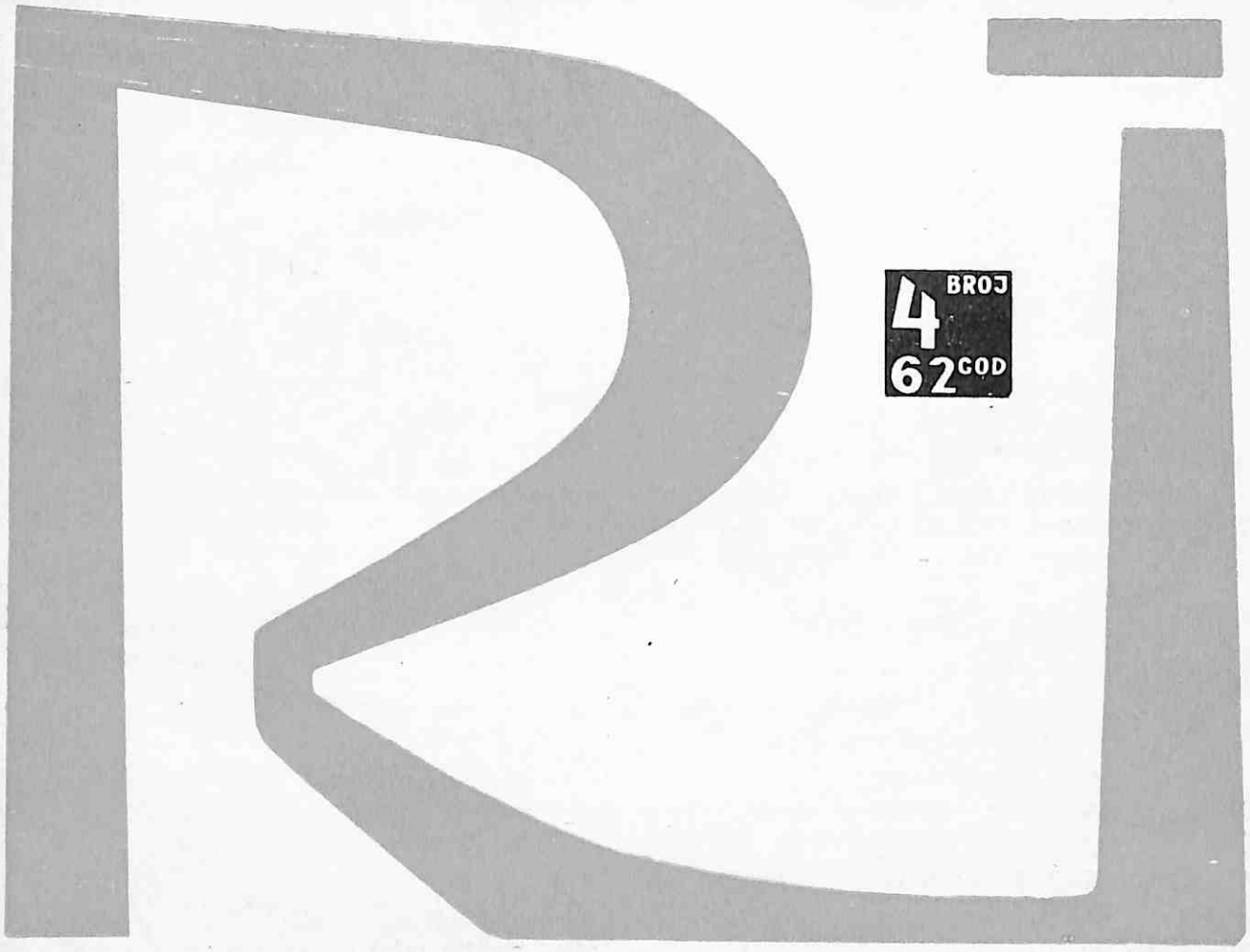
4 BROJ
62 GOD

RUDARSKI GLASNIK

BULLETIN OF MINES
BULLETIN DES MINES
ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ
BERGBAUZEITSCHRIFT

RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD (ZEMUN) BATAJNIČKI PUT BROJ 2 - JUGOSLAVIJA

IZDAVAČ: RUDARSKI INSTITUT, BEOGRAD (ZEMUN), BATAJNIČKI PUT 2
EDITOR: INSTITUTE OF MINES, BATAJNIČKI PUT 2, BEOGRAD (ZEMUN) YOUGOSLAVIE.
ŠTAMPARIJA: „B R A N K O Đ O N O V I Ć", GUNDULIĆEV VENAC 25, BEOGRAD



RUDARSKI GLASNIK

BULLETIN OF MINES
BULLETIN DES MINES
ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ
BERGBAUZEITSCHRIFT

RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD (ZEMUN) BATAJNIČKI PUT BROJ 2 ~ JUGOSLAVIJA

