulfidit syklonin alitteesta pystytään välttämään ylihienoksi jauhautuneen talkin vaahdotukselle haitallinen vaikutus.

Pajari, Juha Pekka: "Kiven käyttäytymisestä iskuporauksissa" professori Maijalan johdolla.

Pulliainen, Matti: "Kovakromaus ja sen korrosio, erityisesti meriolosuhteissa" apul.prof. Yläsaaren johdolla.

Pääkkönen, Juha: "Zr-1 % Nb-seoksen hapettuminen jäädytteenmenetysolosuhteissa" dosentti Forsténin johdolla.

Työssä tutkittiin Zr-1%Nb-seoksen hapettumista ja deformaatiomuutoksia lämpötilavälillä 700...1200 °C suoritetussa GLEEBLE-kokeessa. Oksidikalvon paksuus määrättiin teoreettisesti ja mitaamalla. Oksidin halkeilua tutkittiin sekä optisella että pyyhkäisyelektronimikroskooppilla. Koeputkien deformaatioprofiileista määrättyjä venymiä on verrattu tyhjiössä suoritetun kuumavetokokeen tuloksiin.

Salo, Kari Tapani: "Korkeassa lämpötilassa toimivan pyörrepatjareaktorin suunnittelu ja koeajo" vt.prof. Liiluksen johdolla.

Työssä suunniteltiin pyörrepatjareaktori pienois-pilotplant-mittakaavassa. Tarkoituksena oli kehittää laitteisto lähinnä kiinteän polttoaineen kaasuttamiseksi, mutta jota voitaisiin käyttää pienin muutoksin myös muihin tarkoituksiin.

Kehitetty kaasutuslaitteisto koostuu seuraavista osista: reaktori (joka on pystysuora keraamisesti vuorattu putki, sisähalkaisija 15 cm, korkeus 2 m) syöttölaitteineen, kaasunkäsittelylaitteet (syklonit, venturipesurit), näytteenottosysteemi ja kaasun hävittämiseksi polttouuni.

Koeajossa päästiin ilmakaasutuksella kaasukoostumukseen: CO_{max} 24 %, H_{2max} 17 %, N₂ n. 50 %. Reaktiolämpötila vaihteli välillä 900—1000 °C.

Sammalisto, Sorri Juhani: "Kaivosmittauksen nykytilanne, kustannukset ja tulevaisuuden näkymät" professori Mikkolan johdolla.

Työssä perehdyttiin kaivosmittauksen käyttämiin laitteisiin ja menetelmiin sekä sen kustannuksiin. Koska työ tehtiin Outokummun kaivoksella, on pääpaino annettu Keretin, Vuonoksen ja Hammaslahden kaivoksilla käytetyille menetelmille.

Kustannuksia on tarkasteltu vuosien 1972, -73 ja -74 kustannustietojen perusteella.

Lähitulevaisuuden kehitystä kaivosmittausalalla on pyritty valottamaan lähinnä tutustumalla uudenaikaisempiin laitteisiin. Lisäksi kehitettiin välitasolouhosten kartoitukseen soveltuvaa profiilikuvauslaitteistoa.

Savisalo, Hannu: "Sinkinkato armatuurimessingeissä" apul.prof. Yläsaaren johdolla.

Seeste, Antti Veikko: "Tutkimus kupari- ja lyijyrikasteen erottumisesta Vihannin Pb-Cu-yhteisrikasteesta sekä lyijyrikasteen laadun parantamisesta" professori Hukin johdolla.

Työssä on tutkittu Vihannin Pb-Cu-yhteisrikasteen erotusvaahdotusta. Tarkoituksena oli löytää nykyisin käytettävän dikromaattimenetelmän tilalle toinen menetelmä. Parhaat tulokset saavutettiin käyttämällä lyijyjohteen painajana karboksimeetylselluloosaa (CMC). Lisäksi työssä tutkittiin mahdollisuuksia nykyisen lyijyrikasteen laadun parantamiseksi poistamalla siitä ajoittain runsaastikin esiintyvät silikaattimineraalit. Lupaavimmat tulokset tässä saavutettiin käyttämällä CMC:tä ja vesilasias yhdessä silikaattimineraalien painajana.

Siirama, Lauri Olavi: "Rautuvaaran malmiesiintymän Mustan malmion alustava louhintasuunnitelma" professori Maijalan johdolla.

Työssä esitetään Rautuvaaran malmiesiintymään liittyvän Mustan malmion louhintasuunnitelma. Työ käsittää louhintamenetelmän valinnan perusteluineen ja varsinaisen louhintasuunnitelman, johon kuuluvat valmistavat työt (perät, nousut ym. louhittavat tilat) ja aputoiminnot (tuuletus, vedenpoisto, vesi- ja paineilmasysteemit ym.). Lisäksi työssä on käsitelty louhinnan ajoittamista muun kaivostoiminnan yhteyteen ja louhinnan kannattavuutta.

Stara, Hjalmar Arnold: "Övervakning av tryckkärl hos kärnkraftverk med tillhjälp av övervakningsprovstavar" dosentti Forsténin johdolla.

Neutronstrålningens höjer omslagstemperaturen för sprött brott för de ferritiska tryckkärlsstål, som används i en reaktor. Denna förändring av omslagstemperaturen varierar även mellan olika smältor av samma stål, varför man måste övervaka förändringen under reaktorns hela användningstid. I diplomarbetet beskrivs hur ett övervakningsprogram bör planeras och vilka faktorer, som påverkar stålets försprödning, dessutom presenteras resultat från några reaktorer. Hittills är alla resultat tillfredsställande.

Tikkamäki, Seppo: "Kuumamuokkauksen vaikutus 0,5 ja 9 prosenttia nikkeliä sisältävien terästen sellirakenteeseen ja lujuuteen" professori Lindroosin johdolla.

Työssä tutkittiin vetämällä tapahtuvassa kuumamuokkauksessa eri lämpötiloissa (600—700 °C) ja eri muodonmuutosnopeuksilla mikroseostettuun teräkseen sekä 5-%:iseen ja 9-%:iseen nikkelteräkseen syntyvää sellirakennetta. Lisäksi mitattiin suoritettujen käsittelyjen vaikutus lujuuteen. Työssä kiinnitettiin huomiota myös nikkelteräksissä kuumamuokkauksen yhteydessä tapahtuviin faasinmuutoksiin.

Tossavainen, Petri: "Tutkimus öljynkuumennusuunien metallisten materiaalien korroosiosta korkeissa lämpötiloissa" apul.prof. Yläsaaren johdolla.

Työssä tutkittiin Neste Oy:n Naantalın jalostamon öljynkuumennusuunien tuupinkannattimien korroosiota, siihen vaikuttavia tekijöitä, sen aiheuttamia kustannuksia sekä mahdollisia korroosionestotoimenpiteitä. Suoritettujen lämpötilamittausten, korroosiotuote- ja polttoaineanalyysien perusteella todettiin korroosioon voimakkaimmin vaikuttavana tekijänä olevan uuneissa polttoaineena käytettävän raskaan polttoöljyn epäpuhtautena sisältämien natrium- ja vanadiiniyhdisteiden, jotka muodostavat palamisprosessissa alhaalla sulavia metallien syöpymistä katalysoivia oksidiseoksia.

