

# VUORITEOLLISUUS

---

# BERGSHANTERINGEN

JULKAISIJA: VUORIMIESYHDISTYS — BERGSMANNAFÖRENINGEN R.Y.

## *Sisältö—Innehåll*

*Gotthard Björling:*

Direktlakning av sulfidmineral.

*Helge Haavisto, Toivo Härkönen, Martti Merenmies, Reino Mäkelä:*

Rautaruukki Oy

*Kaarina Lounamaa:*

Pintakäsittelyn tai korroosion teräksessä aiheuttama velyhauraus.

*Juhani Kuusi:*

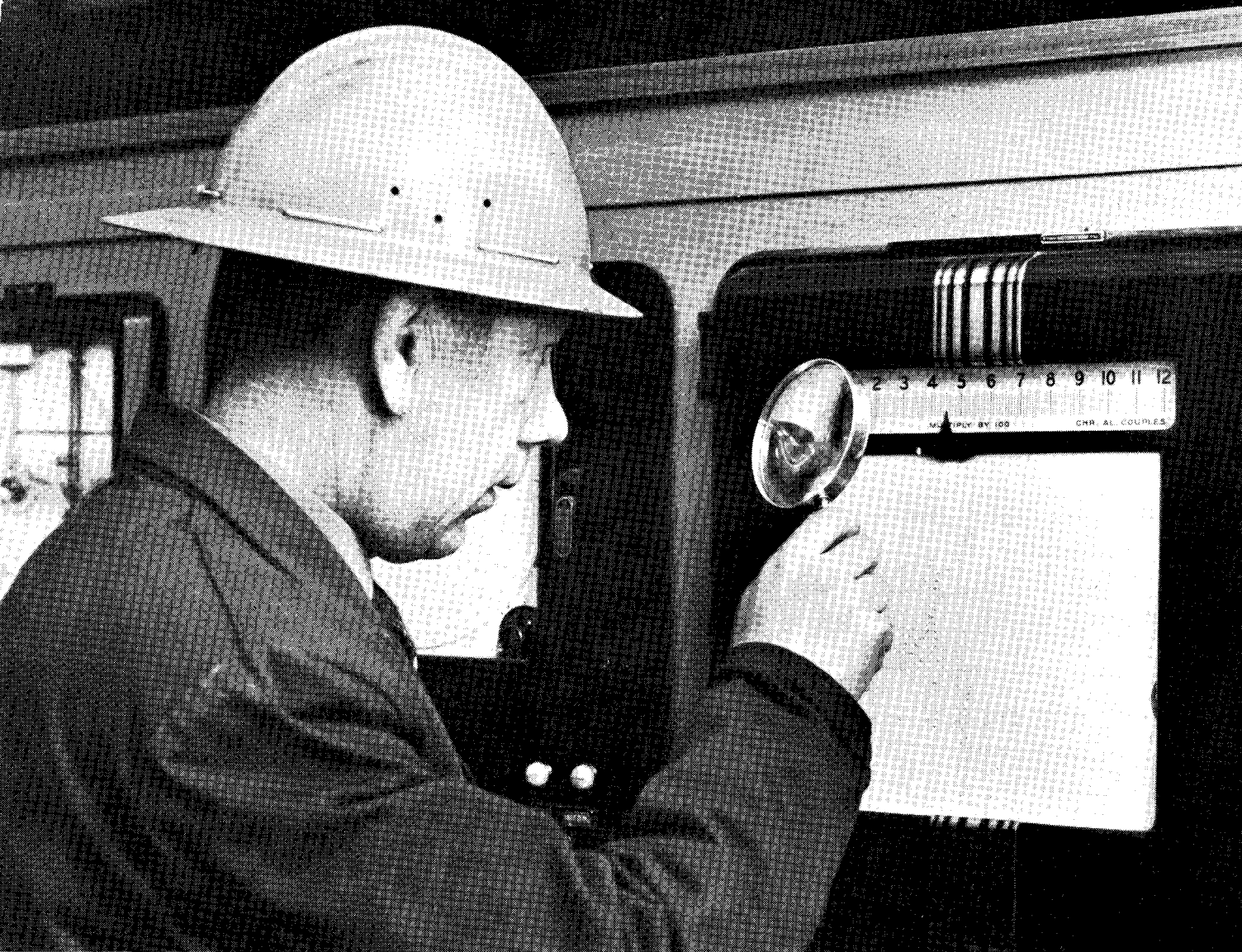
Aktivointianalyysi ja sen sovellutuksia.

*Jarl Forstén:*

Autoradiografia ja sen sovellutuksia metalliopillisessa tutkimuksessa.

*Antti Niemi:*

Merkkiaineet prosessiteknikassa.



# Outokumpu

*kupari  
ikinuori*

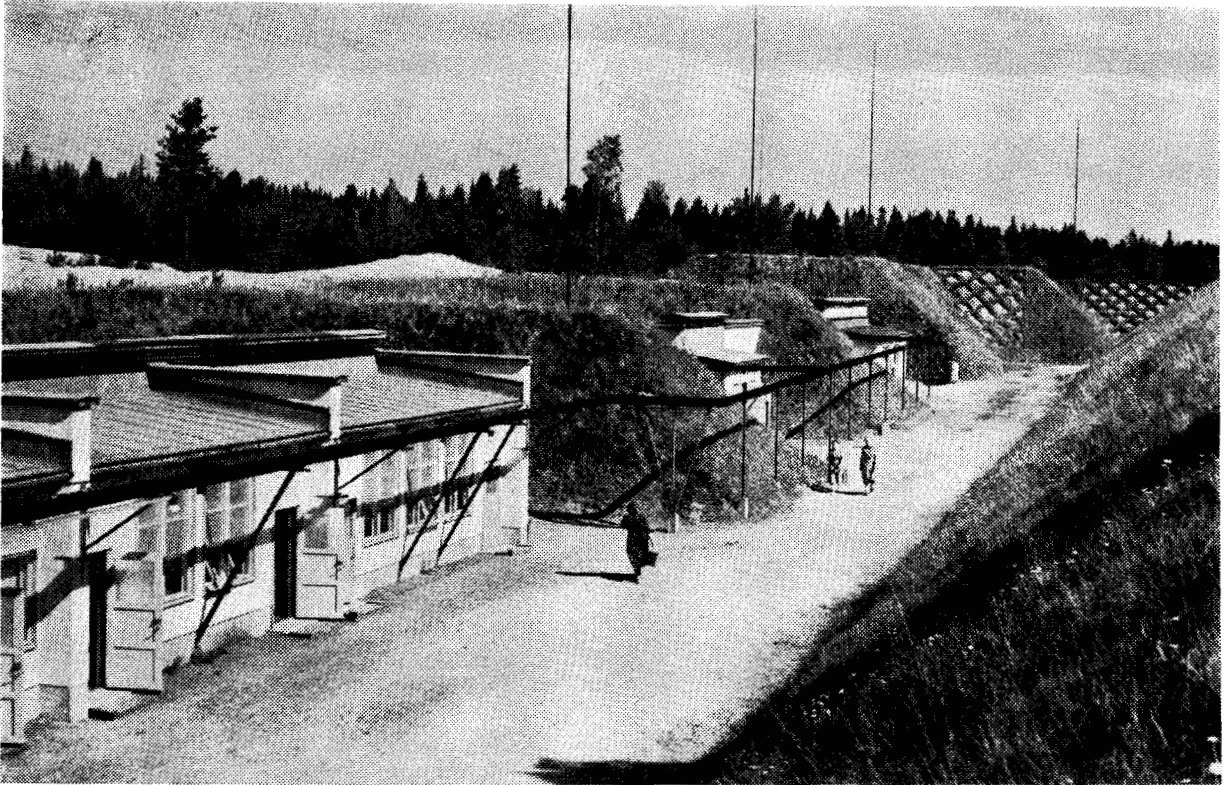
**INSINÖÖRITAITOMME  
KYSYTTYÄ MAAILMALLA**

Outokumpu Oy:n kuparin liekkisulatusmenetelmä on suomalaisten ura-uurtajien kehittämä. Sen avulla kapasiteetti saatiin kaksinkertaiseksi entiseen verrattuna. Kuparitehtaiden edustajia eri puolilta maailmaa käy jatkuvasti tutustumassa menetelmään. Suomalaisen insinööritaidon saavutuksesta on tullut vientiartikkeli. Tälle insinööritaidolle perustuu myös Outokumpu Oy:n tuotteiden maailmankuulu laatu.

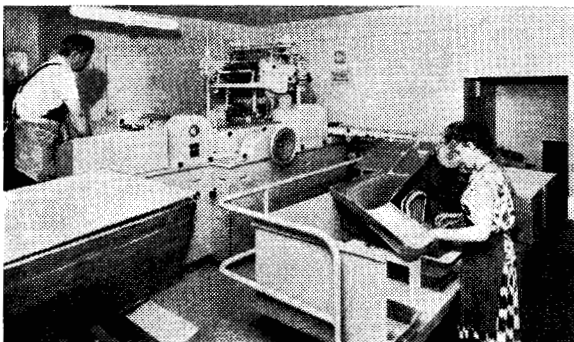


**Outokumpu Oy**

Kuparitalo - Töölönkatu 4 - Helsinki  
Puh. 44 05 11



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



Dynamiitin patruunointi suoritetaan erikoiskoneilla

# väkevää voimaa Vihtavuoresta

Vihtavuoren räjähdysaineiden jatkuvasti laajentuneeseen ja monipuolistuneeseen tuotanto-ohjelmaan kuuluu

— **räjähdysaineita**

louhintadynamiitti  
raivausdynamiitti  
ojitusdynamiitti  
aniitti  
raivauspanos  
ISKU-kivipommi

— **sytytysvälineitä**

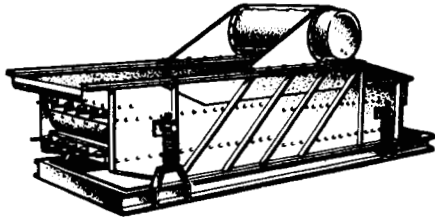
sähkösytytysnallit  
— momenttinallit  
— lyhyhidastenallit  
— hidastenallit  
tulilankanallit no 6 ja 8  
tulilangan sytytin

## VIHTAVUORI

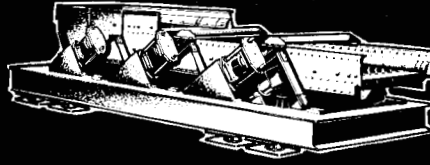
— siihen voitte luottaa



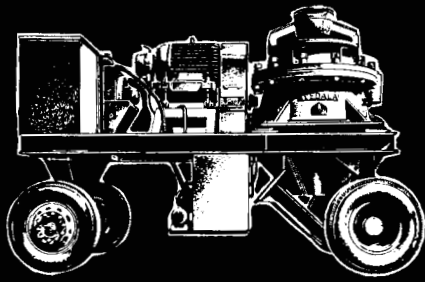
**RIKKIHAPPO OY**



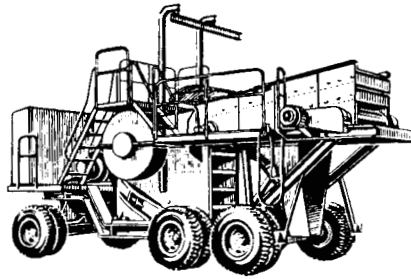
VAAKATASOSEULA



RESONANSSISEULA



KARTIOMURSKAINVAUNU



MURSKAUSVAUNU HJ 7

## **SVEDALA-ARBRA** siirrettävät murskauslaitokset

Nykyaikainen murskausasema koostuu kuljetuspyörillä varustetuista yksiköistä. Nopeat siirrot, ei kalliita perusrakennelmia, helppo suorittaa muutoksia laitteiden sijoituksessa sekä lisätä laitoksen koneyksiköitä tarpeen mukaan.

Siirrettävien murskauslaitosten valmistajana on SVEDALA-ARBRA ensi sijalla Ruotsissa. Heidän laajasta tuotevalikoimastaan löydämme oikean ratkaisun murskaus- ja seulontakysymyksiinne.



**SVEDALA-ARBRA**

**ROLAC**  
64 44 11

Malminkatu 20

Helsinki





**Vuoripultti** | **Bergbult**

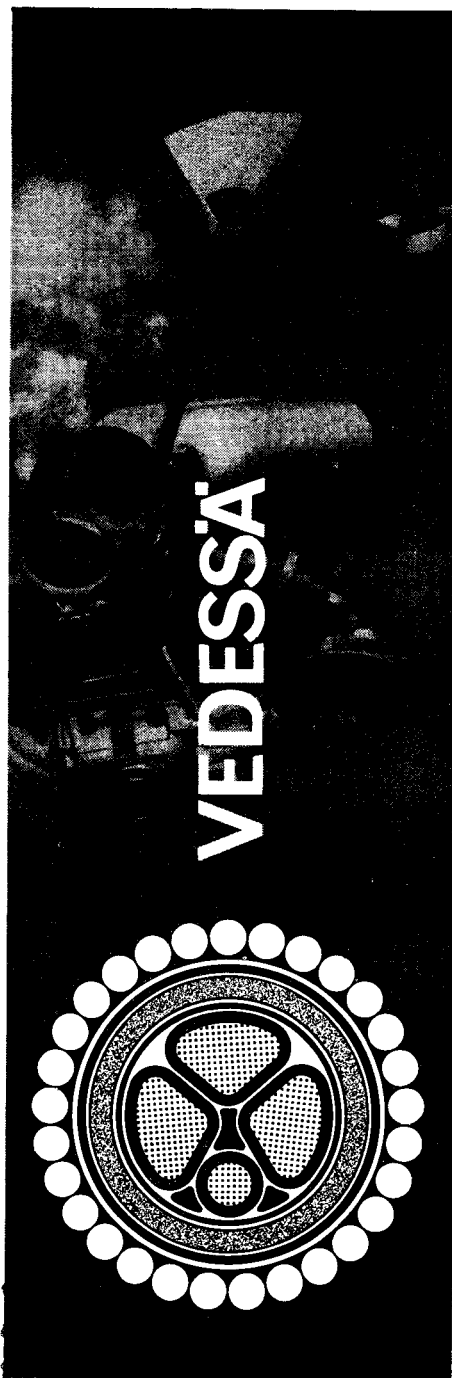
**FISKARS**

**SUOMEN PULTTI**  
TURKU

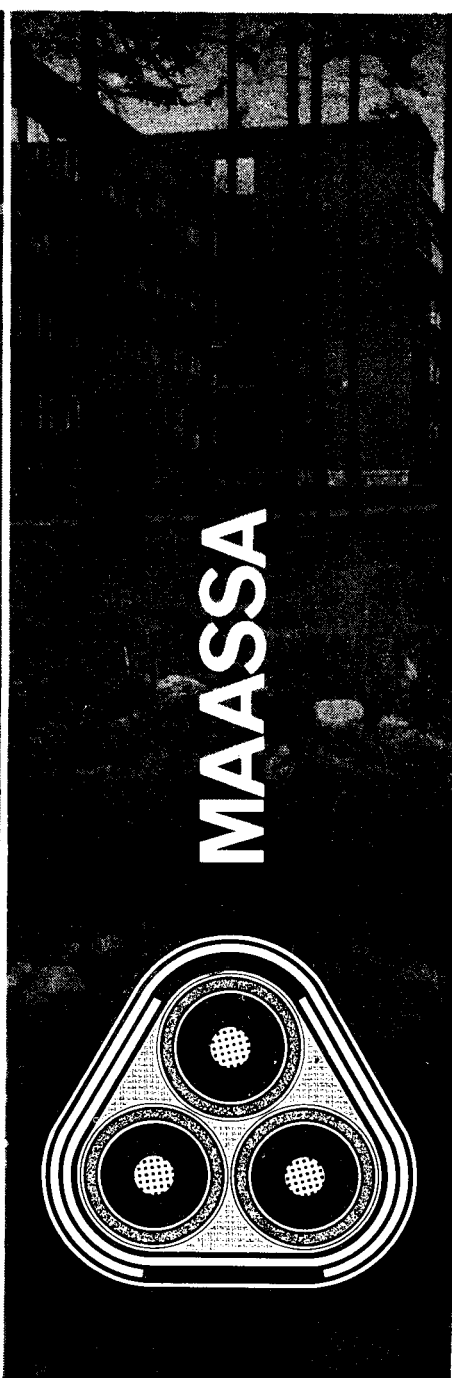
Myynti:  
Oy Fiskars Ab, Helsinki,  
Bulevardi 2 A puh. 13 610

**FINSKA BULT**  
ÅBO

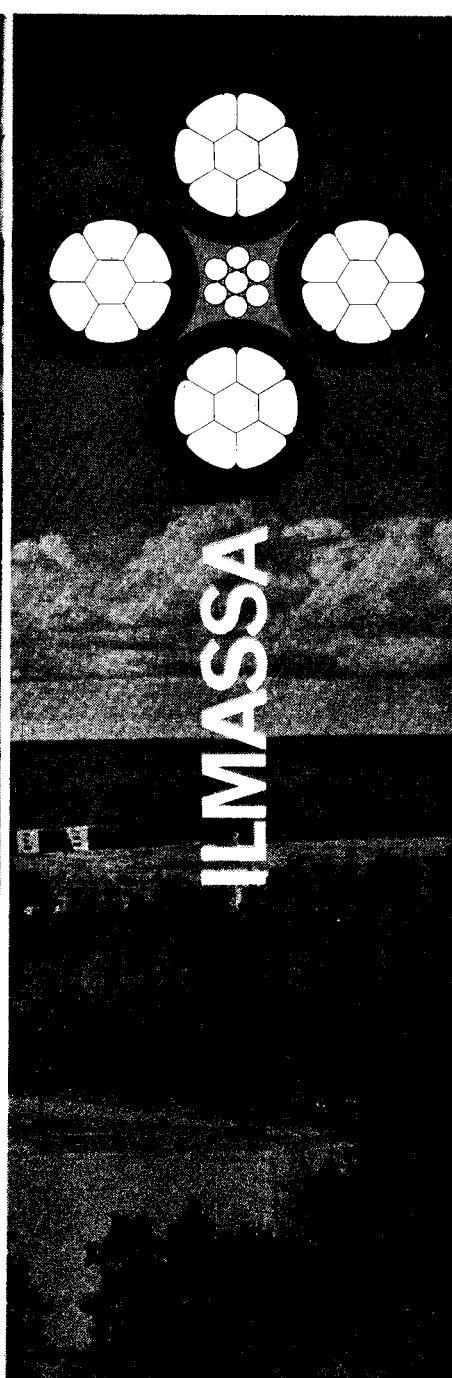
Försäljning:  
Oy Fiskars Ab, Helsingfors,  
Bulevarden 2 A tel. 13 610



Voimamerikaapeli PLKPJJ



Voimamaakaapeli PYLKVJ



Voimailmajohto AMKK

Jatkuvasti tihenevä asutus ja lisääntyvä sähkön käyttö vaativat turvatun käyttövoiman huollon. Tämä taas puolestaan vaatii varmoja kaapeleita veteen, maahan, ilmaan.

Kehityksen mukana — puolivuosisataisin perintein.

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

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

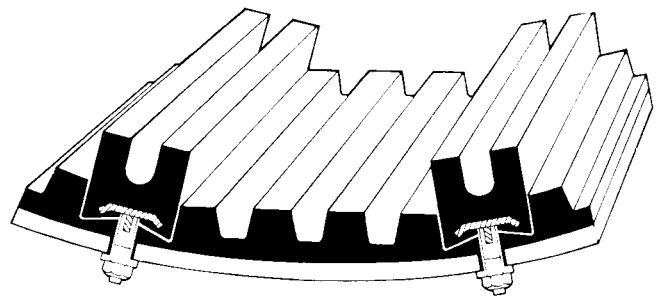




**"MISSÄ  
TERÄS  
KESTÄÄ  
SKEGA-  
LINING  
KESTÄÄ  
PAREMMIN"**

**SKEGA-LINING** mullistava ruotsalainen kuminen myllyvuoraus

- Alentaa vuoraukuskustannuksia
- Lyhentää asennusaikaa 25–75 %
- Alentaa vuorauksen painoa ~ 85 %
- Tekee asennuksen turvallisemmaksi
- Pienentää melua
- Pitää arinan puhtaampana



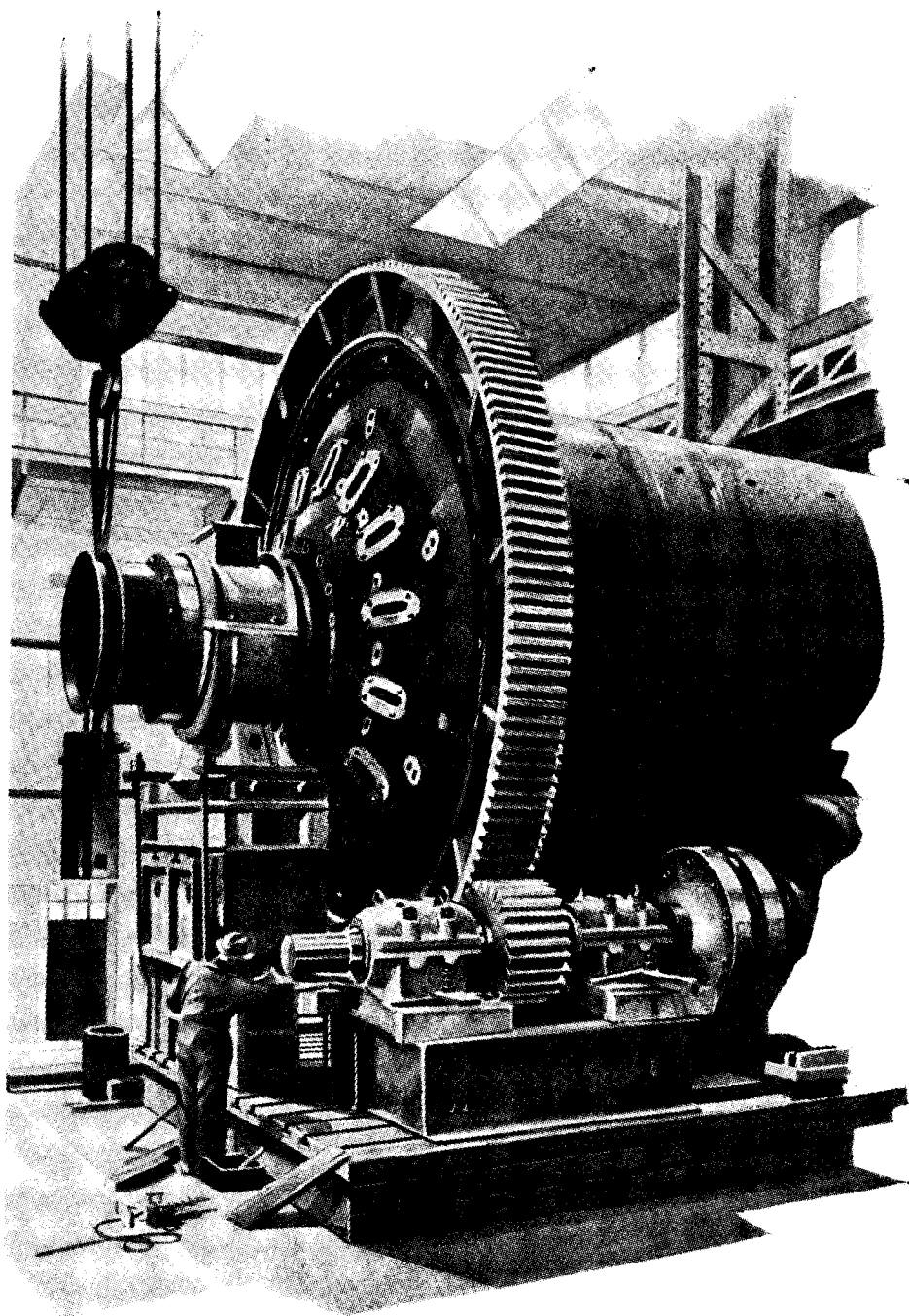
VALMISTAJA

**SKELLEFTEÅ GUMMIFABRIKS AB**  
ERSMARK, SVERIGE

EDUSTAJA SUOMESSA

**Oy Telko Ab**

Mannerheimintie 14, Helsinki, puh. 643311



⋮

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

⋮

# HUMBOLDT

## **Murskaajia:**

Karamurskaajia, kartiomurskaajia, leukamurskaajia, vasaramurskaajia, iskumurskaajia

## **Rikastuslaitteita:**

Vaahdotuskennoja, Sink-Schwimm-laitteistoja, magneettisia erottajia

## **Jauhatuslaitteita:**

Kuulamylyjä, tankomylyjä, tärymylyjä, putkimylyjä, jauhatuskuivatussyksiköjä

## **Vedenpoistajia:**

Sakeuttajia, rumpu-imusuotimia, keskipakoisseuloja, keskipakoislinkoja

## **Raesuuruuden säännöstelijöitä:**

Spiraaliluokittelijoita, raappaluokittelijoita, ilmaluokittelijoita, täryseuloja


## **Kuljetuslaitteita:**

Tärykuljettimia, ketjukuljettimia, lietepumppuja

Valmistaja: KLÖCKNER — HUMBOLDT — DEUTZ AG, KÖLN

**MACHINERY**

VANHA KAUPPAKUJA HELSINKI, PUHELIN 13 636



**JATKUVA  
HALLITTU  
MATERIAALISYÖTTÖ  
MAGNEETTITÄRYSYÖTTÄJILLÄ**

Automatisointi ja kaukoohjaus vaativat prosessien syöttövaiheissa luotettavia säädettäviä syöttölaitteita.

Tähän tarkoitukseen on kehitetty WEDAG-syöttäjä Jeffrey-lisenssin edelleenkehityksenä. Portaaton säätö 0: sta maksimiin.

Rännit kulutuslevyillä, kumi- tai muovipäällystyksellä.

Tärytin vankkarakenteinen ilman kuluvia osia.

Syöttäjät varustettavissa myöskin säleiköllä.

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

**WEDAG**

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



# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN

Julkaisija: VUORIMIESYHDISTYS — BERGSMANNAFÖRENINGEN r. y.

Hallitus: Professori Kauko Järvinen, puheenjohtaja, dipl.ins. Börje Forsström, varapuheenjohtaja, yli.ins. Erkki Hakapää, tekn.tri Sakari Heiskanen, dipl.ins. Igor Osipow, dipl.ins. Jürgen Schmidt, fil.maist. Tor Stolpe ja fil.tri Veikko Vähätalo.

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

Sihteeri: yli.ins. Kalervo Nieminen, Fredrikinkatu 47 (Paraisten Kalkkivuori Oy), puh. 64 20 20.

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

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

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

Toimitus: teollisuusneuvos Herman Stigzelius, päätoimittaja virkapuh. 62 87 14, tri.ins. Paavo Asanti, apulaistoimittaja virkapuh. 46 10 51, rouva Karin Stigzelius, toimitussihteeri puh. 64 17 53. Toimituksen osoite: Bulevardi 11 A 10, Helsinki, puh. 64 17 53.

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

Lehti ilmestyy kahdesti vuodessa.

N:o 1

1965

23 VUOSIKERTA

## Direktlakning av sulfidmineral

*Professor Gotthard Björling, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm*

Föredrag hållet vid Bergsmannaföreningens i Finland metallurgsektions möte den 29 oktober 1964.

Sulfidmineral utgör de viktigaste råvarorna för icke-järn-metallerna, och då deras riktiga utnyttjande är av största betydelse för vår försörjning med dessa metaller, måste alla metoder att behandla dessa mineral förutsättningslöst kunna diskuteras. Lakning är en metodik för utvinning av dessa metaller, som i dag tillämpas bara i speciella fall, men många skäl talar för en mera allmän tillämpning av denna metodik. Jag vill först diskutera några av dessa skäl.

På lång sikt, kanske redan i mitten av nästa sekel, kan man räkna med en ca 10 gånger större förebrukning av de metaller som utvinns ur sulfidmalmer. Med utnyttjande av avsevärt fattigare malmer än nu kan man gissa att de kvantiteter ur vilka metallerna skall utvinnas kommer att uppgå till 25 à 30 gånger dem som behandlas i dag, och eftersom det finns en tendens att rationalisera strukturen och arbeta i få men stora enheter, kan man förmoda, att antalet gruvor inte blir avsevärt större än vad de är i dag. Det innebär oerhörda kvantiteter att handskas med — kanske 0,5 - 1 Mt pr dygn — om man fortfarande skall använda konventionell brytning, krossning och malning samt flotation.

Om vi däremot kan laka in situ innebär detta att vi i princip ersätter malmfrakt med pumpning, och då kommer problem vid en 25-faldig ökning inte att bli ofattbara.

Även på kortare sikt finns det flera motiv för större framtida användning av lakning. Ett generellt skäl för lakning är den större möjligheten till automatisering av driften som knappast kan genomföras i termiska anläggningar, där det länge kommer att finnas kvar krav på

manuell drift och diskontinuerligt arbetsätt t.ex. vid raffinering och tappning av metallsmältor samt vid ojämnt återkommande ugnreparationer.

Som ett annat viktigt skäl skulle jag vilja framhålla önskvärdheten av att kunna skilja den kemiska och den metallurgiska industrin från det lokala beroendet av varanda. Som det är nu måste man inom metallurgin praktiskt taget alltid av sulfidsvavlet göra SO<sub>2</sub> för vidare överföring i svavelsyra. Sulfitcellulosaindustrins anläggningar är vanligen för små att motivera anslutning av metallurgiska verk. Svavelsyra är emellertid besvärlig att lagra och frakta i jämförelse med fritt svavel; för att bli oberoende bör de framtida metallverken inrikta sig på att överföra sulfiderna i fritt svavel, vilket fullständigt bara kan göras genom lakning.

Ett vanligt problem vid behandling av mineraliska sulfider är separation av järn från andra metaller t.ex. koppar, zink, kobolt och nickel. Här erbjuder hydro-metallurgin avsevärda fördelar beroende på järnsaltarnas speciella egenskaper.

Slutligen vill jag framhålla ytterligare ett par skäl som talar för lakning. Nu produceras sulfiderna som finkorniga koncentrat med stor yta. Sulfiderna är eller kan lätt göras ganska reaktiva. De metoder, som allmänt tillämpas inom metallurgin — dock inte i Finland, där man sökt sig egna vägar — har stor utsträckning tagits i arv från den tid när sulfidmalmen levererades i form av styckemalm, varvid man sällan utnyttjar den stora reaktionsytan annat än möjligen vid rostning. Flera av metallerna, t.ex. koppar och nickel, skall slutligen raffinerats på väta vägen

genom utfällning på katoder och måste sålunda först bringas i lösning; det kan ifrågasättas om man har försökt finna den kortaste eller rättare sagt billigaste vägen från slig till lösning.

Det måste här framhållas att det sedan länge finns ett antal metoder för att laka ut metaller ur sulfidmineral, nämligen efter oxiderande, klorerande eller sulfaterande rostning. Dessa metoder är väl genomarbetade, numera även teoretiskt. De lider emellertid av den förut påpekade svagheten att de inte kan leverera svavlet elementärt; annars har de många av de fördelar som jag förut har tillskrivit de hydrometallurgiska metoderna. Jag kommer emellertid att inskränka diskussionen till sådan behandling av sulfidmaterial som ger möjlighet till utvinning av elementärsvavel; jag kallar det för direkt lakning även om man i vissa fall måste underkasta de naturliga sulfiderna en förbehandling.

Först några ord om mineralsulfidernas allmänna beteende vid direktlakning. Dessa sulfider utförs eller kan i stort sett sägas vara sammansatta av de enkla sulfiderna, lägre eller högre; de är vanligen blandningar av dessa eller föreningar med låg fri energi. De lakningsmetoder, som är av intresse, innebär i regel en oxidation och därmed en förstöring av sulfidbindningen. Undantagsvis har man faktiskt lyckats laka ut antimon och kvicksilver med alkalisulfid för att bilda lösliga komplex, men detta har mycket begränsad betydelse.

De högre sulfiderna, av vilka egentligen endast svavelkis, kopparkis och bornit är av större betydelse, är ganska stabila emot oxidation vid lägre temperaturer; de vittrar långsamt och de är också hårdare än andra sulfidmineral. Vid oxidation i närvaro av vatten — jag kallar detta för våt oxidation — övergår svavlet i dessa sulfider i sulfatjoner eller andra salter av syre och svavel; trots det att de innehåller s.k. löst bundet svavel kan detta inte avspaltas. Oxidationen måste ske under hårda betingelser med avseende på tryck och temperatur och verkar tekniskt olustigt.

Däremot kan dessa sulfider överföras i lägre genom termisk avdissociering av överskottssvavlet. För pyrit är svaveltrycket 1 at redan vid 700 °C och för kopparkis inträffar detta vid något lägre temperatur. En intressant teknisk tillämpning är svavelavspaltning ur pyrit genom smältning i samband med ånggenerering, som tillämpas i Finland, men spaltningen bör även kunna utföras på enklare sätt.

Lägre sulfider, naturliga såväl som de som framställts genom spaltning av högre, skall man behandla så att svavel blir fritt medan järn och metaller kan skiljas åt. Detta kan endast ske genom våt oxidation av i vattenfas suspenderad oxid. En sådan oxidation innebär kemiskt sett en serie komplicerade reaktioner, och jag vill därför nöja mig med att ge en generaliserad översikt.

#### Våtoxideration av sulfider i olika miljö vid lågt syreövertryck och vid ca 100 °C

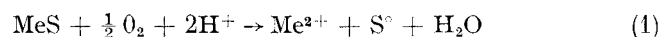
Miljö	Omvandling av beståndsdel		
	Järn	Övr. metaller	Svavel
Alkalisk	Hydroxid	Hydroxid	Sulfat m.m.
Ammoniakalisk	»	Lösl. komplex	»
Neutral	»	Hydroxid	»
Svagt sur	»	Lösl. salter	Fritt svavel x)
Starkt sur	Lösl. salt	»	»

x) Gäller lägre sulfider; högre ger sulfat m.m.

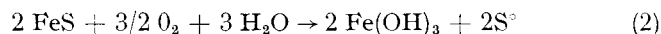
I allmänhet gäller för sulfidsvavlets reaktioner att vid hög temperatur och högt pH bildas utom sulfat en mängd andra salter av svavel och syre; om man vill tekniskt utnyttja dessa salter, vilket t.ex. sker efter ammoniakalisk lakning måste man genom en särskild högtemperaturbehandling överföra alla komplexsalter i sulfat; detta kan sedan kristalliseras som ammoniumsulfat.

Utskiljningen av fritt svavel befrämjas utom av låga pH även av låg temperatur och av lågt syretryck. Vissa sulfider, t.ex. zinkblände, ger mera salter än t.ex. järnsulfid. Vad temperaturen angår måste man ligga under svavlets smältpunkt för att inte få sulfidineslutningar i en ev. smält svavelfas — sulfider är nämligen sulfofila och går till denna fas, där de inte är åtkomliga för oxidation.

För låga tryck talar flera omständigheter, inte bara ovan nämnda utan även apparat tekniska och driftsekonomska. Å andra sidan får trycket inte vara alltför lågt eftersom vattenånga har ett avsevärt tryck vid temp. omkring 100 °C och därigenom sätter ned syrets partialtryck. Den allmänna formeln för oxiderande spaltning av sulfider är

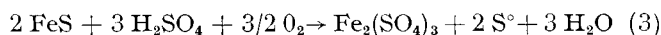


d.v.s. syra förbrukas. Om järnsulfid oxideras sker detta enligt formeln



d.v.s. utan syreförbrukning. Detta innebär att om man vill laka kontinuerligt och vid konstant pH — man bör alltid sträva efter att arbeta under bestämda betingelser — måste syra tillföras efter hand som metallsulfiderna oxideras.

Det är ur flera synpunkter önsvärt att järnet inte går i lösning. Om så skulle vara fallet skulle syra (svavelsyra) behöva tillföras om kravet på frigörande av svavel bibehålles, och våtoxiderationen ske enligt formeln



d.v.s. mera syra förbrukas än vad som motsvarar det frigjorda svavlet. Utfällning av det lösta järnet fordrar tillförsel av neutralisationsmedel (kalk), och den bildade stora och voluminösa fällningen av järnhydroxid och kalciumsulfat har ett lågt järnvärde och förorsakar lätt metallförluster genom medryckning av metaller ur lösningen. Den järnhydroxid som bildas direkt enligt formel (2) är avsevärt renare och mindre voluminös. Den kan vidare genom slamning befrias från grövre gångarts-partiklar och erhållas i ganska ren form.

Efter denna allmänna analys av förutsättningarna för direktlakning av sulfider skall jag nämna några ord om de direktlakningsmetoder som kommit till teknisk användning. Den metod för ammoniakalisk våtoxideration som utvecklats hos Sherritt-Gordon i Kanada för lakning av en komplex koppar - nickel - kobolt, slig är speciell och bygger på tillgång till naturgas, ur vilken man kan göra ammoniak och sålunda överföra hela svavelinnehållet i ammoniumsulfat. Detta kvävegödselmedel hör inte till de mera använda och har en begränsad marknad i länder med basiska jordar. Metoden måste utan tvekan sägas vara elegant; den utnyttjar den stora oxidationshastigheten och ringa korrosionen vid höga pH, men tyvärr kan den på grund av sin speciella karaktär inte tänkas få någon större tillämpning.

Försök att laka surt har inte slagit särskilt väl ut. Oxidationen med luftsyre går långsamt; ingen tycks till

fulla ha insett betydelsen av en effektiv katalysator. För att få hygglig reaktionshastighet måste man ha tryck av storleksordningen minst 10 at och temperaturer minst 140°C. Apparaturen och hanteringen har blivit dyrbar samt korrosions- och erosionsproblemen besvärliga. Man har t.ex. i USA velat laka Ni - Co - sulfider på så sätt men inte lyckats lösa de tekniska problemen. Man har oxiderat blyglans till blysvulfat som sedan kunnat lösas ut med organiska lösningsmedel, men detta blir en dyr metod för en så billig metall som bly.

Ett annat sätt att utnyttja sulfidernas svavel vid direktlakning är att låta detta bilda svavelsyra som möjliggör lakningen. Bland exempel på detta kan nämnas trycklakning av uran i närvaro av pyrit; vid den senares reaktion bildas svavelsyra som löser uranet. Oxidiska manganmineral har kunnat trycklakas i närvaro av pyrit. Man har vidare velat oskadliggöra svavlet i sulfidhaltiga guldmalmer genom våtoxideration före cyanidlakningen.

En direktlakningsmetod som öppnar vida aspekter är den biologiska lakningen. Bakterier av släktena *Thiobacillus* och *Ferrobacillus* kan angripa sulfidmineral. Man har mest studerat användbarheten för kopparsulfid. Oxidationen sker med hjälp av luftsyre. Man får emellertid i allmänhet även svavlet oxiderat; av järnsulfiderna bildas järn (III) sulfat och detta katalyserar oxidation av kopparsulfiden varvid kopparsalt och fritt svavel bildas, men tyvärr angrips detta svavel av andra bakteriearter under svavelsyrebildning. Selektiviteten är m.a.o. ganska låg; vidare blir utbytena mycket låga.

Den måttligt sura lakningen vid 100°C har dock så många fördelar att det måste anses väl värt att försöka öka oxidationshastigheten till teknisk nivå med hjälp av en katalysator, en s.k. promotor, för överföring av syre till sulfiden. Av ekonomiska skäl måste syre, helst luftsyre, användas som oxidationsmedel.

En sådan promotor måste ha de egenskaper som man önskar hos en teknisk katalysator nämligen att lätt kunna avlägsnas och, i den mån den förbrukas, inte vara för dyr. Man kan tänka sig flera sådana; jag tror att en av de effektivaste är salpetersyra och dess användbarhet har

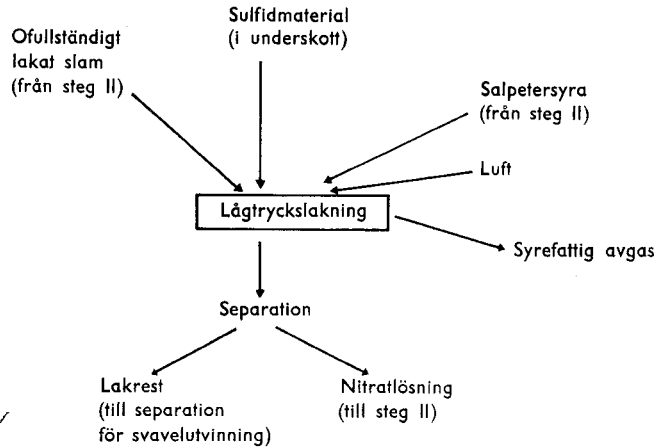
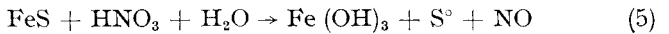
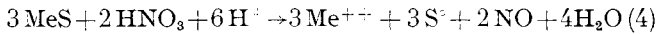


Fig. 2. Salpetersyrakatalyserad våtoxideration, steg I

vi studerat ganska mycket vid KHT i Stockholm. Salpetersyra reagerar snabbt med sulfider under frigörande av svavel och bildning av motsvarande metalljoner, varvid den själv övergår i kväveoxid NO enligt formlerna:



Kväveoxiden är lätt att med luftsyre och vatten oxidera tillbaka till salpetersyra; man kan också avlägsna huvuddelen av salpetersyran genom att låta oxidationen ske utan närvaro av luft, varvid NO går bort och syran kan regenereras utanför reaktionskärlet. Hur flytschemat för en salpetersyrakatalyserad lakning skulle se ut framgår av fig. 1—3.