GLAVNI UREDNIK

Dr ing. ĐURA LEŠIĆ, redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu i upravnik Zavoda za pripremu mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd

ČLANOVI REDAKCIONOG ODBORA:

Ing. MIRKO PERIŠIĆ, direktor Rudarskog instituta u Beogradu

Dr ing. DRAGOMIR MALIĆ, redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Ing. MILORAD PETROVIĆ, redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu i upravnik Zavoda za eksploataciju mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd

Ing. BOŽIDAR POPOVIĆ, naučni savetnik, upravnik Zavoda za tehnološku preradu mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd

Ing. BORISLAV SPASOJEVIĆ, savetnik, Sekcija za energetiku Privredne komore NRS, Beograd

Ing. ALEKSANDAR BLAŽEK, viši savetnik, Beograd

Ing. BRANKO GLUŠČEVIĆ, profesor Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Ing. RISTO MISITA, viši savetnik u Saveznom zavodu za standardizaciju, Beograd

Ing. JOVAN VINOKIĆ, savetnik u Savetu obojene metalurgije, Beograd

Ing. MOCO SUMBULOVIĆ, sekretar Saveta industrije i rudnika nemetala, Beograd

Ing. SLAVKO DULAR, savetnik u Udruženju jugoslovenskih železara, Beograd

Ing. MIODRAG ČEPERKOVIĆ, generalni direktor preduzeća „Rudnici i železare Smederevo", Beograd

Ing. KIRILO ĐORĐEVIĆ, direktor projektantskog zavoda „Metalurgija", Beograd

Ing. LJUBOMIR NOVAKOVIĆ, viši stručni saradnik, upravnik Biroa za termotehniku u Rudarskom institutu, Beograd

Ing. JOVAN MIHAJLOVIĆ, viši stručni saradnik, upravnik Zavoda za projektovanje i konstruisanje u Rudarskom institutu, Beograd

Dipl. hem. NIĆIFOR JOVANOVIĆ, naučni saradnik, upravnik Biroa za analitičku hemiju u Rudarskom institutu, Beograd

SADRZAJ

INDEX

ING. MOMČILO TASIĆ

Studija o odlaganju jalovine u površinskom otkopu Rudarskog basena Kolubara — — — — — — — — — — — — — — — — 5

The Dupling of Barren Materials while Performing Surface Excavation at Kolubara Colliery — — — — — — — — — — — — 38

ING. MIRKO PERIŠIĆ

Ekonomičnost primene čelika u podgrađivanju rudarskih prostorija u podzemnom radu — — — — — — — — — — — — — — 40

The Use of Steel for Support of Underground Workings, its Economical Efficiency — — — — — — — — — — — — — — — 66

PROF. Dr ING. SLOBODAN JANKOVIĆ

Rudna ležišta metalogenetske epohe i metalogenetska područja gvožđa u Jugoslaviji — — — — — — — — — — — — — — 68

Typen der jugoslavischen Eisenerzlagerstätten und die metallogenietischen Provinzen — — — — — — — — — — — — — 90

Iz rudarske prakse

PROF. Dr ING. ĐURA LEŠIĆ — ING. FILIP ŠER

Industrijska primena tetrabromoetana kao teške sredine u pripremi mineralnih sirovina — — — — — — — — — — — — — — 98

Industrial Application of Tetrabromethane as a Heavymedium in Mineral Dressing Process — — — — — — — — — — — — — 103

ING. MILETA SRDANOVIĆ

Higijensko tehnička zaštita u rudnicima uglja FNRJ — — — — — — 104

The Safety in Coal Mines in Yugoslavia (1961) — — — — — — — — 118

ING. KOSTA ŠIPETIĆ

Toplotni bilans pečenja klinkera u rotacionim pećima — — — — — 120

Wärmebilanz für Zementherstellung in Rotationöfen — — — — — — 130

ANAL. ZORAN FERLAN — ING. SONJA PAVLOVIĆ

Kompleksno određivanje sulfata u vodi — — — — — — — — — 132

Complexometric Determination of Sulfates in Water — — — — — — 134

Terminologija

ING. RISTO MISITA

Rudarska terminologija — — — — — — — — — — — — — — — 135

Kongresi i stručna putovanja

ING. DUŠANKA STOJSAVLJEVIĆ — ING. VERA ĐOKIĆ

IV internacionalni simpozijum za gasnu hromatografiju u Hamburgu, 1962. godine — — — — — — — — — — — — — *136*