Koekappaleilla suoritettujen materiaalikokeiden avulla todettiin ns. 50/50-tyyppisten krominikkeliseosten kestävä parhaiten uuneissa vallitsevissa olosuhteissa.

Uotinen, Timo Juhani: "Mn-Mo-Nb-teräksen mikrorakenne ja ominaisuudet kahden faasin alueella suoritettujen valssauksen jälkeen" professori Lindroosin johdolla.

Työssä tutkittiin kaksifaasi-, (γ + α)-, alueelle ulotettua kontrolloidun valssauksen vaikutusta erään niukahiilisen Mn-Mo-Nb-seosteisen maakaasuputkiteräksen mikrorakenteeseen ja mekaanisiin ominaisuuksiin. Mikrorakenteen ja ominaisuuksien todettiin vaihtelevan hyvin vähän tutkittujen valssausmuuttujien funktiona. Vetokokein todettiin, ettei teräksellä esiinny myötörajaa tutkituilla hehkuslämpötilan ja valssauksen loppulämpötilan yhdistelmillä. Kylmänä suoritettu taivutus-oikaisumuokkaus lujitti terästä, ts. Bauschinger-efektiä ei esiintynyt.

XII KANSAINVÄLINEN RIKASTUSTEKNIIKAN KONGRESSI

XII kansainvälinen rikastustekniikan kongressi pidetään 29. 8.—3. 9. 77 Sao Paulossa Brasiliassa. Esitelmälyhennelmien deadline on 30. 6. 76. Lyhennelmät tulisi lähettää osoitteella

Prof. Paulo Abib Andery — Secretario Ejecutivo
Aos c/ALCANTRA MACHADO CONGRESSOS
Rua Gabriel dos Santos, 419
CEP 02131 — Sao Paulo — SP — BRASIL

Tarkempia tietoja kongressista saa Kari Heiskaselta
Teknillinen Korkeakoulu
Vuoriteollisuusosasto, rikastustekninen lab.
Vuorimiehentie 2 A
02150 ESPOO 15
puh. 90/469 6029

KAUKOKARTOITUS, MENETELMÄ MAANKAMARAN TUTKIJOILLE?

Maankamاران yksiköistä heijastuu ja emittoituu sähkömagneettista säteilyä, jota mitataan ja käytetään hyväksi yksiköiden tunnistamiseen ja rajaamiseen. Tältä pohjalta on vuoden 1975 puolella aloittanut toimintansa Vuorimiesyhdistyksen työkomitea n:o 50 "kaukokartoitus malminetsinnässä". Vuoden 1976 toimintaan kuuluu mm. raportin aikaansaaminen aihepiiristä.

Kaukokartoitukseen tustutumiseen kansainvälisellä tasolla tarjoutuu tilaisuus tulevana kesänä 11.—23. 7. 1976 Otaniemessä, missä pidetään XIII kansainvälisen fotogrammetrisen seuran kongressi. Kongressi jakaantuu tieteellisiin kokouksiin seitsemässä komissiossa, joista komissio VII käsittelee nimenomaan kaukokartoitusta kahdeksassa varsinaisessa ja kahdessa järjestäytymiskokouksessa. Aihepiirinä on mm. luonnonvarojen kaukokartoitus ja tulkintamenetelmät. Esitelmät tulkitaan englanniksi, ranskaksi ja saksaksi. Kokouspaikkana on TKK:n luentosalit.

Kongressiin liittyy kaupallinen, tieteellinen ja jäsenseurojen näyttely. Niistä laajin, kaupallinen, on Otahallissa, missä esitetään kojevalmistajien tuotantoa uutuuksineen ja palvelutoiminimien työmenetelmiä sekä tuloksia. Jäsenseurojen sekä opetus- ja tutkimuslaitosten tieteelliset näyttelyt viimeisine tutkimustuloksineen ovat nähtävinä TKK:n arkkitehtiosaston tiloissa.

Vuorimiesyhdistys ry:n jäsenille antaa tämä kongressi hyvän tuntuman kaukokartoitukseen menetelmänä, johon yhdistyksessämmekin tullaan ottamaan kantaa lähitulevaisuudessa.

Lähempiä tietoja ohjelmasta, ilmoittautumisesta yms. saa kongressin sihteeristöltä puh. 90-4696515 tai osoitteella ISP Congress Helsinki 1976, 02150 Espoo 15.

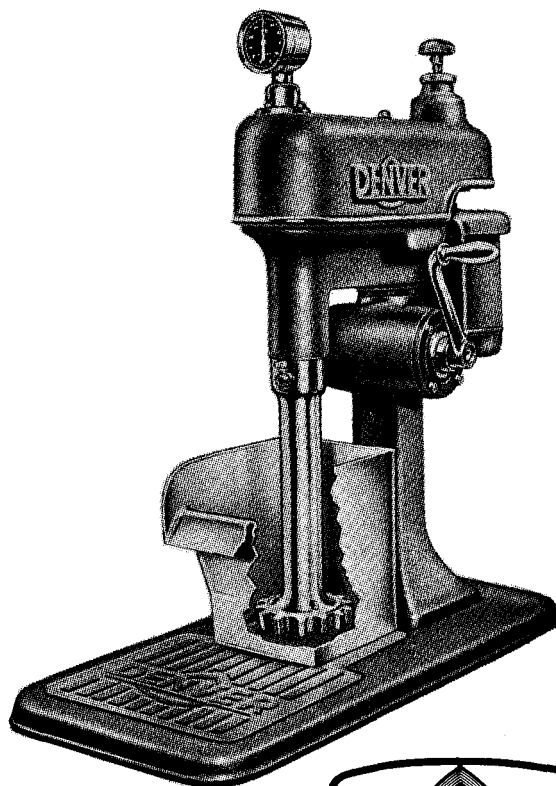
Jouko Talvitie

EAPKY

Vuosikokous Museossa
Orvokkina

Hallitus

Laboratoriovaahdotuskone Denver malli D12.



Kaksi vaihdettavaa jouksupyörää ja valmentajaosa.

Suurempi juoksupyörä esivaahdotusta varten, pienempi kertausta varten.