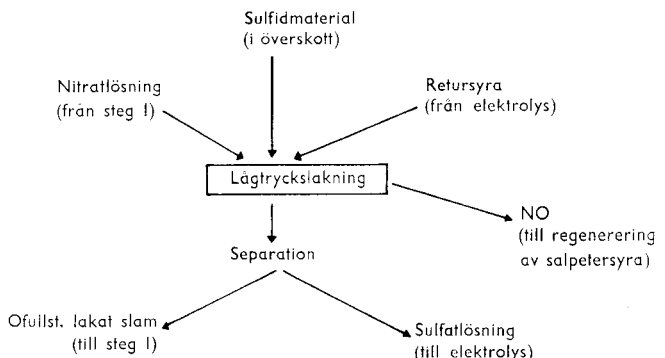


Fig. 3. Salpetersyrakatalyserad våtoxideration steg II

Salpetersyra är emellertid inte den enda användbara promotorn. Man kan också använda t.ex. järnklorid  $\text{FeCl}_3$ , men denna är inte så lätt att oxidera i sur lösning, är svår att avlägsna och medger därför inte samma variationsmöjligheter för pH som salpetersyra. Ur korrosionspunkt är järnklorid också besvärligare att arbeta med, eftersom — i motsats till salpetersyra — syrafast stål inte är beständigt mot dess lösningar; även om man kan räkna med vid ifrågavarande måttliga temperaturer beständiga plastmaterial kommer dock erosionen att ställa stora krav på materialet. En annan tänkbar promotor är kopparsalt, men dess katalyserande verkan är inte särskilt hög.

Sammanfattningsvis kan sägas att tekniken på direktlakningsområde ännu är något tvekan. Man kan här med ganska hög sannolikhetsgrad påstå, att utvecklingen betr. behandling av mineralsulfider kommer att gå emot direktlakning, men ännu finns det inte direkt anledning att frångå beprövade termiska metoder, som därför kommer att hålla sin position ett antal år framöver.

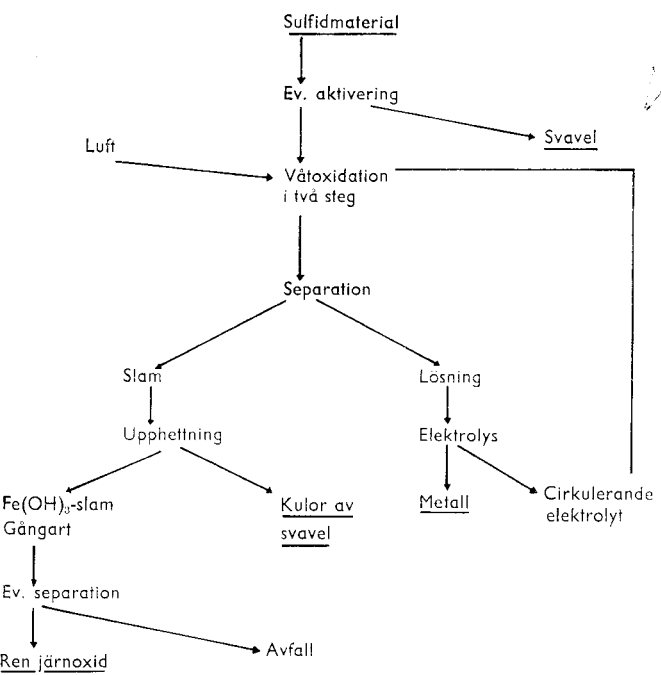
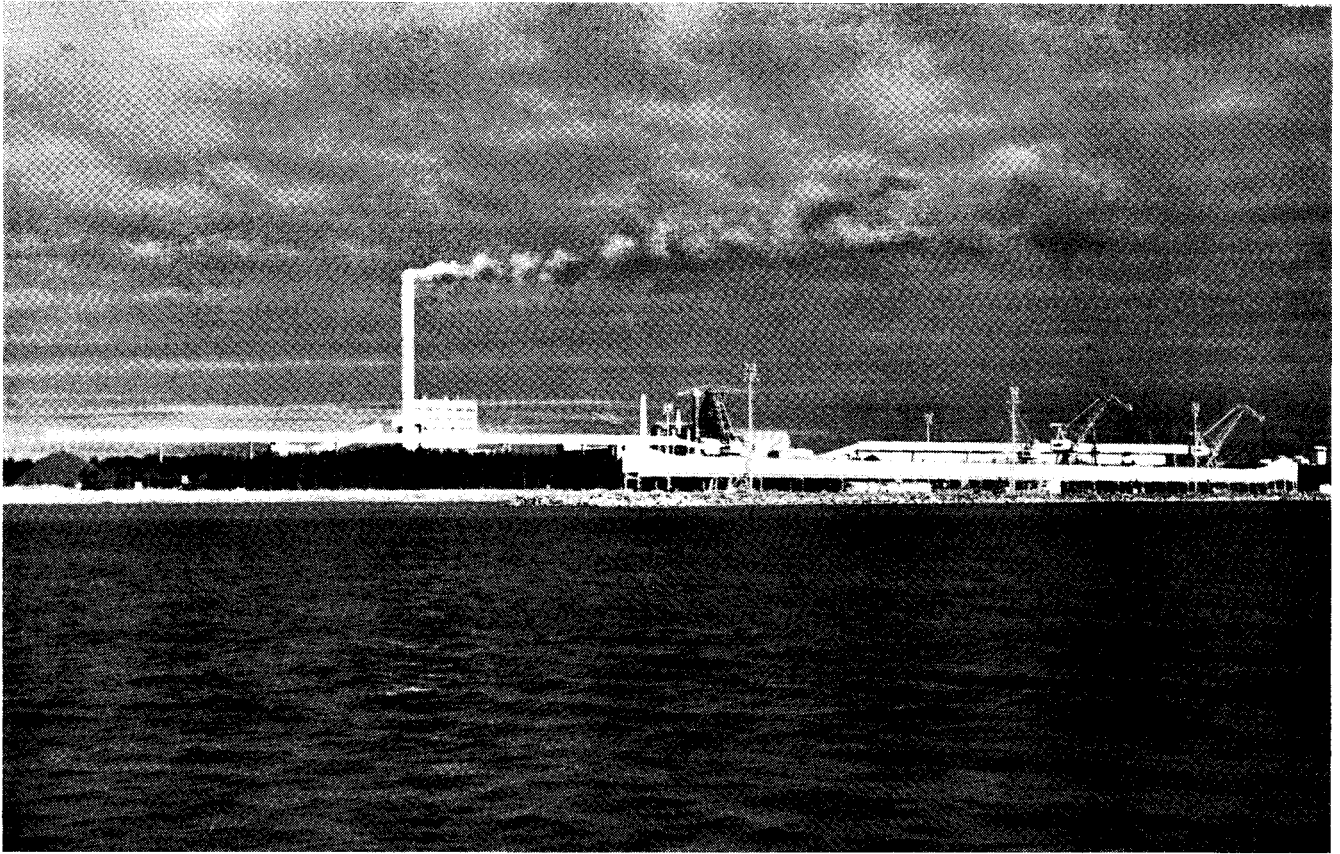


Fig. 1. Principeschema för direktlakning av sulfidmaterial



# Rautaruukki Oy

Esitelmää Vuorimiesyhdistyksen vuosikokouksessa 26. 3. 1965

## Yleiskatsaus

*Dipl.ins. Helge Haavisto*

### 1. Historiikki

1950-luvulla tehtiin eduskunnassa useita esityksiä valtionenemmistöisen raudanjalostustehtaan rakentamisesta. Näiden suunnitelmien lähtökohtana lienee lähinnä ollut pyrkimys maamme valssaustuotteiden omavaraisuuden kohottamiseen ja suomalaisten rautakaivosten yhä kasvavan malmintuotannon jalostamiseen kotimaassa.

Nämä erilaiset hankkeet johtivat lopuksi siihen, että eduskunta vuonna 1959 hyväksyi kansanedustaja Eetu Karjalaisen aloitteen nk. Otanmäki-laiksi, jonka turvin Otanmäki Oy:n tarkoituksena oli rakentaa Pohjois-Suomeen täydellinen raudanjalostuslaitos karkealevyjen tuottamiseksi.

Tästä Otanmäki-lain tarkoittamasta hankkeesta pyysi kauppa- ja teollisuusministeriö syksyllä 1959 lausunnon asiantuntijatoimikunnalta, johon kuuluivat eräät talouselämämme ja vuoriteollisuutemme huomatuimmat edustajat. Lausunnossaan toimikunta päätyi siihen, että hankkeen pohjana ollut saksalainen suunnitelma noin 100 000 tonnia vuodessa karkealevyä tuottavasta laitoksesta ei muodostuisi taloudellisesti kannattavaksi, koska tähän liittyvät tuotantoyksiköt oli toimikunnan mielestä alun perin mitoitettu liian pieniksi. Toimikunnan käsityksen mukaan tämäläisen laitoksen taloudellinen toiminta edellyttäisi, että vuosituotannon tulisi olla noin 300 000 tonnia, mihin kotimainen rautamalmintuotanto tarjoaa raaka-ainepohjan.

### Litteratur:

- F. A. Forward och J. Halpern, Hydrometallurgical Processes at High Pressures, Trans. Inst. Min. Met 66(1956), s. 191.  
 J. Gerlach, Grundlagen der Metallherstellung durch Druckaufschluss und Druckreduktion, Diss. Berlin 1962.  
 G. Björling och G. A. Kolta, Oxidizing Leach of Sulfide Concentrates and Other Materials Catalyzed by Nitric Acid. VII Int. Mineral Processing Congress, New York 1964. Preprints s. 127.  
 J. A. Sutton och J. R. Corrick, Leaching Copper Sulfide Materials with Selected Autotrophic Bacteria. U S Bureau of Mines, RI 6423, 1964.

### Direct leaching of sulphide minerals

All the constituents of sulphide mineral concentrates — non-ferrous metals, iron and sulphur — can best be evaluated if they are separated in an early stage of treatment. Controlled oxydation of aqueous-suspended sulphide, called wet oxydation and preferably with nitric acid as a promotor, can dissolve the metals, oxydise the iron to hydroxide and convert the sulphide sulphur into elementary form. According to the authors opinion, this treatment gives optimal condions for optimal evaluation of the concentrate.

Nojautuen edellä mainitun arvovaltaisen asiantuntija-toimikunnan lausuntoon hallitus antoi esityksen eduskunnalle vuoden 1959 viimeisen lisäbudjetin yhteydessä. Eduskunta hyväksyi hallituksen esityksen perustettavasta uudesta yhtiöstä, johon valtion lisäksi tulisi osallistumaan sekä valtionenemmistöisiä että yksityisiä yhtiöitä. Päätöksessään eduskunta katsoi tarpeelliseksi korostaa, että perustettava uusi raudanjalostuslaitos eduskunnan käsityksen mukaan voi tulla kannattavaksi vain siinä tapauksessa, että se jatkaa jalostamista valssaamoasteelle ja olisi laitos siten alun perin suunniteltava ja myös keskeytyksettä rakennettava tätä tuotantoastetta päämääränä pitäen.

Näiden alkuvaiheiden ja eduskunnan päätösten perusteella allekirjoitettiin helmikuussa 1960 yhtiösopimus Rautaruukki Oy:n perustamisesta, jolloin yhtiön perustamisosakepääomasta 10 000 000 markasta merkitsivät valtio 25 %, valtionenemmistöiset yhtiöt Outokumpu Oy, Otanmäki Oy ja Valmet Oy yhteensä 50 % sekä yksityiset yhtiöt Oy Fiskars Ab, Lokomo Oy, Rauma-Repola Oy ja Wärtsilä-yhtymä O/Y yhteensä 25 %.

## 2. Rautaruukki Oy:n tuotanto-ohjelma

Ryhdyttäessä laatimaan Rautaruukki Oy:n tuotanto-ohjelmaa sekä suunnitelmaa rakennettavasta raudanjalostuslaitoksesta, oli lähtökohdina toisaalta nykyisten jo toiminnassa olevien ja edelleen kehityskelpoisten kotimaisten valssauslaitosten tuotanto ja toisaalta kotimaan valssaus tuotteiden tarve. Huomioon ottaen sen, että meillä ei mikään toiminnassa oleva valssilaitos valmistaa levytuotteita sekä että kotimaisen konepaja- ja laivanrakennusteollisuuden levytuotteiden tarve jatkuvasti kasvaa, päädyttiin siihen, että yhtiön on tarkoituksenmukaisinta rakentaa raudanjalostuslaitos, joka tulee tuottamaan karkealevyjä.

Kuten edellä mainittu asiantuntijatoimikuntakin toteaa, myös yhtiön suorittamat selvitykset osoittivat, että tämän alan teollisuudessa taloudelliseen toimintaan vaikuttaa hyvin huomattavassa määrin laitoksen suuruus. Päädyimme siihen, että meidän olosuhteissamme laitoksen vuosikapasiteetin tulisi olla noin 300 000 — 400 000 tonnia karkealevyjä, jotta sillä suuruutensa puolesta olisi mahdollisuudet kilpailla. Näin päädyttiin suunnitelmaan, jossa ensimmäisessä vaiheessa rakennetaan täydellinen masuunilaitos ja toisessa vaiheessa terässulatto karkealevyvalssaamoinen suunnitellun tuotannon ollessa noin 350 000 tonnia levyä vuodessa. Mainittakoon, että yhtiömme toimesta suunnitellun levyvalssaamon kapasiteetti vastaa useita Eurooppaan viime vuosina rakennettuja karkealevyvalssaamoja.

## 3. Ensimmäinen rakennusvaihe

Ensimmäisenä vaiheena toteutettu masuunilaitos on nyttemmin valmistunut ja aloittanut tuotannollisen toimintansa viime syksynä. Täällä pidettävissä kolmessa esitelmässä pyritään antamaan kuva siitä, miten Rautaruukin laitokset on rakennettu, samoin kuin kuva tehtaan eri osastoista ja niiden teknillisestä ratkaisusta.

## 4. Raaka-ainehuolto ja paikkakysymys

Rautatehtaan raaka-aineista tärkeimmän muodostavat luonnollisesti rautamalmit, joiden tarve Rautaruukissa on 65 %:sina rikasteina laskettuna vuosittain noin 900 000 tonnia. Pääosa rautarikasteista saadaan koti-

maisilta Pohjois-Suomessa sijaitsevilta kaivoksilta. Yhtiömme masuunilaitoksella käytetään Otanmäki Oy:n Raajärven ja Kärvasvaaran kaivosten tuotanto kokonaisuudessaan samoin kuin Outokumpu Oy:n Kokkolan tehtaalta tuleva Pyhäsalmen kaivoksen rikasteista saatu rautalmalmi. Tämän lisäksi käytetään tehtaallamme osaksi Otanmäki Oy:n Otanmäen kaivoksen pellettimursketa. Nämä kaikki rikasteet kuljetetaan tehtaalle rautateitse ja jopa siten, että Kokkolan ja Raajärven kuljetukset tapahtuvat kautta vuoden. Kuten tunnettua, ovat kaikki edellä mainitut rikasteet mangaanirikasteita, joten joudumme tuomaan ulkomailta mangaanipitoisia rautamalmeja sekä myös jossain määrin täydentämään rautasisältötarvetta. Ulkomaiset rautamalmit tuodaan pääasiassa Ruotsista, pienehköjä määriä Neuvostoliitosta. Koksi tuodaan tehtaalle meritse pääasiassa Neuvostoliitosta, mutta osittain myös Puolasta, Länsi-Saksasta ja Englannista.

Tärkeimpinä raaka-ainelähteinä toimivien kotimaisten kaivosten sijainti oli eräs tärkeimmistä kysymyksistä tehtaan rakentamisaikaa suunniteltaessa yhdessä satama- ja vedenhuoltokysymyksen järjestämisen kanssa.

Se, että tehtaan sijoittaminen Raahen yhtiön käsityksen mukaan osoittautui edulliseksi, johtui edellä mainittujen tärkeiden tekijöiden lisäksi myös työvoiman saantimahdollisuuksista samoin kuin tämänkaltaiselle tehtaalle tärkeän rakennusohjelman laadusta.

Rautaruukki Oy:n tehtaan sijoittamiskysymys herätti suurta julkista huomiota lähinnä siitä syystä, että epäiltiin Raahen ruopattavan väylän aiheuttavan valtiolle suuria kustannuksia. Väylä on nyttemmin käytännöllisesti katsoen valmiiksi ruopattu ja TVH:n ilmoituksen mukaan sen kokonaiskustannukset jäivät huomattavasti alle 10 000 000 markan, mitä valtion viranomaiset eivät pidä niinkään suurena verrattuna Raahen alueen aikaisemmin aiheuttamiin työttömyysmenoihin.

## 5. Toinen rakennusvaihe

Vuoden 1963 loppupuolella teki yhtiön hallintoneuvosto päätöksen tehtaan toisen vaiheen rakentamiseen ryhtymisestä. Tämä vaihe käsittää terässulaton ja karkealevyvalssaamon rakentamisen. Terässulatto tulee perustamaan viime vuosina yhä suurempaa jalansijaa saavuttaneeseen happikaasumenetelmään, joka aikaisemmin käytettyihin menetelmiin nähden on osoittautunut taloudellisesti edullisimmaksi. Erikoisesti on huomattava, että yhtiömme päätyi toisen vaiheen suunnitelmassa teräksen jatkuvavalumenetelmän käyttöönottamiseen. Tämä tuotantotapa karkealevyvalssaamojen yhteydessä on vielä melko uusi, kun sen sijaan esim. billettien valmistuksessa sitä on jo pitemmän aikaa käytetty menestyksellisesti. Yhtiön toisen vaiheen suunnitelmaa laadittaessa on apuna käytetty erästä tämän alan tunnetuinta kansainvälistä suunnitteluorganisaatiota ja käsityksemme mukaan tehtaan toisen vaiheen valmistuessa vuonna 1967 se tulee edustamaan teknillisesti viimeisintä saavutusta alallaan.

Toista vaihetta varten on terässulatto jatkuvavaluutuksineen tilattu Neuvostoliitosta, jolla varsinkin levyaihioiden jatkuvavalumenetelmään nähden on laaja kokemus. Valssilaitoksen kaikki koneistot laitteineen on tilattu Englannista ja sähkölaitteet Ruotsista. Kotimaiselta metalliteollisuudelta on tähän mennessä tilattu kaikki tarvittavat nosturit ja edelleen on suunniteltu tilattaviksi erilaisia apulaitteita, joita kotimaassa voidaan valmistaa.



## 6. Tuotteiden markkinointi ja kannattavuus

Tehtaan harkkorautatuotanto joudutaan luonnollisesti pääasiassa markkinoimaan ulkomaille. Harkkorautaa vie-  
dään useimpiin Euroopan maihin sekä myös Euroopan  
ulkopuolelle USA:han, Etelä-Amerikkaan jne. Tehtaan  
valssausohjelma on tietenkin suunniteltu lähinnä koti-  
maisia markkinoita silmällä pitäen. Kotimainen karkea-  
levyn kulutus ei kuitenkaan tällä hetkellä vastaa talou-  
dellisesti kannattavan valssilaitoksen kapasiteettia. Myös-  
kään emme laske, että me pystyisimme kilpailukykyisesti  
tarjoamaan kaikkia kotimaassa tarvittavia karkealevyjä,  
vaan meidän on erikoistuttava niihin levylaatuihin, joi-  
den kulutus kotimaassa on suuri. Toisaalta karkealevy-  
jen kulutuksen maassamme on arvioitu kasvavan melko  
nopeasti. Tämä perustuu lähinnä muualta saatuihin ko-  
kemuksiin, että teräksen kulutuksen kasvaessa asukasta  
kohti nimenomaan levytuotteiden suhteellinen osuus sa-  
malla kasvaa. Näin ollen arvioimme, että valssaamon  
tuotannon päästessä käyntiin vuonna 1968 pystymme  
kilpailukykyisesti kotimaahan markkinoimaan noin puo-  
let tuotannosta ja loput on vietävä ulkomaille. Myö-  
hemmin arvioimme kotimaisen osuuden kasvavan siten,  
että ehkä noin 10 vuoden kuluessa koko tuotanto on  
markkinoitavissa kotimaiselle konepaja- ja laivanraken-  
nusteollisuudelle.

Mitä levyntuotannon kannattavuuteen tulee, riippuu se  
luonnollisesti ensisijaisesti kansainvälisestä hintatasosta,  
johon tietenkään me emme voi vaikuttaa. Me olemme  
Rautaruukki Oy:n johtokunnassa lähteneet siitä, että  
tuotannon kannattavuudesta voidaan tehdä ja myös on

tehty erilaisia laskelmia. Ratkaisevaa kuitenkin on, että  
me tuotantoedellytystemme kannalta olemme kilpailu-  
kykyiset. Tällöin kysymykseen tulee lähinnä neljä tekijää:

- tehtaan tulee teknillisesti olla kilpailukykyinen ja tässä  
suhteessa olemme pyrkineet käyttämään hyväksi ny-  
kyajan tekniikan saavutuksia.
- raaka-ainekustannukset eivät käsityksemme mukaan  
voi olla kilpailijoidemme kustannuksia korkeammat,  
koska sijaitsemme kotimaisten rautakaivosten vienti-  
satamassa. Myöskään Ruotsin rautamalmilähteisiin  
nähdessä emme sijaitse kilpailijoitamme epäedullisem-  
min.
- työvoimakustannuksiin nähden emme käsityksemme  
mukaan ole tärkeimpiä kilpailijamaitamme Ruotsia,  
Englantia, Länsi-Saksaa ja Ranskaa epäedullisemmas-  
sa asemassa.
- pääomakustannukset, jotka tämännäysoissa teollisu-  
udessa näyttelevät hyvin tärkeätä osaa, ovat meillä  
kilpailijoitamme korkeammat. Tästä syystä yhtiömme  
johto on lähtenyt siitä, että varsinkin alkuvuosien vai-  
keudet huomioon ottaen oman pääoman osuuden tulee  
olla riittävän suuri.

Nämä tekijät tulevat käsityksemme mukaan ratkaise-  
maan yhtiömme tuotannon kilpailukykyyn ja kannatta-  
vuuden. Pyrkimyksenämme on, että me voisimme tarjota  
kotimaisille markkinoille karkealevyjä edullisemmin kuin  
ulkomaiset kilpailijamme ja näin luoda edellytykset suo-  
malaiselle konepaja- ja laivanrakennusteollisuudelle koti-  
maisena karkealevyn käyttöön.

# Masuunilaitoksen rakentaminen

*Dipl.ins. Toivo Härkönen*

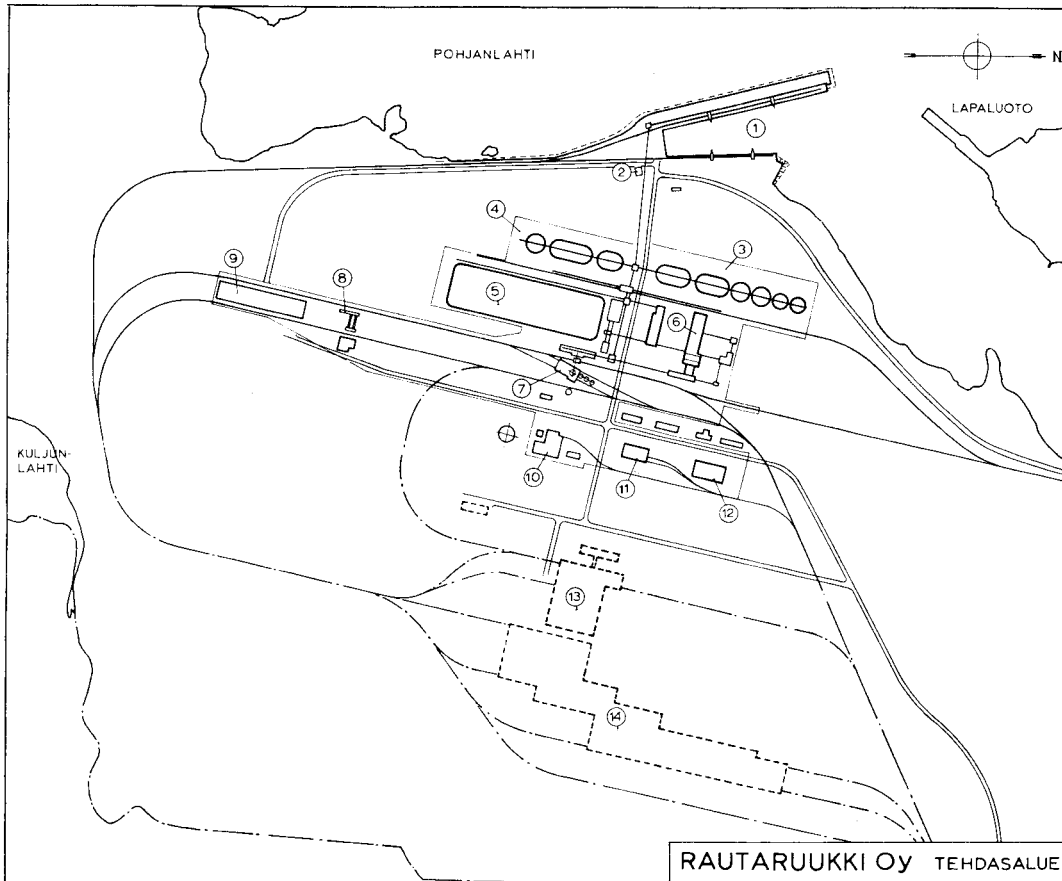
Raahen rautatehdas sijaitsee Raahen kaupungin etelä-  
puolella Saloisten kunnassa Rautaruukin omistamalla n.  
450 hehtaarin suuruisella alueella metsäisessä vähän kum-  
puilevassa maastossa meren rannalla. Tehdasalueen maa-  
perä on pääasiassa hiekka- tai hietamoreenia, jonka alla  
noin 10—15 metrin syvyydessä on pintaosiltaan rapau-  
tunut kallio. Moreeni on siinä määrin kantavaa, ettei  
rakennuksia ole tarvinnut perustaa kalliopohjaan saakka  
eikä mitään erikoisia maaperän vahvistamistoimenpiteitä  
ole myöskään tarvittu, vaan rakennusten ja laitteiden  
perustukset on voitu tehdä tavanomaisella rakennus-  
tavalla sallimalla kantavuutta 2,5—4,0 kg/cm<sup>2</sup>.

Tehtaan ensimmäisen, masuunilaitoksen käsittävän ra-  
kennusvaiheen (kuva 1) rakennustyöt aloitettiin saman-  
aikaisesti suunnitelmien edistymisen rinnalla alustavilla  
työillä kesällä 1961. Alueelle johtava rautatie ja maantie  
rakennettiin, metsänkaato rakennus- ja varastoalueilla  
suoritettiin. Masuunialueen yleiseksi tasekorkeudeksi  
valittiin tase +7,10 m, teiden kohdalla se on +7,40 ja  
ratojen kiskonselkä on korkeudella +7,55. Sintraamo-  
alueen, harkkovalimon ja varastokenttien rakennustasot  
ovat hieman tätä alempana. Myöhemmin rakennettaville

terässulaton ja valssilaitoksen alueille tulisi tasekor-  
keudeksi myös +7,10 m. Mainituista luvuista voidaan  
päättellä, että tehdasalueen korkeussuhteet merenpintaan  
verrattain ovat rakennusten perustustöiden, viemäröinnin  
sekä maanalaisten kanavien ja johtojen kannalta sopivat.  
Ensimmäisessä rakennusvaiheessa tasatun alueen pinta-  
ala oli n. 26 hehtaaria ja maamassoja siirrettiin  
n. 350 000 m<sup>3</sup>.

Tehdasalueella oli muutamia soraesiintymiä, joista voi-  
tiin saada murskaamalla ja seulomalla tarvittavat beto-  
nin kiviainekset, raidesepeli ja teiden pintaainekset.  
Kaikkiaan murskattiin ja seulottiin vuoden 1961 lopulla  
ja vuonna 1962 näihin tarkoituksiin soraa 315 000 tonnia.

Lokakuussa 1961 aloitettiin rakennuksista ensimmäi-  
senä korjaamon rakentaminen. Korjaamon saattaminen  
toimintakykyiseksi riittävän varhain oli Raahen olo-  
suhteissa välttämätöntä asennustöiden tehokkaan suo-  
rittamisen kannalta. Korjaamorakennuksen tilavuus on  
22 000 m<sup>3</sup> ja rakennus on korjaamon osalta yksikerrok-  
sinen, konttoriosaltaan kaksikerroksinen. Korjaamossa  
on 20 tonnin nosturi ja korjaamopinta-alaa 2 100 m<sup>2</sup>.  
Rakennus on, kuten useat muut masuunilaitoksen raken-



1. Satama.
2. Merivesipumppaamo.
3. Malmivarasto.
4. Kalkkikivivarasto.
5. Koksivarasto.
6. Sintraamo.
7. Masuuni.
8. Harkkovalimo.
9. Harkkovarasto.
10. Voimalaitos.
11. Korjaamo.
12. Varasto.
13. Terässulatto.
14. Valssilaitos.

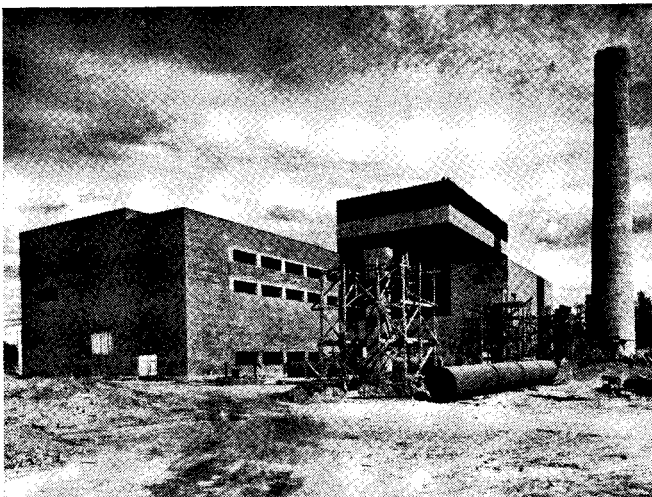
Kuva 1. Masuunilaitoksen sijoituspiirros.

nukset, teräsbetonirunkoinen seinien ollessa punaista tiiltä. Katto on Siporex-laatoista siihen suoraan liimattuine huopineen. Korjaamo valmistui kesällä 1962.

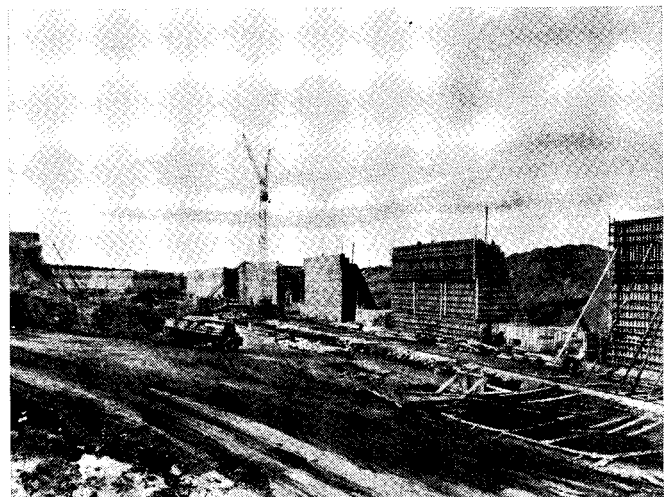
Talvella 1962 tehtiin työnaikaiset konttori ja ruokala koottavina puuelementtitaloina (parakkeina).

Toukokuussa 1962 aloitettiin varsinaisesti tehtaan rakennustyöt voimalaitoksen ja sataman töillä. Voimalaitosrakennus (kuva 2) käsittää tilat kattilalaitosta, turbogeneraattoria, puhallinasemaa ja masuunin jäähdytysvesien välipumppaamoa varten sekä rakennuksen ulkopuolella maanalaisen 3 000 m<sup>3</sup> makeavesialtaan. Voimalaitoksen tilavuus on 55 000 m<sup>3</sup> ja se valmistui harjankorkeuteen marraskuussa 1962. Asennukset aloitettiin keväällä 1963.

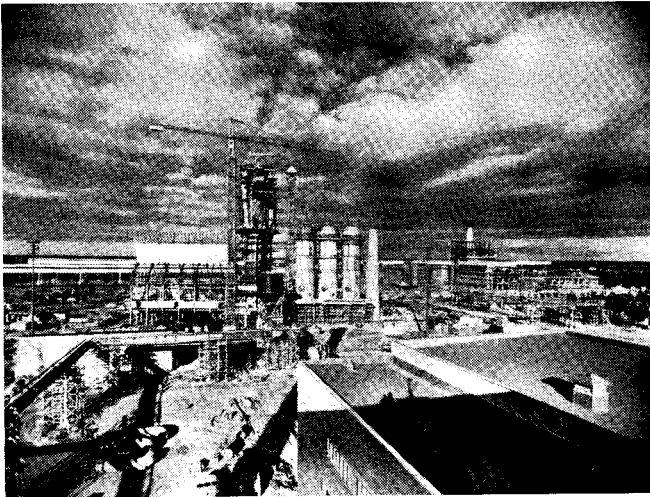
Rautaruukin sataman (kuva 3) laiturien pituus on 655 m, josta tuontia varten 360 m ja vientiä varten 240 m. Laiturit ovat teräsbetonisia suoraan kovaan pohjaan ilman paalutusta perustettuja laitureita, joiden edessä satama-altaassa on vesisyvyys suurimmalta osalta 9,2 m. Laiturit rakennettiin ja satama-altaan pohja syvennettiin luonnonsyvydestään, joka oli noin -4,5 m, moreeni- maasta tehtyjen työpatojen suojassa kuivana työnä. Laiturien perustamissyvyys oli -10 m ja suurimmillaan oli pumppaamalla kuivana pidettävän altaan koko 3 hehtaaria. Työ onnistui alussa esiintyneistä vaikeuksista päästyä hyvin ja valmistui pääosiltaan vielä saman vuoden 1962 loppuun mennessä, jolloin altaaseen päästettiin vesi.



Kuva 2. Voimalaitos



Kuva 3. Satama rakenteilla



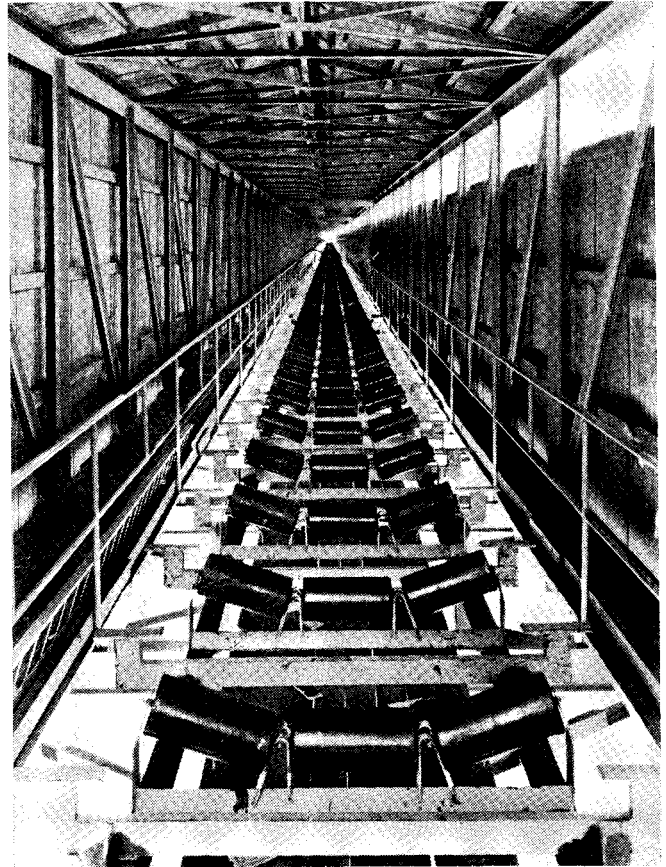
Kuva 4. Masuuni ja sintraamo rakenteilla.

Masuuni on perustettu vahvasti raudoitetulle betoni-laatalle, jonka halkaisija on 25 m ja vahvuus 4 m. Masuunin perustus valettiin kesällä 1962 ja elokuun 24. päivänä pidettiin juhlallinen peruskiven muuraustilaisuus, jossa tasavallan presidenttikin oli läsnä.

Syksyllä 1962 aloitettiin sintraamon, masuunin ja harkkovalimon rakennustyöt koko laajuudessaan. Sintraamorakennuksen (kuva 4) yläosa, masuunin siilolaitoksen yläosa, masuunin valuhalli, harkkovalimo ja siihen liittyvä senkkakorjaamo ovat teräsrunkoisia, muuten näissä yhteensä lähes 400 000 m<sup>3</sup> käsittävissä rakennuksissa on teräsbetonirungot ja -tasot. Sintraamon kaikissa rakennuksissa seinät ovat punaista tiiltä 30 cm vahvuisina seininä, sen sijaan masuunin siilolaitoksen yläosan, masuunin valuhallin ja harkkovalimon seinät ovat suoraan teräsrunkoon kiinnitetystä aaltoasbestisementtilevystä. Seossiilolaitoksen ja murskaamon siilot pystysuorilta osiltaan ovat teräslevyllä suojattuja betonirakenteisia siiloja suppiloiden ollessa terästä, masuunin siilolaitoksella on vastaavasti betoni suojattu koksisiiloissa tulenkkestävästä tiilestä tehdyllä muurauksella, sintterisiiloissa ja romusiilossa ratakiskoilla, joiden välit on täytetty betonilla. Sintraamon, masuunin ja harkkovalimon rakennustyöt tulivat pääosiltaan valmiiksi vuoden 1963 loppuun mennessä.

Muista rakennustoista mainittakoon:

- Huoltorakennus (4000 m<sup>3</sup>), jossa pesu- ja pukeutumistilat 450 työntekijälle, ja varastorakennus (16 000 m<sup>3</sup>).
- Kuljetinsillat ja -tunnelit (kuva 5). Teräsrakenteisten kuljetinsiltojen yhteinen pituus on 4 km, kuljetinkäytävät on verhottu asbestisementtilevyllä. Koksikentän alla on kaksi betonirakenteista kuljetintunnelia, joiden yhteinen pituus on 600 m.
- Kaasusäiliö (30 000 m<sup>3</sup>).
- Putkisillat voimalaitoksen, kaasunpuhdistamon, masuunin, sintraamon ja harkkovalimon välillä kaasun-, kaukolämpö- ja paineilmaputkistoineen sekä sähkökaapeleineen.
- Putkitunneli voimalaitoksen ja masuunin välillä masuunin jäähdytysvesiputkistoineen.
- Makean veden pumppaamo makeavesialtaaksi muutetun Kuljunlahden rannalla ja makeavesiputkisto, tuloputki  $\varnothing$  700, menoputki  $\varnothing$  1000 teräsputki ja loppuosa avokanavana.
- Meriveden pumppaamo ja meriveden tuloputki  $\varnothing$  1400 Bonnaputkena.



Kuva 5. Kuljetinsilta kuljetinrullastoineen.

- Osastojen väliset teollisuusvesiputkistot.
- Talusvesijärjestelmä ja saniteettiviemärit.
- Radat ja tiet. Raiteiden yhteispituus on 15 km ja vaihteita on 50 kpl.

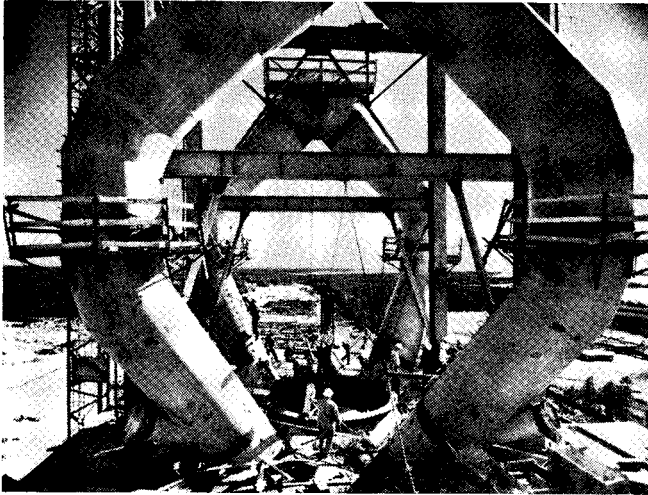
Rakennustyöt suoritettiin erilaisia rakennuttamistapoja käyttäen. Erillisinä kokonaishintaurakoina urakkakilpailun perusteella annettiin suurimmat työkohteet suunnitellussa järjestyksessä kotimaisille rakennusliikkeille suoritettavaksi. Sataman urakka oli näistä suurin ollen suuruudeltaan 5 milj. markan suuruusluokkaa. Muita tällaisia rakennusurakoita olivat voimalaitos, sintraamo kahtena osana, harkkovalimo, korjaamo, varasto- ja huoltorakennukset ja eräät muut. Pääurakoitsijoina olivat Teräsbetoni Oy ja Sulo V. Palmas Oy. Yksikköhintaurakoina ja työnjohtourakoina suoritettiin työt, joista suunnitelmat valmistuivat vähitellen työn edistyessä tai jotka muista syistä oli edullista tehdä tällä tavoin. Omana työnä tehtiin ratatöitä, vesijohtoja ja viemäreitä, työntekijäaikaisia rakennuksia ja asennusten aputöitä.