ING. LJUBOMIR NOVAKOVIĆ

Konferencija o procesima gasifikacije, Hestings, 1962. god. — — — — *137*

Dr ING. STEVAN KARAMATA

V savetovanje geologa FNRJ, Beograd, 1962. godine — — — — — *137*

Pitanja i odgovori

Kakva bušaća mehanizacija veće pokretljivosti i kapaciteta postoji u svetu — — — — — — — — — — — — — — *138*

Obaveštenja

Dr ING. DRAGO OCEPEK
Odjel za montanistiku Univerziteta u Ljubljani — — — — — — *138*

Studija o odlaganju jalovine u površinskom otkopu Rudarskog basena Kolubara

(sa 16 slika)

ing. Momčilo Tasić

Uvod

Nagli i intenzivni razvoj naše industrije zahtevao je i dalje traži masovnu eksploataciju svih korisnih mineralnih supstanci a pogotovu uglja.

S obzirom na to, da niskokalorični lignit predstavlja najveći deo ukupne mase naših ugljeva (oko 90% poznatih rezervi), kako za sadašnju tako i za buduću eksploataciju, to njegovo uklapanje u ekonomiku rada sa površinskim kopovima zahteva masovnu godišnju proizvodnju. Početak rada na površinskim kopovima u našoj zemlji bio je obeležen neznatnim ili skoro nikakvim iskustvom u masovnoj proizvodnji uglja, otkopavanju i odlaganju velikih masa jalovine odnosno prekrivača uglja.

Otvaranje jednog od najvećih površinskih kopova u našoj zemlji — površinski kopovi u Rudarskom basenu »Kolubara«, omogućilo je sticanje niza iskustava na otkopavanju i odlaganju velikih količina jalovine, a posebno iskustvo sa najtežim materijalom na površinskim kopovima — glinom.

Primena raznorodnih tipova bagera na otkopavanju jalovine dala je posebne praktične podatke o izmeni geomehaničkih osobina glina između parametara u neporemećenom stanju i posle otkopavanja.

Nepoznavanje geomehaničkih osobina iskopanog materijala — gline uslovilo je primenu više odlagališta i traženje potrebnih parametara na odlaganju velikih masa glinovitog materijala.

Na slici 1 sa dispozicijom radilišta na površinskim kopovima — Rudovci data su odlagališta za polje »A« i polje »B«. Za polje »B« konačno rešenje odlaganja glinovitog materijala postignuto je formiranjem ravničarske deponije u dolini reke Turije.

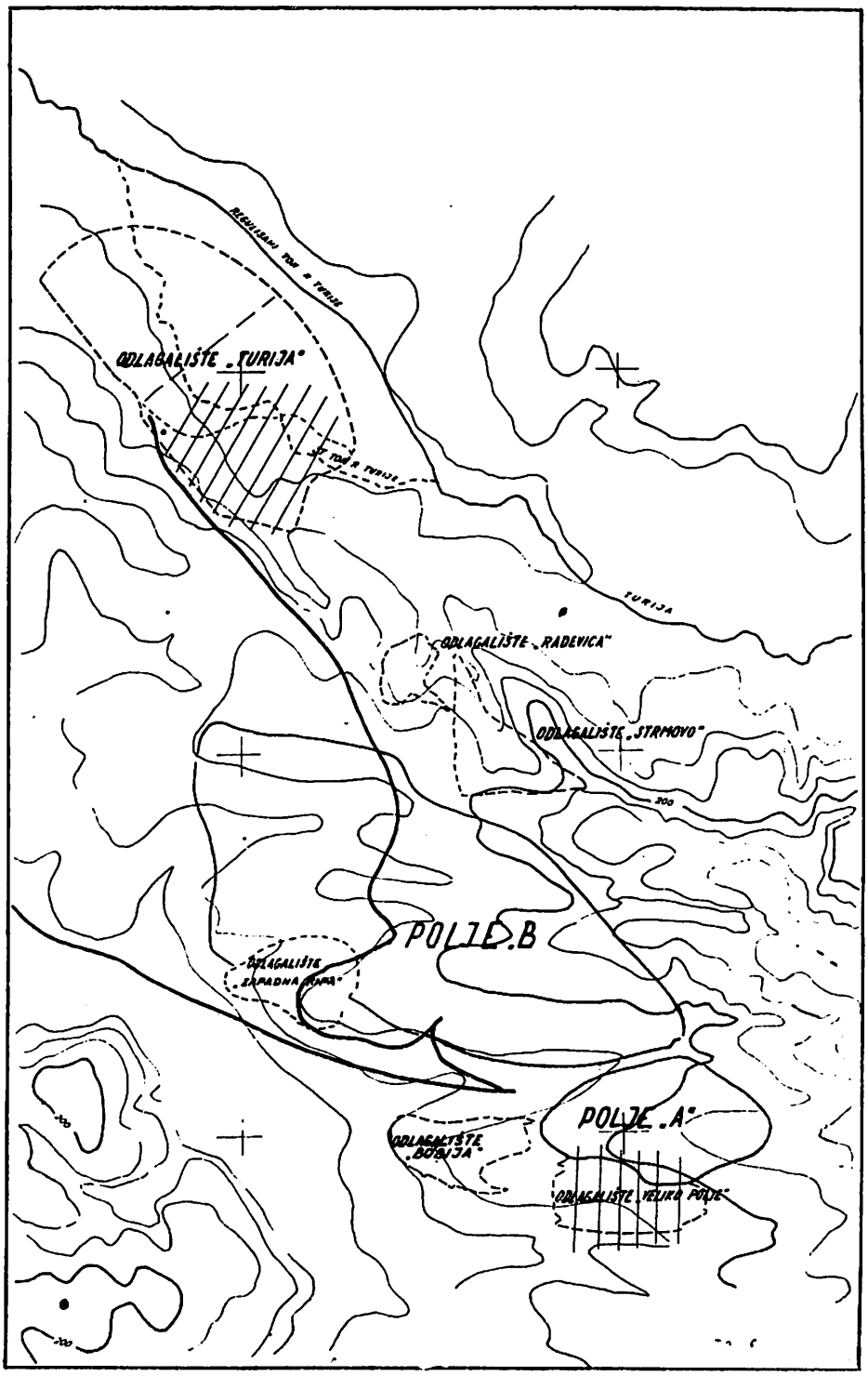
Posle višegodišnjeg ispitivanja raznih metoda, specifičnih za glinoviti materijal na polju »B«, došlo se je do odgovarajućih tehnoloških i ekonomskih rešenja kao i mogućnosti za jedan normalan rad.