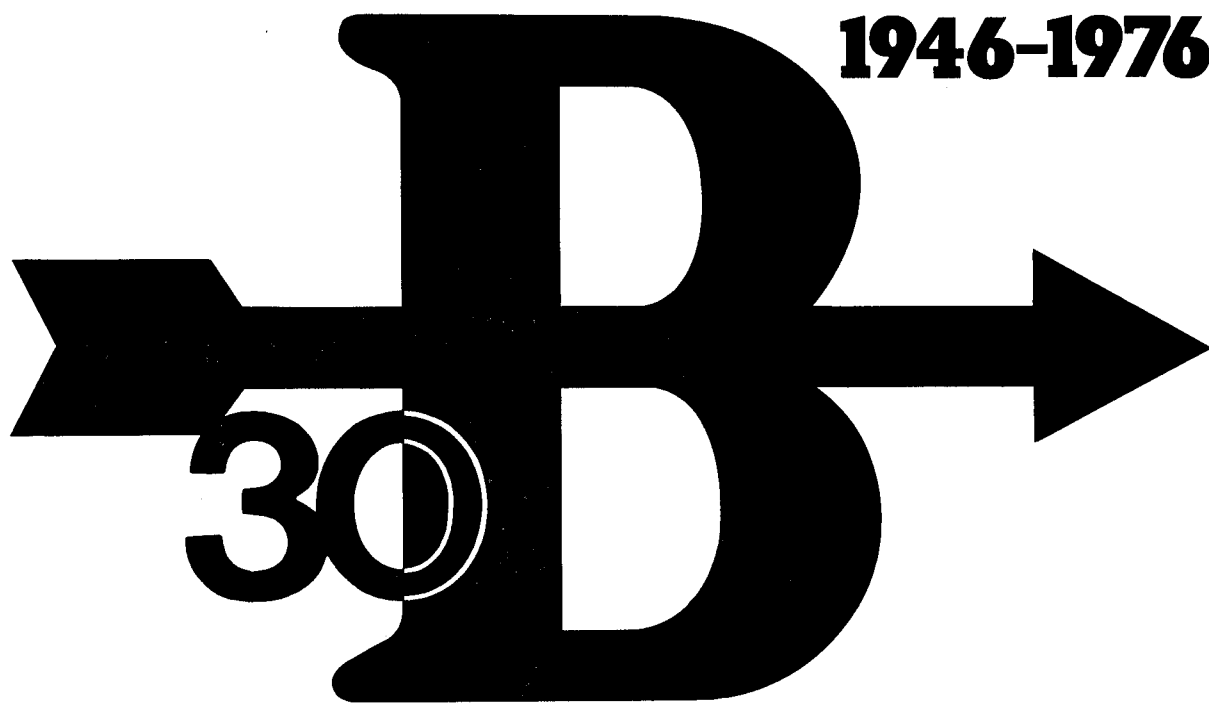
Ruostumattomat teräsastiat
250, 500, 1.000 ja 2.000 g.

**KYSYKÄÄ
SEIKKAPERÄISEMPÄÄ
ESITTELYÄ
MEILTÄ!**

OSAKEYHTIÖ *Ekströmin* KONELIIKE

00101 Helsinki 10 · PL 310
Puh. 90-171 421

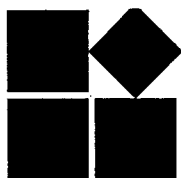
1946-1976



OY SUOMEN BOFORS AB

KUN TARVITSETTE

**kvartsihiekkää, luonnonhiekkää
bentoniittiä, kalkkia,
kalkkikiveä, sementtiä**



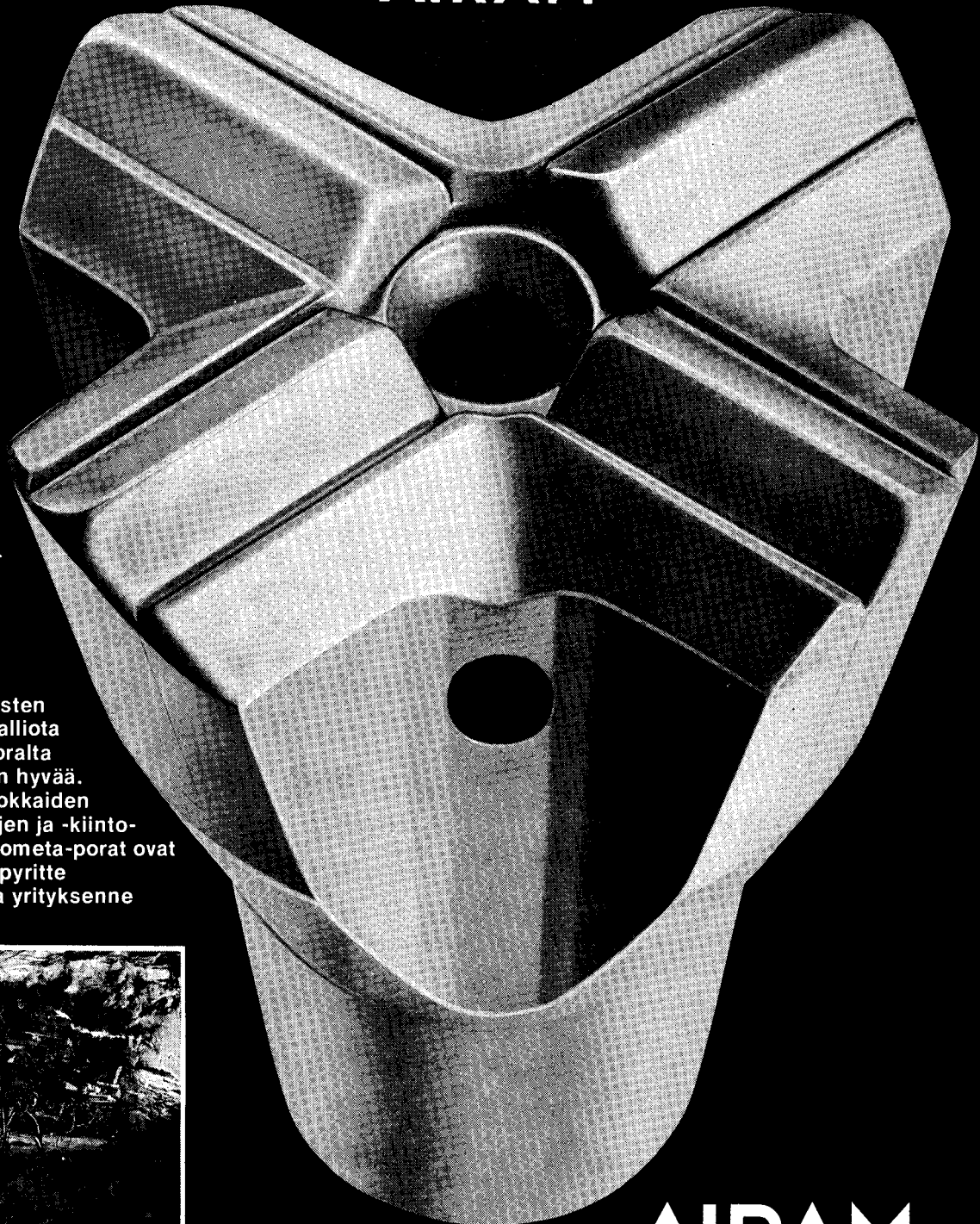
**OY LOHJA AB
SEMKA**

08700 Virkkala, puh. 912-41 511

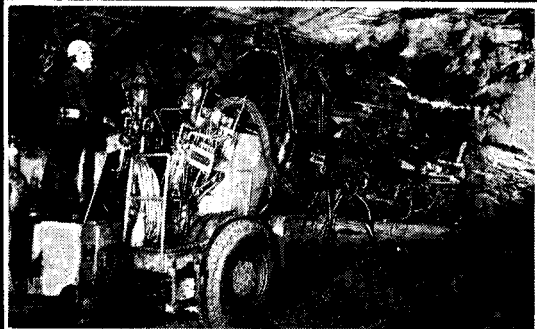
Kovaan työhön Kometa

M&S

AIRAM



Poraaminen on kovien miesten kovaa työtä. Taistelussa kalliota vastaan vaaditaan myös poralta paljon. Vain paras on kyllin hyvää. Tämä on lähtökohtana tehokkaiden Kometa-jatkotankokalustojen ja -kiintoporien valmistamisessa. Kometa-porat ovat oikea ratkaisu silloin, kun pyritte taloudelliseen tulokseen ja yrityksenne menestymiseen.