Ensimmäisen rakennusvaiheen rakennusten tilavuus on 500 000 m<sup>3</sup>, betonia käytettiin 85 000 m<sup>3</sup> ja tiiliä 3 200 000 kpl.

### Teräsrakenteet

Teräsrakenteita, rakennusten teräsrakenteet mukaanluettuina, asennettiin kaikkiaan 11 500 tonnia. Työt aloitettiin vuoden 1963 alkupuolella ja ne valmistuivat kesään 1964 mennessä.

Huomattavin näistä töistä oli masuunin asennus (kuvat 6 ja 7), joka aloitettiin talvella 1962. Masuuni on 69 m korkea rakennelma, jonka pystyttäminen käsitti raskaiden kappaleiden nostamista, niiden asentamista tarkoin paikoilleen ja erittäin huolellista hitsaustyötä.



Kuvat 6 ja 7. Masuunin asennus käynnissä.

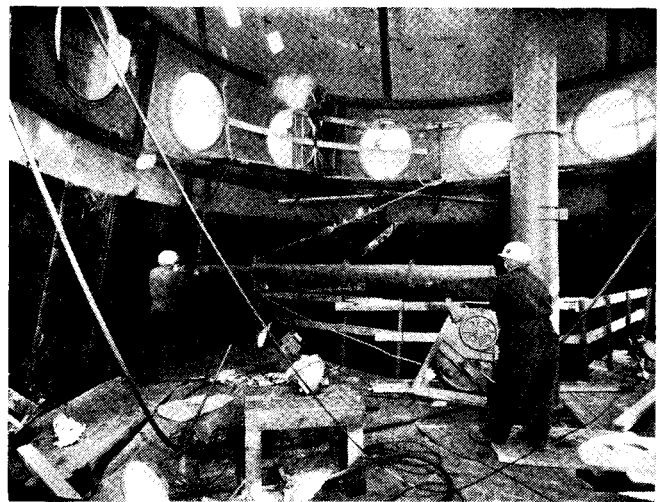
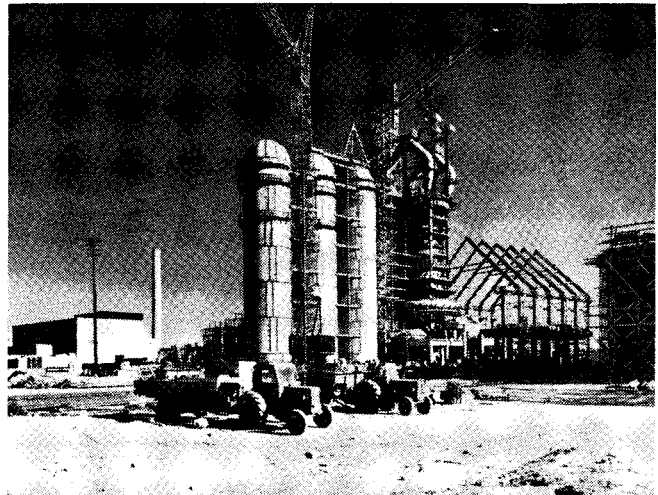
Asennusta varten pystytettiin masuunin vierelle kaksi torninosturia, joista toista käytettiin pääasiassa cowpereiden, toista varsinaisen masuunin kokoamiseen. Suuremmalla nosturilla saattoi nostaa 22 tonnia 11 m säteellä nostokoukun ollessa 71 metrin korkeudessa. Tämä riitti juuri ja juuri. Masuunin vaipan halkaisija on alhaalla 11 m ja cowpereiden halkaisijat 9 m. Jäähdytystä varten on pesän ja rastin kohdalla vaipassa jäähdytyslaatat kuilun kohdalla muurauksen sisällä jäähdytyslaatikot. Masuunin pääkohteiden teräskonstruktioiden paino on yhteensä 3 258 tonnia. Hitsausominaisuuksiltaan oli masuunille toimitettu teräs hyvää ja hankkijan asiantuntijat antoivatkin luvan suorittaa hitsaustyötä jopa  $-15$ — $-20^{\circ}\text{C}$  pakkasessa. Masuunin asennus suoritettiin omana työnä muutaman hankkijan asiantuntijan opastuksella.

### Koneiden ja laitteiden asennus

Voimalaitoksen koneet ja laitteet tilattiin valmiiksi asennettuina, jolloin hankkijan asentajat suorittivat pääasiallisen asennustyön. Samoin laaja kuljetinjärjestelmä tilattiin valmiiksi asennettuna.

Voimalaitoksen kaksi 50 t/h,  $84 \text{ kp/cm}^2$ ,  $525^{\circ}\text{C}$ , kattilaa toimitti W. Rosenlew & Co Oy, 21 MW lauhdutus-turbogeneraattorin sekä 7 MW puhaltimen turbiinin AEG, turbopuhaltimen  $120\,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$  ja moottoripuhaltimen  $100\,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$  Sulzer. Laajan kuljetinjärjestelmän toimitti Kone Osakeyhtiö yhdessä tytäryhtiönsä Raahen Oy:n kanssa.

Masuunin, sintraamon ja harkkovalimon koneiden ja laitteiden asennus tapahtui omana työnä hankkijan antaessa asiantuntijoita opastamaan asennustyötä. Toimitus käsitti koneita ja laitteita 7 200 tonnia. Näihin asennustöihin päästiin kesällä 1963 ja työt jatkuivat runsaan vuoden tehtaan käyntiinlähtöön saakka. Huomattavimpina näistä töistä mainittakoon masuunin koneet ja laitteet, kaksi vaakavaunua masuunin siilolaitokselle, kaksi  $75 \text{ m}^2$  nauhasintrauskonetta, sintterin jäähdyttäjät, sintraamon savukaasuimurit ja jäähdyttäjän imurit, murskaamon tankomyllyt, nelitelamurskaimet ja kartiomurskaimet, kalkkikiven seulomo, annostelulaitteet sintraamon seossiilolaitokselle, esisekoittamo ja sintterin seulomo, kaasunpuhdistamon pesuri ja kaksi sähkösuodinta sekä kaksi harkkovalukonetta. Varsin laajan työn käsittivät erilaiset putkistot, esim. keskusvoitelujärjestelmän yhteinen asennettava putkimäärä oli 17 000 metriä.



Kuva 8. Tulenkestävä muuraus käynnissä.

Masuunin, sintraamon, harkkovalimon ja kaasunpuhdistamon koneet ja laitteet sekä pääosan teräsrakenteista toimitti neuvostoliittolainen Vientiyhtymä Tjashpromeksport.

### Tulenkestävät muuraukset

Tulenkestävien muurausten yhteismäärä oli 12 800 tonnia. Masuunin pohjassa ja pesässä oli hiilitiiliä ja alumiinitiiliä ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$  43 %) 982 tonnia (kuva 8), masuunin yläosassa shamottitiiliä 935 tonnia, cowpereissa shamotti- ja eritystiiliä yhteensä kolmessa cowperissa 8 745 tonnia. Nämä olivat suurimmat työkohteet. Muista kohteista mainittakoon masuunin rengasputki, kuuman ilman tuloputki cowperilta masuunille, kaasuputket masuunilta pölysäkille ja pölysäkki, joissa kaikissa on sisäpuolinen shamottitiiliverhous. Muuraus suoritettiin erikseen tätä työtä varten pikakoulutuksella koulutetulla työvoimalla. Tulenkestävän materiaalin toimitti vientiyhtymä Tjashpromeksport Neuvostoliitosta. Asiantuntijoina ja työhön osaottavina etumiehinä oli hankkijan lähettämiä ammattimiehiä. Ruotsista palasi joitakin suomalaisia, jotka olivat olleet siellä samanlaisessa työssä ja joista saimme myös työnjohtoa ja etumiehiä. Työt aloitettiin toukokuussa 1963, niitä tehtiin kahdessa vuorossa ja ne kestivät vuoden. Ammattimiehiä oli työssä keskimäärin 20 työvuorota kohti, yhteensä siis 40, aputyöntekijöiden määrä vaihteli 50–100% ammattimiesten määrästä.

Muurauksen tarkkuusvaatimukset olivat erittäin tiukat, niinpä masuunin kuilu muurattiin 1 mm saumalla, mikä merkitsi sitä, että tiilet oli hiottava.

Masuunin pohjamaurauksen alle betoniperustuksen päälle valettiin ensin 2,8 m vahva laatta ns. kuumuutta kestävästä betonista, joka oli siinä suhteessa kokoomukseltaan erikoinen, että sementtinä käytettiin tavallista portland-sementtiä. Käytetyn seoksen kokoonpano oli seuraava: tavallista portland-sementtiä 300 kg/m<sup>3</sup>, shamottipölyä (yhtä hienoa kuin sementti) 300 kg/m<sup>3</sup>, shamottia 0—2 mm 400 kg/m<sup>3</sup>, shamottia 5—10 mm 450 kg/m<sup>3</sup>, shamottia 10—40 mm 450 kg/m<sup>3</sup>.

Kuumuutta kestäväälle betonille asetettiin vaatimuksiksi, että tehtyjen 10×10×10 cm koekappaleiden jäänneöslujuuden sen jälkeen, kun koekappaleet olivat ensin olleet 32 h +100—110°C lämpötilassa, sitten 2 h +800°C:ssa ja sen jälkeen jäädytetty, tuli olla vähintään 30 % alkulujuudesta, joka oli n. 325 kg/cm<sup>2</sup>.

### Sähköasennukset

Sähköasennukset olivat erittäin laajat. Ne alkoivat keuhalla 1963 ja kestivät vuoden. Viimeisinä kuukausina oli työssä lähes 200 sähköasentajaa. Työ suoritettiin pääosin Oy Strömberg Ab:n toimesta laskutyönä ja osin omana työnä.

Mittavalvontalaitteiden ja automatiikan asennukset suoritettiin viimeksi ja paljon työtä ja aikaa tarvittiin

vielä, ennen kuin ns. virittäminen oli suoritettu.

Sintraamo aloitti toimintansa elokuun alussa 1964 ja masuuni sytytettiin elokuun 17. päivänä 1964.

Raahen rautatehtaan I rakennusvaiheen kokonaistyövoimamäärä oli vuonna 1961 toukokuun alusta vuoden loppuun keskimäärin 125, vuonna 1962 keskimäärin 575, vuonna 1963 keskimäärin 1 350 ja vuonna 1964 syyskuun loppuun saakka keskimäärin 1 500. Näihin lukuihin sisältyvät kaikki Rautaruukin ja urakoitsijoiden tehdasalueella työssä olleet työntekijät ja toimihenkilöt.

Pääkonehankkijan neuvostoliittolaisen Tjashpromeksportin lähettämiä asiantuntijoita osallistui työhön runsaan puolentoista vuoden ajan. Näiden määrä oli asennustöiden ollessa täydessä menossa noin 50.

Näinkin laajan ja mitä erilaisimpia töitä käsittävä rakennus- ja asennustehtävän suhteellisen lyhyessä ajassa tapahtuva suorittaminen edellyttää, että suunnittelu, hankinnat, rakennus- ja asennustyöt pystytään tahdistamaan tarkoin keskenään. Tämä saavutetaan hyvällä henkilöörganisaatiolla, insinöörien keskinäisellä yhteistoiminnalla, avoimella tehtävän suoritusta edistävien tietojen välittämisellä ja työaikatauluilla. Lukuisten niin yleisempien kuin yksityiskohtaisten aikataulujen laatiminen, työn edistymisen kannalta kriittisten pisteiden hakeminen ja tilanteen kaikinpuolinen seuraaminen, samoin tarpeelliseksi havaittujen toimenpiteiden ripeä suorittaminen ovat välttämättömiä tällaisten tehtävien toteuttamisessa.

# Sintraamo ja masuuni

*Dipl.ins. Martti Merenmies*

## SINTRAAMO

Hienojakoiset malmit on saatettava kappalemuotoon s.o. sintrattava ennenkuin niitä voidaan syöttää masuuniin. Tätä varten on Raahen rautatehtaan sintraamolla 2 Dwight-Loyd tyyppistä sintrauskoneyksikköä, kumpaisenkin imupinta-ala 75 m<sup>2</sup> ja sintrausteho noin 90 tonnia tunnissa valmista sintteriä.

Varsinainen sintraustointi tapahtuu siten, että hienojakoisista malmeista, kalkkikivijauheesta ja koksijauheesta muodostettu homogeeninen seos levitetään tasaiseksi 250—300 mm paksuksi kerrokseksi sintrauskoneen liikkuvien arinoiden päälle, seos sytytetään ylhäältäpäin ja alhaalta päin imetään savukaasuja. Seos palaa koksijauheen ja imun ansiosta tupakan tavoin ollen koko kerros paksuudeltaan läpipalanutta ja kovettunutta siihen mennessä, kun arinavaunujen muodostama ketju saavuttaa sintrauskoneen loppupään. (Kysymyksessä on siis ketjupolttaja).

Sintrauslaitokseen kuuluu:

— kalkkikiven ja koksen murskaamo

- siilo- ja annostelulaitos
- sintrattavan seoksen sekoittamo
- varsinainen sintraamo
- savukaasun imurit
- sintterin jäädyttäjät imureineen
- sintterin seulomo
- erilaisia hihnakuuljettimia n. 2 km.

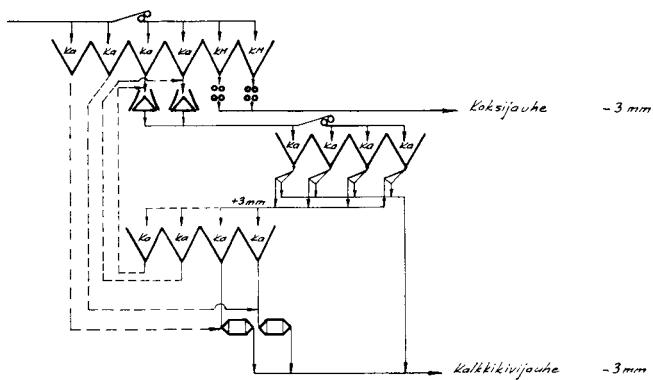
### Kalkkikiven ja koksen murskaamo

Masuunilla seulomalla erotettu tai ostettu alle 25 mm koksimurska murskataan noin 3 mm raekokoon 4-telavalsimurskaimilla. Näitä on 2 kpl, kumpaisenkin murskausteho n. 15 tn/h.

Kalkkikivi esimurskataan kartiomurskaimilla (5½ jalkaa), joita on 2 kpl, kummallakin murskausteho noin 50 tn/h, alle 10 mm raekokoon. Tuote seulotaan 3 mm seuloilla, joiden ylite jauhetaan tankomylyillä (2 kpl, Ø 2,1 m) niin ikään alle 3 mm raekokoon ja yhdistetään seulujen alitteeseen.

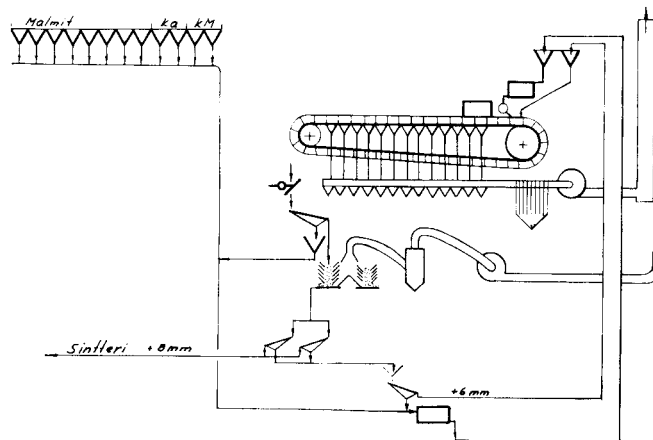
Murskaamolta sekä kalkkikivijauhe että koksijauhe kuljetetaan hihnakuuljettimin sintraamon siilo- ja annostelulaitokseen.





Kalkkikiven ja kaksin murskaaman kaavio

Kuva 9.



Sintraamon kaavio

Kuva 10.

### Siilo- ja annostelulaitos

Eri rautamalmeja, mangaanimalmeja, kuonanmuodostaja-aineita ja koksijauhetta varten on kahdessa rivissä yhteensä 24 kpl 200 m<sup>3</sup> siiloja.

Näistä annostellaan lautassyöttäjien avulla, joista useimmat ovat varustetut automaattisesti lautasen kierroslukua säätävillä hihnavaaioilla, eri ainekset seosihnalalle joka sintraamon läpi kulkién vie seoksen sekoitusrumpuun.

### Esisekoittamo

Esisekoitusrummun halkaisija on 2,8 m ja kierrosluku 10 rpm. Tässä sekoittuvat paitsi annosteltu seos, myös sintterin seulomoista saatu hienojakoinen palautemateriaali yhdeksi seokseksi, joka samalla kostutetaan.

### Sintraamo

Seos kuljetetaan sintraamon yläkertaan, josta se syötetään kummankin sintrauslinjan jälkisekoitusrumpuihin. Näillä on hitaampi kierrosluku ja siten pelletisointivaikutusta. ( $\varnothing = 2,8$  m,  $L = 8$  m)

Sintrauskoneille syötetään arinan päälle ohut kerros sintteripalautteesta seulottua 6—8 mm arinansuojainetta ja sen päälle sintrattava seos.

Arinavaunujen leveys on 2,5 m ja liikkumisnopeus 1,5—4,5 m/minuutti.

Sytytysuuni antaa seoksen pinnalle n. 1 200°C lämpötilan. Savukaasun imurit pitävät arinoiden alla n. 1 200 mmvp alipaineen. Imurin imuteho on n. 6 500 m<sup>3</sup>/minuutissa.

Sinä aikana kun arinavaunut ovat imun alaisena liikkuu 30 m matkan on sintrattavan seoksen n. 1 400°C lämpötilassa kytevä kohta joutunut kerroksen pohjaan saakka ja putoaa sintteri arinavaunujen kääntyessä alakautta paluumatkalleen suurina levyinä haramurskai-

melle ja siitä pääosin nyrkin kokoisina kappaleina 8 mm seulan yli sintterin jäähdyttäjään.

### Sintterin jäähdyttäjät

Sintterin jäähdyttäjän muodostaa halkaisijaltaan 10 metrin lautanen, jolla sintteri on sylinterimäisenä renkaana kahden säleikön välissä.

Lautasen kierroslukua säädetään siten, että säleikköjen väli on aina täynnä sintteriä. (Yhden kierroksen aika on säädettävissä n. 2:sta 16 minuuttiin saakka).

Jäähdytysimuri imee ilmaa »sintterisylinterin» läpi n. 6 000 m<sup>3</sup>/minuutti.

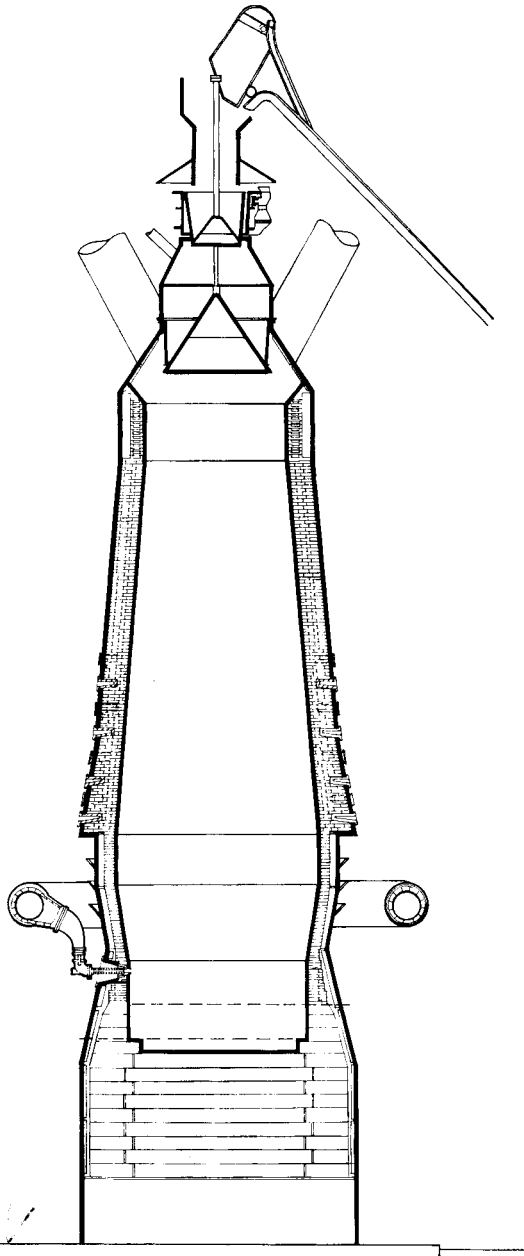
### Sintterin seulomo

Jäähdyttäjältä sintteriä poistuu jatkuvasti kaavarin avulla lautasen reunan yli ja kuljetetaan sintterin seuloille, joilla siitä seulotaan 8 mm hienempi aines palautteeksi ja yli 8 mm materiaali valmiina sintterinä masuuniin siilolaitokseen.

## MASUUNI

### Siilolaitos

Masuuniin raaka-aineet, itsefluksaava sintteri ja säätöaineina käytettävät palamaiset kalkkikivi, mangaanimalmi ja happamat kiviainekset sekä myös koksi ovat 26 siiloa käsittävissä siilolaitoksessa. Kahdessa rivissä olevien siilojen välillä liikkuu vaakavaunu, joka ottaa masuuniin panostettavat ainekset pyörittämällä siilojen rumpusyöttäjiä kahteen mittataskuunsa punnitellen. Vaakavaunu kuljettaa raaka-aineet panostuskuopan kohdalle pudottaen ne vuorollaan koiraradan kumpaankin kippaan. Kipan tilavuus on 6,5 m<sup>3</sup>.

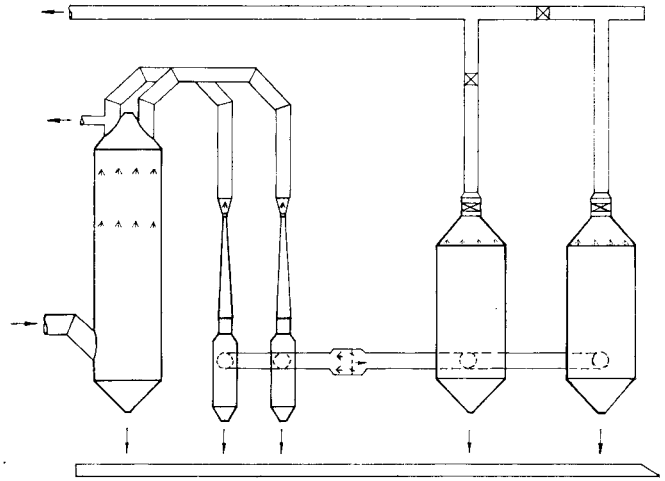


Kuva 11. Masuuni.

Koksin seulonta 40 mm seulalla mittataskuun tapahtuu automaattisesti. Mittatasku toimii joko painon tai tilavuuden mukaisella säädöllä. Koksin pudotus panostuskippaan tapahtuu niinkään automaattisesti. Alle 40 mm koksista erotetaan erillisellä seulonnalla fraktio 25–40 mm, joka myös panostetaan masuuniin. Alle 25 mm koksimurska kuljetetaan murskaamolle sintraamaa varten.

### Masuuni

Masuunin tilavuus laskettuna raudan laskuaukon tasosta avatun ison kellon alareunaan on 1 033 m<sup>3</sup>. Sen hyötytilavuus laskettuna hormitasosta 1 metri avatun ison kellon alle on 893 m<sup>3</sup>. Pesän halkaisija on 7,2 m, sisäkorkeus laskuaukosta avattuun isoon kelloon on 26 m. Korkeus maan pinnasta kaikkien rakenteiden ylimpään pisteeseen on 69,4 m. Ison kellon halkaisija on 4,2 m ja masuunin yläosan halkaisija 5,8 m. Kuilukulma



Masuunikaasun puhdistamon kaavio

Kuva 12.

on 85° 25' 34" ja rastikulma 80° 32' 15". Ilmahormeja on 14 kpl, raudan laskuaukkoja 1 ja kuonan laskuaukkoja 2. Masuuni on mitoitettu toimimaan 1,5 aty:n yli-paineella tuinin yläosassa. Puhallusilma kuumennetaan max 1 000°C:een kolmessa n. 40 m korkeassa cowperissa, joista kahta samanaikaisesti lämmitetään yhden ollessa puhalluksella.

Rautaa lasketaan joka 3:s tunti masuunin valuhallin sivulla seisoviin 100 tonnin senkkavaunuihin, joilla se kuljetetaan harkkovalimolle. Kuona joko kaadetaan omista 11 m<sup>3</sup> vetoisista senkkavaunuistaan kuonakuoppaan tai vesigranuloidaan masuunin äärellä.

Kaasu puhdistetaan 9 metrin halkaisijaisessa pölysäkissä, noin 30 m korkeisessa (∅ = 7 m) pesutornissa, kahdessa venturissa, (kuristuskohdan ∅ = 400 mm) ja lopuksi paineajon ollessa kyseessä kuristusventtiilillä. Se huomattava energiamäärä, joka paineenalennusventtiilillä vapautuu, aiheuttaa niin suuren turbulenssin kaasussa, että pieni vesiruisutus siihen puhdistaa kaasun sähkösuodinpuhtauteen. Matalapaineajossa käytetään sähkösuotimia (2 kpl) kaasun loppupuhdistukseen.

Kaasunpuhdistamon vesilietteet johdetaan selkeyttäjän kautta jätealueelle.

### Harkkovalimo

Harkkovalimolla on kaksi 2-nauhaista valukonetta, joilla rauta valetaan noin 40 kg painoisiksi harkkoiksi. Nämä putoavat valukoneen loppupäässä rautatievaunuihin, joilla ne siirretään harkkovarastolle laboratorion analyysi-ilmoituksen jälkeen purettavaksi.

### Tuotanto

Masuuni sytytettiin 17 päivänä elokuuta 1964. Syyskuun loppuun mennessä sillä oli tuotettu jo n. 50 000 tonnia raakarautaa. Nykyisin tuotanto on noin 1 700 tonnia vuorokaudessa teräsaakarautaa vaihdellen tuotettavan raudan laadusta riippuen. Ennätyslukemat olivat viimevuoden puolella hieman yli 2 000 tn/vrk.

Esimerkiksi viime viikolla oli kuivan koksin kulutus 507 kg/tn raakarautaa kuonamäärän ollessa 314 kg.

# Apulaitokset

*Dipl.ins. Reino Mäkelä*

Masuunilaitoksen tuotannollinen toiminta edellyttää varsinaisten prosessilaitosten lisäksi raaka-aineiden ja tuotteiden kuljetusta ja varastointia, energiahuoltoa ja sen varmistamista sekä riittävää kunnossapito- ja korjaus-toimintaa.

Vuosittain on raaka-aineiden kulutuksen vuoksi varauduttava käsittelemään eri materiaaleja yhteensä n. 1 600 000 tonnia. Näistä raaka-aineista saapuu rautateitse noin 700 000 tonnia vuodessa ja sataman kautta noin 900 000 tonnia vuodessa. Tämän lisäksi on vuotuinen harkkoraudan vientitarve noin 550 000 tonnia. Vienistä suurin osa tapahtuu sataman kautta.

Rautaruukin sataman vuosittainen liikenne tulee olemaan noin 1,4 milj. tonnia, mikä merkitsee kuudetta sijaa Suomen satamien joukossa. Oikaistun ja osittain ruoppaamalla syvennetyn ulkoväylän pituus on noin 5 meripenikulmaa. Lopulliseksi ruoppausvyöydeksi tulee ulkoväylällä 9,5 m, jolloin liikenne satamaan on mahdollista 12 000 tonnia lastaavilla aluksilla.

Rautaruukin satama-altaan laiturien yhteispituus on 650 m. Rantalaituri, jonka kautta tapahtuu pääasiassa harkkoraudan vienti, on varustettu kahdella 12,5 tonnin satamanosturilla. Harkkorauta kipataan kuormauton lavalta nostolaatikkoon ja siirretään nostolaatikossa edelleen laivan ruumaan. Harkkoraudan lastaus-teho on ollut noin 300 tonnia tunnissa.

Satamaan raaka-aineita tuovien laivojen purkaminen tapahtuu pääasiassa pistolaiturin puolelta. Tätä varten on käytettävissä kaksi 12,5 tonnin satamanosturia, jotka raaka-aineista riippuen voidaan varustaa erikokoisilla kahmareilla. Keskimääräinen purkausteho satamassa vaihtelee purettavan materiaalin mukaan 360 tn/h — 180 tn/h. Suurin se on rikasteilla ja pienin koksilla. Satamasta raaka-aineet kuljetetaan hihnakuljetinjärjestelmän avulla haluttuihin paikkoihin varastoalueelle tai tuotantolaitosten siiloihin.

Tällä hetkellä voidaan arvioida, että normaalitalvina Rautaruukin satama tulee Pohjanlahden jääolosuhteiden takia olemaan kiinni 2½—3 kuukautta.

Rikasteista suurin osa saapuu rautatehtaalte junilla. Rautatiekuljetukset kuivien rikasteiden, kuten Kokkolan rautapasutteen ja Raajärven rikasteen, osalta tapahtuvat säännöllisesti ympäri vuoden. Sen sijaan märkiä rikasteita voidaan kuljettaa ainoastaan suunnilleen toukokuun alusta marraskuuhun talven ankaruudesta riippuen. Malmijunat puretaan kaatosuppiloiden kautta kuljetinhihnalle ja rikasteet siirretään kuljetinjärjestelmän avulla joko varastokasoihin tai suoraan tuotanto-osastolle.

Raaka-aineiden varastokentät on jouduttu mitoittamaan suhteellisen suuriksi talviolosuhteiden aiheuttaman raaka-aineiden kuljetuksien jaksottaisuuden johdosta. Toisaalta prosessin kannalta on varastoinnilla suuri merkitys raaka-aineiden kemiallisten analyysivaihtelujen ja ennen kaikkea kosteusvaihtelujen tasaajana, koska varsinainen annostelu prosessiin tapahtuu painon mukaan. Varastokentät on järjestetty siten, että rautarikasteet varastoidaan tehtaalta satamaan johtavan tien pohjoispuolelle ja koksi sekä muut lisäaineet tien eteläpuolelle.

Kuten jo on todettu, tapahtuvat raaka-aineiden siirrot varastoon kuljetinjärjestelmän avulla. Ulkoisen kuljetinjärjestelmän pituus on noin 4 km. Rautarikasteiden pe-taamista varten tapahtuu purkaminen hihnalta varastoon ohjelmoidusti ajettavan purkausvaunun avulla. Lukuunottamatta koksia tapahtuvat raaka-aineiden syötöt varastokasoista kauhakuormaajilla kuljetinjärjestelmän kautta prosessilaitoksiin. Koksivarastokasan alla on kaksi tunnelia, joissa kummassakin kulkee kuljetushihna. Tunnelien katot ovat avattavia, joten osa koksista saadaan valumaan kuljettimille suoraan kasasta. Valumatta jäänyt osa kuormataan kauhakuormaajilla. Koko kuljetinjärjestelmä on kauko-ohjattu keskusvalvomosta.

Rautatehtaan tuotteen harkkoraudan varastointi suoritetaan harkkovalimon eteläpuolelle rakennettuun varastoon. Harkkovalimolla harkot putoavat rautatievaunuihin, jotka harkkojen lisäjäähdetyksen jälkeen siirretään varastoon. Harkkoraudan käsittely täällä suoritetaan kahdella 12 tonnin pukkinosturilla. Pukkinosturit



Kuva 13. Satama-allas.



Kuva 14. Raaka-aineiden varastokenttä.



Kuva 15. Voimalaitoksen turbiinihalli.

työskentelevät joko sähkömagneettien tai polyypikkahmarien avulla.

Rautatehtaan sisäinen prosessin edellyttämä rautatie-liikenne, joka pääasiassa muodostuu rauta- ja kuonasekkavaunujen sekä harkkovaunujen siirroista ym., hoidetaan kolmella 450 hv:n dieselveturilla.

Masuunista saadaan raudan ja kuonan lisäksi masuunikaasua, joka on polttoainetta. Tehtaan kokonaistaloudellisuuden kannalta on täysin yksikäsitteisesti valmistettaessa rautaa pyrittävä mahdollisimman pieneen ominaiskoksinkulutukseen, mikä metallurgisesti merkitsee hyvin pelkistävää panosta. Tästä on välittömänä seurauksena suhteellisen matala masuunikaasun polttoarvo. Valmistettaessa teräsharkkorautaa koksien kulutuksella n. 500 kg/tn raakarautaa on vastaava masuunikaasun polttoarvo n. 720—730 kcal/Nm<sup>3</sup>. Masuunikaasun määrä taas riippuu masuunin tuotannosta. Esimerkkinä Raahan rautatehtaan masuunikaasubilanssista voidaan tarkastella viime helmikuuta. Tällöin masuunikaasun tuotanto oli 85 milj. Nm<sup>3</sup>, sen polttoarvo 740 kcal/Nm<sup>3</sup>, ja tästä laskemalla saatu lämpösisältö 63 000 Gcal. Masuuni käytti tästä kaasusta lähes puolet cowpereissa puhallusilman lämmittämiseen. Edelleen käytettiin sintraamon sytytysuuneissa seoksen sytyttämiseen n. 3 % masuunikaasusta. Jäljelle jäänyt määrä 40 milj. Nm<sup>3</sup>, joka vastaa 30 000 Gcal:n lämpömäärää, johdettiin voimalaitokselle.

Masuunikaasun jakamiseksi on tehtaalte rakennettu masuunikaasuverkosto. Verkostoon liittyy 30 000 m<sup>3</sup> kaasusäiliö. Tämän säiliön suurin merkitys on varmistaa kaasuverkostossa jatkuva ylipaine, koska laitoksessa, jossa on ainoastaan yksi masuuni, ei käyttöhäiriöiden sattuessa saada jatkuvasti kaasua. Lisäksi toimii kaasusäiliö jossain määrin kaasun kulutuksen ja tuotannon välisten vaihteluiden tasaajana.

Voimalaitoksella poltetaan masuunikaasu kahdessa Eckrohr-kattilassa, joiden mitoitusarvot ovat höyryä 50 tn/h paineella 84 at ja lämpötilassa 525°C. Masuunikaasun matalan polttoarvon vuoksi käytetään kattiloissa turvallisuuden vuoksi öljyä tukipolttimoissa. Tuotettu höyry johdetaan osittain 21 MW:n viidellä väliotolla varustettuun lauhdutusturbogeneraattoriin ja osittain masuuni-ilmapuhaltimen turbiiniin.

Kuten edellä sanotusta ilmenee, on Rautaruukin voimalaitos suhteellisen suuri sähkön tuottaja. Sähkön tuotanto on ollut keskimäärin 10 000 MWh/kk koko rautatehtaan kulutuksen ollessa n. 5 000 MWh/kk. Näin ol-

len noin puolet tuotetusta sähköenergiasta myydään pääasiassa Imatran Voima Osakeyhtiölle ja osittain Raahan kaupungille. Rautatehtaan sähkönhuolto, joka ennen kaikkea jäähdytysvesipumppujen toiminnan kannalta on ensiarvoisen tärkeää, on periaatteessa kolminkertaisesti varmistettu:

1. Rautaruukki Oy:n voimalaitos on yhdistetty suoralla 110 kV:n johdolla Pyhäkosken voimalaitokselle.
2. Tehtaalla on oma höyryvoimalaitos, joka häiriön sattuessa valtakunnan verkostossa turvaa tehtaan oman sähkönkulutuksen.
3. Voimalaitoksella on dieselkäyttöinen 1000 kVA:n varageneraattori, joka käynnistyy automaattisesti molempien edellisten joutuessa häiriöön.

Jakelujännitteet tehtaalla ovat 10 kV ja 6 kV sekä 380/220 V.

Rautatehtaan eri osastojen käyttämä höyry, joka omaa putkistoaan myöten jaetaan eri osastoille, saadaan normaalisti turbogeneraattorin 1. väliotosta. Höyryn kulutus tehtaalla on 11 800 tn/kk vastaten 0,68 Gcal/tn höyryä, koska lauhteita ei oteta talteen. Jakelupaine on 9 ata. Turbiinin väliottohöyryä käytetään lisäksi tehtaan kaukolämpökeskuksessa, joka on sijoitettu voimalaitokselle. Tämän keskuksen teho on 9 Gcal/h. Lämmitykseen käytettävä suuri lämpömäärä selittyy osittain tehtaan, ennen kaikkea sintraamon, suuresta ilmanvaihdosta.

Primäärihöyryn toisena käyttäjänä mainittiin jo turbo-puhallin, masuunin puhallusilman tuottaja. Turbopuhaltimen mitoituspisteinä todettakoon ilmamäärä 120 000 Nm<sup>3</sup>/h ylipaineen ollessa 2,9 aty. Puhallusilman saannin varmistamiseksi on voimalaitokselle lisäksi asennettu sähkökäyttöinen masuuni-ilmapuhallin varakoneeksi. Tämän puhaltimen mitoitus on hieman edellistä pienempi: ilmamäärä 100 000 Nm<sup>3</sup>/h paineella 2,9 aty. Esimerkiksi viime helmikuussa puhallusilman kehitykseen käytettiin energiaa 8 500 Gcal.

Oman tärkeän probleemansa rautatehtaalte asettavat vesihuollon järjestelyt. Tehtaan makean veden tarpeen tyydyttämiseksi on alueen eteläpuolella sijaitseva merenlahti padottu makeavesialtaaksi. Altaan pinta-ala on noin 1 km<sup>2</sup>, säännöstelykorkeus 3 m ja säännöstelytilavuus n. 2,6 milj. m<sup>3</sup>. Noin 6 kilometrin päässä altaan eteläpuolella sijaitsee Piehinginjoki, jonka merenpuoleinen suu on padottu. Joki on yhdistetty kanavalla makeavesialtaaseen. Makeavesialtaan tarkoituksena on toisaalta varastoida vettä vähävetisiä aikoja silmällä pitäen ja toisaalta toimia tehtaan jäähdytysvesien lämmönhaidutusaltaana.

Makea vesi pumpataan Kuljunlahdesta voimalaitoksen 3 000 m<sup>3</sup>:n välialtaaseen 700 mm:n teräsputkea pitkin. Pumppaamon teho on 2×1000+1×1500 m<sup>3</sup>/h (20 m H<sub>2</sub>O) vastaten yli kaksinkertaisesti huippukulutusta. Tuloputkesta on haarat 2×300 mm harkkovalimolle. Harkkovalimon veden tarve on n. 70—100 m<sup>3</sup>/h, mikä vesi kaikki poistuu kierrosta. Välialtaasta voidaan palauttaa tehtaan sisäisestä vesikierrosta vettä Kuljunlahden altaaseen 1000 mm:n teräsputkea ja osittain avokanavaa pitkin.

Tehtaan sisäiseen vesikiertoon pumpataan vedet voimalaitoksella välialtaan päällä sijaitsevasta välipumppaamosta. Tärkein makean veden käyttäjä on masuunin jäähdytysvesijärjestelmä, joka on suljetussa kierrossa välialtaan kanssa ja jonka veden tarve on noin 2 000—2 500 m<sup>3</sup>/h. Elintärkeä masuunin jäähdytysvesikierto on varmistettu varapumpuilla ja putkistoilla. Sähköhäiriön sattuessa turvataan edellä mainittu vesikierto automaattisesti käynnistyvän varapumpun avulla. Tämä pumppu

saa käyntienergiansa suoraan voimalaitoksen dieselgeneraattorista.

Vuoden ajoista riippuen voidaan säännöstellä välialtaan veden lämpötilaa kierrättämällä eri suuria vesimääriä Kuljunlahden kautta. Välialtaan avulla pystytään näin ollen säästämään pumppausenergiaa Kuljunlahden pumppaamalla, estämään jäähdytysvesikierron lämpötilan suuremmat vaihtelut ja varmistamaan jäähdytysveden saantia. Välialtaasta pumpataan lisäksi kierrosta poistuvia vesiä seuraavasti: Sintraamon suunta ja kuonakuoppa 70—100 m<sup>3</sup>/h, kaasunpuhdistamo 100 m<sup>3</sup>/h ja voimalaitos n. 12 m<sup>3</sup>/h. Esimerkiksi helmikuussa olivat koko tehtaan makeavesihäviöt 280 m<sup>3</sup>/h.

Lähinnä masuunin kiertovesijärjestelmän ansiosta tulee systeemiin poistettavaa lämpöä 4,5 Gcal/h. Kuljunlahden palautettiin vettä helmikuussa n. 200 m<sup>3</sup>/h vastaten haihdutettavaa lämpömäärää 2,5 Gcal/h. Näiden lämpömaerien erotus poistuu etupäässä häviövesien mukana systeemistä.

Rautatehtaalla käytetään merivettä pääasiassa turbiinien lauhduttajien jäähdytysvetenä. Meriveden tarve voimalaitoksella on noin 6 000 m<sup>3</sup>/h. Merivesi pumpataan sataman läheisyydessä sijaitsevalta rantapumppaamolta 1 400 mm:n bonnaputkea pitkin voimalaitokselle. Rantapumppaamon teho on 3 × 2850 m<sup>3</sup>/h (20 m H<sub>2</sub>O).

## SUMMARY

### Rautaruukki Oy

At the end of the year 1959 the Parliament of Finland made the decision of the establishment of the state-owned Iron and Steel Works, Rautaruukki Oy, to offset the growing capacity of the Finnish iron mines.