Dalje povećanje ekonomičnosti rada na odlaganju glinovitih materijala je moguće primenom nove tehnike i odgovarajuće tehnologije. U ovom članku izneće se stečena iskustva na odlaganju glinovitog materijala na površinskom kopu polja »A» i »B« pri Rudarskom basenu »Kolubara« — Vreoci.

Geološki položaj površinskog kopa i geološke karakteristike krovinskih naslaga za otkopavanje i odlaganje

Kolubarski ugljeni basen nalazi se 50 km jugozapadno od Beograda. Prostire se od sela Rudovaca na istoku i Koceljeva na zapadu, Slovca na jugu, reke Tamnave i sela Stepojevca na severu.

Basen presecaju po sredini saobraćajne veze: železnička pruga Beograd—Bar, auto-



Sl. 1 — Dispozicija odlagališta površinskog kopa Rudovci
Fig. 1 — Disposition of a disposal at open-cast mine Rudovci

put Beograd—Čačak (Ibarski put), železnička pruga uskog koloseka Mladenovac—Lajkovac. Kolubarski ugljeni basen podeljen je na zapadni i istočni deo, povlačeći srednju granicu put — Stepojevac—Čačak i novo korito reke Kolubare. U istočnom delu basena na izdanku oformljen je površinski kop polje »A« kod sela Rudovaca. Zapadno od njega formiran je površinski kop — polje »B«, a oba zajedno proizvode oko 2,400.00 t/god.

Istočni deo basena je blago zatalasan i brežuljkast, gde najviše kote terena čine razvođa a najniže — doline reka. Basen ima povoljne uslove za površinsku eksploataciju, a pošto geografski povoljno leži prema velikim potrošačkim područjima, postoji realna mogućnost znatnog povećanja eksploatacionog kapaciteta.

Istočni deo ugljenog basena Kolubara sastoji se od sedimenata različite starosti: paleozojske, mezozojske i neogenske (miocenske) na obodnim delovima basena, a unutrašnji delovi basena sastoje se od pliocenskih sedimenata.

Ugljeni horizont pripada donjem pliocenu. Povlatne naslage sastavljene su od raznobojnih glina, peskovitih glina, peskova i glinovitih peskova. Prema istraživanju prof. dr P. Stevanovića *), starost povlatnih naslaga je gornje pontijska.

Iz podataka hidrometeorološke službe osmatračnica Lazarevac, Venčane, Stepojevac i Partizani u vremenu od 1941—1950. god. u jednom mesecu palo je do 156,4 mm padavina.

Maksimalna brzina vetra iznosila je 8 m/sec i to u mesecu oktobru i januaru.

Broj dana u godini sa kišnim talogom većim od 10 mm kreće se od 20 do 25.

Broj dana u godini sa snegom kreće se od 13 do 33.

Broj dana u godini sa temperaturom nižom od —10° C iznosi oko 20.

Broj dana za normalan rad na otkopavanju i odlaganju povlatnih naslaga iznosi oko 235 godišnje.