KOMETA

Kiintoporat,
jatkotankokalustot,
tarvikkeet.

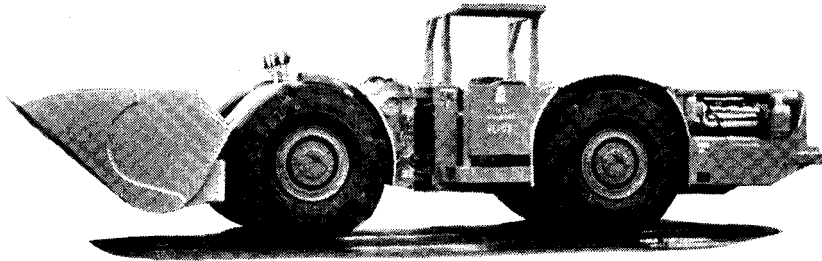
AIRAM
on paljon muutakin

PALARAUTA OY

Pitkäsillanranta 1 A 17 00530 Helsinki 53 puh. 772 373

**PANOSTUSVALMISTA ROMUA TERÄSSULATOILLE JA VALIMOILLE
ROMUJEN KONEELLISTA LEIKKAAMISTA LASKUTYÖNÄ**

WAGNER ST-5 sarjan koneilla on lastattu enemmän maan alla kuin millään muulla pyöräkone-mallilla. Kehitysvaihe tänään on työjuhta mallia ST-5E. Sen suunnittelussa on käytetty hyväksi kaikki saatu kokemus. Siinä on 44 parannusta verrattuna edeltäjänsä ST-5A:han. Siinä on nekin parannukset, joita juuri Suomen kaivokset ovat halunneet.



WAGNER ST-5E

- Pituus 914 cm
- Leveys 244 cm
- Korkeus 163 cm
- Työpaino 22 t
- Kantokyky 7 t
- Kääntösäde sis. 3,1/ul. 6,3 m

WAGNER ST-5E:ssä on järeyttä, sopivuutta ja mukavuutta. Se on tehokas, mutta käyttökustan-
nuksiltaan silti entistä edullisempi.

KYSY LISÄÄ!

Maahantuojat:



OY HANS PALSBO AB

Pulttitie 20 Helsinki 81 puh. 782 100

Telex 12—434

Ilmoittajat - Annonserer

Airam/Kometa
Algol
Asea
Ekströmin Koneliike
Enso
Kemira
Knorring
Kockums
Lohja Oy
Myllykoski Oy
Normet/Orion
Outokumpu
Ovako
Palarauta
Hans Palsbo

Partek
Rautakonttori
Rautaruukki
Rotator
Suomen Bofors
Suomen Malmi
Tampella/Tamrock
Tecalemit
Tallberg/Vuorikoneosasto
Tallberg/Atlas Copco
Tulenkestävät Tiilet
Witraktor
Vitrifer
Volvo

Rouva Karin Stigzelius hoitaa Vuorimiesyhdistys r.y:n jäsenkortistoa, joten pyydämme Teitä ilmoittamaan mahdollisista paikan- tai osoitteenmuutoksista suoraan hänelle.

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

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

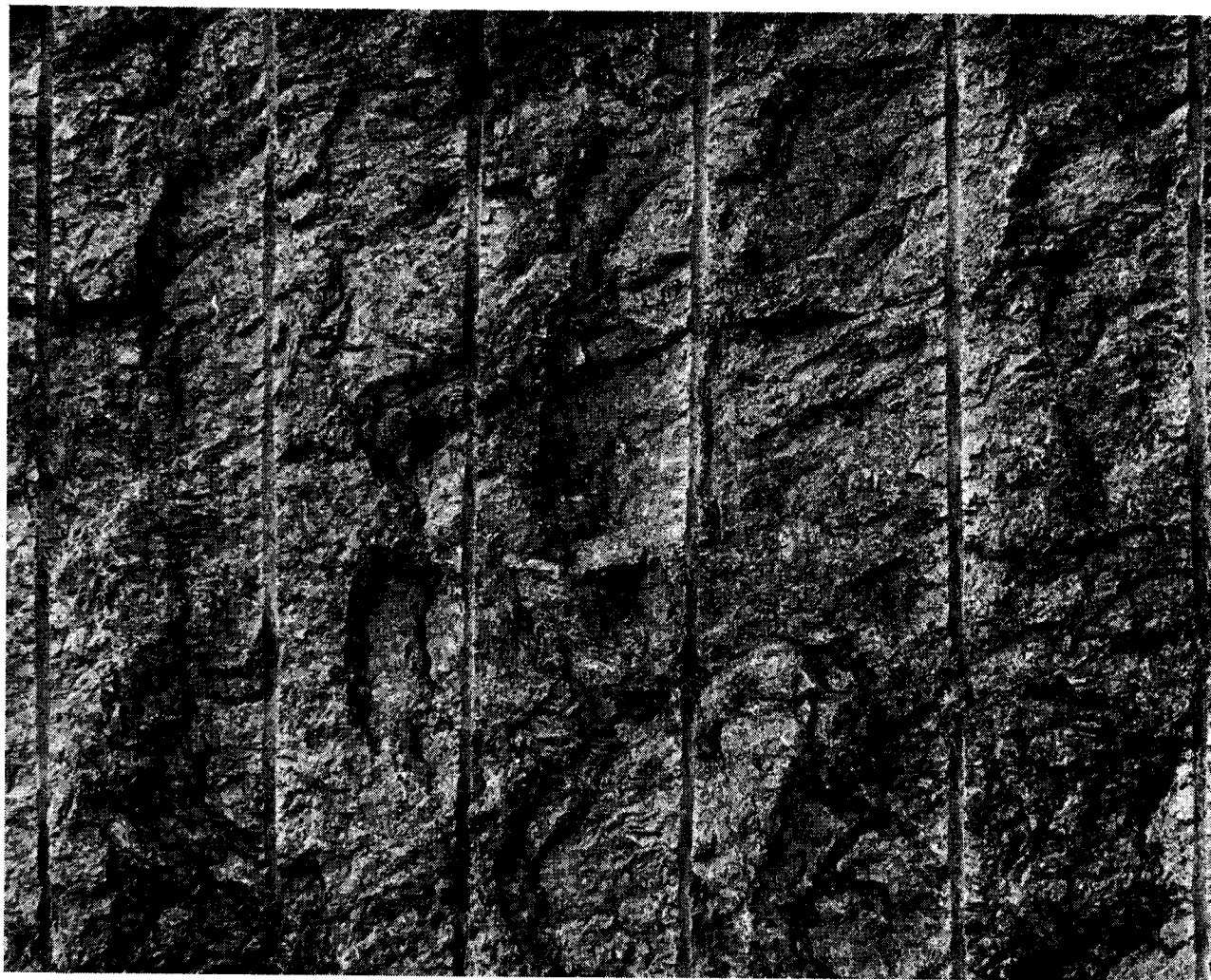
Tel. 90-427 260, adress: Ångskullavägen 5
C 20, 02200 Esbo 20.