As a result of the technical and economical calculations the management of the company came to the conclusion that the capacity would be approx. 350 000 tons hot rolled plates per annum and that the plant would be built in the Green Field near the city of Raahé in Northern Finland.

In August 1964 the blast furnace was blown in and it is annually producing approx. 550 000 metric tons lowphosphorous pig iron.

At the end of 1964 the second building stage was started. This stage consists of oxygen a steelmaking shop, a continuous casting plant for slabs and a plate mill. The plant will be completed for plate production at the end of 1967.

### The building of Rautaruukki Oy

Rautaruukki Oy is situated on the coast of the Gulf of Bothnia, immediately south of the town of Raahé. The terrain is woodland with small hills. The ground is moraine, the rock can be found in the depth of 10—15 m. The factory grounds have been levelled to the height of 7,10 m.

The first building stage consisted of a complete blast furnace plant. The work was begun in the summer 1961 and completed in August 1964. The greatest work objects were a sintering plant, a blast furnace, a gas refinery, a pig foundry, a power plant, a harbour, a conveyor system for raw materials, a repair shop, water systems, railways and roads. The main wall material in the buildings is brick. The conveyor walkways, the cast bay of blast furnace and the pig foundry are covered with asbestos cement sheeting.

The water depth in the harbour is —9,20 m and the length of piers 655 m. The total volume of the buildings is 500 000 m<sup>3</sup>.

The machines and the equipment for the blast furnace, the sintering plant and the pig foundry as well as the material for fireproof masonry have been delivered by the Russian export company Tjashpromexport. For the power plant AEG, West Germany, has delivered the turbogenerator and the turbine for blowers. The blowers have been delivered by Gebrüder Sulzer, Switzerland. The other machines and equipment have been made in Finland.

The total amount of fireproof masonry was 13 000 tons. Between the foundation and the fireproof masonry in the bottom

Jäähdytyskohteissa kiertänyt merivesi palautetaan padotun betonikanavan ja betonista valetun merivesiviemärin kautta satama-altaaseen. Samaan viemäriin kerätään muualtakin tehtaalta syntyviä poistovesiä. Lämpimien palautusvesien ansiosta pysyy tehtaan satamallas sulana.

Merivesikierrosta otetaan sekundäärisiä vesiä kaasunpuhdistamolle n. 700 m<sup>3</sup>/h. Rautatehtaan makeavesijärjestelmä ja merivesijärjestelmä voidaan yhdistää hätätapauksissa toisiinsa.

Tehtaan tarvitsema talousvesi ja voimalaitoksen kattiloissa käytettävän lisäveden valmistukseen tarvittava raakavesi saadaan Raahen kaupungin vesilaitokselta.

Rautatehtaan ylläpitohuolto ja korjaustoiminta hoidetaan täysin keskitetysti. Korjaamo jakaantuu periaatteessa seuraaviin osastoihin: konekorjaamo, sähkökorjaamo, instrumenttikorjaamo ja liikkuvan kaluston korjaamo.

Tarkasteltaessa rautatehtaan apulaitosten toimintaa tehtaan ensimmäisessä käyttövaiheessa voidaan siihen olla suhteellisen tyytyväisiä. Nyt kerääntyneitä kokemuksia voidaan käyttää hyväksi lähdetessä ratkaisemaan toisen rakennusvaiheen apulaitoksille asettamia uusia probleemoja.

of the blast furnace there is 2,8 m thick layer of heat resistant concrete, which has been made of ordinary portland-cement and crushed chamotte.

The average total numbers of employees during the first building stage were: from the beginning of May 1961 125, 1962 575, 1963 1 350 to the end of September 1964 1 500.

### The sintering plant and the blast furnace

In the sintering plant of Rautaruukki Oy there are two sintering machines, type Dwight-Lloyd, having each an effective area of 75 m<sup>2</sup>, a breadth of 2,5 m, an and adjustable speed of 1,5—4,5 m/min.

The useful volume of the blast furnace is 893 m<sup>3</sup>, the hearth diameter 7,2 m, the high-top-pressure 1,5 kg/cm<sup>2</sup>.

In the gas cleaning plant there is a scrubber, 2 venturiscrubbers, a pressure reduction valve and two electric filters. As water is blown into the pressure reduction valve, the use of the electric filters is not necessary during high-top-pressure drive of the blast furnace.

Each of the two pig casting machines has two mould bells.

The blast furnace was blown in on the 17th August, 1964. The daily production of pig iron is about 1700 tons.

### The auxiliary Plants

Of the raw materials needed in Rautaruukki Oy about 700.000 tons are transported by rail and about 900.000 tons through the harbour every year. The total traffic of the harbour will be about 1,4 million tons a year. The length of the piers is 650 m. Discharging and loading is carried out with four cranes, each having a capacity of 12,5 tons. From the places of discharge the raw materials are transported to the storage areas and the silos of process plants by a conveyor system with a centralized control.

About half of the blast furnace gas is used in the power plant, the rest in the cowpers and sintering plant. A gas holder of 30.000 m<sup>3</sup> is included in the gas network to secure the excess of pressure. About 10.000 MWh electric power is produced in a month. A direct 110 kV line from Pyhäkoski Power Plant and a 1000 kva diesel-driven redoye generator secure the supply of electric power. For the sweet water supply there is a sweet water basin of 1 km<sup>2</sup> with a regulation capacity of 2,6 million m<sup>3</sup>. Owing to the effective internal water circulation about 280 m<sup>3</sup> water is loosed in an hour. Besides about 6000 m<sup>3</sup>/h sea water is used as cooling water in the power plant. All the most important pumps and pipes have parallel systems.



# Pintakäsittelyn tai korroosion teräksessä aiheuttama vetyhauraus

*Tekn. lis. Kaarina Lounamaa, Aktiebolaget Bofors, Bofors, Sverige*

Esitelmä Vuorimiesyhdistyksen metallurgijaoston kokouksessa 29. 10. 64.

## Johdanto

Vedyn liukoisuus teräkseen on tosin alhaisissa lämpötiloissa pieni, mutta teräs voi sisältää kuitenkin vetyä huomattaviakin määriä ylikyllästettynä liuoksena, kun jäähtyminen korkeista lämpötiloista on tapahtunut nopeasti. Alhaisissa lämpötiloissa voi vetypitoisuus lisääntyä, jos ulkoinen vedynpaine, erityisesti atomääriseen vedyn paine on korkea, kuten on laita eräissä kemiallisissa ja sähkökemiallisissa reaktioissa. Teräkseen liuenneet vetyatomit ovat vielä huoneen lämpötilassakin verrattain liikkuvia ja voivat jo alhaisissa pitoisuuksissa muuttaa teräksen ominaisuuksia ja johtaa ilmiöihin, joita yhteisesti voidaan kutsua vetyhaurauksiksi. Seuraavassa rajoitetaan käsittelemään yksinomaan niitä haurauden ilmenemismuotoja, jotka ovat alhaisissa lämpötiloissa reaktiotuloksena vapautuvan vedyn aiheuttamia.

## Viivästynyt murtuma

Eräs näistä vedyn vaikutuksista on viivästynyt murtuma eli staattinen väsyminen. Tämä merkitsee sitä, että murtuminen tapahtuu kohtalaisilla, jopa alhaisilla kuormituksilla (30—40 kp/mm<sup>2</sup>) näennäisesti ilman sellaisia tavallisia syitä kuin väsyminen tai jatkuva korroosio. Näitä ilmiöitä koskevien tutkimusten otsikot kuuluvat tavallisesti: Viivästynyt murtuma lujuusteräksissä, tai vielä yksityiskohtaisemmin: Viivästynyt murtuma lujuusteräksissä kemiallisen tai sähkökemiallisen käsittelyn jälkeen.

Normaalissa pintakäsittelyssä kappaleeseen tunkeutuvat vetymäärät ovat pieniä, tuskin määritettäviä. Lisäksi vety useimmiten poistuu nopeasti pintakäsittelyn päätyttyä. Jos nyt teräskappale päällystetään sellaisella metallilla kuin esimerkiksi kadmium tai sinkki, joissa vedyn diffuusionopeus on alhainen, hidastuu tai estyy vedyn poistuminen. Vähitellen vety jakautuu tasaisesti kappaleeseen sen kokonaismäärän huomattavasti pienemmäksi. Tällä tavoin kappaleeseen suljetut vetymäärät eivät yleensä aiheuta vahingollisia ilmiöitä pehmeissä teräksissä. Viivästynyt murtuma lienee harvinainen, jos lujuus on alle 120 kp/mm<sup>2</sup>. Suorittamissamme kokeissa emme ole sitä koskaan todenneet pintakäsittelyissä näytteissä, joiden lujuus on ollut alle 140 kp/mm<sup>2</sup>. Vasta kun lisääntyvä lentokoneiteollisuus 20—30 vuotta sitten alkoi asettaa suuria lujuusvaatimuksia teräsoille, jotka sitä paitsi oli suojattava pintakäsittelyllä korroosiolta, osoittautui viivästynyt murtuma todella tutkimesta vaativaksi probleemaksi.

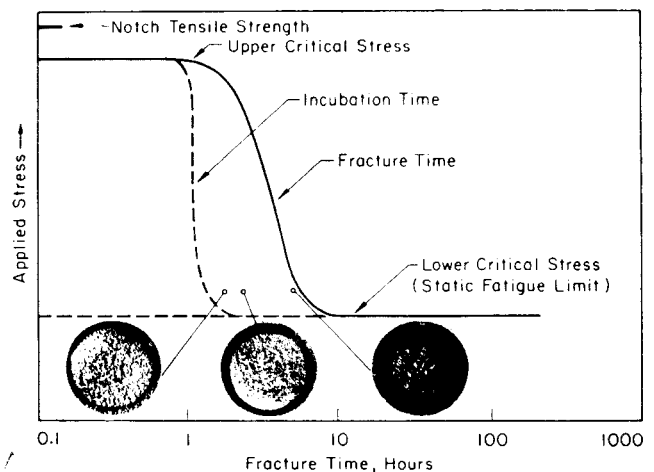
Myös kirjallisuus, joka käsittelee viivästynyttä murtumaa, kuvaa kysymyksen tärkeyttä juuri nimenomaan lentokoneiteollisuudessa. Tunnetuin tutkija on ehkä ollut amerikkalainen A. R. Troiano, joka hänkin on työskennellyt ilmeisesti paljon lentokoneiteollisuuden antamalla apurahoilla. Troiano on esittänyt vetymurtuman syntymi-

sestä teorian, joka on saanut yleistä kannatusta uusimmassa kirjallisuudessa.

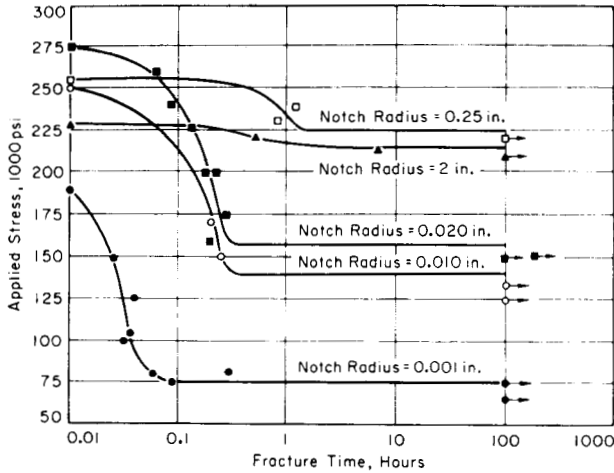
Kuinka sitten syntyy tällainen murtuma Troiano mukaan? Vety, joka liikkuu melko vapaasti vielä huoneen lämpötilassa, hakeutuu paikkoihin, joissa sen aktiiviteetti on alhaisempi kuin ympäristössä. Tällaisia paikkoja ovat Troiano mukaan vikapaikat kiteissä, mutta erityisesti ne kohdat, joihin jännitykset ovat keskittyneet, kuten lovien pohjat. Näin syntyy jännityksen indusoima diffuusio. Jos diffundoitua vetyä riittää nostamaan pitoisuuden hilassa jännityksen alaisessa kohdassa yli kriittisen rajan, syntyy rako, jonka kärki nyt toimii uutena terävänä lovena. Kun vetypitoisuus raon kärjessä taas on lisääntynyt riittävästi, kasvaa rako jonkin matkaa. Tämä jatkuu, kunnes kappale murtuu. Aika ensimmäisen raon syntymiseen, raon kasvunopeus ja murtumisaika vaihtelevat paljon riippuen teräksen ominaisuuksista, vetypitoisuudesta, kappaleen muodosta ja jännityksen suuruudesta. Joissakin olosuhteissa voi raon kasvu tietysti pysähtyäkin.

Troiano on valinnut viivästyneen murtuman tutkimiseen menetelmän, joka näyttää melko hyvin vastaavan todellisia olosuhteita. Hän käyttää pyöreää, lovetta koesauvaa, lataa sen vedyllä elektrolyttisesti näyte kätodina, sulkee vedyn näytteeseen kadmioimalla sauvan ja käsittelee lopuksi sauvan 150—200°:ssa, jotta vety jakautuisi tasaisesti koko kappaleeseen. Sen jälkeen sauva kuormitetaan vakiokuormalla ja aika ensimmäisen raon syntymiseen ja murtumisaika mitataan.

Kuormituksen funktiona murtumisaika muodostaa tällöin käyrän, joka näkyy kuvassa 1. Korkeilla kuormituksilla murtuminen tapahtuu välittömästi kuormituksen jälkeen ja alhaisilla kuormituksilla näyte on täysin kestävä. Välialueella murtumisaika on lähes riippumaton kuormituksesta. Käyrän muoto on kokonaisuudessaan riippuvainen teräksen ominaisuuksista, ennen kaikkea lu-



Kuva 1. Kuormituksen vaikutus viivästyneeseen murtumaan (A. R. Troiano, Trans. A.S.T.M. 52 (1960) 54—80).

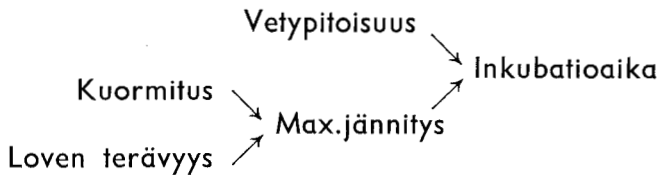


Kuva 2. Koesauvan loven terävyyden vaikutus viivästyneeseen murtumaan (A. R. Troiano, kts. kuva 1)

juusominaisuuksista mutta myös vedyn diffuusionopeudesta sekä vedyn pitoisuudesta. Jos teräksen lujuus pienenee, kasvaa ennen kaikkea kriittinen rajajännitys, jonka alapuolella murtumaa ei enää tapahdu, mutta myös murtumisaika useimmiten lisääntyy. Murtopinta on tavallisesti kuvassa esitetyn näköinen. Symmetrinen rako on kasvanut hitaasti pinnassa olevan renkaan osoittamaan syvyyteen, minkä jälkeen normaali murtuma on tapahtunut. Kriittinen rajajännitys ja murtumisaika ovat jyrkästi riippuvaisia loven terävyydestä, kuten näkyy kuvasta 2. Porras käyrässä on sitä jyrkempi ja ulottuu sitä alhaisempiin jännityksiin, mitä terävämpi lovi on.

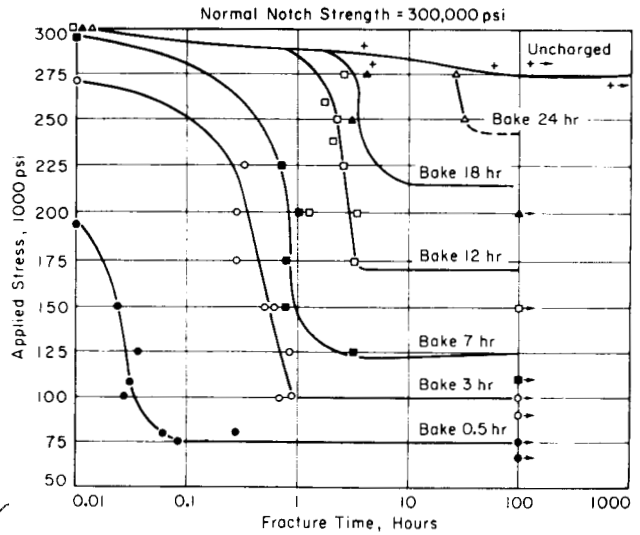
Murtumisaika ja rajajännitys ovat ratkaisevalla tavalla riippuvia näytteen vetypitoisuudesta. Kuvassa 3 vetypitoisuutta on vaihdeltu lämpökäsittelmällä näytteitä eri pitkiä aikoja pintakäsittelyn jälkeen. Lämpökäsittelyaika on siis välillinen mitta vetypitoisuudelle.

Siis arvot seuraavassa systeemissä kuvaavat teräksen taipumusta viivästyneeseen murtumaan:



Loven terävyys ja kuormitus määräävät maksimijännityksen näytteessä ja tämä yhdessä vetypitoisuuden kanssa inkubatioajan eli ajan ensimmäisen raon syntymiseen ja myös raon kasvunopeuden. Eräs minimikuormitus, minimisuuruus suurimmalle näytteessä olevalle jännitykselle on välttämätön, jotta riittävästi vetyä pakoitettaiisiin siirtymään kriittilliseen kohtaan näytteessä, ja jotta rako siten saisi alkunsa. Vetypitoisuuden, loven terävyyden ja kuormituksen yhteenkuuluvat raja-arvot ehdolla: inkubatioaika ääretön, rako ei synny, voitaisiin täten katsoa mitaksi jonkin teräksen taipumukselle viivästyneeseen murtumaan.

Yllä on edellytetty, että vetypitoisuus kuormitushetkellä on tasainen koko näytteessä. Vedyn vaikutus on kuitenkin riippuvainen sekä vedyn kokonaisväkevyydestä että sen jakautumisesta näytteeseen. Esimerkiksi suhteellisen pieni vetymäärä kokonaan keräytyneenä pintakerrokseen voi aiheuttaa nopean murtuman, kun taas sama määrä tasaisesti jakautuneena voi olla täysin ilman vaikutusta. Eräs määrätty käyrä kuvaa siis taipumusta viivästyneeseen murtumaan vain täysin mää-



Kuva 3. Koesauvan vetypitoisuuden vaikutus viivästyneeseen murtumaan. Lämpökäsittelyaika määrää vetypitoisuuden. (A.R. Troiano, kts. kuva 1)

rätyissä vetylataus-, kadmiointi- ja lämpökäsittelyolosuhteissa.

Boforsissa on usean vuoden ajan perusteellisesti tutkittu ja myös sovellettu Troianon menetelmää. Menetelmä on työläs ja sisältää useita työvaiheita, jotka ovat vaikeasti kontrolloitavissa. Mutta saadut tulokset ovat yleensä hyvin soveltuneet Troianon antamaan kuvaan viivästyneestä murtumasta. Myös lämpökäsittelyn vaikutus murtuman syntymiseen on ollut odotusten mukainen. Alhaiseostetuissa teräksissä on murtumistaipumus nopeasti pienentynyt päästölämpötilan, kovuuden ja lujuuden pienentyessä. 13 %:ssa kromiteräksessä on murtumisnopeus ollut poikkeuksellisen suuri, jos päästö on suoritettu haurastumisalueella 400—500°C. Näytteet, joiden kovuus on ollut alle 400 Hv, eivät ole murtuneet suorittamissamme kokeissa.

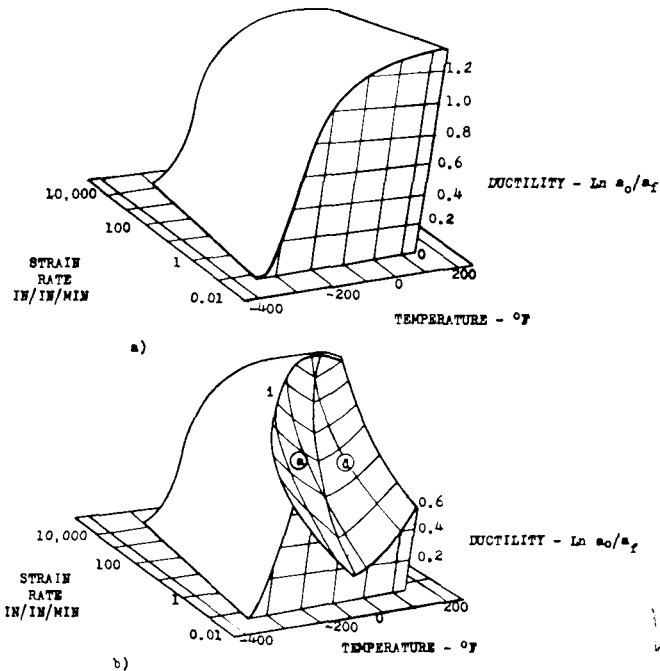
Esimerkkinä sanotusta on taulukkoon 1 kerätty muutamia tuloksia, jotka on saatu kolmella eri tyyppisellä teräksellä: 0.5 % C-teräs, alhaiseostettu Ni-Cr-teräs ja 13 % Cr-teräs muutamissa eri lujuusasteissa. Tulossarakkeissa ovat kriittinen kuormitus, jonka alapuolella ei murtuma enää tapahdu, sekä murtumisaika kuormituksella 80 kp/mm<sup>2</sup>.

Taulukko 1. Viivästynyt murtuma ja vedyn absorptio eräissä teräksissä Troianon kokeessa.

Sauva: Ø 8 mm, loven säde 0.2 mm.

Latausolosuhteet: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-liuos. Virta 100 mA/näyte, aika 10 min. (Lounamaa, Jernkontorets Annaler, painossa.)

Teräs	Päästö-lämpötila C°	Kovuus Hv	Kriitt. kuormitus kp/mm <sup>2</sup>	Murtumisaika kuormalla 80 kp/mm <sup>2</sup>	Absorb.H <sub>2</sub> -määrä ml/näyte
0.5 C	300	515	50	10 sek-8 min	0.144
	400	400	90	—	0.099
0.35C, 1.2Cr 4.2 Ni	200	520	60	1 min-2 t	0.062
	300	480	60	1 min-2 t	0.075
0.2C, 12 Cr	200	530	60	5—15 t	0.030
	300	490	70	> 18 t	0.036
	400	505	60	3—10 t	0.046
	600	305	90	—	0.049
0.1C, 12 Cr	200	350	90	—	0.060

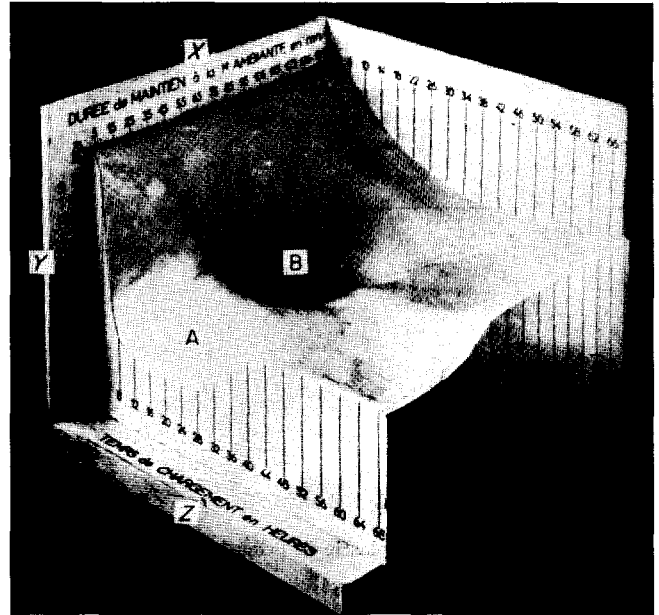


Kuva 4. Vetonopeuden ja lämpötilan vaikutus kuroutumaan a) vetyvapaassa ja b) vetypitoisessa sauvassa. (T. Toh. W. M. Balwin, »Stress corrosion cracking and Embrittlement», 1956, toim. W. D. Robertson, s. 176)

Tätä taulukkoa katsottaessa on muistettava, että näytteet on tietoisesti ladattu vedyllä. Jos näytteisiin pakotettaisiin vetyä vielä enemmän, syntyisi ehkä murtuma joissakin näytteissä, jotka nyt ovat olleet kestäviä ja päinvastoin. Vaihtelemalla latausolosuhteita, erityisesti käytettyä elektrolyyttiä, voidaan siis menetelmän herkkyyttä vaihdella huomattavasti. On syytä myös muistaa aikaisemman käyräryhmän esittämä loven terävyyden vaikutus. Käytetyssä sauvassa loven säde on ollut 0.2 mm. Kun loven säde on ollut 1/10 tästä, on kriittinen kuormitus ollut noin 20 kp/mm<sup>2</sup> pienempi. Lisäämällä loven terävyyttä voisimme siis saada esille näennäisesti uudenlaisia ominaisuuksia. Vaikeus on siis tässäkin menetelmässä korrelaation löytäminen mahdollisesti tutkittaviksi haluttuihin olosuhteisiin. Mikä loven terävyys valitaan riippuu lähinnä suunnittelijan teräkselle asettamista vaatimuksista. Jos taas keinotekoisesti pakotetaan hyvin paljon vetyä kappaleeseen, joudutaan tutkimaan teräksiä, jotka tavalliseen tapaan pintakäsiteltyinä eivät koskaan murtuisi odottamatta.

Yleinen käsitys on, että taipumus viivästyneeseen murtumaan on lähinnä riippuvainen lujuusominaisuuksista ja tuskin huomattavasti teräksen kokoomuksesta. Taulukossa esitetyt kolme terästä ovat kuitenkin lujuusmassa tilassaan osoittaneet jonkin verran erilaista taipumusta murtumiseen. Viimeisessä sarakkeessa on selitys näiden terästen erilaiseen suhtautumiseen. Siinä on käytetyissä latausolosuhteissa näytteen absorboimat vety määrät ja kuten näkyy seuraavat vetymäärät ja taipumus murtumiseen selvästi toisiaan. Jos siis lujuusominaisuudet eri teräksissä ovat samat, näyttää teräksen kyky absorboida vety määräävän murtumistaipumuksen suuruuden. Taulukosta näkyy myös, että vedyn absorptio voi joko pienentyä tai suurentua teräksen lujuuden pienentyessä.

Boforsissa tehty melko runsaat kokeet ovat osoittaneet, että siinäkin tapauksessa, että vedyn absorptio kasvaisi, taipumus murtumiseen yleensä heikkenee lu-



Kuva 5. Kuroutuman, latausajan ja latauksen jälkeisen lepoajan välinen riippuvuus. (P. G. Bastien, »Physical Metallurgy of Stress Corrosion Fracture», 1959, toim. T. R. Rhodin, s. 311.)

juuden pienessä. Vedyn vaikutus teräksessä absoluuttisesti tarkasteltuna on siis enempi riippuvainen teräksen lujuusominaisuuksista kuin vetymäärästä niissä rajoissa, joissa vetymäärä voi vaihdella, kun latausolosuhteet ovat muuttumattomat. Yleensä on vedyn absorptiokyvyn ja teräksen ominaisuuksien keskinäinen vuorovaikutus puutteellisesti tunnettu. Tähän on yhtenä syytä ollut vaikeus kyseessä olevien alhaisten vetymäärien määrittämisessä.

### Vetyhauraus

Viivästynyt murtuma lujuusteräksissä on siis eräs esimerkki vedyn vaikutuksesta. Vetypitoinen teräs voi myös tavallisessa aineenkoetuksessa osoittautua hauraaksi. Iskulujuus on kuten tunnettua tällöin tavallisesti normaali ja hauraus tulee esiin ennen kaikkea vetokokeessa kuroutuman pienemisenä sekä taiputuskokeessa murtokulman pienemisenä. Tämä erityinen suhtautuminen voidaan selittää niin, että haurausilmiö on tässäkin tapauksessa sidottu vedyn diffuusion vaikka tarvittavat diffuusiomatkat ovatkin pienet. Jos koe suoritetaan nopeasti, eivät vetyatomit ehdi siirtyä tarvittua matkaa. Haurautta ei todeta, mutta sen puuttuminen on vain näennäistä.

Ylempi diagrammi kuvassa 4 esittää vetonopeuden, kuroutuman ja lämpötilan välisiä suhteita vetyvapaassa, alempi diagrammi vetypitoisessa näytteessä. Vedyn liikkuvuus on jyrkästi riippuvainen lämpötilasta. Siksi lämpötila on kolmantena muuttujana. Näyte, jossa on määrätty vetypitoisuus, voidaan siis osoittaa hauraaksi vain, jos vetonopeus on pienempi kuin arvot rajakäyrällä. Kuten kuvasta käy ilmi, pienenee vetyhauraus, kun lämpötila laskee riittävästi. Tämä lämpötilaan suhtautuminen on päinvastainen muilla haurausilmiöillä.

Vetokoe on ehkä yleisin vetyhaurauden tutkimustapa. Kuroutuma latausajan funktiona pienenee tällöin usein jyrkästi jonkin määrätyn latausajan jälkeen ja saavuttaa lopuksi pehmeissä teräksissä vakioarvon mutta häviää kokonaan kovissa teräksissä. Kuroutuman suuruus on nytkin tietysti riippuvainen sekä vedyn kokonaisuus-

rästä että sen jakautumisesta näytteessä. Jos latausaika on ollut niin lyhyt, että vety ei ole ehtinyt jakautua tasaisesti, ovat olosuhteet näytteessä monimutkaiset. Seurauksena voi olla, kuten mekin olemme todenneet, että sama vetymäärä voi aiheuttaa eriasteisen haurauden riippuen siitä, kuinka lataus on suoritettu eli riippuen kulloinkin tarvittavasta latausajasta.

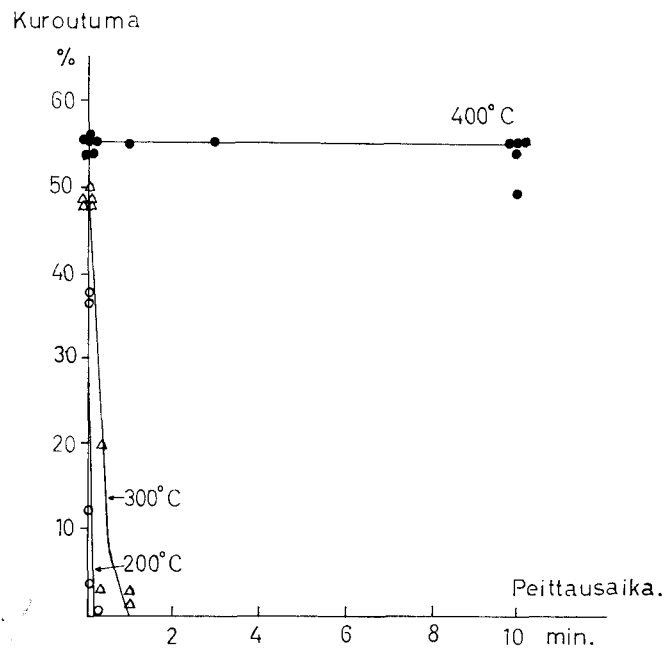
Myös sinä aikana, joka kuluu latausajan päättymisen ja kokeen alkamisen välillä, jatkuu vedyn diffuusio ja osa vedystä voi poistuakin näytteestä. Seurauksena on, että mitattava haurausaste myös muuttuu. Ehkä tunnetuin vetyhaurauden tutkijoista, joka on käyttänyt veto-koetta, ranskalainen Bastien on esittänyt kuvan 5 juuri latausajan, kuroutuman sekä latauksen ja kokeen välisen ajan keskinäisestä riippuvuudesta. Jos seurataan x-akselin suuntaista käyrää, jolloin siis latausaika on vakio, hauraus ensin pienenee, mutta saavuttaa maksimin kuvassa näkyvällä alueella. Jotta hauraus tulisi esiin voimakkaasti, on siis jouduttava pinnassa olevan kuopan alueelle. Bastienin esittämä pinta on tietysti täysin spesifinen sekä teräkselle ja sen tilalle että lataus- ja muille olosuhteille. Kuopan esimerkiksi voidaan ajatella siirtyvän niin, että xz-pinta leikkaa sen ja maksimihauraus todetaan aina välittömästi latauksen jälkeen suoritettussa kokeessa. Pinta voi myös muuttua niin, että mitään haurautta ei tule esiin heti, vaan hauraus on latenttina näytteessä ja yllättää tutkijan vasta mahdollisesti myöhemmin suoritettussa kokeessa. Bastien on tässä todennut, että kun latausaika on kyllin pitkä, hauraus voi ruveta uudelleen pieneneään. Hän selittää ilmiön mahdollisesti riippuvan muuttuneista diffuusio-olosuhteista.

Vetokoetta on Boforsissa sovellettu vetyhaurauden tutkimiseen pintakäsittelyissä, lähinnä juuri sinkatuissa ja kadmioiduissa näytteissä. Näytteeseen joutuneet vetymäärät ovat olleet yleensä niin pieniä normaalissa käsittelyssä, että haurautta on todettu vain näytteissä, joiden vetolujuus on ollut suuruusluokkaa 160 kp/mm<sup>2</sup>. Mitattu hauraus on tavallisesti aluksi lisääntynyt pintakäsittelyä seuraavan lämpökäsittelyn aikana Bastienin mallin mukaan.

Kuva 6 esittää noin viisi vuotta vanhoja tuloksia, vetyhaurautta 0,5 % C-teräksessä peittausajasta riippuvana. Päästölämpötilan korottaminen 300°C:sta 400°C:een on tässä aiheuttanut odottamattoman suuren muutoksen käyrien kulkuun. Kuten taulukosta 1 nähtiin, tässä teräksessä vedyn absorptio pienenee nopeasti teräksen lujuuden pienetessä. Yleinen haurastumistaipumus ja vedyn absorptio ovat siis muuttuneet samanaikaisesti samaan suuntaan ja tämä ilmeisesti selittää teräksen suhtautumisen.

Olemme todenneet, että vetokoe on yksinkertaisuutensa vuoksi usein erittäin käyttökelpoinen tutkittaessa teräslaadun ja lämpökäsittelyn yleistä vaikutusta vetyhaurauteen. Esimerkkinä sovellutuksesta on kuva 7, joka esittää päästölämpötilan vaikutusta vetyhaurauden syntymiseen 13 % Cr-teräksessä. Kokeiden tulokset ovat yleensä olleet kirjallisuuden perusteella odotettujen mukaisia, mutta esiin on tullut sellaistaakin, joka valaisee vetyhaurautteen liittyviä ilmiöitä uudella tavalla.

Kun vetosauvoja martensiittis-austeniittisestä teräksestä, jossa vedyn diffuusionopeuden voidaan olettaa olevan pienen, on kokeiltu, on sauvojen ulkonäkö muuttunut latausajan mukana kuvan 8 esittämällä tavalla. Pinta on rakoillut vahvasti, mutta rakojen lukumäärä on vähitellen pienentynyt latausajan kasvaessa. Murtopintaan on samanaikaisesti muodostunut rengas, jonka syvyys on kasvanut latausajan mukana, kuva 9. Rakojen



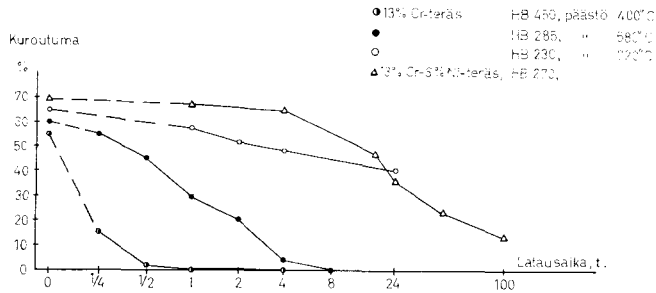
Kuva 6. Päästölämpötilan vaikutus 0,5 % C-teräksen haurastumiseen rikkihappopeittauksessa. — AB Bofors

syvyys poikkileikkauksesta tarkasteltuna on ollut hyvin tasainen, kuva 10. Rakojen ja renkaan syvyys ovat yleensä olleet yhtä suuret ja muuttuneet samalla tavalla latausajan kasvaessa. Kuva 11 esittää vahvasti avautunutta rakoja. Rako on seurannut pääasiallisesti kiderajoja. Murtuma on ollut hauras ja ainoastaan raon kärjen ympäristö on deformatunut. Johtopäätöksenä on ollut, että vety on haurastuttanut ulkopinnan ja kun vetämisen aikana plastinen deformaatio sauvan keskustassa alkaa, pinta säröilee. Rakojen syvyys siis ilmoittaa vedyn tunkeutumissyvyyden.

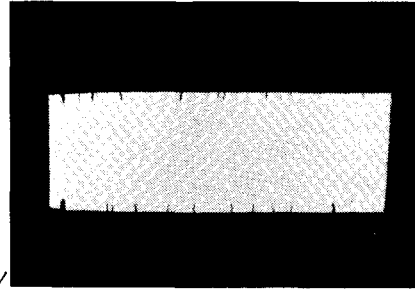
Kuvasta 12 näkyy, että rakojen syvyyden ja latausajan neliöjuuren välinen funktio on suora. Suorien kulma-kerroin on ollut eri suuri tutkituille eri teräksille. Kulmakertoimen suuruus on ilmeisesti mitta vedyn diffuusionopeudelle kyseessä olevassa teräksessä. Rakojen syvyys on sen sijaan ollut riippumaton vetonopeudesta. Tämä todistaa, että vedyn diffuusion rakojen osoittamaan syvyyteen on täytynyt tapahtua ennen kokeen alkua.

Taivutuskoetta on käytetty vetyhaurauden tutkimiseen levyssä ja nauhassa. Taivutuskoetta ovat käyttäneet ennen kaikkea Zappfe 40-luvulla ja Probert ja Rollinson Rolls & Roycen laboratorioista viime aikoina. Se kuva, joka taivutuskokeessa on saatavissa vetyhauraudesta, täytyy olla samanlainen kuin sen, joka saadaan vetokokeessa. Asteikkojen Bastienin kuvan akseleilla on kuitenkin oltava erilaiset. Erityistä taivutuskokeessa käytetyille näytteille nimittäin on, että pinta on suuri verrattuna massaan. Saman käsittelyn jälkeen on keskimääräinen vetypitoisuus näytteessä siis paljon korkeampi kuin vetosauvassa ja näin ollen herkkyys haurauden osoittamisessa on myös paljon suurempi. Esim. Probert ja Rollinson ilmoittavat kovuuden 300 HB rajaksi haurastuvan ja ei haurastuvan teräksen välillä.

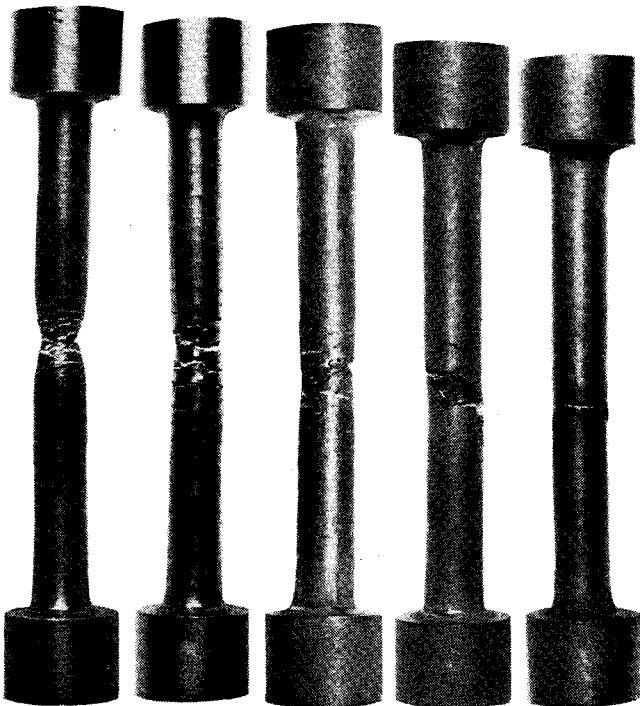
Viivästynyttä murtumaa on tutkittu melko paljon siten, että on joko vedetty tai taivutettu vedyllä ladattuja sauvoja ja oletettu tuloksen pätevän myös viivästyneeseen murtumaan nähden. Usein luultavasti saadaan näin laadullisesti oikea kuva teräksen suhtautumisesta myös vakiokuorman alaisena, mutta ei kuitenkaan aina. Kovassa teräksessä, jossa pieni vetymäärä riittää aiheut-



Kuva 7. Päästölämpötilan ja kokoonmuksen vaikutus vetyhaurauden syntymisen ruostumattomassa karkaisuteräksessä. — Vetylataus suoritettu rikkivedyllä kyllästetyssä liuoksessa — AB Bofors.



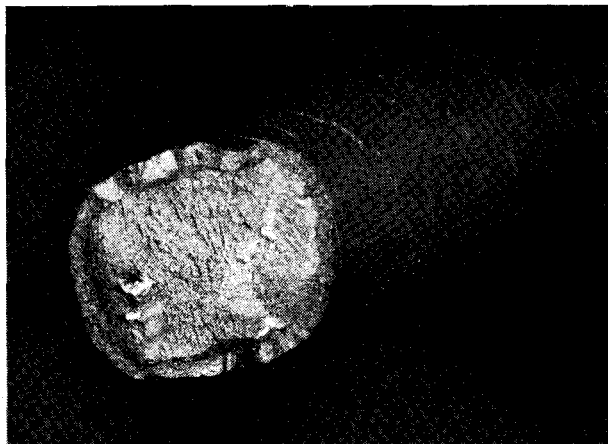
Kuva 10. Vedyllä ladatun vetosauvan poikkileikkaus osoittaa tasasyviä rakoja syntyvän haurastuneessa pintakerroksessa. Suurenus 2x. — AB Bofors.