*) prof. dr P. Stevanović: „Donji pliocen Srbije i susednih oblasti — posebna izdanja SAN, knjiga 187, Geološki institut, knjiga 2-Beograd 1951. god.

Geomehaničke osobine materijala za otkopavanje i deponovanje na odlagalištima površinskog kopa polja »B«

U povlatnim naslagama koje se otkopavaju površinskim putem izdvajaju se dva horizonta i to:

— horizont sa žutom glinom, sivo-žutim glinovitim peskom i plavom peskovitom glinom;

— horizont sa raznobojnim pretaloženim glinama i sivo-plavom masnom glinom.

Ovaj horizont je uglavnom zastupljen na polju »A« i »B«.

Materijal koji se otkopava i odlaže na polju »B«, na osnovu klasifikacije američkog biroa za zemljišta je heterogen i u prvom redu to je glina, koja u zavisnosti od položaja etaže sa koje se otkopava, prelazi ka prašinastoj glini, peskovitoj glini i peskovitoj ilovači.

Na osnovu izvršenih laboratorijskih ispitivanja u Laboratoriji za mehaniku tla na Rudarsko-geološkom fakultetu — Beograd, prof. dr ing. N. Najdanović, dobio je sledeće podatke:

Prirodna sadržina vode. — Ispitivani su neporemećeni i poremećeni uzorci za otkopavanje duž etaže.

— Neporemećeni slojevi za otkopavanje dali su sledeće podatke o sadržaju vode: 19,6%; 17,2%; 16,5%; 30,3%; 27,0%; 26,65%; 20,25%; 27,20%. Iz toga se vidi, da se materijal jako razlikuje po dužini etaže. Srednji procent vode u materijalu za otkopavanje koji nije poremećen iznosi oko 23%.

— Poremećeni, raspucali, klizajući materijal koji se otkopavao imao je sledeći sadržaj vode: 23,1%; 11,5%; 13,0%; 24,0%; 20,25%. Srednji procent vode u gornjem materijalu iznosio je oko 18,4%.

— Neporemećeni uzorci tla ravničarske deponije u dolini reke Turije na kojoj se je odlagao gornji materijal imao je sledeći procent vode: 25,3%; 24,4%; 18,5%; 18,7%; 27,6%; 27,9%; 25,1%; 26,1%; 31,8%; 26,9%; 27,5%; 24,6%; 22,4%; 22,5%; 21,0%; 23,3%; 25,4%; 29,1%; 22,3%; 23,1%.

Gornji podaci dobijeni su iz raznih dubina i raznih mesta. Srednji procent vode u gornjem materijalu iznosio je oko 24,6%.

Specifična težina. —

— Neporemećeni slojevi za otkopavanje dali su: 2,71; 2,70; 2,70; 2,72;
Srednja vrednost iznosila je oko 2,71.

— Neporemećeni slojevi tla u dolini reke Turije koji su se zasipavali: 2,70; 2,68; 2,58; 2,70; 2,72; 2,68; 2,68; 2,68; 2,68.
Srednja vrednost je iznosila 2,68.

Zapreminska težina (gr/cm³). —

— Neporemećeni slojevi za otkopavanje dali su: 1,99 gr/cm³; 2,12 gr/cm³; 2,03 gr/cm³; 1,86 gr/cm³; 2,06 gr/cm³; 1,87 gr/cm³; 1,82 gr/cm³.
Srednja vrednost gornjih slojeva iznosila je oko 1,95 gr/cm³.

— Poremećeni slojevi za otkopavanje dali su: 1,83 gr/cm³; 1,96 gr/cm³; 1,77 gr/cm³; 1,44 gr/cm³; 1,74 gr/cm³.
Srednja vrednost ovih slojeva iznosila je oko 1,75 gr/cm³. Zapaža se, da razlika zapreminske težine neporemećenog sloja i poremećenog sloja iznosi oko 10%, tj. da se zapremina 1 m³ neporemećenog sloja povećala na 1,10 m³ u poremećenom još neiskopanom sloju u ovim slučajevima.

— Posle otkopavanja datih slojeva u zavisnosti od vrste bagera dobijeni su sledeći podaci za koeficijent rastresitosti:

bager glodar (pesk. glina) . .	1,27
a utovareno u vagon	1,25
bager vedričar (glina srednje plast.)	1,57
a utovareno u vagon	1,29
a istovareno odlagačem na kipi .	1,29

Prema K. Kegel-u*), koeficijent rastresitosti za razne materijale u odnosu na mesto iznosi:

Vrsta materijala	Koeficijent rastresitosti	
	posle rada bagera	na odlagalištu (kipi)
Pesak	1,25	1,15
Pesak i šljunak	1,30	1,18
Glina	1,60	1,30
Pesak + šljunak + + glina	1,30	1,20

— Neporemećeni slojevi tla u dolini Turija koji se zatrpavaju daju sledeće rezultate:
1,68 gr/cm³; 1,79 gr/cm³; 1,63 gr/cm³; 1,90 gr/cm³; 1,96 gr/cm³; 1,97 gr/cm³; 1,96 gr/cm³; 1,98 gr/cm³; 1,97 gr/cm³; 2,03 gr/cm³.
Srednja vrednost zapreminske težine ovih slojeva tla iznosila je 1,89 gr/cm³.