Vuorimiesyhdistys - Bergsmannaföreningen ry:n tutkimus- ja julkaisut

Tutkimus- seloste n:o	hinta	
1 "Kulutusta kestävä materiaali"	loppunut	
2 "Malmiteknillinen näytteenotto"	"	
3 "Jatkotankoporausta"	"	
4 "Öljypolttimet"	11,50	
5 "Maakairaus ja pliktaus"	11,50	
6 "Putket ja rännit"	11,50	
7 "Jatkotankoporauksen sovellutus lou- hintaan"	11,50	
8 "Jäännösanomalia- ja gradienttikartto- jen käytöstä malminetsinnässä"	11,50	
9 "Rikastamoiden jätteen alueiden järjestely Suomen eri kaivoksilla"	11,50	
10 "Kuilurakenteet"	11,50	
Liite n:o 10:een Tutkimus- seloste n:o	"Kuilunajoa käsittelevää kirjalli- suutta"	5,60
11 "Raakkulaimennus"	11,50	
12 "Maamme vuoriteollisuuden uusimpien teollisuusrakennusten katto- ja ulko- seinärakenteet"	56,—	
Piirustusliite n:o 12:een Tutkimus- seloste n:o	loppunut	
13 "Vedenpoisto kaivoksesta"	loppunut	
14 "Suunnan ja kaltevuuden mittaus sy- väkairauksessa"	17,—	
15 "Näytteenotto geokemiallisessa mal- minetsinnässä"	loppunut	
Kuvallite n:o 15:een Tutkimus- seloste n:o	loppunut	
16 "Jauheiden kuivatus"	15,—	
17 "Pölyn talteenotto"	11,50	
18 "Geokemiallisten näytteiden käsittely ja tulosten tulkinta"	50,—	
19 "Kulutusta kestävä materiaali" — n:o 1:n täydennys	11,50	
20 "Rikastamoiden instrumentointi"	20,—	
21 "Räjähdyksineet ja räjäytysvälineet"	27,—	
22 "Tulenkestävät keraamiset materiaalit"	20,—	
24 "Kaivosten ja avolouhosten geologinen kartoitus"	20,—	
25 "Geofysikaaliset kenttätutkimukset I — Paino- voimamittaukset"	20,—	
27 "Kallion rakenteellisten ominaisuuksien vaikutus louhittavuuteen"	45,—	
28 "Kalkin käyttö metallurgisessa teolli- suudessa"	15,—	
29 "Lämmön talteenotto metallurgisessa teollisuudessa"	50,—	
31 "Pakokaasujen käsittely maanalaisissa tiloissa: Selvitys normi- ja toimen- pide-ehdotuksineen"	20,—	
32 "Seulonta"	40,—	
33 "Louhintaurakkasopimuksen laatimis- ohjeet"	15,—	
Louhintaurakkasopimuskavaake	2,—	
34 "Geologisten joukkonäytteiden analy- sointi"	50,—	
36 "Pakokaasukomitea — selvitys tutki- mustyön jatkamisedellytyksistä"	15,—	
39 "ATK-menettelmien käyttö kallioopera- kartoituksissa"	25,—	
40 "Kaivosten jätteen alueet ja ympäristön- suojelu"	45,—	
42 "Kaivosten työympäristö"	50,—	
44 "Geologinen näytteenotto"	50,—	
"Kaivosten turvallisuusopas"	loppunut	
(myös ruotsinkielisenä)		
"Räjähdysohje" (2. painos)	4,—	
"Kaivosmiehen käsikirja"	5,—	
"Kaivossanasto"	8,—	
"Kalliomekaniikan päivät 1967"	35,—	
"Kalliomekaniikan päivät 1968"	40,—	
"Kalliomekaniikan päivät 1969"	40,—	
"Kalliomekaniikan päivät 1970"	40,—	
"Kalliomekaniikan päivät 1971"	40,—	
"Kalliomekaniikan päivät 1972"	45,—	
"Kalliomekaniikan päivät 1973"	50,—	
"Kalliomekaniikan päivät 1974"	50,—	
"Kalliomekaniikan sanasto"	10,—	
Koulutusmonistheet:		
INSKO		
106—73		"Terästen lämpökäsittelyn erikoiskysy- myksiä" 45,—
49—74		"Sänkkimetallurgi-Senkkametallurgia" 45,—
90—74		"Investoinnit ja käyttöalaskenta metal- lurgisen teollisuuden toiminnan oh- jauksessa" 45,—
45—75		"Materiaalitoimitusten laadunvalvon- takysymyksiä metalliteollisuudessa" 45,—
VMY		"Kotimaiset rikastuskemikaalit" 30,—
		"Vuoriteollisuus-Bergshanteringen"- lehden aikaisempia irtonumeroita 5,—
		"Vuoriteollisuus-Bergshanteringen"- lehden vuosikerrat 1943—1975 sidot- tuna 500,—

Julkaisuja ja lehtiä voi tilata yhdistyksen rahastonhoitajalta TkL Heikki Aulangolta osoitteella:

Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.
PL 27, 02101 ESPOO 10
tai puh. 90 - 421 3502.