Kuva 8. Vetylatausajan vaikutus rakojen syntymiseen vetosauvan pinnassa. 13 % Cr-6 % Ni-teräs, HB 270. Suurenus 2x. — AB Bofors (K. Lounamaa, G. Baggström, J. Iron Steel Inst., painossa.)



Kuva 11. Kiderakente avautuneen raon ympäristössä, sama teräs kuin sauvoissa kuvassa 8. Suurenus 150 × — AB Bofors. (K. Lounamaa, kts. kuva 8.)



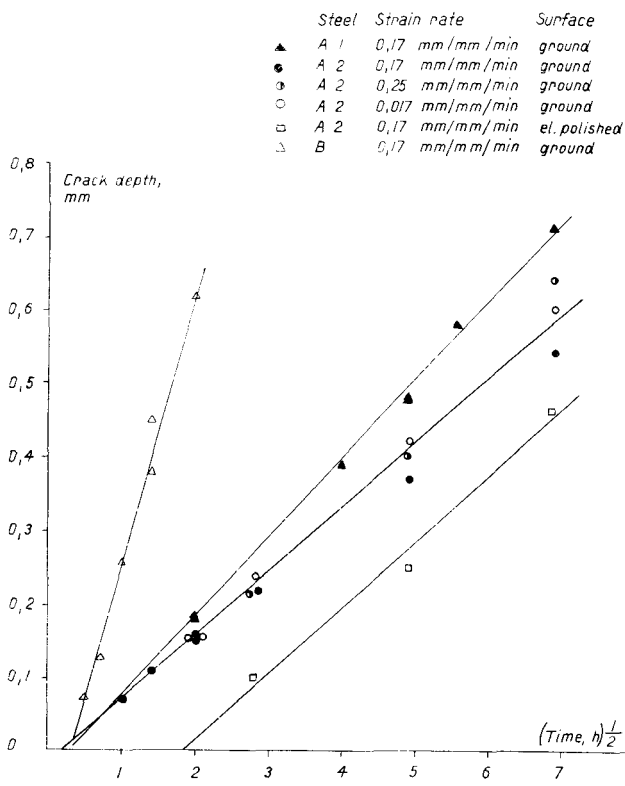
Kuva 9. Vedyllä ladatun vetosauvan murtopinta. 13 % Cr-teräs, HB 310. Suurenus 4x. AB Bofors. (K. Lounamaa, kts. kuva 8.)

tamaan viivästyneen murtuman, ei koe vetosauvalla ole aina osoittanut haurautta. Vetokokeessa on siis vetonopeus ollut suuri vetymäärään nähden. Pehmeässä teräksessä taas olemme väliin osoittaneet päinvastaista. Pitkälle ladattu vetosauva on osoittautunut hauraaksi, vaikka samalla tavalla ladattu näyte ei vakiokuormituksen alaisena ole murtunut.

### Jännityskorroosio

Edellä on käsitelty tapauksia, jolloin kappale ennen mekaanista koetusta on ladattu vedyllä joko katodisesti tai kemiallisesti. Jos kuormitettu kappale jatkuvan korroosion seurauksena latautuu vedyllä, voi syntyvä vetyhauraus tällöinkin johtaa murtumaan. Olosuhteiden perusteella — jatkuva korroosio, kuormitettu kappale — ilmiötä murtumismekanismista välittämättä tavallisesti kutsutaan jännityskorroosioksi.

Vedyn absorptio nopeus on yleensä vain happamissa tai lievästi happamissa liuoksissa riittävän suuri aiheuttamaan murtumaa. Eräät yhdisteet, ennen kaikkea H<sub>2</sub>S



Kuva 12. Rakojen syvyys vetosauvassa vetylatausajasta riippuvana. Vetonopeuden ja pinnan laadun vaikutus rakojen syvyyteen. 13 % Cr-6 % Ni-teräs, HB 270 (A), HB 245 (A2), 13 % Cr-teräs, HB 310 (B). (K. Lounamaa, kts. kuva 8.)

mutta mm. myös As- ja muut S-yhdisteet, voivat edistää vedyn absorptiota erittäin voimakkaasti. Rikkivedyn katalysoima vedyn absorptio on ollut tärkeä ongelma ennen kaikkea öljyteollisuudessa ja sitä on tutkittu erillisenä ilmiönä sulfidihauraus.

Jos vedyn absorptio on vain riittävästi katalysoitu, voi näennäisesti jännityskorroosion aiheuttamia murtumia syntyä useimmissa martensiittisissä ja feritiittisissä teräksissä lujuudesta riippumatta, vaikka taipumus murtumiseen lisääntyykin tavalliseen tapaan lujuuden kasvaessa. Tutkituin vetyhauraus on tässä muodossaan kuitenkin martensiittisissä ruostumattomissa teräksissä, jotka soveltuvat käytettäväksi olosuhteissa, joissa vety vapautuu korroosiotuotteena.

Murtumisen syistä juuri kromiteräksissä on paljon keskusteltu kirjallisuudessa. Allekirjoittanut asettuu niiden puolelle, jotka väittävät murtumisen aiheuttajaksi näissä teräksissä useimmissa tapauksissa vetyhaurautta. Ensimmäinen me olemme todenneet, että n.s. jännityskorroosio ja viivästyneet murtumat muuttavat teräksen lämpökäsittelyn mukana samalla tavalla. Lisäksi teräksen murtumistaipumus, vedyn absorptio ja vetosauvoissa mitattu hauraus seuraavat toisiaan kun liuoksen kokoomusta vaihdellaan. Ylivoimaisesti suurin on murtumisherkkyys rikkivetypitoisissa liuoksissa, joissa absorptio on myös voimakkain.

Kun eri menetelmiä vetyhaurauden tutkimiseksi verrataan, on muistettava, että Troianon käyttämässä vakiokuormitusmenetelmässä sauva ladataan lyhyen määrätin ajan ja saa siten pienen rajoitetun määrän vetyä, joka yleensä kuormitushetkellä on tasaisesti jakautuneena näytteeseen. Jännityskorroosiossa vedyn absorptio sen sijaan jatkuu kokeen suoritusajan. Murtumishetkellä voi, jos korrodoiva liuos on tehokas, paikallinen vetypitoisuus olla useita kymmeniä jopa satojakin kertoja

suurempi kuin Troianon mukaan ladatussa koesauvassa. Murtuma voi tällöin syntyä teräksissä, jotka vakiokuormitettuna pintakäsittelyn jälkeen eivät koskaan murtuisi. Kvalitatiivisesti voidaan raon ja murtuman syntyminen selittää Troianon teorian mukaan aikaisempaa kaavakuvaa käyttäen. Olosuhteet ovat vain nyt entistä monimutkaisemmat, sillä vedyn väkevyys on sekä ajan että paikan funktio, t.s. sekä vedyn määrä että sen jakautuminen voivat jatkuvasti muuttua.

Koemenetelmän valinta ja tulosten käsittely on usein kriittistä juuri sen vuoksi, että vedyn jakautuminen mutta myös muut tekijät ovat eri kokeissa erilaiset. Taulukossa 2 on tästä esimerkki. Olemme tutkineet jännityskorroosiota ja syntyvää vetyhaurautta vetosauvoissa kahdessa eri liuoksessa. Molemmat kokeet osoittavat teräksen haurastuvan rikkivetypitoisessa liuoksessa. Liuoksessa, jossa vedyn absorptio oli edellistä heikommin katalysoitu, haurastuivat vetosauvat, mutta jännityskorroosiota ei todettu. Ero näytteen käsittelyssä on johtanut vain pieneen eroon mitatussa hauraudessa vetokokeessa, mutta muuttanut tuloksen täydellisesti jännityskorroosiokeksessä. Jos jälkimmäisen koetavan antama tulos olisi yleistetty, olisi väärä kuva saatu teräksen ominaisuuksista.

Taulukko 2. Vetyhauraus ja jännityskorroosio ruostumattomassa teräksessä, 0,08 % C, 13 % Cr, 6 % Ni, kovuus HB 270, murtolujuus 91 kp/mm<sup>2</sup>.

Liuos	Kuroutuma vetosauvassa 4:n kokeen keskiarvo		Jännityskorroosio	
	Käsittelyaika		Kuormitus	Murtumis- aika
—		140 t		
1	67.6 %	33 %	> $\sigma_s$	> 500 t
			60 kp/mm <sup>2</sup>	> 500 t
2	67.6 %	18 %	> $\sigma_s$	3–4 t
			60 kp/mm <sup>2</sup>	35 t

Liuos 1: 60 g/l NaCl, 5 ml/l CH<sub>3</sub>COOH, 1 g/l tioacetamidi  
Liuos 2: " " " " " " " " " " kyllästetty H<sub>2</sub>S-  
kaasulla

Vetyhauraus kaikissa kuvatuissa ilmenemismuodoissaan johtuu kuitenkin aina pohjimmiltaan erästä vedyn erityisominaisuudesta, sen atomien liikkuvaisuudesta. Viivästyneessä murtumassa, vetyhauraudessa, jännityskorroosiossa — valitsemme tavallisesti nimityksen koeolosuhteiden mukaan — havaittu tulos on aina riippuvainen näytteen ominaisuuksista, näytteen käsittelystä, koetustavasta, koetusnopeudesta, vetymäärästä ja sen jakautumisesta makro- ja mikroskaalassa, kaikista näistä keskinäisessä vuorovaikutuksessa. Mitattu vetyhauraus ei siten ole missään muodoistaan määrätty teräksen ominaisuus, kun mitään määrättyä mittajärjestelmää ei ole. Useimmat tutkijat ovat käyttäneet yhtä koetustapaa ja siksi on ymmärrettävää, etteivät tulokset aina ole yhtäpitäviä. Hyvin paljon tietoa on saatavissa kirjallisuudesta mutta tässä kuten muussakin pätee, että kirjallisuutta on vaikea lukea oikealla tavalla ilman omia kokeita.

## Summary

Phenomena related to hydrogen embrittlement in steel. — A lecture given October 29th, 1964 in Helsinki, at Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen in Finland, Metallurgical section.

Delayed failure and hydrogen embrittlement resulting from electrolytic hydrogenation or corrosion are described with references to literature. Some results of own experiments are given as regards different methods of testing delayed failure, hydrogen embrittlement, and stress corrosion.



# Aktivointianalyysi ja sen sovellutukset

*Dipl.ins. Juhani Kuusi, Reaktorilaboratorio, TKK, Otaniemi*

Esitelmä Vuorimiesyhdistyksen metallurgijaoston vuosikokouksessa 26. 3. 1965.

Viime vuosikymmenien aikana tapahtunut ydin- ja säteilytekniikan valtava kehitys on tehnyt näistä merkittävän apuneuvon lähes kaikilla inhimillisen toiminnan aloilla. Analyyttisen kemian piiriin on erikoisesti reaktorien ja hiukkaskiihdyttimien yleistymisen tuonut pienten pitoisuuksien alueille soveltuvan analyysimenetelmän aktivointianalyysin.

Aihe on sikäli ajankohtainen, että tämä monissa tapauksissa klassillisia metodeja huomattavasti herkempi ja nopeampi analyysimenetelmä on nykyään jo käytännössä tarjolla sekä teollisuuden että tutkimuksen palvelukseen Triga-reaktorin tarjoamien edellytysten sekä reaktorilaboratoriossa harjoitettavan analyysitoiminnan ansiosta.

Aktivointianalyysissä asiaa yleisesti tarkastellen tehdään tutkittava näyte radioaktiiviseksi aiheuttamalla siinä ydinreaktioita, minkä jälkeen näytteen analyysi suoritetaan aktivointuneiden isotooppien lähettämän säteilyn laadun, aikakäyttämisen ja intensiteetin perusteella.

Käytännössä yleisin tapa tehdä näyte radioaktiiviseksi on pommittaa sitä neutroneilla, missä tapauksessa menetelmä kantaa nimeä neutroniaktivointianalyysi. Pommitukseen tarvittavat neutronit saadaan yleensä joko reaktorista tai neutronigeneraattorista. Valtaosa analyyseistä suoritetaan käyttämällä reaktoreiden pienenergiaisia, termisiä neutroneita, koska nämä yleensä suurella todennäköisyydellä aiheuttavat radioaktiivisuuteen johtavia ydinreaktioita.

Kullekin neutronipommituksessa syntyneelle isotooppilajille on ominaista ydinten lähettämän säteilyn laatu ja energia sekä ydinten hajoamisnopeus eli säteilyn intensiteetin muuttuminen ajan mukana. Viimeksimainittua kuvataan puoliintumisaajalla, mikä tarkoittaa aikaa, jonka kuluessa tarkasteltavien hajoavien ytimien lukumäärä on pienentynyt puoleen alkuperäisestä.

Suorittamalla säteilymittauksia, joilla edellä mainittuja karakteristisia suureita voidaan määrittää, saadaan selville, mistä isotoopista kukin säteilykomponentti on lähtöisin ja kuinka paljon tätä isotooppia näytteessä on. Analyysi on siis itse asiassa isotooppikohtainen. Koska alkuaineiden isotoopit kuitenkin esiintyvät yleensä vakiosuhteissa, saadaan tuloksista helposti myös eri aineiden pitoisuudet.

Analyysit pyritään yleensä suorittamaan näytteen lähettämän gammasäteilyn perusteella, koska tällä on muutamia huomattavia mittausteknillisiä etuja toisena vaihtoehtona tavallisesti esiintyvään betasäteilyyn verrattuna. Aineiden tunnistaminen eli kvalitatiivinen analyysi tapahtuu tällöin säteilyn mittaukseen käytetyn tuikespektrometrin rekisteröimässä pulssinkorkeusspektrossä esiintyvien piikkien paikan ja aikakäyttämisen perusteella. Kvantitatiivinen analyysi taas suoritetaan vertaamalla pulssinkorkeusspektrossä esiintyvien piikkien suuruutta näytteen kanssa samoissa olosuhteissa säteilytettyjen ainestandardien spektrien piikkien suuruuksiin.

Mikäli näyte on koostunut kovin monesta aktivoitu-

vasta aineesta, tai mikäli jotkut komponentit aktivoituvat huomattavasti muita voimakkaammin häiriten näiden lähettämän säteilyn mittaamista tai jopa toteamista, joudutaan säteilytyksen jälkeen suorittamaan kemiallisia erotuksia. Tässäkin tapauksessa menetelmällä on eräs erikoisesti hyvin pieniä pitoisuuksia tutkittaessa esille tuleva etu tavallisiin kemiallisiin analyyseihin verrattuna. Lopullinen analyysihän nimittäin suoritetaan aktiivisten isotooppien perusteella, joten näytteeseen säteilytyksen jälkeen voidaan huoletta lisätä epäaktiivisia kantaja-aineita. Tällöin kaikki kemialliset prosessit päästään suorittamaan makrokonsentraatioissa, missä normaaleilla reagenssiepäpuhtauksilla ei ole merkitystä.

Neutroniaktivointianalyysin suorittaminen voidaan siis jakaa neljään vaiheeseen: aktivointi reaktorissa, mahdolliset kemialliset erotukset, säteilyn mittaus ja tulosten käsittely. Valitsemalla sopivat säteilytys- ja mittausparametrit pyritään usein työläästä kemiallisestä erotuksesta jättämään pois ja suorittamaan analyysi puhtaasti instrumentaalisesti. Tällainen analyysi sen lisäksi, että se on yksinkertainen, ei tuhoa näytettä, joten siitä aktiivisuuden hävittyä voidaan vaikka tehdä normaali kemiallinen analyysi.

Instrumentaalisen analyysin onnistuminen riippuu useasta eri tekijästä ja jokainen analyysityyppi on tässä suhteessa käsiteltävä omana erillisenä ongelmanaan. Tämä eri tapausten yksilöllisyys, mikä johtuu pääasiassa aineiden aktivoitumisen, puoliintumisaikojen ja gammaenergioiden suurista eroavuuksista, onkin aktivointianalyysille luonteenomainen piirre.

Puhtaasti instrumentaalinen analyysi onnistuu ensinnäkin useimmiten silloin, kun tutkittavat komponentit aktivoituvat huomattavasti voimakkaammin kuin näytteessä olevat muut aineet.

Esimerkkeinä tällaisesta tapauksesta mainittakoon raudan mangaanipitoisuuden määrittäminen. Mangaani aktivoituu niin voimakkaasti, että tunnin säteilytyksellä Triga-reaktorissa saadaan 0,1 nanogramman suuruinen määrä puhdasta ainetta helposti näkyviin. Rauta puolestaan aktivoituu heikosti ja niinpä alle sadasosa p.p.m.:n mangaanipitoisuuksien analysointi käy helposti päinsä.

Muista heikosti aktivoituvista pääaineista, joista hivenaineiden määrittäminen voidaan usein aivan yksinkertaisesti suorittaa mainittakoon lyijy, vismutti ja useat orgaaniset, pääasiassa hiiltä, vetyä ja happea sisältävät materiaalit kuten öljyt ja eräät paperilajit. Poikkeuksellisen voimakkaasti aktivoituvista aineista, mitkä epäpuhtauksina saadaan usein hyvinkin monikomponenttisista aineista määrättyä, mainittakoon mangaanin lisäksi kulta, hopea, indium, kupari, arseeni ja natrium.

Toisen sellaisen analyysiryhmän, missä usein päästään tuloksiin puhtaasti instrumentaalisesti, muodostavat tapaukset, joissa tutkittavien aktivointuneiden isotooppien puoliintumisaajat eroavat huomattavasti muiden näytteessä syntyneiden aktiivisten isotooppien puoliintumisaajoista. Näillä eroavuuksilla onkin erittäin suuri merki-

tys kun tutkittavan säteilykomponentin intensiteetti pyritään mittaushetkeksi saamaan mahdollisimman suureksi näytteen lähettämän häiritsevän säteilyn intensiteettiin verrattuna.

Puoliintumisaika ei nimittäin määrää yksinomaan isotoopin hajoamisnopeutta vaan myös sen, kuinka nopeasti säteilytyksessä syntyneiden aktiivisten isotooppien lukumäärä lähestyy sitä maksimimäärää, jolloin aikayksikössä syntyvien ja hajoavien ytimien lukumäärä on sama. Tätä tasapainotilannetta vastaavan maksimiaktiivisuuden suuruuden määrää reaktorin neutronivuo sekä kunkin isotoopin aktivoitumiskykyä kuvaava aktivoitumisvaikutusala. Hajoamiskelpoisten ytimien lukumäärä kunkin komponentin osalta lähestyy tasapainoarvoaan eksponentiaalisesti puoliintumisaikansa edellyttämällä nopeudella siten, että yhden puoliintumisajan pituisen säteilytyksen jälkeen on saavutettu kyllästysaktiivisuudesta 50 %, kahden 75 %, kolmen 87,5 % jne. Aktiivisuuden kasvu alkaa siis jo yhden puoliintumisajan pituisen säteilytyksen jälkeen hidastua huomattavasti, joten kunkin isotoopin kohdalla on tarkoin harkittava, kuinka kauan säteilytystä kannattaa jatkaa, jottei suhteettomasti lisättäisi häiritsevien aktiivisuuksien osuutta.

Käyttämällä sopivasti hyväksi analysoitavan näytteen eri isotooppien erilaisia aktivoitumis- ja hajoamisnopeuksia pystytäänkin usein huomattavasti vaikuttamaan eri säteilykomponenttien keskinäisiin intensiteetteihin. Voidaan sanoa, että puoliintumisajojen eroavuudet tuovat menetelmään mukaan uuden dimension — ajan.

Esimerkkeinä puoliintumisajojen eroavuuksien hyväksi käytöstä mainittakoon alumiinin, vanadiinin ja titaanin tai näiden oksidien epäpuhtauksien ja lisäaineiden analysointi. Näiden metallien säteilytyksessä syntyneiden radioaktiivisten isotooppien puoliintumisajat ovat lyhyitä — alumiinilla 2,3 min, vanadiinilla 3,8 min ja titaanilla 5,8 min. Kyllästysaktiivisuus pääaineen osalta saavutetaan siis nopeasti, minkä jälkeen vain pitempi-ikäisten epäpuhtauksien tai lisäaineiden aktiivisuus kasvaa. Kun säteilytyksen päättymisen jälkeen on odotettu parin kymmenen puoliintumisajan verran, on pääaineen aktiivisuus hävinnyt ja lisäaineiden sekä epäpuhtauksien analyysi voidaan suorittaa näytteessä jäljellä olevan aktiivisuuden perusteella. On kuitenkin huomattava, että, vaikka pääaineen aktiivisuus ei enää mitausta häiritsekään, saattavat analysoitavat komponentit häiritä toisiaan, jolloin joudutaan taas käyttämään hyväksi näiden puoliintumisajojen keskinäisiä eroavuuksia tai pahimmassa tapauksessa turvautumaan kemiallisiin erotuksiin. Mittausta häiritsevien isotooppien puoliintumisajojen ei tarvitse luonnollisestikaan olla niin lyhyitä kuin edellisessä esimerkissä, kunhan niiden vaikutus vain häviää riittävän nopeasti tutkittavien säteilykomponenttien intensiteettien pienenemiseen verrattuna. Esimerkkeinä tällaisista tapauksista mainittakoon kullan ja antimoinin määrääminen piipuolihohteissa näiden pitoisuuksien ollessa alueella  $10^{-8}$  paino-osaa tai scandiumin määrääminen luonnon mineraaleista lähes samalla herkkydellä. Aktiivisten isotooppien puoliintumisaika piillä on 2,6 tuntia, kullalla ja antimonilla yli kaksi vuorokautta. Scandiumilla puoliintumisaika on 85 päivää, joten säteilytyksen jälkeen voidaan odottaa hyvinkin kauan häiritsevien aktiivisuuksien häviämistä ilman, että tutkittava säteilykomponentti saottavasti heikentyy.

Mikäli tutkittavan isotooppien puoliintumisajat ovat lyhyitä verrattuna häiritsevien aineiden puoliintumisajoihin, tulee käyttää lyhyitä säteilytysaikoja ja suorittaa mittausta mahdollisimman nopeasti säteilytyksen pää-

tyttyä. Mikäli puoliintumisajat ovat erittäin lyhyitä, kuten esim. fluorilla 11 s, hafniumilla 19 s ja hopean heikimmällä isotoopilla 24 s, voidaan näiden isotooppien aiheuttamien aktiivisuuksien suhteellista osuutta pitempikäisiin verrattuna lisätä huomattavasti käyttämällä hyväksi reaktorin tehopolssia. Tällöin näytteelle annetaan hetkessä parin minuutin jatkuvaa maksimitehoista säteilytystä vastaava neutroniannos, jolloin lyhytikäisetkään isotoopit eivät säteilytyksen aikana ehdi hajota käytännöllisesti katsoen lainkaan.

Käytännön näytteissä syntyy kuitenkin usein sekä tutkittavaa säteilykomponenttia lyhyempi että pitempikäisiä aktiivisuuksia, joten parasta säteilytys- ja odotusaikaa määrättäessä joudutaan suorittamaan kompromissi näiden yhteisten häiritsevien vaikutusten minimoimiseksi.

Usein ei kuitenkaan käyttämällä parhaitakaan säteilytys- ja mittauseroja saada tutkittavaa ainetta näkyviin ja tällöin joudutaan turvautumaan kemiallisiin erotuksiin.

Mikäli analysoitavan komponentin puoliintumisaika on lyhyt, joudutaan erotukset tekemään hyvinkin nopeasti, jolloin yleensä käytetään klassillisen kvantitatiivisen analyysin saostusmenetelmiä. Puoliintumisajojen ollessa pitempiä ovat ioninvaihtotekniikka ja paperikromatografia hyvin käyttökelpoisia. Etenkin jälkimmäinen on useissa käytännön tapauksissa osoittautunut aivan erinomaiseksi menetelmäksi.

Jos itse pääaine aktivoituu erittäin voimakkaasti ja omaa vielä pitkän puoliintumisajan, kuten on asian laita pyrittäessä analysoimaan esim. kullan ja kuparin epäpuhtauksia, on menetelmän soveltuvuus hyvin kyseenalainen. Kulta ja kupari ovatkin, aivan päin vastoin kuin rauta, tyypillisiä sellaisia aineita, joiden epäpuhtauksien määrääminen aktivoituanalyysillä on erittäin hankalaa, mutta mitkä epäpuhtauksina pystytään usein hyvinkin pieniin pitoisuuksiin saakka määräämään.

Tyypillisen luokan kemiallisia erotuksia vaativia analyysijä muodostavat biologisten materiaalien hivenainemääritykset, joissa voimakkaasti aktivoituvaa natrium on yleensä ennen mittauksia poistettava. Esimerkkeinä näistä mainittakoon reaktorilaboratoriossa tehdyt ihonäytteiden kulta, arseni ja kuparimääritykset. Analyysissä, mitkä suoritettiin paperikromatografisesti päästiin nanogramman luokkaa oleviin hivenaineen absoluuttimääriin. Esimerkkeinä suoritetuista nopeista erotuksista mainittakoon vanadiinin (puol.aika 3,8 min.) saostaminen öljynäytteistä analyysissä, joissa päästiin alle sadasosa p.p.m.:n pitoisuuksiin.

Edellä selostetut hajaesimerkit antavat toivottavasti jonkinlaisen kuvan neutroniaktivoituanalyysin soveltamismahdollisuuksista, joita varmasti metallurgian piiristä löytyy lukemattomia. Luonteeltaanhan tämä on tyypillinen hivenaineanalyysimenetelmä, mikä monissa tapauksissa on erittäin herkkä ja yksinkertainen, mutta jonka soveltuvuus on erikseen tutkittava jokaisen uuden analyysityypin kohdalla.

Jotta menetelmän käyttö leviäisi ja tulisi mahdolliseksi ilman huomattavia instrumentti-investointeja, on reaktorilaboratoriossa ryhdytty harjoittamaan myös laboratorion ulospäin suuntautuvaa analyysitoimintaa. Tämän puitteissa sekä tehdään soveltuvuustutkimuksia että suoritetaan rutiiniluonteisia analyysijä.

Toivottavaa on, että tämä meillä Suomessa vielä uusi analyysimenetelmä löytäisi mahdollisimman pian tiensä sellaisten ongelmien pariin, joihin muilla keinoilla on vaikeaa tai mahdotonta saada ratkaisua.

# Autoradiografia ja sen sovellutuksia metalliopillisessa tutkimuksessa

*Dipl.ins. Jarl Forstén, Metalliopin laboratorio, TKK, Otaniemi.*

Esitelmä Vuorimiesyhdistyksen metallurgijaoston vuosikokouksessa 26. 3. 1965.

## Johdanto

Autoradiografia on menetelmä, jolla määrätään tiettyjen seosaineitten tai epäpuhtauksien jakautuminen kiinteässä tilassa. Seosaineet tai epäpuhtaudet merkitään radioaktiivisilla isotoopeilla, jotka aiheuttavat tummumista valoherkässä emulsiassa.

Bequerel huomasi ensimmäisenä maailmassa radioaktiivisen säteilyn vaikutuksen filmiemulsioon, kun hän vuonna 1896 vahingossa sijoitti uraania sisältävän kappaleen filmin päälle. Tämä oli samalla maailman ensimmäinen autoradiografiakuva. Tietenkin käyttö oli vielä hyvin rajoitettua, kunnes Joliot ja Irene Curie vuonna 1934 keksivät keinotekoisien radioaktiivisuuden ja tätä keksintöä sovellettiin vasta vuonna 1946, jolloin ensimmäiset reaktorit tulivat käyttöön.

Yksinkertaisin menetelmä autoradiografiassa on seuraava. Radioaktiivinen näyte sijoitetaan valokuvauslevyn päälle ja riippuen näytteen aktiivisuudesta valitaan sopiva valotusaika. Tummuminen on verrannollinen radioaktiivisen seosaineen konsentraatioon.

## Valopistemalli

Autoradiografiaa voidaan havainnollistaa olettamalla että kaikki seosatomit tai epäpuhtaudet korvataan hyvin heikoilla pistemäisillä valonlähteillä, joitten valonvoimakkuus on verrannollinen aktiivisuuteen. Sijoittamalla tämä heikosti valaiseva näyte filmin päälle saadaan eräs kuva. Siinä missä seosainemäärä on suurin filmi tummuu nopeimmin. Valopisteiden erilaiset aallonpituudet kuvaavat radioaktiivisen säteilyn energiaa, joka on erilainen eri alkuaineilla. Filmin tummumisnopeus vaihtelee aallonpituuden mukaan.

Jatkamalla tämän mallin tarkastelua saadaan selville seuraavat ominaisuudet, jotka yleensä riittävät selittämään autoradiografiakuvat.

- Säteilyn intensiteetti pienenee niinkuin valonkin etäisyyden neliön mukaan.
- Metallin sisällä tapahtuu absorptiota, jonka suuruus riippuu säteilyn voimakkuudesta eli energiasta. Ainoastaan se säteily, joka lähtee määrätystä pintakerroksesta saavuttaa kappaleen pinnan.

— Miltei aina on olemassa epäpuhtaus- tai seosainerikkaampia alueita näytteessä. Nämä konsentraatioerot aiheuttavat tummuusvaihteluja filmissä. Myöskin perusaineessa on aktiivisia atomeja, jotka aiheuttavat tietyn taustavalaistuksen, kuten kuvassa 1 on kaa-  
viollisesti esitetty.

— Ohuessa emulsiokerroksessa absorboituu vain tietty osa säteilystä. Käyttämällä tarpeeksi paksua filmiä voidaan valotusaikaa lyhentää. Toisaalta mitä kauemmaksi mennään näytteestä, sitä vaikeampi on erottaa eri säteilylähteet toisistaan. Hyvän erotuskyvyn aikaansaamiseksi filmi on saatava niin lähelle näytettä kuin mahdollista. Emulsiokerroksen on oltava ohut. Kuvassa 2 on pistemäisen lähteen antama kuva esitetty lähteen ja äärettömän ohuen filmin eri etäisyyksillä. Etäisyyden pienenessä 5  $\mu$ :sta 1  $\mu$ :hyn intensiteetti kasvaa jopa 25 kertaiseksi. Pisteiden aiheuttama intensiteettihiipun puoliarvoisuus pienenee samalla 10  $\mu$ :sta 2  $\mu$ :hyn.

## Filmimateriaalit

Filmimateriaali on tärkein autoradiografiassa, koska valotusaika ja erotuskyky määräytyvät sen mukaan. Voidaan käyttää kahta menetelmää, ns. kuivaa menetelmää ja liuosmenetelmää. Kuivassa menetelmässä näytettä painetaan filmiä vastaan kuten kuvassa 1. Valotusaika riippuu näytteen aktiivisuudesta sekä säteilyn energiasta. Yleensä vasta kokeilujen jälkeen löydetään sopiva valotusaika. Kaikki filmimateriaalit kelpaavat ja seuraavassa esittelyssä ilmenee eniten käytettyjen filmien soveltuvuus autoradiografiaan.

Tavallisessa röntgenfilmissä on paksu emulsiokerros, joskus jopa kaksipuolinen sekä isoja rakeita. Tämän takia filmi on erittäin nopeaa, mutta maksimisuurennus on ainoastaan 5-kertainen.

Hienorakeisissa dokumenttifilmissä on emulsiokerros vielä autoradiografiassa käytettäväksi paksu. Tämä filmi on suhteellisen nopeaa ja noin 50-kertaiset suurennukset ovat mahdollisia. Käyttämällä kohtuullisia aktiivisuuksia voidaan valotusajan ohjeena tällä filmillä pitää 3—5 tuntia.

## Summary

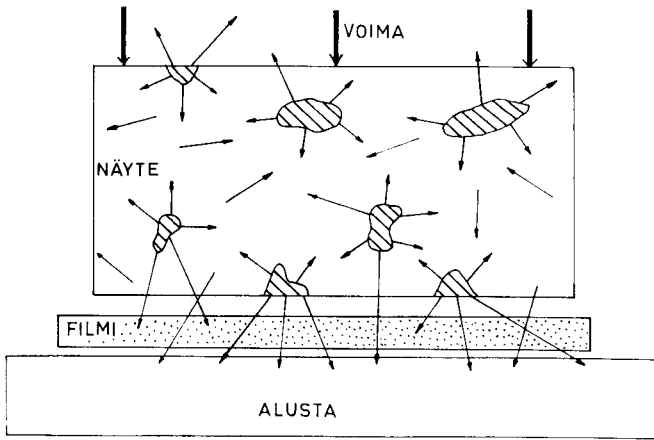
### *Neutron activation analysis and its applications*

The neutron activation analysis has developed most into the sensitive method for many analysing problems. Its use is now possible even in Finland due to irradiation facilities of FIR I Triga-reactor.

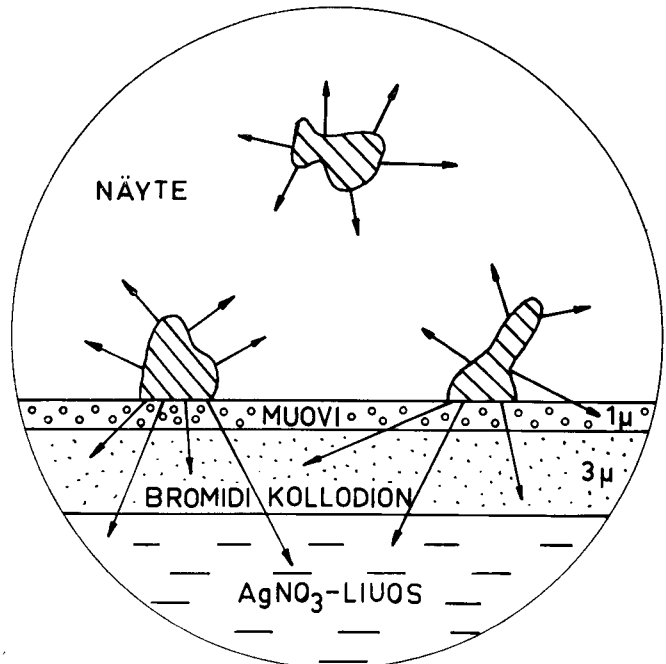
Using suitable irradiation and measuring parameters it is possible to get results with simple nondestructive instrumental analysis. This consists only of irradiation of the sample and the standard in thermal neutron flux and gamma-spectrum measure-

ments. The possibility of carrying out this type of analysis depends on many factors as activation crosssections of every element in the sample and the half-lives and the type of decay of activated isotopes. That is why every new case of analysis forms its own problem, which is characteristic of the whole method. Often however, because of the interfering activities radiochemical separations are needed after irradiation. Even in this case method has some great advantages compared with classical chemical analysis, specially in analysing very small concentrations.

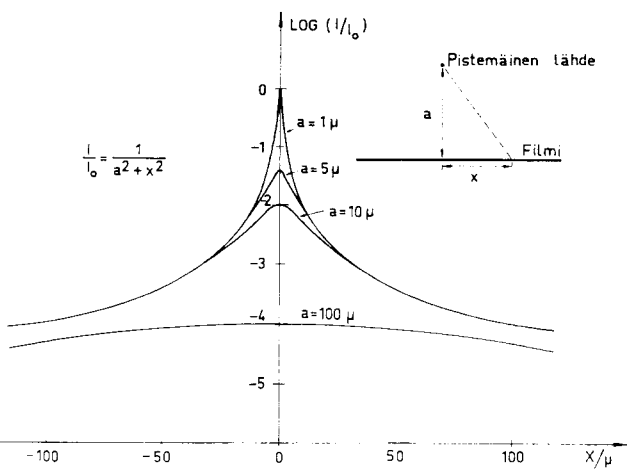
Both types of neutron activation analysis have numerous applications in every branch of industry not least in metallurgy.



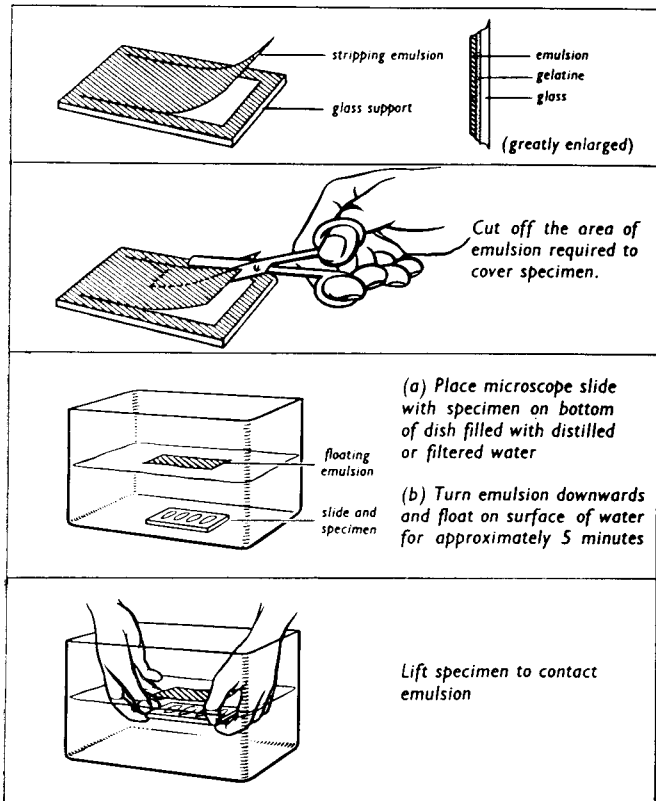
Kuva 1. Autografiakuvaus kuivaa menetelmää käyttäen. Näytettä painetaan filmiä vastaan. Radioaktiivinen säteily merkitty nuolilla.



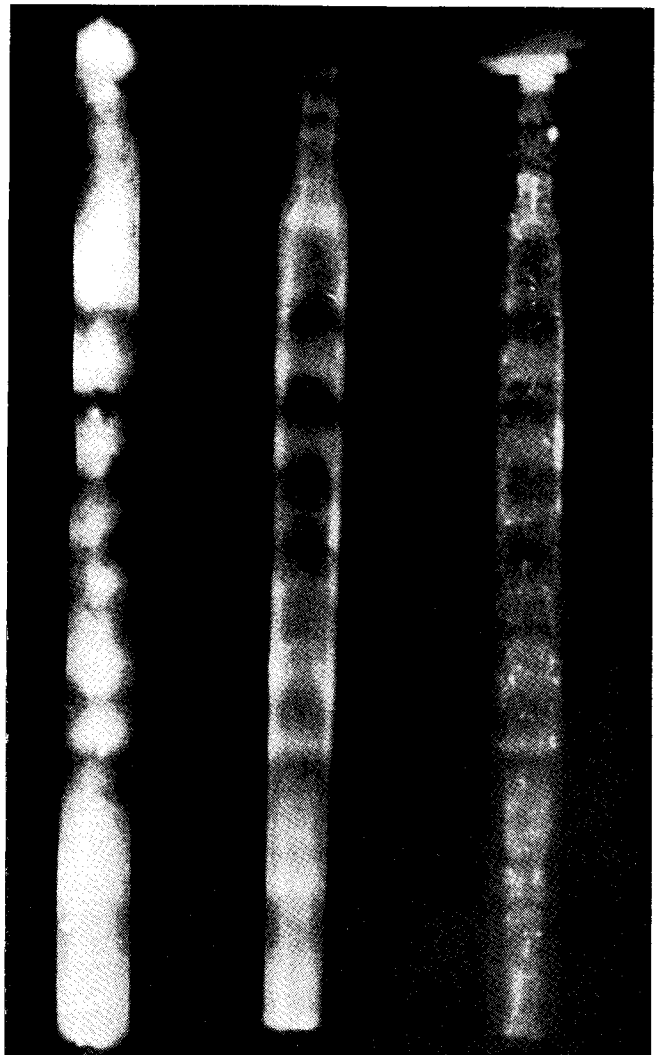
Kuva 4. Liuosmenetelmän käyttöperiaate. Näyte sijoitetaan pimeään valotusastiaan kehitteen (AgNO<sub>3</sub>-liuos) kanssa. Kollodionkerrokseen muodostuu säteilyn ansiosta metallista hopeaa.



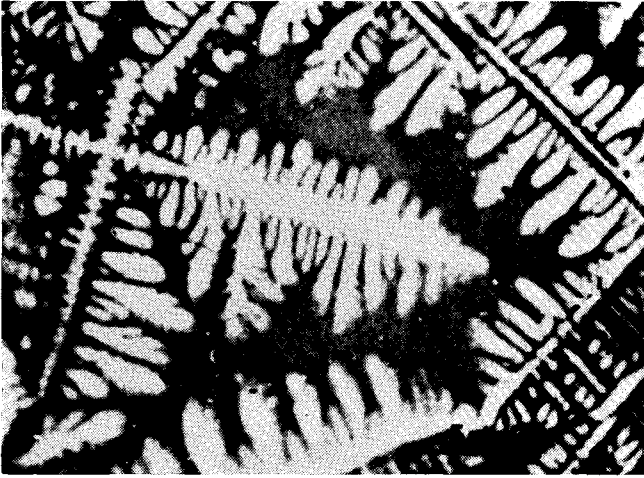
Kuva 2. Pistemäisen valolähteen antama intensiteettijakautuma filmissä eri valotusetäisyyksillä. (1 μ = 10<sup>-6</sup> m).