Relativna kompresija tela u dolini reke Turije koje je zasuto otkopanim materijalom iznosila je:

— na pritisak 0,5 kg/cm² — smanjenje visine 1,35%;
na pritisak 1 kg/cm² — smanjenje visine 2,34%;
na pritisak 2 kg/cm² — smanjenje visine 3,95%;
na pritisak 4 kg/cm² — smanjenje visine 6,54%;
na pritisak 6 kg/cm² — smanjenje visine 8,05%;

Prema K. Kegel-u**), rastresitost i sleganje odloženog materijala na odlagalištu je:

Vrsta materijala	Rastresitost u %		Sleganje u %
	u početku	stalna	
Pesak i šljunak	10—15	1—1,5	9—13,5
Ilovača	20—25	2—4	18—21
Tvrda glina	21—26	3—4,5	18—22

*) prof. dr K. Kegel: „Berg und Aufbereitungstechnik" — 1953, S. 375.
**) prof. dr K. Kegel: „Berg und Aufbereitungstechnik" — 1953, S. 287.

— Materijal koji je odložen na ravničarskoj deponiji u dolini reke Turije dao je sledeće podatke:

U vremenu za 4,5 god. na osnovu evidencije broja istovarenih vagona, te zapremine u m^3 č. m registrovano je

odlaganje 9,052.176 m^3.
Geodetska snimanja date mase dala su zapreminu od 9,396.700 m^3 č.m.

To znači da je navedena masa odložene jalovine dobila stalnu rastresitost od 4,3% posle 4,5 godine.

Čvrstoća na smicanje. — U cilju dobijanja vrednosti za ugao unutrašnjeg trenja φ i kohezije C izvršena su sledeća ispitivanja:

— Kod neporemećenih slojeva za otkopavanje:

φ = 27°00′; 25°00′; 25°00′; 15°00′; 23°30′; 27°30′.

tg φ = 0,511; 0,466; 0,466; 0,266; 0,438; 0,522.

c = 0,12 kg/cm²; 0,40; 0,40; 0,40; 0,30; 0,05.

Srednje vrednosti su:

φ = 23°42′
tg φ = 0,462
c = 0,278 kg/cm².

— Kod poremećenih slojeva:

φ = 25°30′; 32°00′, 13°00′; 15°30″; 10°00″; 17°00″; 19°30′; 19°30′; 22°00′; 18°30″; 19°3p″;

tg φ = 0,478; 0,635; 0,233; 0,278; 0,173; 0,305; 0,355; 0,355; 0,400; 0,344; 0,355.

c = 0,04 kg/cm²; 0,00; 0,20; 0,35; 0,20; 0,10; 0,13; 0,22; 0,23; 0,05; 0,10 kg/cm²

Srednje vrednosti

φ = 19°20′
tgφ = 0,353
c = 0,162 kg/cm².

— Neporemećeni slojevi tla u dolini reke Turije koje se zasipava:

φ = 16°30″; 19°00′; 16°00′; 20°30″; 20°00′; 18°30″; 17°00″; 18°30′; 17°30″; 18°30′.

tg φ = 0,30; 0,355; 0,290; 0,378; 0,367; 0,333; 0,305; 0,333; 0,317; 0,333.

c = 0,30 gr/cm²; 0,20; 0,18; 0,26; 0,26; 0,20; 0,13; 0,20; 0,18; 0,18;

Srednje vrednosti

φ = 18°12′
tg φ = 0,331
c = 0,209 kg/cm².

Granica konsistencije. —

— Kod neporemećenog sloja za otkopavanje:

Wt = 39,0% (granica tečenja)
Wp = 13,6% (granica plastičnosti)
W = 16,8% (sadržaj vode)
Jp = Wt — Wp = 39,0 — 13,6 = = 25,4.