VIHTAVUORI

varmaa voimaa

Räjähdysaineet **Sytytystarvikkeet**

dynamiitti

aniitti

silosex

silosex-putkipanokset

ammoniitti

slurry

PV-nallit

UR-nallit

VA-nallit

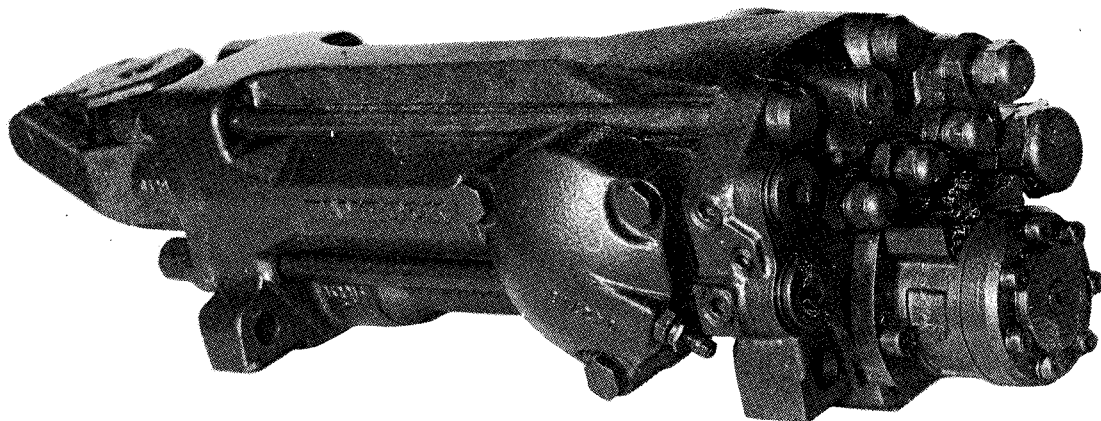
SEA-nallit

tulilankanallit

tulilangan sytyttimet

KEMIRA

hydraulinen porakone HE 425



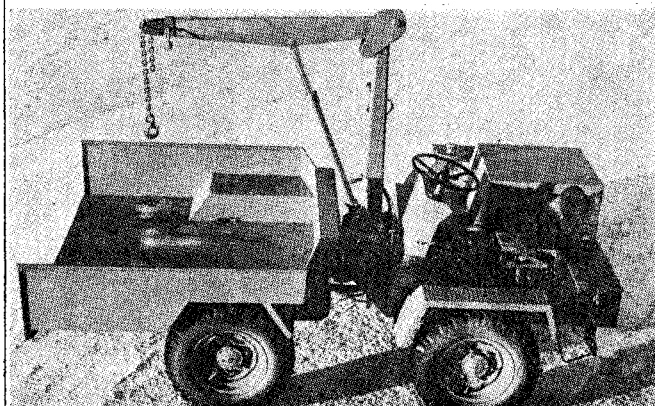
TAMROCK

TAMPELLA-TAMROCK
SF-33310 Tampere 31, Finland
Phone 931-431 411, Telex 22 193 rock sf

NORMET- kaivosajoneuvot

PK-3000 ja uusi nostolava

- tukeva, kevyt kotelopalkkirakenne
- kallistettava työskentelytaso $\pm 15^\circ$
- hydrauliset lavan levikkeet, myös jatkopankko mahdollinen
- työkorkeus 1,1—3,7 m
- nostokuorma maksimi 1000 kg
- peruskoneena luotettava PK-3000 (joko 60 tai 75 hv)



PK-1500 H huoltoajoneuvo

- ketterä ja helppokäyttöinen ajoneuvo kaivosten ja tunnelityömaiden huolto- ja kuljetustehtäviin
- varustettu uudella hydrostaattisella voimansiirrolla ja automaattisella turvajarrulla

ORION-YHTYMÄ OY
NORMET

74510 Peltosalmi
puhelin 977-22 241

normet
b

Partekin betonipalvelu yltää korkean*) tason suorituksiin.

Partekin betonipalvelu on joukko palvelupaketteja, jotka vapauttavat rakentajan varaamasta ylimääräistä aikaa, työtä ja kalustoa. Siten rakentaja voi keskittää omat voimavaransa suurissakin kohteissa järkevästi ja taloudellisesti.

*) jo betoniauton pumppauskalustolla ylletään 33 metriin.

Partek tarjoaa seuraavat betonipalvelut:

1. pumppauskaluston vuokraus
2. valupalvelu
3. stabilointi
4. ruiskubetonointi
5. liukuvalu.

Kätevimmin saatte lisätiedot ja yhteyden puhelimitse.

partek

Betonitehtaat
Sörnäisten rantatie 25
00500 Helsinki 50
Puh. 90-765 544



MYLLYKOSKI OY

LUIKONLAHDEN KAIVOS

SULFIDIMALMIEN ETSINTÄÄN

Käytämme mm.

Crone-shootback-
kallistuskulmamenetelmää.

- kolme taajuutta: 390, 1830 ja 5010 Hz
- Ei yhdyskaapelia: kelaväli 30–200 m vapaasti valittavissa
- suuri syvyysulottuvuus
- käyttökelpoinen myös vaikeassa topografiassa
- suuri mittausnopeus



SUOMEN MALMI OY

02150 Espoo 15, puh. 460 633 Telex 121856 smoy sf



"RHS goes ISOmetric!"

British Steel Corporation, Tubes Division, joka on maailman johtava RHS-profiilien valmistaja, on tuottanut uuden RHS-mittavalikoiman "ISOmetric"-mitoin.

Tämä uusi mittavalikoima noudattaa ISO:n standardisoimissopimusta ja on valittu teräs-

rakenteiden tarpeita vastaavaksi. Valikoimassa on 110 erilaista mitta: neliöt 20–400 mm ja suora-kaiteiset 50 x 30–450 x 250 mm.

Uusi mittavalikoima tulee kokonaisuudessaan markkinoille vuoden 1976 aikana. Pyytää meiltä lisätietoja tästä uudesta mittavalikoimasta.

Valmistaja:

S British Steel Corporation
Tubes Division S & L

Pääedustaja Suomessa:

RAUTAKONTTORI OY

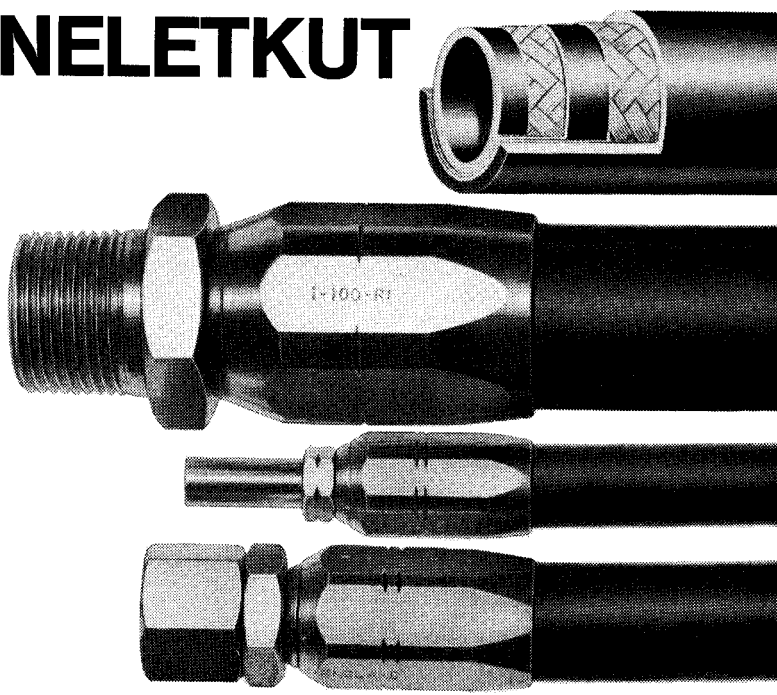
Keskuskatu 3 00100 HELSINKI 10
puh. 90-12121 telex 12-513

TECALEMIT- KORKEAPAINELTKUT

Tecalemit-letkut edustavat nykypäivän teknistä tuotantoa parhaimmillaan. Joka millimetri yhtä lujaa ja tasalaatuista. Elektronisesti kontrolloitu kudusrakenteen tasaisuus takaa kestävyden.