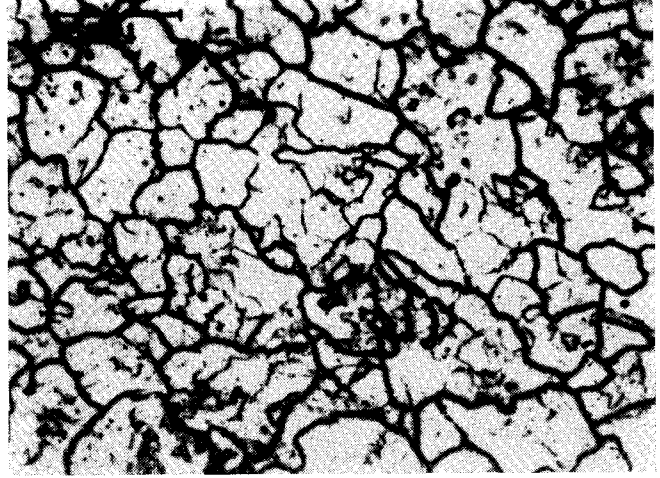
Kuva 3. Stripping Film'in käyttö. (Kodak Data Sheet SC-10)



Kuva 5. Epäpuhtausjakautuma alumiinierilliskiteessä. Kuva on positiiviantoradiografiakuva. Vaaleat vyöhykkeet ovat kiteen aktiivisimmat alueet. Vasemmalta oikealle kuvat on otettu 50 h, 150 h ja 400 h kuluttua aktivoinnista. Luonnollinen koko.



Kuva 6. Autoradiografiakuvaa, joka esittää dendriittejä erittäin puhtaassa alumiinissa. 21 ppm aktiivista rautaa on lisätty näytteeseen. (Leymonie).



Kuva 8. Raerajaisediffuusio raudassa. Autoradiografiakuvaa näytteestä, joka on päällystetty aktiivisella rautakerroksella sekä diffuusiohehkutettu. (Leymonie).

On olemassa kaupallisia autoradiografiaa varten kehitettyjä filmejä (Stripping Film). Raekoko on hyvin pieni,  $0,5 \mu$  ja emulsiokerroksen paksuus ainoastaan  $5 \mu$ . Saatavuttava maksimisuurennus on 300-kertainen, mutta valotusajat noin vuorokauden pituisia. Filmi on verrattain työläs käyttää, koska hyvän kontaktin aikaansaamiseksi joudutaan emulsio leikkaamaan irti suojaikalvostaan (kuva 3). Emulsio siirretään veden pinnalle, jossa se venyy ja tasoittuu. Näytteen nostamisen jälkeen emulsio kuivuu ja kutistuu. Tällöin syntyy hyvä kosketus näytteen ja emulsion välille.

### Liuosmenetelmät

Liuosmenetelmät kehitettiin 1950-luvulla lähinnä amerikkalaisen tutkijan Gombergin töiden tuloksena. Nämä menetelmät sallivat jopa 1000-kertaisia suurennuksia, mutta ovat erittäin työläitä. Ne muistuttavat suuresti menetelmiä, joilla valokuvia tehtiin valokuvauksen alkuvuosina. Näytteen päälle aikaansaadaan ensin ohut suojaava muovikerros, koska näyte muuten reagoisi kehitysliuoksen kanssa (kuva 4). Tämän päälle tehdään noin  $3 \mu$ :n paksuinen bromidikollodionkerros. Koko näyte sijoitetaan kehitysneesteeseen ( $\text{AgNO}_3$ -liuos) kanssa pimeään valotusastiaan. Radioaktiivisen säteilyn ansiosta

kehitteen läsnäollessa bromidikollodionkerrokseen syntyy metallista hopeaa, joka kuvaa säteilyn jakautumista. Kiinnityksen jälkeen tarkastellaan syntynyttä kuvaa mikroskoopissa. Eräs tämän menetelmän suurimmista eduista onkin se, että muuttamalla fokuuspistettä mikroskoopissa saadaan vuorotellen näkyviin sekä autoradiografiakuvaa että kuva näytteen pinnasta. Valotusajat ovat useampia vuorokausia, ylärajan asettaa suojaavan muovikerroksen kestoikä.

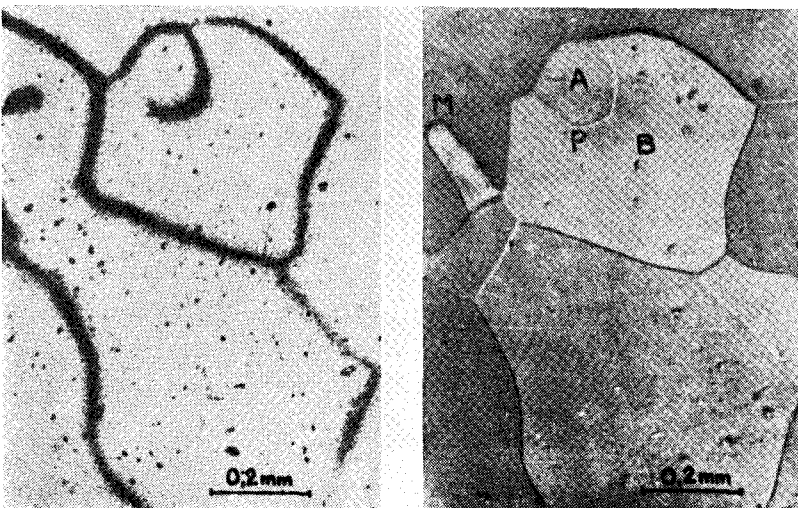
Hyvän erotuskyvyn omaava autoradiografiakuvaa vaatii suhteellisen paljon työtä. Jos toisaalta halutaan summittainen kuva, esimerkiksi seosainejakautumasta, antaa autoradiografia vastauksen tähän kysymykseen pienellä vaivalla ja nopeasti.

### Isotooppien ja radioaktiivisten merkkiaineiden käyttö

Isotooppien tai merkkiaineiden saattaminen näytteeseen ei tuota suurempia vaikeuksia, paitsi silloin kun tutkittavalla seosaineella tai epäpuhtaudella on yksinomaan lyhytikäisiä aktiivisia isotooppeja.

Seuraavat mahdollisuudet ovat käytettävissä:

— Koko näyte voidaan säteilyttää neutronivuossa reaktorissa edellyttäen, että epäpuhtaudet tai seosaineet jossakin vaiheessa ovat aktiivisempia kuin perusaine.



Kuva 7. 30 vrk  $650^\circ\text{C}$ :ssa hehkutettu rautanäyte. Vasemmalla autoradiografiakuvaa, oikealla mikrovalokuva. Raerajoilla on erillinen epäpuhtausjakautuma. (Leymonie).

- Ellei ylläoleva ehto ole täytetty, voidaan esimerkiksi sulatuksen yhteydessä lisätä pieniä määriä aktiivisia seosaineita tai epäpuhtauksia. Näin menetellään myöskin silloin kun tutkitaan yksinomaan jonkun tietyn aineen jakautumista, koska koko näytettä säteilyttäessä neutroneilla kaikki aineet aktivoituvat, toiset enemmän, toiset vähemmän.
- Reaktio aktiivisen kaasun kanssa on hyvin käyttökelpoinen mm. hiiletyksessä.
- Elektrolyyttistä päällystämistä käytetään joskus diffuusioprosessien tutkimisessa.

Tietyt aktiiviset isotoopit soveltuvat erittäin hyvin autoradiografiaan. Tähän ryhmään kuuluvat kaikki  $\alpha$ -säteilijät sekä heikkoenergeettiset  $\beta$ -säteilijät, elleivät ne samalla emittoi haittaavaa läpätunkevaa  $\gamma$ -säteilyä. Metallografiassa ovat sopivimmat isotoopit  $C^{14}$ ,  $P^{32}$ ,  $S^{35}$ ,  $Ni^{63}$ ,  $W^{182}$ ,  $Pt^{197}$  ja  $Au^{199}$ . Säteilyn laji, puoliintumisaika ja energia mitataan näytteen  $\gamma$ -spektrin ja  $\beta$ -absorption avulla, jolloin saadaan selville mikä komponentti on aiheuttanut filmin mustumisen.

### Metallograafiset käyttömahdollisuudet

Autoradiografia on tuonut uusia tuloksia esille, hyvin paljon myös metallurgian ja metalliopin alalta. Kun yhdistetään aktiivoinnin tavattoman suuri herkkyys autoradiografiaan, saadaan muutamissa tapauksissa esille aineen jakautuminen sellaisessakin koekappaleessa, ettei kemiallisin keinoin pystytä edes osoittamaan tämän komponentin olemassaoloa näytteessä. Tutkimuskohteita ovat:

- Sulatusprosesseissa tapahtuva sekoittuminen ja seosaineiden kulku. Kuva 5 esittää kuparin jakautumista alumiinierilliskiteessä. Pituuden funktiona on huomattavia konsentraatioeroja.
- Kuonan ja metallin väliset reaktiot.
- Suotautumisilmiöt. Kuva 6 on dendriittisestä rakenteesta erittäin puhtaassa alumiinissa, johon on lisätty 21 ppm aktiivista rautaa.
- Rautanäyte josta kuva 7 on saatu, on hehketetty 30 vrk  $650^{\circ}C$ :ssa argonsuojakaasussa. Vasemmanpuoleinen autoradiografiakuva osoittaa selvästi, että epäpuhtausmäärä on huomattavasti suurempi raerajoilla. Vertaamalla autoradiografiakuvaa oikeanpuolimmaiseseen mikrokuvaan käy ilmi, ettei epäpuhtausmäärä kaikilla raerajoilla ole sama. Tämä osoittaa sen, että raerajat, vaikka ne ovat suurenkulman raerajoja, ovat rakenteeltaan erilaisia. On kuitenkin otettava huomioon raerajan ja näytteen pinnan välinen asento.

- Pintareaktiot ja korrosio. Koska autoradiografia nimenomaan antaa kuvan näytteen pinnasta, on syytä korostaa sen käyttömahdollisuutta hyvinkin vaikeitten korrosioongelmien tutkimisessa.
- Kulumisilmiöt.
- Diffuusio. Kuva 8 osoittaa raerajadiffuusion voimakkuuden raudassa. Radioaktiivisella raudalla päällystetty näyte on diffuusiohehketetty. Määrättyjä raerajoja pitkin diffuusio on nopeampi.

### Yhteenveto

Autoradiografiaa voidaan soveltaa millä tieteen alalla tahansa. Mitään yksityiskohtaisia tietoja ei voi antaa, koska menetelmiä joudutaan muuttamaan kokeesta toiseen. Tämä näyttää joskus hankalalta, mutta todellisuudessa tämä on autografian eräs suuri etu.

### Kirjallisuutta

1. Leymonie. Radioactive Tracers in Physical Metallurgy. Chapman and Hall, London, 1963.
2. Towe—Gomberg—Freeman. High Resolution Autoradiography. University of Michigan, Report 1243, 1953. (NACA 1243).
3. Adams—Steunenberg. Some Metallurgical Applications of Autoradiography. Argonne National Laboratory, Chemical Engineering Division, 1961. (ANL — 6412).
4. Kulikow. Anwendung radioaktiver Isotope in der Metallurgie und Metallphysik. Neue Hütte 5. 1960. S. 348 ja s. 420.
5. Kulikow—Popow. Radioaktive Isotope in der Metallurgie. VDE, Berlin, 1959.
6. Junghahn. Die Verwendung der Autoradiographie zur Untersuchung von Vorgängen an Metalloberflächen. Werkstoffe und Korrosion 13. 1962. s. 204.
7. Wadewitz—Müller. Hinweise für die Anfertigung von Mikroautoradiographie bei Metallische Proben. Isotopentechnik 1962. s. 81.
8. Rachwan. Anwendung der Autoradiographie zur Untersuchung der Struktur von Legierungen. Isotopentechnik 1962. s. 270.

### Summary

The application of autoradiography in metallography is treated. The properties suggested by a light point model for the radioactive impurities, especially the resolution, is stated. After a brief review of different commercial film materials available in autoradiography, the wet process method for high resolution is discussed.

Various methods of adding radioactive isotopes to the sample, the properties of the radiation and its influence on the blackening of the film emulsion and possible applications to metallography are given. The use of autoradiography in the study of the surface and corrosion problem is shown. Some photographs of the segregation of impurities in pure metallic samples are also given.



# Merkkiaineet prosessitekniikassa

*Tekn.lis. Antti Niemi, Oulun Yliopisto*

Esitelmä Vuorimiesyhdistyksen metallurgijaoston vuosikokouksessa 26. 3. 1965

Kun materiaalin ajallista tai paikallista jakautumista teollisessa prosessilaitteistossa halutaan selvittää tavalla tai toisella merkittyjen materiaalien avulla, on merkkiaineen valinnassa prosessiolosuhteet otettava huomioon. Normaalisena prosessimateriaalin voidaan odottaa aktiivituksena kuvaavan jakautumista paremmin kuin vieraan merkkiaineen. Teknillinen epäorgaaninen materiaali soveltuu usein siihen sisältyvien aktivoituvien ytimien ansiosta merkkiaineeksi, ja tällöin voi riittää kertapanokseksi niin pieni erä aktivoitua ainetta, että hetkellinen, impulssimainen syöttötapa tulkinallisine etuineen on käytettävissä.

## Aktiivointi

Radioaktiivisista merkkiaineista tulevat atomireaktoriin suoritetulla neutronisäteilytyksellä kehitettyihin  $\gamma$ -aktiivisiin ydinlajeihin perustuvat mitet ainoana teollisuuskäytössä kysymykseen. Tärkeimmät näkökohdat, joiden perusteella tarvittava aktiivisuus arvioidaan ovat:

- Tarvittava säteilymittausmenetelmästä ja -laitteista riippuva mittaustarkkuus.
- Merkkiaineen laimeneminen syöttöpisteen ja mittauspisteiden välillä. Kokeen tarkoituksena on tavallisesti juuri tähän liittyvien ilmiöiden selvittäminen, joten sen vaikutus on laskennallisesti arvioitava todennäköisimmän teoreettisen tai kokemusperäisen prosessimallin avulla.
- Radioaktiivisesta hajoamisesta johtuva aktiivisuuden väheneminen aktiivoinnin ja säteilymittaushetken välisenä aikana.
- Säteilyturvallisuuden merkki- ja jätteaineille asetamat rajoitukset.

Yleensä päädytään alueelle 10...200 (1000) mCi/l. Aktiivointimenettely ja koeaikataulu suunnitellaan aineen kokoomuksen ja määrän perusteella siten, että tyypillinen ja halutun suuruinen aktiivisuus saadaan hyödyksi. Usein merkkiaine-ehdokkaat sisältävät voimakkaastikin aktivoituvia sivuaineita, joiden konsentraatiot tunnetaan vain summittain. Tästä syystä laskelmat on yleensä tarkistettava aktiivointianalyysin avulla.

Merkkiaine-erän massa, kuljetuspakkaus ja kuljetustapa ovat johdonmukaisesti valittavissa, kun panoksen radioaktiivinen hajoantuminen, energijakautuma, kokonaisaktiivisuus ja yleiset fysikaaliset ominaisuudet tunnetaan.

## Kokeen suoritustavat

Kun radioaktiivinen merkkiaine syötetään prosessiin impulssimaisesti, on eräänlainen yksittäisyys kokeelle tunnusomainen. Koe on suunniteltava etukäteen yksityiskohtia myöten, eikä menettelyä enää juuri voida modifioida sen aikana saatavien tulosten mukaan. Huolellinen valmistelu on tärkeä myös siksi, että kokeen uudistaminen on työläämpää kuin useiden muiden prosessikokeiden kyseessä ollen.

Mittaus suoritetaan jatkuvana rekisteröintinä tai perustetaan epäjatkuvasti otettuihin näytteisiin.

Epäjatkuvassa näytteenotossa sovelletaan niitä normaalisia menetelmiä, joita on kehitetty edustavien näytteen saamiseksi. Lopullisesta näytteestä mitataan parhaiten kiinteän merkkiaineen määrä kiintoaineessa tai liukoisen merkkiaineen määrä liuoksessa, mitkä suureet on katsottava varsin riippumattomiksi virtaustilan satunnaisista muutoksista. Yksityiset erät ovat laboratoriossa tarkasti mitattavissa. Näytteenottopisteiden ja siten näytteiden lukumäärän ollessa suuri pyrkii kokonaismittausaika tulemaan pitkäksi, mutta merkkiaineen puoliintumisen vuoksi voidaan joutua tekemään kompromissi kokonaismittausajan ja mittaustarkkuuden välillä.

Näytteiden otto, käsittely ja mittaus sitovat kokeen yhteydessä joiksikin tunneiksi useita henkilöitä ja tulosten jälkilaskenta vie aikansa. Numeromuodossa saatavat arvot antavat hyvän pohjan jatkoanalyysille.

Prosessin yhteydessä suoritettava välitön mittaus on altis kohteena olevan materiaalin tiheydessä ja virtauksessa mahdollisesti tapahtuville satunnaisille muutoksille. Kukin mittauspiste vaatii oman täydellisen laitteistonsa eikä useita merkkiaineita, esim. liuosta ja kiintoainetta juuri voida käyttää samanaikaisesti. Lähellä olevien muiden prosessilaitteiden aktiivisuus häiritsee mittausta, mutta joskus taas on järjestettävissä suuri, edustava materiaalityyppi anturin eteen (esim. kosketussuojattu anturi mitattavaan nesteeseen upotettuna), minkä ansiosta vähäistenkin aktiivisuuksien mittaaminen on mahdollista. Toiminta on aikavakion puitteissa jatkuvaa eivätkä esim. tulppamaisen virtauksen yhteydessä esiintyvät konsentratiokeskittymät jää havaitsematta. Tulokset ovat välittömästi nähtävissä joten koe voidaan tarvittaessa uudistaa nopeammin.

Pieniä aktiivisuuksia mitattaessa on käytettävä suurta aikavakiota, so. mittaustulokseen vaikuttavat kaikki pitkähkön ajan kuluessa ilmaistut  $\gamma$ -kvantit. Tämä estää nopeiden prosessi-ilmiöiden tarkan mittaamisen.

## Säteilyturvallisuus

Merkkiainekokeessa on normaalisesti noudatettava niitä määräyksiä ja annosrajoja, jotka koskevat sisäasiainministeriön päätöksessä n:o 119/58 mainittuja tilapäisesti säteilyn alaisina työskenteleviä henkilöitä. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että kuljetuspakkauksen purkamisen

Taulukko 1.

*Eräitä atomireaktorissa tuotettavia  $\gamma$ -aktiivisia isotooppeja*

	E/MeV	$t_{1/2}$	Intensiteettivertausluku *
Na-24	1,37 2,75	15 h	$3,5 \cdot 10^8$
Mn-56	0,845 1,80 2,13 2,65	2,58 h	$7,7 \cdot 10^9$
Cu-64	0,511 1,34	12,8 h	$1,3 \cdot 10^8$
Fe-59	0,191 1,10 1,29	45,1 d	$8,2 \cdot 10^3$
As-76	0,56 0,65 1,21 1,41 2,06	26,6 d	$2,2 \cdot 10^8$

\*) Intensiteettivertausluku on yhtäläisiä aktiivointi- ja mittaolosuhteita /2, taulukko VI/ 10h kestäneen aktiivoinnin päättyessä vastaava mittaustulos 1 luonnonalkuainegrammaa kohti.

sen yhteydessä ja sen jälkeen, kunnes aine on syötetty prosessiin, on käytettävä työvälineitä, joilla saavutetaan riittävä etäisyys säteilynlähteestä. Riittävästi laimentu-  
neiden näytteiden otossa ja käsittelyssä estetään aktiivisen aineen joutuminen iholle ja hengitys- tai ruoansulatus-  
elimiin käyttämällä, tarvittaessa tehostaen, niitä mene-  
telmiä, joita yleisesti sovelletaan normaalsiin syövyttä-  
viin, likaaviin ja pölyäviin näytteisiin. Aktiivisuuden riit-  
tävästä vaimenemisesta prosessimateriaalissa on varmis-  
tauduttava ja mahdollisesti saastuneet esineet tehtävä  
vaarattomiksi.

### Teknillisen epäorgaanisen materiaalin aktivoituminen

Taulukosta 1 nähdään, että mm. Na hyvän aktivoitu-  
vuutensa ja Na-24:n  $\gamma$ -säteilyn korkean energian vuoksi  
soveltuu merkkiaineeksi. Aktiivisuus heikkenee huomatta-  
vasti mittausten aikana mutta toisaalta ei pysyvän  
radioaktiivisen saastumisen vaaraa ole. Na-pitoisten ma-  
teriaalien merkitseminen voidaan siis perustaa tähän  
komponenttiin. Liukoisten suolojensa esim.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :n  
kautta Na-24 soveltuu myös liuosten merkitsemiseen.

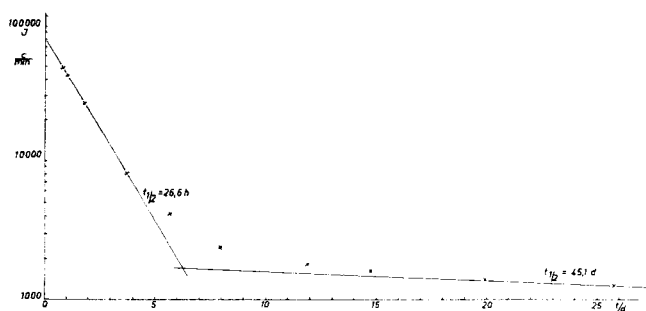
Vastaavasti voidaan Cu-64-aktiivisuuteen perustaa  
esim. Cu-pitoisten metalliseosten tai mineraalien käyttö  
merkkiaineina.

Esimerkkinä tutkitaan rikkikiisun,  $\text{FeS}_2$ :n, soveltu-  
vuutta merkkiaineeksi. Koska rikillä ei ole kysymykseen  
tulevaa  $\gamma$ -aktiivista isotooppia tulisi rikkikiisun käytön  
perustua Fe-59-aktiivisuuteen. Kun reaktorin vuo on  
FiR-1:n 100 kW tehoa vastaava  $7 \cdot 10^{11}$  neutronia/cm<sup>2</sup>s,  
materiaalierän suuruus 100g ja aktivoituaika 6h päädy-  
tään laskennallisesti aktiivisuuteen n. 0,1mC. Normaali-  
set prosessilaimennukset ja mittausten menetelmät huomioon  
ottaen tämä aktiivisuus on liian vähäinen. Käyttökelpoi-  
seen tulokseen päästään ilmeisesti vain suorittamalla  
aktivoitua jatkuvasti toimivassa reaktorissa muutamien  
viikkojen ajan.

Tarkistuksen vuoksi aktivoitiin pienehköä erää Pyhä-  
salmen kaivoksen rikkirikastetta 6h ajan. Puoliintumis-  
käyrän (Kuva 1) ja energiakäyrien avulla todettiin ensim-  
mäisen vuorokauden aikana mitatun Mn-56-aktiivisuu-  
den (Taulukko 1) jälkeen 1-4d As-76. N. 15d kuluttua  
oli vain Fe-59 havaittavissa.

Voimakkuutensa puolesta rikasteen aktivoititulos so-  
veltuisi merkkiaineeksi lähimpien aktivoitua seuraavien  
vuorokausien aikana. Seurattava komponentti ei kuiten-  
kaan olisi rikkikiisu, vaan arseenikiisu!

Esimerkiksi radioaktiivisen merkkiainemenetelmän  
herkkydestä soveltuu koe, jonka kohteena olivat  
sekoittumisilmiöt 10 tonnin suuruisessa, rikkikiisurakeista  
koostuvassa patjassa. Rikkikiisun heikon aktivoitumisen  
vuoksi päädyttiin vieraaseen merkkiaineeseen. Tällaiseksi  
soveltuu esim. kuparikiisu, jota sopivan statistisen tark-  
kuuden saavuttamiseksi olisi materiaalin rakeisuuden



Kuva 1. Rikkirikasteen radioaktiivinen hajoaminen.

huomioon ottaen tarvittu n. 100 g aktivoituaikojen ollessa  
FiR-1:ssä 100 kW:n teholla n. 1h. Päädyttiin kuitenkin  
kemialliseen merkkiaineeseen, kromipitoiseen mineraa-  
liin, jota oli käytettävissä, ja joka oli ominaispainoltaan  
jonkin verran lähempänä rikkikiisua. Tätä tarvittiin 700-  
kertainen määrä 1. 70 kg, mikä ko. tapauksessa katsot-  
tiin vielä voitavan syöttää hetkellisesti prosessiin sen  
virtausolosuhteita häiritsemättä.

### Kokeen käytäntöä

Kokeet on suunniteltava siten, että aktiiviseen aineeseen  
joudutaan ennen panostusta käyttöpaikalla kohdistaa  
minimimäärä operatioita. Liuotus, normaalinäyt-  
teen otto ja nopeasti muuttuvan aineen kohdalla jauha-  
tus tms. tulevat kuitenkin tarvittaessa kysymykseen.

Erillisnäytteisiin perustuvassa kokeessa vaativat ote-  
tut näytteet suodatusta, sekoitusta, punnitusta jne.  
Kiintoainenäytteiden geometriseen yhdenmukaisuuteen  
on kiinnitettävä huomiota. Mittaustulokset korjataan  
taustasäteilyn ja puoliintumisen suhteen kokeen jälkeen.

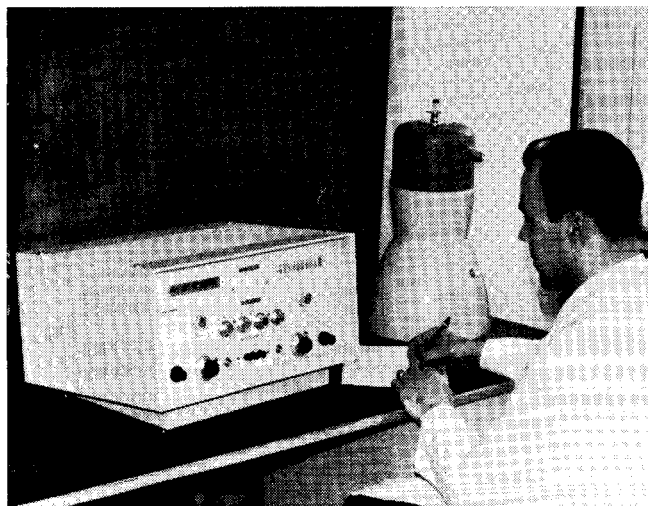
Eräs merkkiainekokeissa käytetty mittaustyyppi  
nähdään kuvassa 2. Suorittaessa välitöntä mittausta  
prosessin yhteydessä rekisteröidään tulokset tavallisesti  
piirturilla, jolloin laskurin tilalla käytetään pulssintaa-  
juusmittaria. Aktivoituanalyysit perustetaan parhaiten  
mittauksiin monikanava-analysaattorilla, jollaista ei  
yleensä tarvita merkkiainekokeen suorituspaikalla.

### Sovellutuksia

Seuraavassa esitetään merkkiainekokeiden eri sovelta-  
misperiaatteita ja valaistetaan niitä kirjallisuudessa kuvat-  
tujen esimerkkien avulla. Yksityiskohtaisempien selostus-  
ten suhteen viitataan kokoaviin esityksiin /1,3,4/ ja näi-  
den kirjallisuusluetteloihin /3,4/.

### Kiinteästi asennetut merkkiaineet

Tiettyä pysyvyyttä lukuunottamatta ei merkkiaineelle  
aseteta pitkälle meneviä kemiallisia vaatimuksia. Hyvät  
säteilyfysikaaliset ominaisuudet omaava aine on helposti  
löydettävissä.



Kuva 2. Erillisnäytteisiin perustuvassa merkkiainekokeessa käytetty mittaustyyppi. Taustasäteilyä heikentävässä lyijysuojuksessa tukeilmaisin, valomonistin ja esivahvistin. Laskuri on varustettu yksikanavaisella pulssinkorkeus-analysaattorilla.

Esim. uunin vuorauksen kulumisen tarkkailemiseksi voidaan sen muuraukseen upottaa säteilevä preparaatti tai useita säteilijöitä eri syvyyksille. Kun kulumisen edistyy säteilijän kohdalle on vastaava aktiivisuuden pieneminen todettavissa muurauksen ulkopuolelta.

Koska säteilijä joutuu sulatteeseen, on tämän aktiivisuus, esim. teräkselle enintään  $100\mu\text{C Co-60/ton}$  otettava huomioon; samoin metallin mahdollinen käyttö esim. röntgen- tai valokuvauslaitteisiin.

Ensimmäinen radioaktiivisten merkkiaineiden sovellutus maassamme oli masuunin vuorauksen kulumisen tarkkailu.

### Jakautumistasapainot

Haluttaessa tutkia merkkiaineella jonkin alkuaineen jakautumista eri faasien kesken tulee vain saman alkuaineen radioaktiivinen isotooppi kysymykseen. Mittauksen helppous ja nopeus ovat etuja kemialliseen analyysiin verrattaessa. — Autoradiograafisia menetelmiä kiinteän aineen jakautumisen tutkimiseksi ei tässä yhteydessä käsitellä.

Vastaavien radioaktiivisten isotooppien avulla on tutkittu esim. P:n, S:n, As:n ja Nb:n jakautumista teräsulatteen ja kuonan kesken. On todettu että jakautumistasapaino saavutetaan  $1600^\circ\text{C}$ :ssa fosforilisäyksen jälkeen 10...15 min:ssa. Polttoöljyn rikistä on taas todettu Martin-uunissa siirtyvän teräkseen 10...20 %.

Epämateriaalien sulkeumien alkuperän selvittäminen kuuluu lähinnä tähän ryhmään. Seuraavat menetelmät tulevat kysymykseen:

- Vuorausmateriaalin neutronisäteilytys sikäli kuin tämä sisältää esim. fosforia n. 0,1 % (P-32,  $\beta$ ) tai skandiumia ppm-määriä (Sc-46,  $\beta, \gamma$ ).
- Vieraiden merkkiaineiden lisääminen vuoraukseen tai kuonaan. On olemassa useitakin harvinaisia maametalleja, jotka aktivoituvat hyvin ja joiden oksidit ovat pysyviä.
- Lisäys säteilyfysikaalisesti neutraalia ainetta, jolla on suuri vaikutusala, ja myöhempi aktiivointianalyysi (lantaanin ja dysprosiumin oksidit).

Materiaalin määrän mittaaminen isotooppilaimennusmenetelmällä: Merkkiaine-erä (esim. La-140), jonka aktiivisuus tunnetaan, lisätään Martin-uunin kuonaan. Tasapainon asetuttua otetaan kuonanäyte, suoritetaan mitaus, ja todetaan mihin materiaalmäärään merkkiaine on sekoittunut.

### Virtausnopeuden mittaaminen

Erillismittausten suorittamiseksi silloin, kun muiden keinojen käyttö tuottaa vaikeuksia, kuten höyrykattilan putkistossa, on kehitetty useita merkkiainemenetelmiä. Yksinkertaisimmassa mitataan se aika, jonka erä viipyy panostus- ja mittauspisteen tai kahden mittauspisteen välillä. Ohitushetken katsotaan vastaavan aktiivisuusmaksimia tai mieluummin aktiivisuusjakautuman keskiarvoa.

Laimennusmenetelmässä määrätään aktiivisuuden ajallinen jakautuma panostuspistettä seuraavassa mittauspisteessä. Jos koko merkkiaine-erä kulkee mittauspisteen

kautta eivätkä virtausolosuhteet kokeen aikana muutu, saadaan tilavuusvirtaus lasketuksi  $1/5$ :

$$M' = \int_0^{\infty} Q C' dt \quad Q = \frac{M'}{\int_0^{\infty} C' dt}$$

$M'$  = merkkiaine-erän aktiivisuus  
 $C'$  = merkkiaineen konsentraatio (aktiivisuus/tilavuus)

$Q$  = tilavuusvirtaus  
 $t$  = aikamuuttuja

### Viipymisaikajakautuma

Viipymisaikajakautuma antaa kuvan läpivirtaustyyppisen laitteen toiminnasta sekoittajana. Kun tältä kannalta tarkastellaan jonkin materiaalfraction kulkua laitteessa, erotetaan kaksi yksinkertaista rajatapausta:

- 1) Päävirtaus suunnassa ei tapahdu sekoittumista (tulppavirtaus).

Saadaan:

$$C_0(t) = C_1(t - \tau) \quad \tau = \frac{V}{Q}$$

$C$  = konsentraatio  
 $i, o$  = syöttö- ja poistokanavaa tarkoittavat alaindeksit  
 $V$  = laitteen tilavuus

- 2) Sekoitus on täydellinen, so. laitteeseen tuleva materiaali jakautuu heti tasaisesti sen koko tilavuuteen. Hetkellinen ainetasapainoyhtälö:

$$\frac{dM}{dt} = V \frac{dC}{dt} = QC_i - QC$$

$M$  = massa

Viipymisjakautumalla tarkoitetaan määritelmän mukaan hetkellä  $t = 0$  syötettyä yksikköimpulssia vastaavaa normioitua ulostulokonsentrationa, joksi ratkaisemalla saadaan:

$$E(t) = \frac{1}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \int_0^{\infty} E(t) dt = 1$$

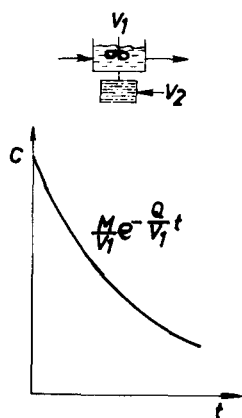
$E$  = viipymisaikajakautuma

Impulssimaisesti syötetyn merkkiaineen avulla saadaan edelläolevan mukaisesti viipymisaikajakautumaan suoraan verrannollinen tulos, joka käytännöllisten laitteiden kyseessä ollen luonnollisesti poikkeaa em. rajatapauksista. Jos poikkeamat ovat suuria, voidaan tulosta approksimoida yksinkertaisten mallien yhdistelmällä. Em. rajatapauksen ohella tulevat kysymykseen mm. seuraavat elementit:

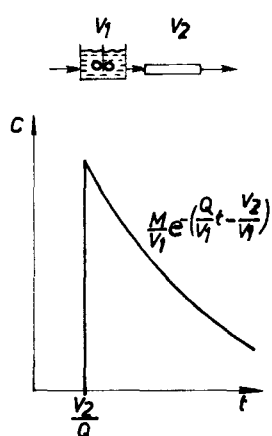
- tehoton tilavuus, jolla ei ole mainittavaa aineenvaihtoa laitteen toimivan osan kanssa.
- ohitus I. oikosulku
- palautus I. sisäinen kierto
- lähes tulppamaisen virtauksen kuvaamiseen soveltuvat yksiparametriset mallit.

Esimerkkejä yhdistetyistä malleista on kuvissa 3—5 ja lisätietoja on löydettävissä kirjallisuudesta [6, 7]. Useimmiten yksi perustapaus hallitsee virtauskuvaa, jota muiden avulla korjataan.

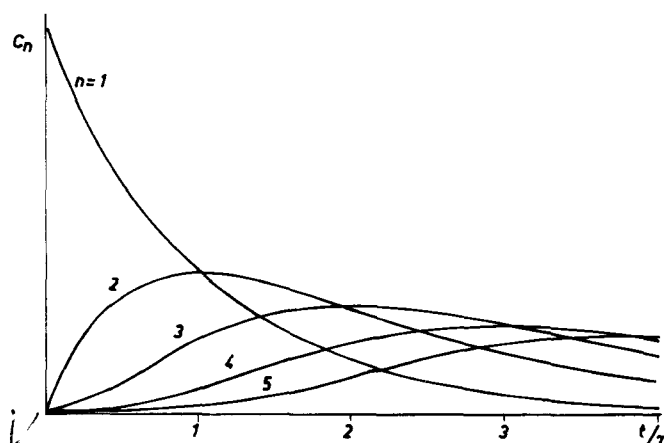
Vertailemalla mittaus tuloksia, malleja ja laitteen rakenteesta ja toiminnasta saatua muuta informatiota, voidaan tehdä päätelmiä virtauksista laitteessa tai saadaan



Kuva 3. Täydellinen sekoittaja ja tehoton tilavuus. Viipymisaika-jakautuma.



Kuva 4. Täydellinen sekoitus- ja tulppavirtaus. Viipymisaika-jakautuma.



Kuva 5. Samansuuruisten täydellisten sekoittajien sarjakytkennän viipymisaikajakautumia. Mallilla on kaksi parametria,  $\tau$  ja sekoittajien lukumäärä  $n$ .

ainakin sen toiminnasta matemaattinen kuva. Tyydyttäessä määräämään koetuloksista vain huipun paikka tai keskiarvo tuhlataan informatiota.

Vapaiden parametrien lukumäärää lisättäessä mallin joustavuus paranee. Samalla kuitenkin matemaattinen käsittely vaikeutuu ja mallin ja fyysikaalisen todellisuuden vastaavuus joutuu vaaraan. Tästä syystä on pyrittävä pienimpään (fyysikaalisesti perusteltujen) parametrien lukumäärään, jolla vielä saavutetaan riittävä vastaavuus.

Merkkiaineiden avulla määritetty viipymisaikajakautuma riittää sellaisenaan antamaan kuvan virtauksista teknillisessä laitteessa, jos ne ovat suhteellisen yksinkertaista lajia, kuten esim. usein rikastustekniikassa ja hydrometallurgiassa. Myös monet puunjalostusteollisuuden sovellutukset ovat tämänlaatuista. Laitteen toiminta sekoittajana hallitaan kuitenkin täydellisesti vasta silloin, kun on selvitetty ne radat, joita yksityinen partikkeli voi laitteessa kulkea, ja todennäköisyys, millä partikkeli kunkin radan valitsee. Kun laite on suurikokoinen ja virtausilmiöt siinä epämääräisiä, on näin ollen myös sisäisten partikkeliratojen mittaus tarpeen. Merkkiaine voidaan yleensä valita melko vapaasti.

Esimerkiksi soveltuu masuunin kaasuvirtausten tutkiminen radonia käyttäen. Merkkiaineen tasainen jakautuminen puhallusilmaan saavutetaan esim. räjäyttämällä radonkapseli ilmaputkessa. Masuunin yläosan eri pisteistä otettujen kaasunäytteiden avulla voidaan tehdä päätelmiä kanavoitumisesta. — On ymmärrettävää, että kemiallisesti epäaktiivinen radon, joka on ilman normaalikokoomukselle jokseenkin vieras, soveltuu tästä huolimatta hyvin kyseisen ilmiön selvittämiseen.

Muita kirjallisuudessa kuvattuja tutkimuksia: Pellettien radat vanadiiniuunissa. Nesteen virtaus sakeuttimissa. Virtaukset sementtiliitealtaissa.

### Kemiallinen reaktori

Prosessilaitteen toiminta reaktorina on periaatteessa laskehtavissa, kun virtausjakautuma, reaktio-olosuhteet ja kineettiset tai muut reaktion kulkua hallitsevat lait tunnetaan. Jos yksinkertaisimmassa tapauksessa reaktio on 1. kertalukua ja reaktio-olosuhteet, kuten lämpötila, sa-

mat kautta laitteen, riittää tähän viipymisaikajakautuman tunteminen. Yleisessä tapauksessa kuitenkin konsentraatioon nähden epälineaarinen kinetiikka ja se, että reaktio-olosuhteet ovat paikan funktioita, vaativat reaktorin sisäisen virtausjakautuman tuntemista.

Käytännössä sitäpaitsi reaktio-olosuhteiden jakautuminen ja kinetiikkakin tunnetaan usein puutteellisesti. Tällöinkin voidaan kvalitatiivisesti mitata reaktorin toimintaa merkitsemällä jokin reaktion osapuoli ja tarkkailemalla em. tekijäin yhteistulosta. Aktivoitavan ydinlajin valinta on tällöin luonnollisesti oleellinen (vrt. puhtaat virtausilmiöt).

Esimerkkejä: Natriumin höyrystyminen vanadiiniuunissa (Na-24).

Kaliumin kierto sementtiuunissa (K-42).

### Lopputoteamus

Huolimatta siitä, että merkkiainekokeen suunnittelu vaatii tiettyä perinpohjaisuutta ja että kokeen suoritus ja mittausteknilliset seikat usein vaativat erikoisjärjestelyjä, ovat merkkiainekokeet usein perusteltuja tuotantoa rajoittavia ja haittaavia tekijöitä selvittäessä, eikä niitä monestikaan voida muilla keinoilla korvata. Eniten hyötyä niistä saataneen kuitenkin silloin, kun niitä muiden prosessintutkimusmenetelmien rinnalla ja teoreettisia tarkasteluja hyväksikäyttäen sovelletaan laitoksen ja sen eri osien toiminnan systemaattiseen selvittämiseen yhtenäistä prosessinvalvontaa ja -ohjausta silmällä pitäen.

### Kirjallisuusuhteelo:

1. Rotkirch, E.: »Kärnstrålteknik — ett redskap för vår industri», Atomienergia ja Suomi 1945—1962, Atomienergieneuvottelukunta, Helsinki, 1962.
2. Schulze, W.: Neutronenaktivierung als analytisches Hilfsmittel, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1962.
3. Broda, E., Schönfeld, Th.: Die technischen Anwendungen der Radioaktivität, Bd. I, 3. Aufl., VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1962.
4. Erwall, L., Forsberg, H., Ljunggren, K.: Industriell isotopteknik, Sv. Bokförlaget/Norstedts, 1962.
5. Koroleff, N., Virta, J.: »Virtaamamittauksesta väriaineen Rhodamine B avulla», Voima ja Valo 35 (1962), 7—8, 169—171.
6. Levenspiel, O.: Chemical Reaction Engineering, Wiley, New York 1962.
7. Niemi, A.: »Aineenvirtausprosessi säätöpiirin osana», liite STS:n täydennyskoulutusjulkaisuun No. 47 (Prosessiteollisuuden instrumentointi), Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, Helsinki 1964.