Indeks konsistencije

$$k = \frac{Wt - W}{Jp} = \frac{39 - 16{,}8}{25{,}4} = 0{,}875$$

— Kod poremećenog sloja:

Wt = 46%; Wp = 29%; W = 11,5%
Jp = 46 — 29 = 17

$$K = \frac{46 - 11{,}5}{17} 2{,}02$$

Orijentacioni podaci glinastog materijala. (Po N. N. Maslovu.*)

Tablica 1

Vrsta tla	Glina			Ilovača			Humus		
	γ	φ	c	γ	φ	c	γ	φ	c
Tvrda	2,15	22°	1,00	2,15	25°	0,6	2,05	28°	0,20
Meko-plast.	1,95	14°	0,20	1,90	17°	0,15	1,90	20°	0,50

*) N. N. Maslov: Spravočnik po stroitelstvu ugolnih koristov, Moskva, 1952, str. 86, tab. 40.

Za dalje proračunavanje koeficijenta sigurnosti raznih kosina uzeće se sledeće vrednosti za ugao unutrašnjeg trenja, zapreminsku težinu i koheziju:

— Kod neporemećenih i zbijenih slojeva:

$\varphi = 19°18'$; $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}35$

$\gamma = 1{,}75$

$c = 0{,}162$

— Kod poremećenih rastresitih slojeva:

$\varphi = 13°00'$;

$\gamma = 1{,}44$

$c = 0{,}00$

$\operatorname{tg}\varphi = 0{,}233$

Način dobijanja jalovine, visina etaže, uglovi kosina, stabilnost

Otkopavanje krovinskih naslaga na polju »B« vrši se u tri etaže raznih visina pomoću bagera:

Bager vedričar $D\frac{800}{20-23} \times 20$

fabrikat	Krupp, 1952. god.
težina u radu	1090 t
stat. osov. pritisak po točku	13,6 t
razmak koloseka	11,000 mm
širina koloseka	900 mm
stvarni kapacitet	640 — 700 m^3 č.m/h

u zavisnosti vrste materijala pri koeficijentu rastresivosti 1,60
izvršenje po godinama u zavisnosti od broja radnih dana i udaljenosti odlagališta:

u 1958. god. sa 109 rad. dana	340.752 m^3 č.m ili 3.130 m^3 č.m/dan
u 1959. god. sa 264 rad. dana	1,626.210 m^3 č.m ili 6.160 m^3 č.m/dan
u 1960. god. sa 207 rad. dana	1,455.990 m^3 č.m/dan 7.033 m^3 č.m/dan
projektovani kapacitet pri 4200 časova godišnje i	640 m^3 č.m/h 2,700.000 m^3 č.m/god.

(utovar u vagone zapremine 25 m^3)

Rotorni bager (glodar) Sch $Rs = \frac{250}{0{,}6}$ 12

fabrikat	Krupp, 1952. god.
težina u radu	209,5 t
specifični pritisak na tlo	1,20 kg/cm^2
stvarni kapacitet	170—200 m^3 č.m/h

u zavisnosti vrste materijala pri koeficijentu rastresivosti 1,27—1,23
kapaciteti ostvareni u zavisnosti od broja radnih dana i udaljenosti odlagališta

u 1958. god. sa 258 rad. dana	473.255 m^3 č.m/god. ili 1.834 m^3 č.m/dan
u 1959. god. sa 302 rad. dana	591.768 m^3 č.m/god. ili 1.959 m^3 č.m/dan

u 1960. god. sa 242 rad. dana . . . . . 524.578 m³ č.m/god. ili 2.167 m³ č.m/dan.

projektovani kapacitet pri 4200 radnih časova godišnje i 170 m³ č.m/h . . . . . 700.000 m³ č.m/god.

(utovar u vagone zapremine 25 m³).

Bager kašikar Šk. E—25

fabrikat . . . . . Škoda, 1955. god.

težina u radu . . . . . 122 t

specif. pritisak . . . . . 1,0 kg/cm²

zapremina kašike . . . . . 2,5 m³

stvarni kapacitet . . . . . 180 ÷ 200 m³ č.m/h

u zavisnosti vrste materijala pri koeficijentu rastresivosti 1,20 ÷ 1,25

ostvareni kapaciteti po godinama u zavisnosti od broja radnih dana i udaljenosti odlagališta:

u 1958. god. sa 277 radnih dana . . . . . 445.284 m³ č.m ili 1.609 m³ č.m/dan

u 1959. god. sa 246 radnih dana . . . . . 574.100 m³ č.m ili 2.338 m³ č.m/dan

u 1960. god. sa 271 radnim danom . . . . . 451.702 m³ č.m ili 1.666 m³ č.m/dan

(utovar u vagone zapremine 15 m³).