Tecalemit-letkut ylittävät SAE-normin kriittiset vaatimukset, sillä jokaisesta valmistuserästä testataan letkunäytteet yli miljoonalla paineiskulla.

Varastossa kaikkia standardikokoja ja letkuasennelmia metritavaranä ja sekä kaikkia tarvittavia liittimiä.



TECALEMIT

Henry Fordin katu 5,
00150 Helsinki 15. Puh. 13 655



Suomalainen teräsvaari. Raskas on sepän käsi.

Raudan ja teräksen valmistuksessa meillä on vuosisataiset perinteet.

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

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

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



OVAKO

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

RADEX

Qualität
aus
Tradition



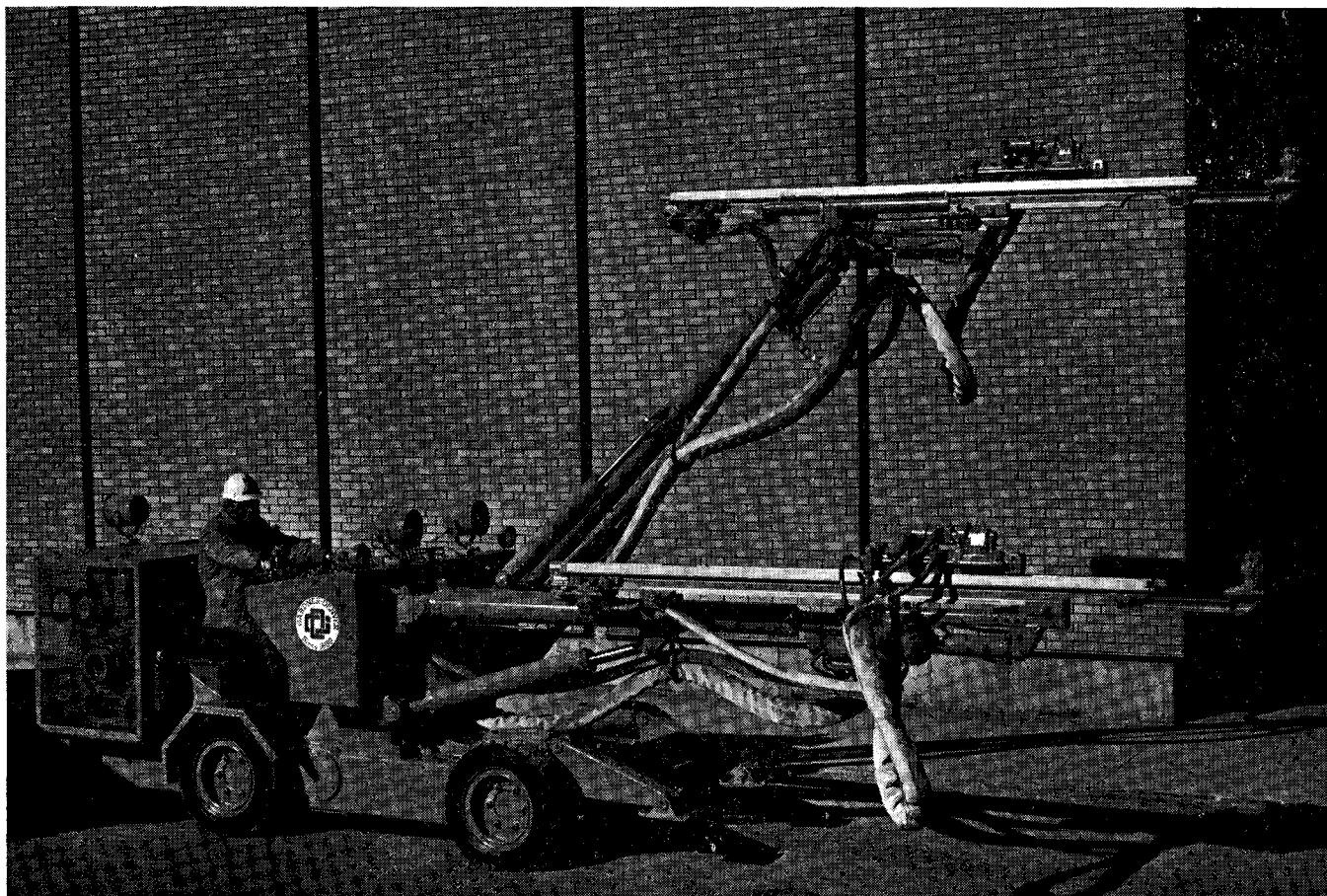
ÖSTERREICHISCH-AMERIKANISCHE
MAGNESIT AKTIENGESELLSCHAFT

A-9545 RADENTHEIN
A U S T R I A

Oy TULENKESTÄVÄT TIILET Ab

Bulevardi 17 C 14 00120 Helsinki 12 — Puh. 645341 — 645342 — 645249 — telex 12—1015
Bulevarden 17 C 00120 Helsingfors 12 — Tel. 645341 — 645342 — 645249 — telex 12—1015

GARDNER-DENVER



Diesel Mini-bore -tunnelijumbo

soveltuu erinomaisesti sellaisten tunnelien ja perien poraukseen, joiden poikkipinta-ala on korkeintaan 20 m².

Koneen ominaisuuksista mainittakoon:

1. Gardner-Denverin MINI-BORE tunnelijumboa varten suunnittelema erikoisalusta, joka muodostaa tukevan poraustason varsinaisille porausyksiköille. Nousukyky on 25%, ja voimansiirto hydrostaattinen. Pakokaasujen puhdistuslaite vakiovarusteena.
2. Gardner-Denver Jumbossa on kaksi rotapuomaa, käytännössä luotettaviksi ja tehokkaiksi havaitut ruuvisyöttölaitteet sekä erillispyörityksellä varustetut Gardner-Denver porakoneet.
3. Täysin automaattinen poraustoiminnan hallinta- ja valvontajärjestelmä.