# TILASTOTIETOJA

vuoriteollisuudesta vuonna 1964.

Koonnut kaivostarkastaja Urpo J. Salo.

Kaivos	Kunta	Tärkeimmät arvoaineet	Haltija	Yhteensä nostettu kiveä tonnia	Malmia tai hyötykiveä.	Kaivostyöntekijöitä vuoden aikana			Kaivoksessa suoritettuja työtunteja.
						avolouhoksessa	maanalla	Yht.	
1 Pyhäsalmi	Pyhäjärvi Ol. Vuolijoki	FeS <sub>2</sub> , Cu, Zn V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Fe, TiO <sub>2</sub>	Outokumpu Oy	1.318.497	617.539	33	32	65	144.358
2 Otanmäki			Otanmäki Oy	751.944	645.969	—	119	119	240.559
3 Outokumpu	Kuusjärvi	Cu, FeS <sub>2</sub> , Au, Ag	Outokumpu Oy	628.855	601.367	—	377	377	749.123
4 Kotalahti	Leppävirta Vihanti	Ni, Cu Zn, Cu, Pb, Ag	Outokumpu Oy	520.910	460.175	9	134	143	318.878
5 Vihanti			Outokumpu Oy	503.320	466.836	—	125	125	258.818
6 Raajärvi	Kemijärvi mlk Taunisaari mlk	Fe Fe, Mn	Otanmäki Oy	451.790	123.060	13	20	33	65.425
7 Jussarö			Oy Vuoksenniska Ab	359.098	321.893	—	77	77	173.373
8 Ylöjärvi	Hämeenkyrö Kemijärvi mlk	Cu, Ag Fe	Outokumpu Oy	304.132	303.912	—	48	48	107.638
9 Kärvasvaara			Otanmäki Oy	176.510	176.510	—	25	25	50.408
10 Metsämonttu	Kisko	Pb, Au, Ag	Outokumpu Oy	56.848	51.125	—	36	36	77.291
11* Rautuvaara	Kolari	Fe	Otanmäki Oy	14.300	—	—	16	16	30.240
12* Luikonlahti	Kaavi	Cu, FeS	Malmikaivos Oy	9.687	3.590	—	12	12	25.242
13* Elijärvi	Kemi mlk	Cr	Outokumpu Oy	4.036	4.036	—	—	—	—
14 Korsnäs	Korsnäs	Pb	Outokumpu Oy	3.205	3.205	—	7	7	18.900
Malmikaivokset yht.				5.103.132	3.779.217	55	1 028	1 083	2.260.253
1 Parainen	Parainen	kalkkikivi	Paraisten Kalkkivuori Oy	1.734.059	1.394.326	56	—	56	119.186
2 Tytyri	Lohja	kalkkikivi	Lohjan Kalkkitehdas Oy	757.580	669.635	—	110	110	219.882
3 Ihalainen	Lappeenranta	kalkkikivi	Paraisten Kalkkivuori Oy	753.945	689.018	43	12	55	123.420
4 Ruokojärvi	Kerimäki	kalkkikivi	Ruskealan Marmori Oy	231.059	209.017	—	44	44	89.277
5 Ojamo	Lohja	kalkkikivi	Lohjan Kalkkitehdas Oy	218.368	175.834	—	74	74	155.636
6 Montola	Virtasalmi	kalkkikivi	Paraisten Kalkkivuori Oy	164.254	139.844	—	35	35	73.180
7 Förby	Särkisalo	kalkkikivi	Karl Forsström Oy	154.762	130.557	—	15	15	32.265
8 Kalkkimaa	Alatornio	kalkkikivi	Rauma-Repola Oy	120.200	105.200	9	—	9	16.855
9 Sipoo	Sipoo	kalkkikivi	Lohjan Kalkkitehdas Oy	52.987	42.787	—	13	13	39.407
10 Ryytimaa	Vimpeli	kalkkikivi	Paraisten Kalkkivuori Oy	36.991	35.514	5	—	5	10.587
11 Kurikka	Kurikka	kalkkikivi	Ruskealan Marmori Oy	8.261	7.686	—	4	4	9.048
12 Ankele	Virtasalmi	kalkkikivi	Paraisten Kalkkivuori Oy	6.082	5.925	5	—	5	5.071
13 Nordsjö	Helsingin mlk	kalkkikivi	Lohjan Kalkkitehdas Oy	815	815	—	2	2	1.360
Kalkkikivikaivokset yht.				4.239.363	3.606.158	118	309	427	895.174
1 Paakkila	Tuusniemi	asbesti	Paraisten Kalkkivuori Oy	225.602	12.783	16	—	16	30.426
2 Nilsjä	Nilsjä	kvartsi	Lohjan Kalkkitehdas Oy	34.121	34.121	11	—	11	11.341
3 Kaatiala	Kuortane	maasälpä, kvartsi	Paraisten Kalkkivuori Oy	27.331	23.490	8	—	8	18.400
4 Haapaluoma	Kuortane	maasälpä	Paraisten Kalkkivuori Oy	10.255	10.255	3	—	3	4.600
5 Jormua	Paltamo	talkki	Paraisten Kalkkivuori Oy	6.994	6.903	4	—	4	9.560
6 Eräjärvi	Eräjärvi	maasälpä	Uiherlan Sälpä Oy	n. 4.000	n. 4.000	n. 3	—	n. 3	n. 5.000
Mineraalikaivokset yht.				308.303	91.552	45	—	45	79.327
Kaikki kaivokset yht.				9.650.798	7.476.927	218	1 337	1 555	3.234.754

\* rakennus- tai tutkimusvaiheessa.

## Summary

The main aspects having influence upon the activation and the use of tracers are method of measurement, properties of the industrial process, decay of the nuclide in question and radioactive hazard. Many inorganic process materials can usefully be activated as tracers, whereof examples are given. Methods of the practical execution of tracer experiments are described.

The applications of tracer experiments are divided into groups, which are illustrated by typical examples. The result of a typical experiment is the residence time distribution of the process under consideration. For its interpretation simple theoretical flow models and their combinations are used. The importance of the residence time distribution functions for the analysis of continuous flow mixers and chemical reactors is explained. The utilization of tracer methods for systematic development of plant control is emphasized.

Tilastotietoja vuoriteollisuudesta

	1962	1963	1964
<i>Rikastetuotanto, tonnia</i>			
Rautarikasteita yht.	302.200	508.000	680.900
-pelletit, palamalmi, rikasteet	296.400	355.600	476.600
-rautapasute (Kokkola)	5.800	152.400	204.300
Rikkirikaste	475.000	541.000	551.000
Kuparirikaste	177.000	155.000	147.300
Ilmeniirikaste	87.000	94.000	116.000
Sinkkirikaste	96.000	120.000	114.500
Nikkelirikaste	44.900	54.400	58.800
Lyijyrikaste	4.200	1.650	3.000
<i>Metallien tuotanto</i>			
Harkkorautaa, tonnia	331.000	340.000	605.000
Elementääririkkiä, tonnia	4.760	38.200	68.100
Katodikuparia, tonnia	33.900	37.800	33.200
Katodinikkeliä, tonnia	2.300	2.690	2.940
Vanadinipentoksia, tonnia	1.020	1.250	1.760
Hopeaa, kg	11.835	18.040	18.910
Seleenä, kg	5.350	6.990	6.580
Kultaa, kg	474	635	686
<i>Mineraalien tuotanto, tonnia</i>			
Kalkkikivi, yht.	2.910.000	3.242.000	3.606.000
sementin valmistukseen	1.798.000	2.012.000	2.141.000
maanparannuskalkin valm.	398.000	599.000	648.000
kalkinpoltoon	398.000	383.000	433.000
sulfiitti ja metallurg.			
kiveksi, rouheiksi, hieno-			
jauheiksi ym.	316.000	308.000	384.000
Kvartsi	26.300	28.400	29.050
Maasälpää	12.160	12.800	10.730
Asbesti	9.860	9.170	10.520
Talkki	6.430	4.540	5.200
Piimaa	1.210	2.340	2.170
Wollastoniitti	2.440	1.770	2.180
<i>Sementin tuotanto, tonnia</i>	1.357.400	1.420.000	1.559.300

## Vuoriteollisuusosasto Teknillisessä korkeakoulussa

### Suoritettuja diplomi-insinöörin tutkintoja:

*Vuolio, Raimo*, »Tutkimus eräiden ammoniumnitraattiräjähdyksaineiden ominaisuuksista». prof. Järvisen johdolla.

*Hakapää, Antero*, »Ehdotus maanalaisen louhinnan suunnitelmaksi Paraisten Kalkkivuori Osakeyhtiön Ihalaiten kalkkikivilouhoksella», prof. Järvisen johdolla.

*Hakanen, Matti Sakari*, »Lisäaineiden käyttö rullauksessa», prof. Tikkasen johdolla.

*Tunturi, Pekka*, »Vanadiinin oksidien sähköisistä ominaisuuksista», prof. Tikkasen johdolla.

*Jalkanen, Heikki*, »Tutkimus kobolttioksidin (Co<sub>1-x</sub>O) epätökiometriasta, prof. Tikkasen johdolla.

*Palmu, Mauri*, »Sinkinkato messinkien lämpökäsittelyissä», prof. Miekko-ojan johdolla.

*Linnainmaa, Jarkko Ensio*, »338 Magnum hylsyn valmistukseen liittyviä tutkimuksia», prof. Sulosen johdolla.

# Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y. Vuosikertomus vuodelta 1964

### Vuosikokous

Vuorimiesyhdistys kokoontui sääntömääräiseen vuosikokoukseensa Helsingissä 20. 3. 1964. Läsnä oli 229 yhdistyksen jäsentä. Kutsuvieraina vuosikokouksessa olivat Svenska Bergsmannaföreningen'in edustaja bergsing. Erik Hjelmqvist, Den Norske Bergingeniörförening'in edustaja direktör G. Engzelius sekä Svenska Gruvföreningen'in edustaja fil.dr. Erik Höberg.

Kokouksessa jaettiin ensimmäisen kerran »Petter Forsström pris — Petter Forsström palkinto» rahastosta vuotuinen 2 000 mk:n palkinto ja sen sai dipl.ins. Esko Lehtonen.

Virallisten asioiden jälkeen kuultiin esitelmät:

Fil.tri. Erkki Aurola: Suomen teollisuusmineraaleista ja rakennuskivistä.

Dipl.ins. Pentti Similä: Teollisuusmineraalien louhinta ja jalostusmenetelmät.

Dipl.ins. Jürgen Schmidt: Industrimineralernas användning och ekonomiska betydelse.

Iltapäivällä pitivät eri jaostot vuosikokouksensa ja kuultiin sarja erikoisalojen esitelmää.

Vuosikokouspäivän iltana oli illallistanssiaisat ravintola Kaivohuoneella, missä mainiosta ohjelmasta vastasi Suomen Kaapelitehdas Oy.

Vuorimiespäivien toisena päivänä eli 30. 3. 64 suoritettiin tehdaskäynnit vaihtoehtoisesti Lohjan Kalkkitechdas Oy:n Sasekan tehtaalle, Paraisten Kalkkivuori Oy

Suomen Mineraalin Muijalan tehtaalle ja Strömberg Oy:n Pitäjänmäen tehtaalle.

Lounas nautittiin Seurahuoneella.

### Yhdistyksen toimihenkilöt

Puheenjohtajana on toiminut professori Kauko Järvinen ja varapuheenjohtajana toimitusjohtaja Börje Forsström. Edellisten lisäksi ovat hallitukseen kuuluneet seuraavat henkilöt: Fil.tri Veikko Vähätalo, dipl.ins. Igor Osipov, dipl.ins. Henning Doepel, professori Risto Hukki, tekn.tri Sakari Heiskanen ja fil.maist. Tor Stolpe.

Yhdistyksen sihteerinä on toiminut dipl.ins. Kalervo Nieminen. Rahastonhoitajan tehtäviä on hoitanut dipl.ins. Paavo Maijala.

Yhdistyksen hallitus on toimintavuoden aikana koostunut 3 kertaa. Jaostojen puheenjohtajat on kutsuttu kokouksiin mukaan.

Yhdistyksen lehti Vuoriteollisuus—Bergshanteringen on ilmestynyt 2 kertaa vuoden aikana. Päätoimittajana on ollut tri-ins. Paavo Asanti, ja toimitussihteerinä No 1:ssä oli fil.lis. Marjatta Okko ja No 2:ssa rva Karin Stigzelius.

Professori K. Järvinen edusti yhdistystä Den Norske Bergingeniörföreningen'in vuosikokouksessa huhtikuussa. VII International Mineral Processing Congress'issa 20—24. 9. 64 oli professori Risto Hukki yhdistyksen vi-



rallisena edustajana ja Svenska Gruvföreningen'in vuosijuhlissa 27. 11. 64 edusti yhdistystä fil.maist. Tor Stolpe.

### **Yhdistyksen jäsenmäärä**

Toimintavuoden lopussa oli jäsenmäärä 649, joista nuoria jäseniä 45. Kuoleman kautta on poistunut 2 ja eronnut 1 jäsen.

### **Eero Mäkinen-mitali**

on jaettu 12. 4. 64 dipl.ins. Yrjö Grönrosille.

### **Geologijaosto**

Geologijaosto on kuluneen toimintavuoden aikana pitänyt kolme varsinaista kokousta sekä järjestänyt syyskokouksen retkeilyineen Lappiin. Jaoston puitteissa on pidetty seuraavat esitelmät:

Prof. A. Kahma: Pohjois-Hituran malmiesiintymistä Nivalassa.

Dipl.ins. T. Siikarla: Geofysikaalisista tutkimuksista Hituran alueella Nivalassa.

Fil.maist. J. Nuutilainen: Suunnan ja kaltevuuden mitaus syväkairauksessa, Työkomitea No 14 selostus.

Yli-ins. K. Nieminen: Mineraaliset eristysaineet.

Fil.toht. O.Kouvo: Geologisen tutkimuslaitoksen massa-analyyttisen laboratorion toiminnasta.

Jaoston puheenjohtajana on toiminut professori Aimo Mikkola ja sihteerinä fil.lis. Kauko Korpela. Jaoston jäsenmäärä oli 131.

### **Kaivosjaosto**

Kaivosjaosto on kokoontunut toimintakauden aikana kaksi kertaa ja suorittanut syysretkeilyn Jussarön kaivokselle, Koverharin rautatehtaalle ja Suomen Forsiitti-Dynamiitti Oy:n tehtaalle.

Dipl.ins. P. Maijalan johtaman opaskirjakomitean toimesta on valmistunut »Kaivosmiehen käsikirja».

Jaoston puitteissa on pidetty seuraavat esitelmät:

Dipl.ins. A. Niemi: Rikastamon merkkiainetutkimuksista.

Dipl.ins. P. Lähteenoja: Lastaus pyöräkuormaajalla Outokummun kaivoksessa.

Dipl.ins. U. Valtakari: Nousunajo pitkäreikäporausmenetelmällä.

Dipl.ins. J. Vuorinen ja dipl.ins. T. O. Pöysälä: Malmisiilojen kuormituksesta.

Jaoston puheenjohtajana on toiminut yli-ins. Heikki Tanner ja sihteerinä dipl.ins. O. Alarotu. Jaoston jäsenmäärä oli 181.

### **Metallurgijaosto**

Metallurgijaosto on toimintakauden aikana kokoontunut

kaksi kertaa ja suorittanut kesäretkeilyn Oy Koverhar Ab:n masuunille Lappohjaan. Jaoston puitteissa on pidetty seuraavat esitelmät:

Tekn.tri Martti Sulonen: Eräiden kuumahaurausilmiöiden syistä.

Tekn.tri Markku Mannerkoski: Metalliopin historiasta.

Tri-ins. Paavo Asanti: Raudan ja eräiden keraamisten aineiden kostutuksesta erikoisesti huomioiden teräksen ja muotin väliset reaktiot.

Prof. G. Björling: Vätmetallurgiska metoder för utnyttjande av sulfidmineral.

Prof. Mats Hillert: Teorin för korntillväxt i en- och tvåfasiga legeringar.

Tekn.lis. Kaarina Lounamaa: Vetyhauraus ja »viivästynyt murtuma» teräksessä.

Bergsing. E. Bengtsson: Direkt reduktion av järnmalm enligt stora Kopparbergs metod.

Jaoston puheenjohtajana on toiminut tekn.tri. Sakari Heiskanen ja sihteerinä dipl.ins. Raimo Keinänen. Jaoston jäsenmäärä oli 338.

### **Tutkimusvaltuuskunta**

Toimintavuoden aikana ovat olleet toiminnassa seuraavat työkomiteat:

No 13 Vedenpoisto kaivoksesta.

No 15 Näytteenotto geokemiallisessa malminetsinnässä.

No 16 Märkien jauheiden kuivaus.

Kaikkien mainittujen komiteoiden raportit valmistuivat painatuskuntoon v. 1965 alussa.

Tutkimusvaltuuskunnan jäseniksi toimintavuodeksi 1965—1967 on valittu seuraavat henkilöt:

Varsinaiset jäsenet: yli-ins. C. Holm, tekn.lis. T. Lukkarinen, tekn.toht. P. Rautala ja fil.toht. V. Vähätalo ja heidän varajäsenikseen dipl.ins. J. Soininen, dipl.ins. L. Pietiläinen, dipl.ins. M. Merenmies ja fil.maist. T. Stolpe.

Tutkimusvaltuuskunnan puheenjohtajaksi määräsi hallitus yli-ins. C. Holmin ja varapuheenjohtajaksi tekn.lis. T. Lukkarisen.

### **Museotoimikunta**

Museotoimikunta on pitänyt 2 kokousta, tehnyt muutamia tutustumismatkoja erikoiskohteisiin ja jatkanut aikaisemmin vireille pantua kirjeenvaihtoa. Keräystoimintaa ei vieläkään ole voitu aloittaa sopivien säilytystilojen puuttuessa edelleenkin. Puheenjohtajana on toiminut professori Aarne Laitakari ja sihteerinä ins. Aarne Laaksonen.

Vakuudeksi *Kauko Järvinen*  
Puheenjohtaja

*Kalervo Nieminen*  
Sihteeri

GEOLOGIJAOSTON VUOSIKERTOMUS  
VUODELTA 1964

Geologijaosto on toimintavuoden 1964 aikana pitänyt kolme kokousta sekä järjestänyt Suomen Geologisen Seuran ja Geologiliitto ry:n kanssa ekskursion Lappiin.

Jaoston vuosikokous pidettiin yhdistyksen vuosikokosen yhteydessä 20. 3. 1964 Teknillisellä Korkeakoululla Helsingissä. Puheenjohtajana toimi prof. Aimo Mikkola ja läsnä oli 76 yhdistyksen jäsentä.

Jaoston uudeksi varapuheenjohtajaksi valittiin yksimielisesti fil.maist. H. Paarma Otanmäki Oy:stä ja sihteeriksi fil.lis. K. Korpela Imatran Voima Osakeyhtiöstä.

Jaoston vuosikokouksen esitelmät olivat seuraavat:

- Prof. A. Kahma: Pohjois-Hituran malmiesiintymistä Nivalassa
- Dipl.ins. T. Siikarla: Geofysikaalisista tutkimuksista Hituran alueella Nivalassa
- Fil.maist. J. Nuutilainen: Suunnan ja kaltevuuden mittausta syväkairauksessa. Työkomitea N:o 14 selostus.

Jaoston retki tehtiin Lappiin 6—11. 9. 64. Ohjelman suunnittelusta ja järjestelyistä vastasi jaoston varapuheenjohtaja H. Paarma Otanmäki Oy:stä avustajinaan mm. seuraavat henkilöt: Hyypä, Ignatius, Isokangas, Korpela, Kujanpää, Kujansuu, Makkonen, Meriläinen, Mikkola, Nuutilainen, Perttunen, Saarinen, Seitsaari, Vormisto, Vornanen.

Mielenkiintoisen retkeilyn pääteemana olivat albitiitti ja Lapin kaivosalueet. Ekskursion yhteydessä pidettiin jaoston kokous Rautuvaaran kaivostuvalla.

Jaoston syyskokous pidettiin 10. 12. 64 Teknillisellä korkeakoululla Otaniemessä. Puhetta johti prof. A. Mikkola ja läsnä oli 49 jäsentä. Kokouksessa pidettiin esitelmät:

- Yli-ins. K. Nieminen: Mineraaliset eristysaineet.
- Fil.toht. O. Kouvo: Geologisen tutkimuslaitoksen massa-analyyttisen laboratorion toiminnasta.

Vuorimiesyhdistyksen tutkimusvaltuuskunnan kokouksissa on jaostoa edustanut puheenjohtaja. Jaoston työkomitean n:o 14 »Suunnan ja kaltevuuden mittausta syväkairauksessa» selostus tarkastettiin ja hyväksyttiin Tutkimusvaltuuskunnan kokouksessa 27. 1. 64. Geologijaoston uudeksi komitea-aiheeksi valittiin samassa kokouksessa »Näytteenotto geokemiallisessa malminetsinnässä».

Jaoston jäsen prof. Pentti Eskola poistui seurastamme 6. 12. 64.

Jaoston jäsenmäärä on kuluneena toimikautena lisääntynyt 21:llä ja on nyt 131.

Helsingissä, 10. 2. 1965

Aimo Mikkola  
puh.joht.

Kauko Korpela  
sihtööri

KAIVOSJAOSTON VUOSIKERTOMUS  
VUODELTA 1964

Kaivosjaosto on kokoontunut toimintavuoden aikana kaksi kertaa, yhdistyksen kevätkokouksen yhteydessä 30. 3. sekä jaoston syysretkeilyn aikana 26. 9.

Dipl.ins. P. Maijalan johtaman opaskirjakomitean toimesta on kuluneen toimintavuoden aikana valmistunut »Kaivosmiehen käsikirja».

Jaoston kevätkokoukseen osallistui 99 jäsentä. Kokouksen yhteydessä kuultiin seuraavat esitelmät:

- Dipl.ins. A. Niemi: Rikastamon merkkiainetutkimuksista

- Dipl.ins. P. Lähteenoja: Lastaus pyöräkuormaajalla Outokummun kaivoksessa
- Dipl.ins. U. Valtakari: Nousunajo pitkäreikäporausmenetelmällä

Jaoston syysretkeily suunnattiin Jussarön kaivokselle. Lisäksi oli tilaisuus tutustua Koverharin rautatehtaaseen ja Suomen Forsiitti-Dynamiitti Oy:n tehtaaseen. Retken aikana pidettyyn kokoukseen Hangossa osallistui 88 jaoston jäsentä. Kokouksen yhteydessä kuultiin seuraavat esitelmät:

- Dipl.ins. Jukka Vuorinen ja dipl.ins. T. O. Pöysälä: Malmisiilojen kuormituksesta.

Toimintavuonna on jaoston puheenjohtajana toiminut yli-ins. H. Tanner, varapuheenjohtajana fil.maist. Tor Stolpe ja sihteerinä dipl.ins. O. Alarotu. Jaoston jäsenmäärä 31. 12. 64 oli 181.

Helsingissä 18. 1. 65.

Olavi Alarotu  
Sihtööri

METALLURGIJAOSTON VUOSIKERTOMUS  
VUODELTA 1964

Metallurgijaosto on toimintavuoden aikana pitänyt kaksi varsinaista kokousta sekä tehnyt kesäretken Oy Koverhar Ab:n masuunille.

Jaoston vuosikokous pidettiin 20. 3. 1964 Teknillisellä korkeakoululla Helsingissä. Kokouksen puheenjohtajana toimi dipl.ins. L. Häkkä ja sihteerinä dipl.ins. O. Tuori. Läsnä oli 85 jäsentä.

Jaoston uudeksi puheenjohtajaksi 1964 alkavaksi kolmivuotiskaudeksi valittiin tekn.tri Sakari Heiskanen, varapuheenjohtajaksi vuodeksi 1964 yli-ins. Nils Gripenberg ja sihteeriksi vuodeksi 1964 dipl.ins. Raimo Keinänen.

Kokouksen yhteydessä kuultiin seuraavat esitelmät:

- Tekn.tri Martti Sulonen, TKK: »Eräiden kuumahaurausilmiöiden syistä».
- Tekn.tri Markku Mannerkoski, Oulun Yliopisto: »Metalliopin historiasta».
- Tri-ins. Paavo Asanti, VTT: »Raudan ja eräiden keraamisten aineiden kustutuksesta erikoisesti huomioiden teräksen ja muotin väliset reaktiot».

21. 3. 1964 jaosto teki retkeilyn Oy Strömberg Ab:n Pitäjänmäen tehtaille.

Kesäretki tehtiin 21. 8. 1964 Oy Koverhar Ab:n masuunille Lappohjaan. Matkalla poikettiin myös Skogbyn vanhalle rautaruukille. Retkellä oli mukana 107 osanottajaa. Tehdaskäynnin jälkeen pidettiin kokous HUSS:n ravintolassa Hangossa, missä myös nautittiin isäntien tarjoama rapuillallinen. Kokouksen yhteydessä piti bergsing. E. Bengtsson, Domnvarfvets Järnverk, esitelmän »Direkt reduktion av järnmalm enligt Stora Kopparbergs metod».

Jaoston syyskokous pidettiin 29. 10. 1964 Otaniemessä. Läsnä oli 64 jaoston jäsentä. Kokouksessa kuultiin seuraavat esitelmät:

- Prof. Gotthard Björling, KTH, Stockholm: »Vätmetallurgiska metoder för utnyttjande av sulfidmineral».
  - Prof. Mats Hillert, KTH, Stockholm: »Teorin för korntillväxt i en- och tvåfasiga legeringar».
  - Tekn.lis. Kaarina Lounamaa, Bofors AB, Bofors: »Vetyhauraus ja 'viivästynyt murtuma' teräksessä».
- Esitelmien jälkeen tutustuttiin professorien Miekk-ojan, Tikkasen ja Sulosen johdolla Teknillisen korkeakoulun vuoriteollisuusosaston uuteen taloon.

Jaostoon on kuluneena toimintavuotena kuulunut 293 varsinaista ja 45 nuorta jäsentä.

Äminneforsissa, tammikuun 5 p:nä 1965

Sakari Heiskanen  
Puheenjohtaja

Raimo Keinänen  
Sihteeri

#### TUTKIMUSVALTUUSKUNNAN VUOSIKERTOMUS VUOSIKERTOMUS 1964

Tutkimusvaltuuskunta on kuudennen toimintavuoden aikana pitänyt kokouksen tammikuun 27. p:nä. Sen ohella sen jäsenet ovat seuranneet toimintaa ottamalla eri yhteyksissä osaa työkomiteoiden kokouksiin.

Valtuuskuntaan ovat teollisuuden edustajina kuuluneet C. Holm puheenjohtajana (varalla J. Soininen), P. Rautala varapuheenjohtajana (S. Heiskanen), T. Lukkarinen (L. Pietiläinen) ja V. Vähätalo (T. Stolpe) sekä jaostojen puheenjohtajat ja sihteerit. Valtuuskunnan sihteerinä on kutsuttuna toiminut P. Similä.

Tiettyä pidättyvääsiyttä on noudatettu tutkimuskoh- teiden määräämisessä. Niinpä on perustettu vain kaksi uutta työkomiteaa. Mukaanluettuna edellisenä vuonna lisäaikaa saanut komitea on vuoden päättyessä työkomiteoita seuraavasti:

*N:o 13 Vedenpoisto kaivoksesta*

Puheenjohtaja L. Vanha-Honko, jäsenet R. Heiskanen, V. Juntunen, P. Kupias, E. Miettinen.

*N:o 15 Näytteenotto geokemiallisessa malminetsinnässä*

Puheenjohtaja H. Wennervirta, jäsenet R. Boström, L. Konttinen, A. Nurmi ja L. Kauranne.

*N:o 16 Märkien jauheiden kuivaus*

Puheenjohtaja E. Nyholm, jäsenet N. Arppe, K. Michelson, J. Tanila sekä ulkopuolisena asiantuntijana K. Stolt, Lohja.

Kaikkien yllämainittujen komiteoiden raportit saata- neen painatuskuntoon 1965 vuoden helmikuussa.

Muita työkomitean aiheita on myös keskusteluissa kä- sitelty ja niistä ovat mielenkiintoa herättäneet seuraavat:

— Tulenkestävät keraamiset tiilet.

— Maakerrosten paksuuden geofysikaalinen mittaami- nen.

— Kulutusta koskeva materiaali (olisi täydennettävä aikaisemmin suoritettu tutkimus).

— Tappiot rikasteiden käsittelyn ja varastoinnin aikana.

Tutkimusvaltuuskunnan puolesta

P. Similä  
sihteeri

Caj Holm  
puheenjohtaja

## Uusia jäseniä—Nya medlemmar

Vuorimiesyhdistys r.y. — Bergsmannaföreningen r.f:n vuosikokouksessa maaliskuun 26 p:nä 1965 hyväksyttiin seuraavat henkilöt yhdistyksen varsinaisiksi jäseniksi:

*Antinheimo, Pekka V. J.*, dipl.ins., syntynyt 23. 4. 1932. Suomen Metalliteollisuusyhdistyksen Standardisoimistoi- miston päällikkö. Osoite: Risto Rytintie 28 C 32, Kulo- saari, Helsinki.

*Arvilommi, Markku* Juhani, dipl.ins., syntynyt 11. 7. 1937. Rakennusinsinööri Outokumpu Oy:n pääkontto- rissa. Osoite: Otakallio 3 B 20, Otaniemi.

*Bröckl, Tom*, fil.mag., född 27. 12. 1929. Gruvchef för Pargas Kalkbergs Ab, Willmanstrandförvaltningen. Adress: P-K-asuntola 9. Willmanstrand.

*Ernsten, Svante*, dipl.ing., född 2. 3. 1930. Anställd som chef för hjälpaavdelningarna vid Oy Fiskars Ab, Äminnefors bruk. Adress: Äminnefors.

*Gardemeister, Reijo*, fil.maist., syntynyt 20. 7. 1938. Geologi Saimaan kanavan rakennustyömaalla. Osoite: Lauritsala, Mälkiä.

*Huggare, Tor-Leif* Johannes, dipl.ing., född 14. 5. 1938. Anställd vid forskningsavdelningen vid Outokumpu Oy, Björneborgs fabriker. Adress: Länsipuisto 16 H 2, Björ- neborg.

*Hyrsky, Kauko Kalevi*, dipl.ins., syntynyt 13. 8. 1931. Suomen Metalliteollisuusyhdistyksen palveluksessa. Osoite: Klaarantie 9, Lauttasaari, Helsinki.

*Inkinen, Osmo*, fil.maist., syntynyt 18. 8. 1937. Geo- logi Outokumpu Oy:n malminetsintäosastolla. Osoite: Outokumpu.

*Jauho, Pekka* Antti Olavi, professori, syntynyt 27. 4. 1923. Teknillisen korkeakoulun ydinfysiikan professori. Osoite: Menninkäisentie 6 L, Tapiola.

*Koponen, Martti* Ensio, dipl.ins., syntynyt 29. 5. 1924. Oy Koverhar Ab:n palveluksessa piirustuskonttorin pääl- likkönä. Osoite: Lappohja.

*Lappalainen, Veikko* K., fil.tri., syntynyt 21. 6. 1932. Rautatiehallituksen rataosaston geoteknillisen jaoston geologi. Osoite: Louhentie 20 C 21, Tapiola.

*Leppälä, Antero*, dipl.ins., syntynyt 15. 12. 1939. Outokumpu Oy:n palveluksessa tutkimuslaboratoriossa. Osoite: Pohjoiskaari 20 A 5, Lauttasaari.

*Linko, Erkki* Yrjö Väinö Olavi, fil.maist., syntynyt 31. 1. 1921. Paraisten Kalkkivuori Oy:n palveluksessa Lappeenrannan tehtaitten laboratorion johtajana. Osoite: PK-asuntola 7 A, Lappeenranta.

*Lund, Lars* Kristian, dipl.ing., född 22. 2. 1925. An- ställd vid Fabrica de Aço Paulista S.A. Adress: Caixa Postal 3190, Sao Paulo, Brasil.

*Luostarinen, Erik* Yrjö Wilhelm, dipl.ins., syntynyt 20. 6. 1915. Rautaruukki Oy:n palveluksessa valssilai- tosinsinöörinä. Osoite: Lumikintie 3 D 173, Helsinki 82

*Marjonen, Reino* Kalevi, fil.maist., syntynyt 5. 4. 1933. Toimii geologina Outokumpu Oy:n Outokummun kai- voksella. Osoite: Outokumpu.

*Mustola, Jorma* Johannes, fil.maist., syntynyt 26. 7. 1936. Oy Vuoksenniska Ab:n palveluksessa kaivosgeo- logina Jussarön kaivoksella. Osoite: Jussarö.

*Paakkola, Juhani* Kalervo, fil.maist., syntynyt 8. 9. 1935. Geologian ja mineralogian assistentti Oulun yliopis- ton geologian laitoksella. Osoite: Jäälinkylä.

*Palin, Nils* Harald, dipl.ing., född 9. 10. 1925. Chef för tekniska avdelningarna vid Oy Fiskars Ab, centralkontor. Adress: Tunnelvägen 9 G 51, Helsingfors.

*Raitakari, Antti*, dipl.ins., syntynyt 10. 1. 1940. Outokumpu Oy:n palveluksessa Porin tehtailla. Osoite: Uuskoivostontie 83 as. 10, Pori.

*Reddy, Indupuru* Gopala, master of Science, syntynyt 15. 12. 1939. Tekee tutkimustyötä Valtion teknillisen Tutkimuslaitoksen vuoriteknilisessä laboratoriossa. Osoite: VTT, Otaniemi.

*Ritzschke, Gerhard*, dipl.fyysikko, syntynyt 26. 2. 1934. Outokumpu Oy:n palveluksessa tutkimuslaboratoriossa. Osoite: Kirkkotie 15 B 50, Kauniainen.

*Rouvala, Paavo* Einar, dipl.ins., syntynyt 22. 1. 1936. Rautaruukki Oy:n palveluksessa. Osoite: Punahilkantie 8 D 33, Helsinki 82.

*Siura, Tuomo*, fil.maist., Outokumpu Oy:n palveluksessa Harjavallan tehtailla. Osoite: Harjavalta.

*Ström, Erkki* Tapani, dipl.ins., syntynyt 12. 11. 1937. Oy Vuoksenniska Ab:n palveluksessa Imatran rautatehtailla. Osoite: Imatra.

*Sweins, Mats* Holger, dipl.ins., syntynyt 12. 1. 1928. Rautaruukki Oy:n palveluksessa. Osoite: Ritokalliontie 19, Munkkiniemi, Helsinki.

*Taanila, Paavo*, fil.maist., syntynyt 13. 10. 1930. Imatran Voima Oy:n palveluksessa. Osoite: Vuolukiventie 3 D 36, Pihlajamäki.

*Tenhonen, Leo*, ins., syntynyt 7. 2. 1928. Oy Koverhar Ab:n palveluksessa sintraamon päällikkönä. Osoite: Lappohja.

*Wikström, Kalevi*, dipl.ins., syntynyt 24. 6. 1936. Imatran Voima Oy:n palveluksessa sähkölaboratoriossa. Osoite: Pakilantie 89, Pakila.

*Vornanen, Erkki*, fil.maist., syntynyt 13. 11. 1937. Kaivosgeologina Otanmäki Oy:n Otanmäen kaivoksella. Osoite: Otanmäki.

*Vuorinen, Jouko* Juhani, dipl.ins., syntynyt 13. 11. 1937. Oy Fiskars Ab:n palveluksessa keskuslaboratoriossa. Osoite: Äminnefors.

*Wärnå, Paul* Henrik, ins., syntynyt 7. 6. 1929. Outokumpu Oy:n palveluksessa Kokkolan tehtailla sulaton tutkimusinsinöörinä. Osoite: Tehtaankatu 18 A 3, Kokkola.

*Ådahl, Bengt* Henrik, ing., född 28. 2. 1920. Chef för bergstekniska avdelningen vid Oy Telko Ab. Adress: Grundvägen 11 B 22, Munksnäs.

Sen lisäksi hyväksyttiin varsinaisiksi jäseniksi seuraavat entiset nuoret jäsenet, jotka edellisen vuosikokouksen jälkeen ovat valmistuneet:

*Eklund, Henrik* Oskar. Anställd på maskinavdelningen vid Oy Telko Ab. Adress: Fredriksgatan 30 C 31, Helsingfors.

*Hakanen, Matti* Sakari. Tutkimusinsinööri Teknillisen korkeakoulun metallurgisessa laboratoriossa. Osoite: Otaniemi 4/B 84.

*Hakapää, Eero* Antero. Yleisen insinööritoimiston työsunnittelu- ja työntutkimusinsinööri. Osoite: Huovitie 1 B 48, Pohjois-Haaga.

*Jalava, Antti* Heljas Heikki. Koulutuspäällikkö Insinöörijärjestöjen koulutuskeskuksessa. Osoite: Syväoja, Klaukkala.

*Jalkanen, Heikki*. Tutkimusassistentti Teknillisen korkeakoulun metallurgisessa laboratoriossa. Osoite: Otaniemi 2/B 415.

*Ketola, Matti* Ilmari. Geologisen tutkimuslaitoksen palveluksessa malmiosastolla. Osoite: Kartanontie 4—6 D, Munkkiniemi.

*Lehtola, Antti*. Outokumpu Oy:n palveluksessa Aijalan kaivoksen rikastusinsinöörinä.

*Lindeberg, Tom* Christian. Gruvingenjör vid Lojo Kalkverk Ab, Tytyri gruva. Adress: Asemakatu 5—7 B, Lojo.

*Linnainmaa, Jarkko* Ensio. Outokumpu Oy:n palveluksessa pääkonttorin myyntiosastolla. Osoite: Satukallio 14, Matinkylä.

*Lärkä, Håkan* Gunnar. Anställd vid Statens tekniska forskningsanstalts bergstekniska laboratorium.

*Niitti, Timo* Untamo. Laboratorionsinööri Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen vuoriteknilisessä laboratoriossa. Osoite: Hietalahdenkatu 7 A 23, Helsinki.

*Palmu, Mauri* Johannes. Outokumpu Oy:n palveluksessa Porin tehtailla.

*Tunturi, Pekka* Johannes. Tutkimusassistentti Teknillisen korkeakoulun metallurgisessa laboratoriossa. Osoite: Harjuviita 4 as. 11, Tapiola.

*Voutilainen, Pertti* Juhani. Kaivosinsinööri Outokumpu Oy:n palveluksessa Kotalahden kaivoksella. Osoite: Oravikoski.

*Vuolio, Raimo* Juhani. Räjähdyssainetuottajain Yhdistys r.y:n palveluksessa. Osoite: Perhonkatu 5 E 44, Helsinki.

*Nuoriksi jäseniksi* hyväksyttiin seuraavat opiskelijat: *Anjala, Yrjö* Ensio, syntynyt 29. 5. 1941. Osoite: TKY 4 A 42 Otaniemi.

*Eerola, Ilkka* Antero, syntynyt 15. 2. 1943. Osoite: TKY 3 A 65 Otaniemi.

*Hokkanen, Pentti* Olavi, syntynyt 1. 6. 1941. Osoite: Kauppalantie 48 B 15 E-Haaga.

*Huhtinen, Pasi* Perttu, syntynyt 21. 4. 1941. Osoite: Vesakkotie 3 A 73 Maunula.

*Hyvärinen, Olli* Viljo Juhani, syntynyt 25. 5. 1943. Osoite: TKY 2 B 103 Otaniemi.

*Karvonen, Ilkka* Juhani, syntynyt 11. 11. 1942. Osoite: TKY 3 B 82 Otaniemi.

*Koivisto, Pertti* Veikko, syntynyt 4. 6. 1941. Osoite: Vilhovuorenkatu 8 A 10, Helsinki.

*Koskinen, Lauri* Kyösti Kalervo, syntynyt 4. 5. 1941. Osoite: TKY 3 C 34 Otaniemi.

*Kukkonen, Reijo* Tapio, syntynyt 24. 2. 1943. Osoite: Mannerheimintie 132 B 34, Helsinki.

*Lantto, Heikki* Aukusti, syntynyt 1. 3. 1941. Osoite: TKY 4 B 83, Otaniemi.

*Martikka, Heikki* Ilmari, syntynyt 15. 3. 1943. Osoite: TKY 5 A 76, Otaniemi.

*Mellin, Georg*, *Lennart* född 8. 2. 1939. Adress: Jägaregatan 2 E, Helsingfors.

*Mikkonen, Antti* Veikko Juhani, syntynyt 11. 12. 1941. Osoite: Kivihaantie 3 A 7 Kivihaka.

*Onnela, Kalevi* Juhani, syntynyt 1942. Osoite: TKY C 71 Otaniemi.

*Paulin, Pertti* Juhani, syntynyt 15. 7. 1943. Osoite: TKY 2 B 116 Otaniemi.

*Pyry, Ilkka* Kullervo, syntynyt 8. 3. 1941. Osoite: Louhentie 8 F 23 Tapiola.

*Pöntynen, Tomi* Juhani, syntynyt 15. 7. 1942. Osoite: Museokatu 32 as. 25, Helsinki.