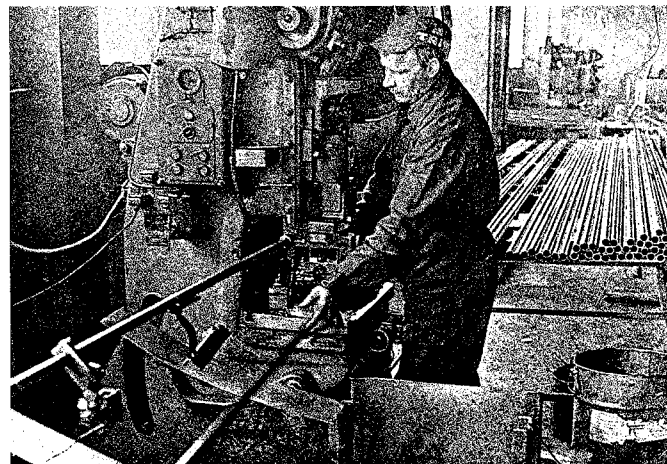
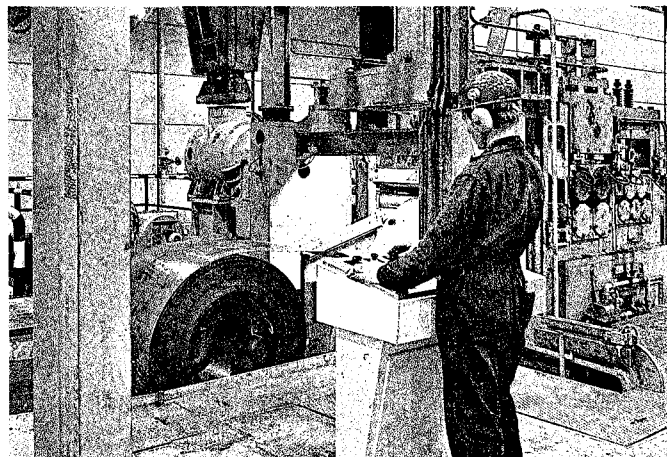
WITRAKTOR 
HELSINKI - TAMPERE - OULU - ROVANIEMI
puh. 826 311 670 200 344 235 15 271

Teräksenluja perusta monelle hyvälle asialle



Teräksen valmistus saa alkunsa malminetsinnästä ja kaivosten malmista. Valmistamme terästä, jonka edelleen muokkaamme karkealevyiksi, ohutlevyiksi ja putkiksi.

Tällä toiminnalla varmistamme kotimaisesti kestäväen raaka-ainepohjan Suomen metalliteollisuudelle. Myös kansainvälisesti on tuotteidemme korkea taso laajalti tunnustettu.



Rautaruukin valmistamaa terästä käytetään tänään öljykenttien porauslautoissa, pohjoisten merien jäänmurtajissa, maakaasuputkissa, siltarakennelmissä, liesissä, jääkaapeissa ja mitä lukuisimmissa muissa hyödykkeissä. Näin terästuotantomme on muodostunut kansantaloudellisesti merkittäväksi tekijäksi, jolla tasapainotamme maksutasettamme ja samalla turvaamme työllisyyttä. Ostamalla kuljetuksia, energiaa, raaka-aineita, koneita ja laitteita toimintamme heijastuu monelle muullekin alalle.

Tänään Rautaruukissa työskentelee lähes 6500 ammattimiestä ja Rautaruukin tuotteiden jatkojalostuksessa työskentelee kymmeniä tuhansia muita suomalaisia päivittäin. Vuosina 1976—77 laajennamme voimakkaasti kaikilla toimintasektoreillamme ja luomme näin turvatuun työpaikan ja lisääntyvät toimeentulomahdollisuudet yhä useammalle suomalaiselle.

Työn takana



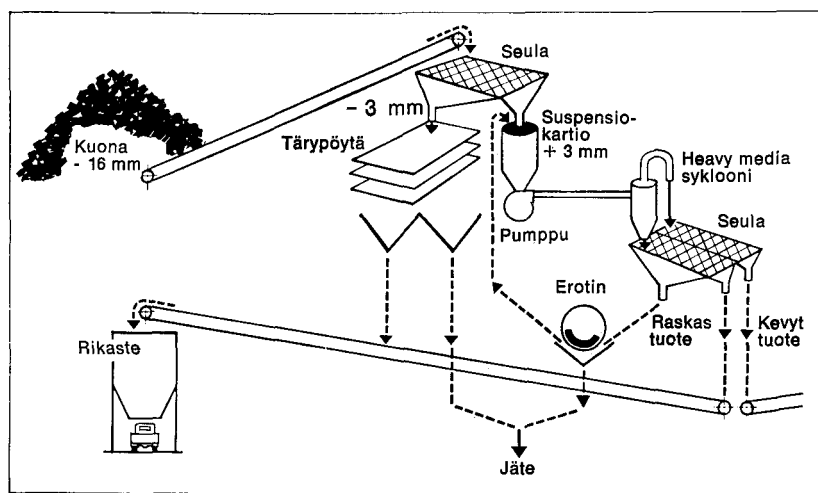
RAUTARUUKKI OY

Toimipaikat: Helsingin konttori, Oulun keskuskonttori, Rovaniemen toimisto, Otanmäen kaivos, Raajarven kaivos, Rautavaaran kaivos, Mustavaaran kaivos, Raahen rautatehdas, Hämeenlinnan tehdas, Oulaisten tehdas, Lappohjan tehdas.



TUHKAA VAI TIMANTTEJA

Kuonakin voi olla arvokasta



Erialaisten metallurgisten prosessien kuonaa pidetään useimmiten jätteenä vaikka se itseasiassa sisältääkin arvokkaita metalleja.

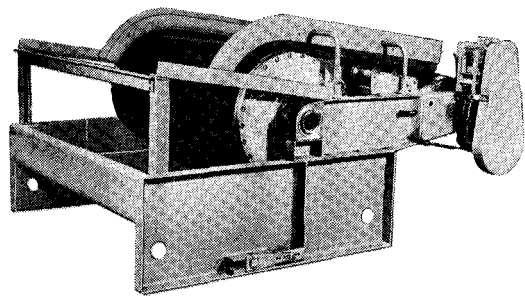
Rikastustekniikan murskaus- ja erottelumenetelmän avulla voidaan kuonassa oleva metalli ottaa kannattavaan käyttöön. Hyvänä esimerkkinä on ferrokromikuonan käsittelyyn valmistettu laitos, jonka SALA on suunnitellut ja yhdessä AB Ferrolegeringar'in ja AB Krossprodukterin kanssa toteuttanut Trollhättanissa.

SALA suoritti laboratoriokokeet, suunnitelti, rakensi ja toimitti laitoksen koko varustuksen.

SALA on työskennellyt erittäin tiiviisti niiden teknisten menetelmien parissa, joiden avulla sulatto- ja terästedaskuonassa olevat arvometallit saadaan kannattavaan käyttöön. SALAn valmistusohjelmaan kuuluvilla magneettierottimilla voidaan suuresti vaikuttaa tuotteen pitoisuuden ja saannin optimointiin.

Uudenaikainen prosessilaboratoriomme on käytettävissä tutkimuksianne varten. Myös silloin, kun muiden yksikköprosessien kuonasta on tarkoitus ottaa talteen arvometallit.

Antakaa SALAn tutkia ovatko jätteet pelkkää "tuhkaa vai onko niissä timantteja."



SALAn hihnaerotin on erittäin vankkarakenteinen. Se on varustettu voimakkailla kestopagneeteilla. Se on erittäin sopiva mm. kuonarikastukseen.

TALLBERG

VUORIKONEET

ALEKSANTERINKATU 21. 00100 HELSINKI 10. PUH. 13 611