*Riihelä, Mauno* Pellervo, syntynyt 6. 4. 1943. Osoite: Tehtaankatu 22 F 45, Helsinki.

*Sariola, Antti* Pekka, syntynyt 5. 3. 1942. Osoite: TKY 2 B 315 Otaniemi.

*Söderling, Kaj* Erik, född 1. 9. 1942. Adress: Båtsmansgatan 22 B 28, Helsingfors.

*Vainio-Mattila, Antti* Tapani, syntynyt 5. 7. 1942. Osoite: TKY 3 A 13 Otaniemi.

## Vuorimiesyhdistys r. y:n vuosikokous

Vuorimiesyhdistyksen vuosikokous pidettiin Teknillisen korkeakoulun vanhan rakennuksen juhlasalissa maaliskuun 26 p:nä 1965.

Yhdistyksen hallitus valittiin uudelleen paitsi sen ero-vuorossa olevat jäsenet. Heidän tilalleen valittiin yli-ins. Erkki Hakapää ja dipl.ins. Jürgen Schmidt.

Professori Risto Hukki sai vuosikokouksessa yhdistyksen puheenjohtajan, professori Kauko Järvisen kädestä vastaanottaa »Petter Forsströmin palkinnon — Petter Forströms pris» tunnustuksena rikastustekniikan alaa koskevista julkaisuistaan.



## Uutta jäsenistä — Nytt om medlemmarna

Dipl.ing. *Hans Bröckl* har förlänats industrirådstitel.  
Dipl.ins. *Eero Erkkilä* toimii nykyään Outokumpu Oy:n Pyhäsalmen kaivoksen kaivospäällikkönä. Osoite: Pyhäkumpu.

Fil.maist. *Erkki Heiskanen* on nimitetty Malmikaivos Oy:n toimitusjohtajaksi. Osoite: Luikonlahti.

Dipl.ins. *Ilmari Helannolle* on myönnetty vuorineuvoksen arvonimi.

Dipl.ins. *Lauri Holappa* toimii assistenttina Teknillisen korkeakoulun metallurgisessa laboratoriossa. Osoite: Otaniemi 5 B 64.

Pääjohtaja *Martti Hoville* on myönnetty vuorineuvoksen arvonimi.

Dipl.ins. *Veikko Jumppanen* on siirtynyt M.T.D. Ltd:n palvelukseen. Osoite: P. O. Mangula, Southern Rhodesia, Africa.

Dipl.ins. *Väinö Juntunen* on siirtynyt Lohjan Kalkkitehdas Oy:n palvelukseen.

Dipl.ins. *Viljo Järvenpää* on siirtynyt Wärtsilä-Yhtymä Pietarsaaren Konepajan palvelukseen. Osoite: Satamankatu 12, Pietarsaari.

Dipl.ins. *Timo Kangas* on Maa ja Vesi Oy:n palveluksessa. Osoite: Särkiniementie 3, Lauttasaari, Helsinki.

Tekn.lis. *Pentti Kettunen* on väitellyt tekniikan tohtoriksi ja toimii laboratorioinsinöörinä Teknillisen korkeakoulun metalliopin laboratoriossa.

Dipl.ins. *Olli Korhonen* on siirtynyt Outokumpu Oy:n palvelukseen Kotalahden kaivoksen rikastusinsinööriksi. Osoite: Oravikoski.

Dipl.ins. *Jaakko Lautjärvi* on nyttemmin Rautaruukki Oy:n palveluksessa. Osoite: Satamakangas 3 B 13, Raahensalo.

Tekn.lis. *Kaj Lilius* toimii laboratorioinsinöörinä Teknillisen korkeakoulun metallurgisessa laboratoriossa.

Tekn.lis. *Risto Makkonen* toimii tutkimusinsinöörinä Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen metallurgisessa laboratoriossa.

Dipl.ins. *Martti Maliniemi* on siirtynyt LKAB:n Kirunan suunnitteluosastolle tutkimaan Kaunisvaaran rautamiesiintymää. Osoite: Kiruna, Ruotsi.

Tekn.tri *Markku Mannerkoski* on nimitetty Oulun yliopiston metalliopin professoriksi.

Fil.maist. *Pentti Markkanen* toimii Teknillisen korkeakoulun rakennusinsinööriosastolla.

Dipl.ins. *Risto Myyryläinen* toimii Outokumpu Oy:n Korsnäsän kaivoksen isännöitsijänä. Osoite: Korsnäs.

Dipl.ins. *Osmo Norvasto* on siirtynyt Tehdasputkitus Oy:n palvelukseen. Osoite: Korsholmantie 7 A 1, Helsinki 90.

Dipl.ins. *Lauri Pajari* on siirtynyt Outokumpu Oy:n palvelukseen Helsingin pääkonttorin myyntiosastolle. Osoite: Viherkallio A 9, Viherlaakso.

Fil.maist. *Urho Penttinen* toimii nykyään Outokumpu Oy:n Pyhäsalmen kaivoksen rikastamon kemistinä. Osoite: Pyhäkumpu.

Dipl.ins. *Olavi Peura* on Salon Sähkö- ja Konetehdas Oy:n palveluksessa valimon käyttöinsinöörinä. Osoite: Raivionkatu 25, Salo.

Fil.lis. *Tauno Piirainen* on siirtynyt Oulun yliopiston geologian laitokselle.

Dipl.ins. *Pentti Raike* toimii käyttöinsinöörinä Outokumpu Oy:n Vihannin kaivoksella. Osoite: Lampinsaari.

Dipl.ins. *Mauno Rautiainen* on siirtynyt Oy Fiskars Ab:n palvelukseen toimien yli-insinöörinä tuotannonvalvonnan tehtävissä. Osoite: Lähderanta 1.

Dipl.ins. *Risto Sarikkola* on Outokumpu Oy:n palveluksessa Vihannin kaivoksella. Osoite: Lampinsaari.

Dipl.ins. *Ilmo Silventoinen* toimii nyttemmin Tehovoitelu Oy:n toimitusjohtajana. Osoite: Pajamäentie 14 D 52, Helsinki.

Dipl.ins. *Viljo Snellman* toimii maanmittaustekniikan lehtorina Rovaniemen teknillisessä koulussa. Osoite: Maakunnankatu 14, Rovaniemi.

Tekn.tri *Martti Sulonen* on nimitetty Teknillisen korkeakoulun sovelletun metalliopin professoriksi.

Dipl.ins. *Tapani Tuisku* on siirtynyt Maa ja Vesi Oy:n palvelukseen toimien osastoinsinöörinä.

Dipl.ins. *Juhani Villikka* toimii nykyään kaivostekniikan lehtorina Lappeenrannan teknillisessä koulussa. Osoite: Aionkatu 29, Lappeenranta.

## Osoitteenmuutoksia — Adressförändringar

Fil.mag *Rolf Boström*. Ny adress: Malmnäs, Pargas.  
Professor *Nils Edelman*. Ny adress: Tavastgatan 30 C 30, Åbo.

Dipl.ing. *Birger Eriksson*. Ny adress: Döbelnsgatan 2 E 43, Helsingfors.

Dipl.ins. *Kai Fallenius*. Uusi osoite: Harjuviita 16 A 9, Tapiola.

Dipl.ins. *Eino Hellemaa*. Uusi osoite: Castreninkatu 8 a, Helsinki.

Fil.maist. *Juha Huhta*. Uusi Osoite: Kaartokatu 8, Rovaniemi.

Fil.tri. *Olavi Jäntti*. Uusi osoite: Tennistie 2 G 9, Tapiola.

Dipl.ins. *Aapo Kirvesniemi*. Uusi osoite: Maskuntie 3 A 3, Helsinki.

Fil.lis. *Jorma Kujanpää*. Uusi osoite: Sauvonsaarenkatu 12, Kemi.

Dipl.ins. *Reima Kurkinen*. Uusi osoite: Yrjönkatu 4 B 44, Pori.

Direktör *John Lögdö*. Ny adress: Högbergsgatan 6, Västerås, Sverige.

Tekn.tri. *Simo Mäkipirtti*. Uusi osoite: Nakkila.

Dipl. ing. *Carl Fredrik Mäklin*. Ny adress: Haukisalo A 16, Mattby.

Tekn.lis. *Antti Niemi*. Uusi osoite: Hoikantie 14 — 22 A 7, Oulu.

Dipl.ins. *Antti Palomäki*. Uusi osoite: Ilmarinkatu 33 A 6, Tampere.

Dipl.ins. *Pietari Peltonen*. Uusi osoite: Ulvilantie 11 b E 126, Munkkivuori.

Dipl.ins. *Esa Peura*. Uusi osoite: Alaniemenkatu 6 as 2, Rahola.

Dipl.ins. *Uolevi Punnonen*: Uusi osoite: Vähäniityntie 18, Kulosaari, Helsinki.

Fil.maist. *Reijo Saikkonen*. Uusi osoite: Otakallio 6 A 2, Otaniemi.

Dipl.ing. *Carl Johan Skand*. Ny adress: Köpingsvägen 7 B 19, Grankulla.

Industrirådet *Herman Stigzelius*. Ny adress: Bulevar- den 11 A 10, Helsingfors.

Dipl.ins. *Kyösti Torsti*. Uusi osoite: Untamontie 13 B 14, Käpylä.

Dipl.ins. *Tapio Tuominen*. Uusi osoite: Jalmarintie 4 A 3, Tapiola.

Dipl.ins. *Pentti Vanninen*. Uusi osoite: Asunto Oy Haukipato M 19, Matinkylä.

Dipl.ins. *Karri Vartiainen*. Uusi osoite: Hakapolku 2 B 21, Tapiola.

Dipl.ins. *Seppo Yläsaari*. Uusi osoite: Tennistie 2 G, Tapiola.

# GEBR. PFEIFFER

BARBAROSSAWERKE AG.



KAISERSLAUTERN-PFALZ

**Erikoiskoneita kalkki-, sementti-,  
kaakeli- ja tiiliteollisuudelle**

## SIEBTECHNIK GMBH

MASCHINEN- UND APPARATEBAU · MÜLHEIM (RUHR)



**Seulat, myös sähkölämmitteiset**

»Schwingmühlet»

**KONTURBEX-lingot**

**Laboratoriokoneet**

**sitäpaitsi:**

**Karkeamurskaajia**

**Tanko- ja kuulamylyjä**

**Rikastuskoneita**

**Koepe-nostokoneita**

**Kuljettimia**

**Oy RIKASTUSKONE Ab**

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





# VUORIMIES- KILLAN MALMI- JA TEOLLISUUSKIVI- KOKOELMA

on välttämätön väline  
vuoriteollisuuden toiminta-alueen  
laajentamispyrkimyksissä

Tämä ihmetempu on mahdollinen, jos kivenkanto vuoriteollisuusyhtiöiden ja kaivosten ym. toimesta saataisiin pusertumaan itse kunkin kansalaisen mielijätusten joukkoon.

Hyvät vuorimiehet!

Jospa ystävällisesti tekisitte jonkun tähtäimen suunnitel-

man kokoelmalaatikkojemme sijoittamisesta tukikohdanne ympärille. Kokoelma käy erinomaisesti palkintoesineeksi paikallisissa malminetsintä- tai kivitutkimuskilpailuissa — kannustaen parempiin suorituksiin. Tällä mielellä jääme odottamaan lukuisia ystävällishenkisiä tilauksia Vuoriteollisuusosastossamme Otaniemessä.

## 460 MARKALLA IRTOAA 10 KOKOELMALAATIKKOA KIRJATIETOINEEN

### KOKOELMAN SISÄLLYS:

#### Kivinäytteet

#### MALMIKIVET:

- |                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| 1. Kuparimalmi                     | Outokumpu |
| 2. Kuparimalmi<br>(arsenipitoinen) | Ylöjärvi  |
| 3. Rikkikiisumalmi                 | Pyhäsalmi |
| 4. Sinkkimalmi                     | Vihanti   |
| 5. Lyijimalmi                      | Vihanti   |
| 6. Nikkelimalmi                    | Kotalahti |
| 7. Kromimalmi                      | Kemi      |
| 8. Rautamalmi                      | Raajärvi  |
| 9. Titaanirautamalmi               | Otanmäki  |
| 10. Rautamalmi                     | Jussaari  |
| 26. Uraanimalmi                    | Eno       |

#### TEOLLISUUSKIVET:

- |                 |             |
|-----------------|-------------|
| 11. Kalkkikivi  | Parainen    |
| 12. Kvartsiitti | Nilsä       |
| 13. Maasälpä    | Kuortane    |
| 14. Talkki      | Jormua      |
| 15. Asbesti     | Paakkila    |
| 16. Apatiitti   | Siilinjärvi |

#### RAKENNUSKIVET:

- |                        |            |
|------------------------|------------|
| 17. Valkoinen marmori  | Förby      |
| 18. Punainen marmori   | Nordsjö    |
| 19. Vuolukivi          | Nunnalahti |
| 20. Punainen graniitti | Taivassalo |
| 21. Harmaa graniitti   | Kuru       |
| 22. Gabro              | Hyvinkää   |
| 23. Liuskekivi         | Längelmäki |

#### MUITA:

- |                   |            |
|-------------------|------------|
| 24. Kultahiekka   | Ivalojoiki |
| 25. Spektroliitti | Ylämaa     |

#### Kirjallista tietoa

#### KOKOELMAN 64-SIVUINEN JULKAISU sisältää mm.

- Prof. A. Mikkola: Maamme kaivosteollisuus.
- Prof. E. Savolainen: Lapin kultaesiintymät.
- Yleistä malmi-geologiaa, malmien
  - synty
  - koostumus
  - kannattavuus-pitoisuudet
  - etsintä
  - tutkiminen
- Suomen kaivannais-teollisuus
  - yleistä
  - tuotantotilastot
  - valtaustilastot
  - kartat
  - valtaustenteko
  - malmien jalostus
- Kaivosten seikkaperäiset esittelyt, mm. löytöhistoriat.
- Näytteiden tarkat kuvaukset.

#### KIVITIETOA MALMINETSIJÖILLE

Geologisen Tutkimuslaitoksen julkaisu, sisällöstä mainittakoon:

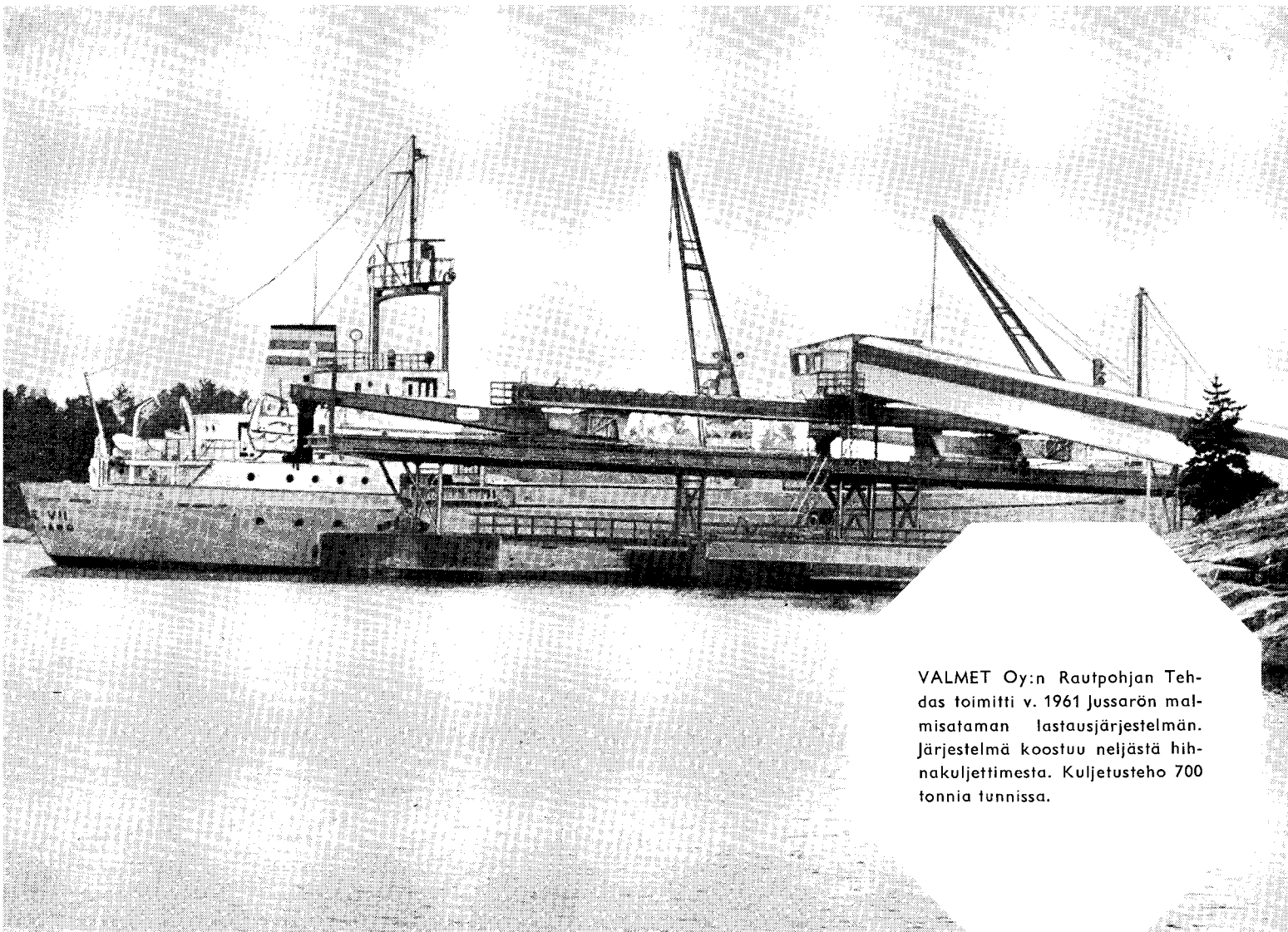
- Kallioperä ja maalajit.
 

Mineraalit	Kivilajit
— koostumus	— esiintyminen
— kidemuoto	— synty
— kovuus	— jaottelu
— lohkeavuus	— koostumus
— värillisuus	— magneettisuus
— ominaispaino	— malmit
- Käytännön malminetsintä.
- Malmien ja kiven määrittys- ja tutkimiskaaviot.

#### TUTKIMISVÄLINEET

Tarvittavat välineet näytteiden magneettisuuden, kovuuden ja viirunvärin toteamiseksi.

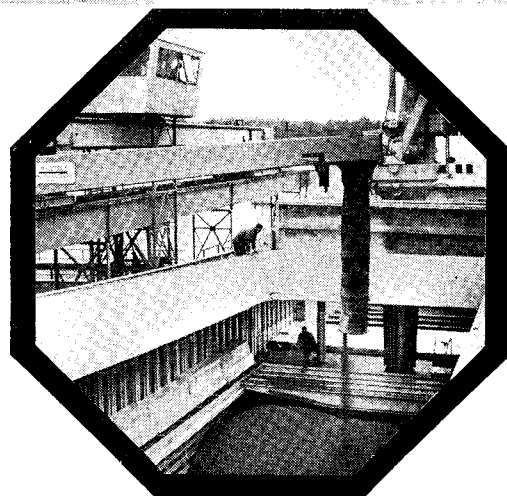
# Nopeampi lastaus - vähemmän kustannuksia



VALMET Oy:n Rautpohjan Tehdas toimitti v. 1961 Jussarön malmitataman lastausjärjestelmän. Järjestelmä koostuu neljästä hihnakuuljettimesta. Kuljetusteho 700 tonnia tunnissa.

Jussarön kaivoksen, Suomen suurimman malmilöydön, malmi sijaitsee kokonaan vedenpinnan alapuolella. Kaivoksen omistaa Vuoksenniska Oy.

Kaivoksessa käytössä oleva lastausjärjestelmä on seuraava: Rikaste syötetään kauhakuormaajien avulla syöttösuppiloiden kautta lyhyille syöttökuljettimille. Syöttökuljettimet vievät rikasteen hihnakuuljettimelle, jonka syöttöpiste sijaitsee betonitunnelissa rikasteaukean alla. 98 m pitkä hihnakuuljetin vie rikasteen malmitatamaan ja syöttää sen poikittaiskuljettimelle, joka liikkuu pitkittäissuunnassa ja kuljettaa rikasteen laivan ruumaan kahden lastauskuljettimen avulla.



Valmet Oy, Rautpohjan Tehdas, Jyväskylä, puh. 18 100  
Pääkonttori: Helsinki, Punanotkonkatu 2, puh. 11 441

# VALMET

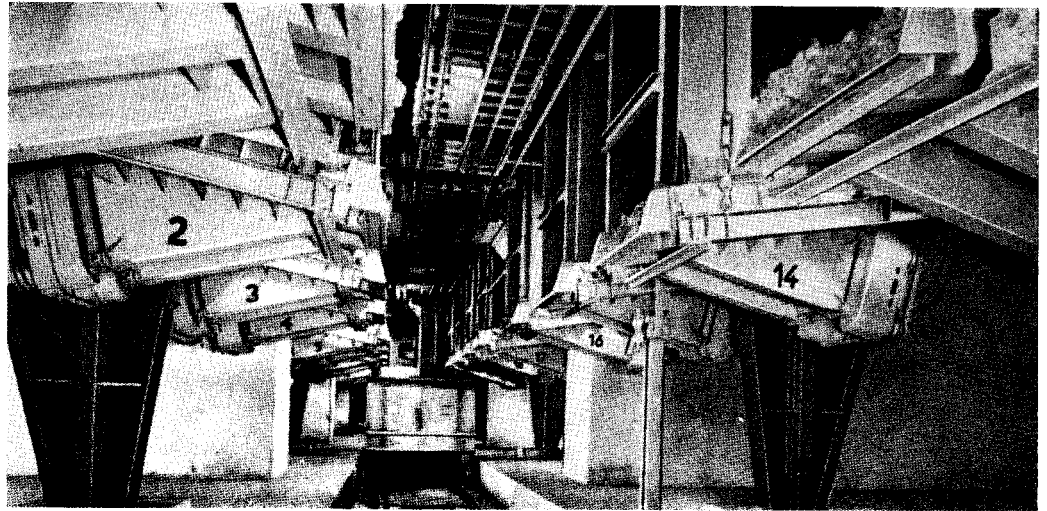
# AEG

## tärytekniikka palvelee vuoriteollisuutta

Valmistusohjelmaan  
kuuluvat

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

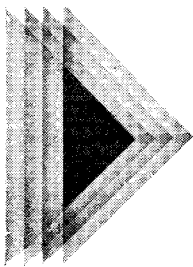
malmille, rikasteille ja kaikille kiinteille, rakeisille aineille.



Päädustaja

**SÄHKÖLIIKKEIDEN OY**

Satamakatu 4. Helsinki, puh. 11 501



## OTANMÄKI OY

### PÄÄKONTTORI

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

### HELSINGIN KONTTORI

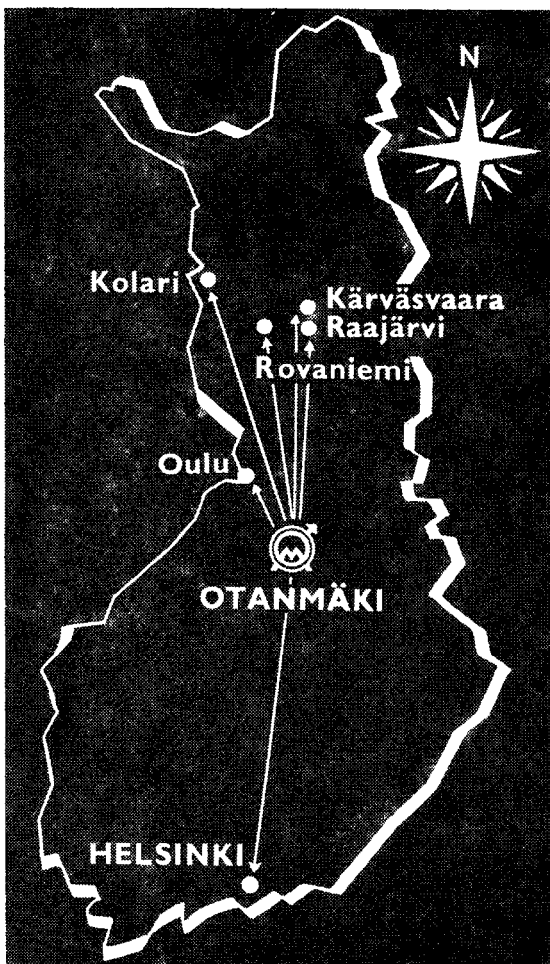
Postiosoite: Ruoholahdenkatu 4 A  
Sähkeosoite: Otanmäki, Helsinki  
Puhelin: 64 07 04  
Telex: 12-590

### MISIN ALUE

**Kärväsvaaran kaivos**  
Postiosoite: Kärväsvaara  
Telex: 37-230  
**Raajärven kaivos**  
Postiosoite: Raajärvi  
Telex: 37-230

### SATAMA

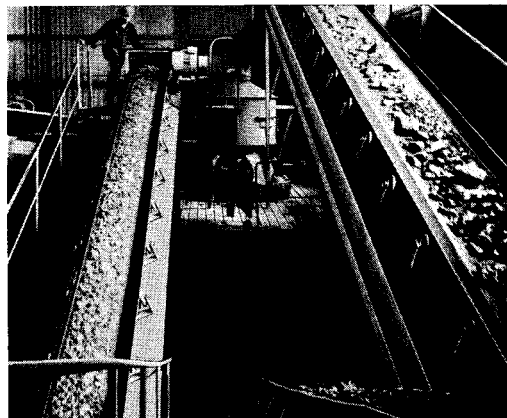
Postiosoite: Oulu, Malmisatama  
Sähkeosoite: Malmisatama, Oulu  
Puhelin: 15 347



# KHK RATKAISEE KULJETINPULMANNE

VALMISTAMME KHK-KULJETTI-  
MIA VUORITEOLLISUUDEN KAIK-  
KIIN KÄYTTÖTARKOITUKSIIN

TARPEEN VAATIESSA SUUNNITTELU-  
PALVELUMME AUTTAA TEITÄ LÖYTÄMÄÄN  
PULMAANNE PARHAIMMAN RATKAISUN



KUVASSA KAIVOKSEN  
MALMINKULJETIN  
TOIMINNASSA

**OSAKEYHTIÖ KEKKONEN**

HANKO, PUH 6695 PERUSTETTU 1939



Seisminen ryhmä työssään

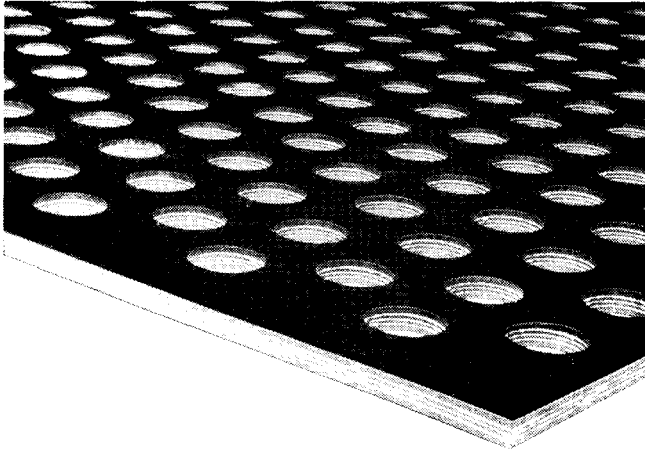
## 12 kanavaisilla ABEM SEISMISILLÄ REFRAKTIO- LUOTAUSLAITTEILLA

olemme viime aikoina suorittaneet  
mm. seuraavia tutkimustehtäviä:

- Hiidenvesi—Vantaanjoki tunnelin tutkimuksia
- Rautaruukki Oy:n perustutkimuksia
- Oy Kaukas Ab:n tunneleiden tutkimuksia
- Saimaan kanavan tutkimuksia
- Oy Rudus Ab:n soraetsintöjä

# IMATRAN VOIMA OSAKEYHTIÖ

MAASTOTUTKIMUSTOIMISTO  
Malmink. 16, Helsinki, puh. 59 211/331



## VUORITEOLLISUUDEN VAATIVAAAN KÄYTTÖÖN

### Seulalevyt

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

Yleisesti hyväksytty

# LCP

cordvahvikkeinen

**paineilmaletku** kaivoskäyttöön



Käyttöpaine 20 kp/cm<sup>2</sup>.  
Ø 10—50 mm. Erittäin  
käyttövarma ja notkea  
letku.

Lisäksi tarjoamme kai-  
voksille

- kuljetushihnoja
- kulutuskumivuorauk-  
sia
- rikastamon liete-  
letkuja
- kiilahihnoja



*Suomen Kumitehdas Osakeyhtiö*

## Ilmoittajat — Annonserer

Asea

Ekströmin Koneliike

Fiskars

Grönblom

Imatran Voima

Kekkonen

Knorring

Kone

Lokomo

Machinery

Otanmäki

Outokumpu

Paraisten Kalkkivuori, Suomen Mineraali

Rautakonttori

Rikastuskone

Rikkihappo

Rolac

Rotator

Suomen Kaapelitehdas

Suomen Kumi

Sähköliikkeiden Oy

Tallberg

Tallberg,

Atlas Copco

Tampella

Telko

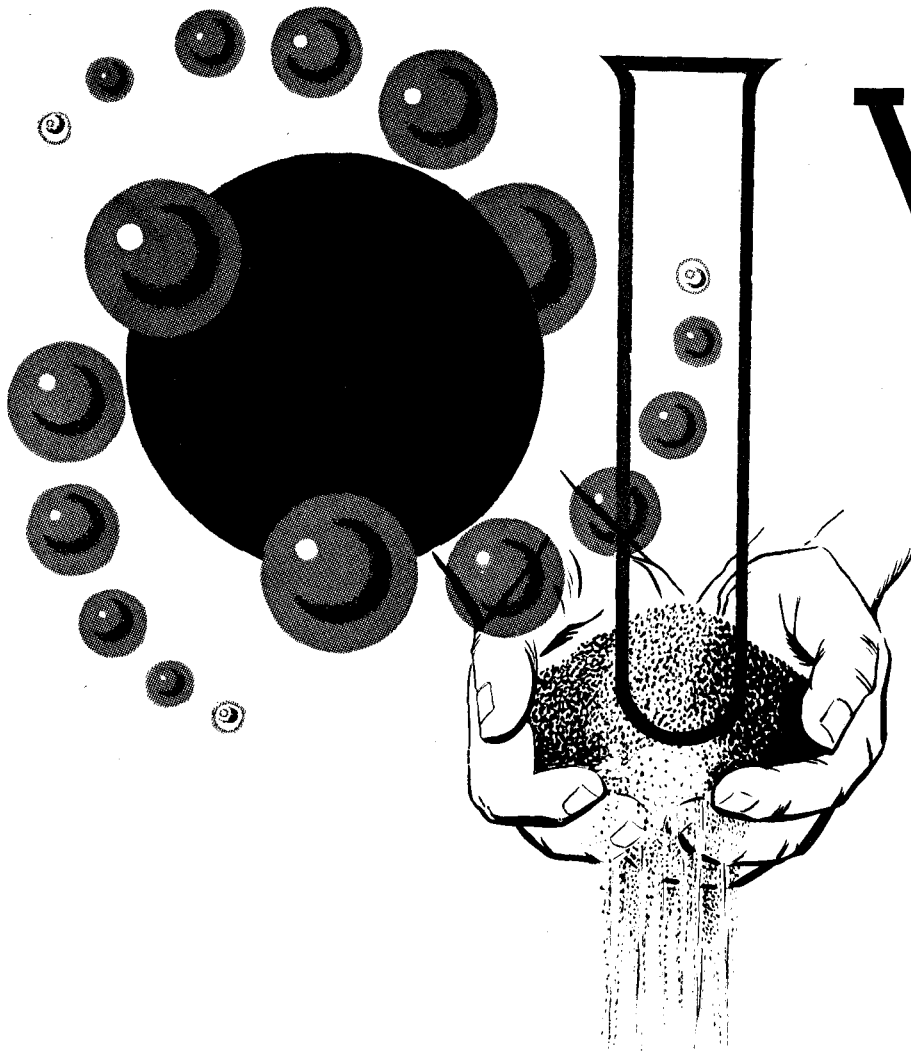
Telko,

Good Year

Tulenkestävät Tiilet

Valmet

Vuorikone



# VASA

## SALAN UUSIN PUMPPU-KONSTRUKTIO

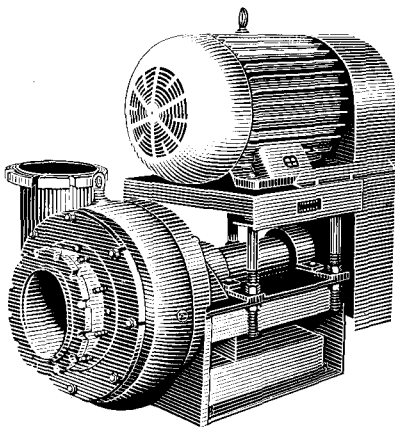
kuluttavien ja syövyttävien nesteiden pumppaamiseen

Lietettä ja hiekkaa pumpattaessa joutuvat pumpun kulutusosat ja tiivisteet erikoisen kovan rasituksen alaisiksi. Senvuoksi SALA-pumppujen kulutusosat valmistetaan erikoisseosteisesta valuraudasta tai kumioidaan. SALA-pumput ovat luotettava ratkaisu pumppaustehtäviinne, sillä ne on konstruoitu monivuotisen kokemuksen perusteella.



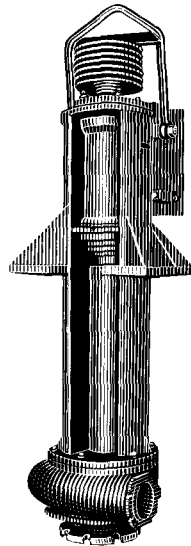
**JULIUS TALLBERG**

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



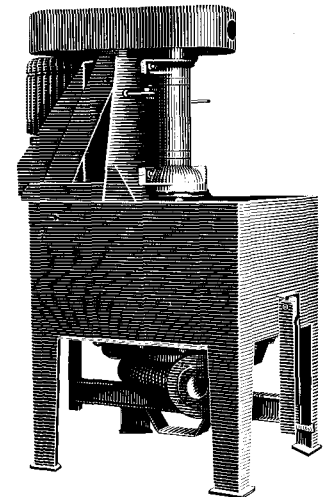
VASA-pumpussa on suljetun 3-kanavaisen juoksupyörän ansiosta pieneen tilaan saatu mahtumaan paljon tehoa. Niinpä 4" ja 6" pumppujen juoksupyörien halkaisijat ovat aincastaan 280 mm ja 360 mm. Pumpun kulutusosat ovat Nihard-valua tai kumia. Pumpun pesän kumivuoraus on 2-osainen ja irrallinen. Kumi- ja Nihard-osat ovat identtiset ja keskenään vaihtokelpoiset.

Valmistuskoot: 3" — 4" — 6" — 8".



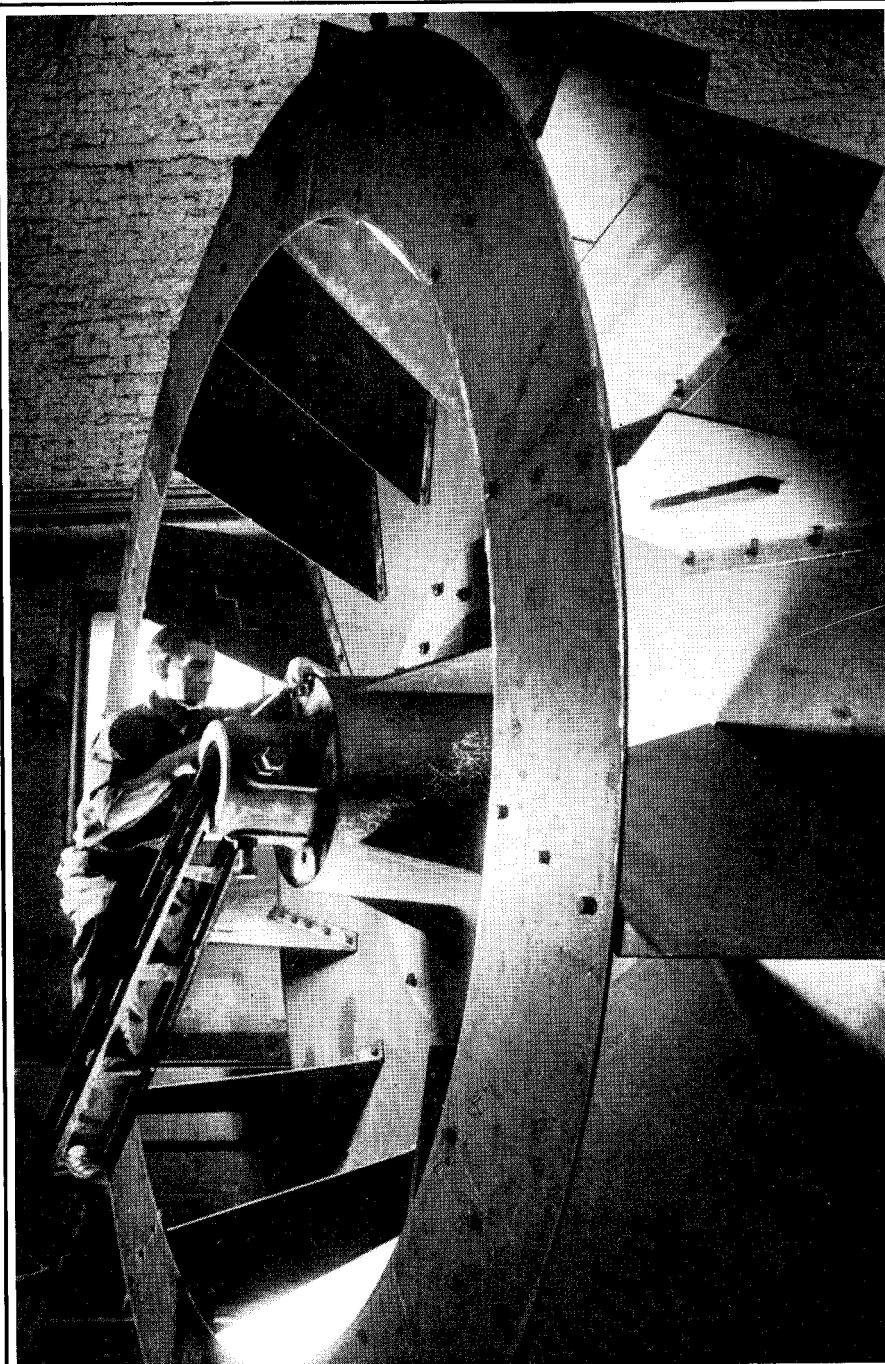
VASA-pumppuja valmistetaan myös pystyakselisina. Niitä voidaan tällöin käyttää upotettavina kokoojakaivoissa. Tämä tyyppi korvaa normaalin vaakapumpun, milloin tilanahaudesta tai muista syistä johtuen pystypumpun käyttö on edullisempää. Pystypumpun suoritusarvot ovat samat kuin vastaavan vaakapumpun.

Valmistuskoot: 3" — 4" — 6" — 8".



SALA-vertikaalipumpeissa (malli Boliden) on pumpun pesä altaan pohjana, ja akselin laakerointi kokonaan nestepinnan yläpuolella. Näissä pumpeissa ei siten tarvita laisinkaan akselitiivisteitä. Avonaisen rakenteen ansiosta ei pumppu ole myöskään herkkä ilmakuplille. Juoksupyörä on rakenteeltaan joko suljettu tai avoin. Pumpun toiminnassa on pääpaino asetettu pumpun liikuttettavuudelle ja helppokäyttöisyydelle. Valmistuskoot: 1 ½" — 3" — 5 ½".





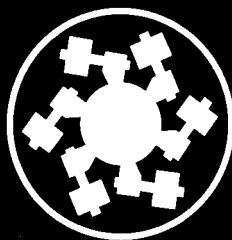
Überall in der Welt gewinnen sie neue Freunde: Unsere verbesserten

## Fein-Windsichter

Typ „NS,, (Normalsichter) mit seitlicher Material-eintragung

Typ „RS,, (drehzahl-gesteuerter Regulier-sichter) mit Feinheitsregulierung während des Betriebs

Haupt-Ventilator eines Zement-Sichters in der Fertigung



**GEBR. PFEIFFER  
BARBAROSSAWERKE  
AG**  
675 KAISERSLAUTERN  
West-Deutschland

## Erfahrung zählt...

von Norwegen bis Südafrika, von Mexiko bis Indien und Korea arbeiten **über 7000 Pfeiffer-Windsichter** für alle sichtfähigen Materialien; davon **über 350 aus unseren neuen Serien**.

### Was bieten Ihnen unsere Sichter?

Hohe Trennschärfe bei einer Trenngrenze zwischen 30 bis 750 Mikron.

Gleichmässiges spritzkornfreies Fertigprodukt.

Steigerung des Aussichtungsgrades bzw. der Fertigungleistung um 10 bis 15 % gegenüber unseren bisherigen bekannten Konstruktionen.

Unsere Versuchsanstalt steht Ihnen für Versuchssichtungen — kostenlos und unverbindlich — zur Verfügung. Bitte, fordern Sie unsere Sonderprospekte und Lieferlisten an.

Unser Programm:    zerkleinern    sichten    fördern    gipsbrennen  
                         mahlen    trocknen    kalklöschern

Edustaja: Suomessa

**Oy RIKASTUSKONE Ab**

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