Bager kašikar P — 1 H

fabrikat . . . . . Harnischfeger Corp. USA — 1951. god.

težina u radu . . . . . 78 t

zapremina kašike . . . . . 2,65 m³

stvarni kapacitet . . . . . 200 ÷ 220 m³ č.m/h

u zavisnosti od vrste materijala pri koeficijentu rastresivosti 1,25 ÷ 1,20 i utovaru u vagone V = 15 m³

ostvareni kapaciteti po godinama u zavisnosti od broja radnih dana i udaljenosti odlagališta:

u 1958. god. sa 246 radnih dana . . . . . 329.556 m³ č.m ili 1.339 m³ č.m/dan

u 1959. god. sa 232 rad. dana . . . . . 547.732 m³ č.m ili 2.360 m³ č.m/dan

u 1960. god. sa 226 rad. dana . . . . . 490.835 m³ č.m ili 2.171 m³ č.m/dan

(utovar u vagone zapremine 15 m³).

Bager dreglajn Marion — 7200

fabrikat . . . . . The Marion Power Shovel, 1954. god.

težina u radu . . . . . 202 t

spec. pritisak . . . . . 0,48 kg/cm²
zapremina kašike . . . . . 5,3 m³
stvarni kapacitet:
na jalovini . . . . . 300 m³ č.m/h
na uglju . . . . . 380 t/h
projektovani kapacitet . . . . . 1,200.000 t/god.

ostvareni kapaciteti na uglju sa utovarom u vagone zapremine 50 m³ u zavisnosti od broja radnih dana i odstojanja transporta:

u 1958. god. sa 301 rad. danom . . . . . 764.595 t/god. ili 2.540 t/dan
u 1959. god. sa 251 rad. danom . . . . . 671.736 t/god. ili 2.676. t/dan
u 1960. god. sa 282 rad. dana . . . . . 692.705 t/god. ili 2.456 t/dan.

Rotorni bager Sch Rs $\frac{300}{5}$ = × 12,8

fabrikat . . . . . LMG — Lübeck, 1960. god.
težina u radu . . . . . 493 t
spec. pritisak . . . . . 1,12 kg/cm²
instal. snaga . . . . . 715 kW
projekt. kapacitet . . . . . 3,700.000 m³ č.m/god.

stvarni kapacitet pri 72 sipanja u min. u proslojcima jalovine i uglja (nehomogeni sloj selektivno otkopavanje, ukupna moćnost gornjeg sloja 10,1 m)

vrsta materijala	kapacitet	srednja otpor. radn. tačka
meka glina	430 m³ č.m/h	227 Amp.
tvrda glina	500 m³ č.m/h	371 Amp.
ugalj	540 t/h	283 Amp.

Kapacitet sa utovarom u vagone ali u homogenom sloju visine do 12 m i to:
na jalovini . . . . . 898 m³ č.m/h
na uglju . . . . . 900 + 1.100 t/h

Transport otkopanih masa krovinskih naslaga od bagera do odlagališta vrši se kolosekom 900 mm sa sledećim:

— parnim lokomotivama

	Tip Decauville 53 — 000 i	Tip Energie
težina	36 t	32 t
osov. prit	12 t	16 t
vučna sila	300 t	300 t
min. rad. kriv. . .	50 m	60 m
maks. brzina . . .	25 km/h	45 km/h
radni pritisak . .	16 at	12 at
broj osovina . . .	3	2

— električnim lokomotivama

fabrikat . . . . . BBC
težina . . . . . 60 t
osovinski pritisak . . . . 15 t
mak. brzina . . . . . 50 km/h
snaga motora . . . . . 4 × 180 kWh
min. radius krivine . . . . 40 m
napon struje . . . . . 1200 V

— vagonima istresačima

	Tip Decauville	Tip 25 — Kraljevo
težina	15 t	18 t
zapremina sanduka	16 m³	25 m³
osov. prit.	9,75 t	9,75 t
nosivost	24 t	38 t
ugao istresivanja	45°	45°
broj osovina	4	4

Visine otkopnih etaža i nagibi kosina. — Na otkopnom polju »B« tokom godina razvoja polja ostvareni su sledeći generalni nagibi otkopnog polja na otkopavanju krovinskih naslaga:

Gener. nagibi	God. 1959.	1960.	1961.
Zapad. krilo »B«	5°30'	5°30'	6°
	5°30'	5°30'	6°
Istočno krilo »B«	8°00'	8°00'	9°30'
	6°30'	8°30'	12°00'
	7°00'	9°00'	15°00'

Istočno krilo polja »B« tokom godina stvaralo je izvesne teškoće u pogledu stabilnosti. Veća klizanja završnih kosina zapažena su kod prekoračenja gener. nagiba iznad 8°00', a stalno su se manifestovala kod 15°00', no sa tom napomenom da nije došlo do potpunog ugrožavanja rada povr. kopa.

Radne visine pojedinih etaža bile su: 10 do 12 m, 20 i 10 m, u zavisnosti od tipa bagera za otkopavanje i vrste materijala.

Kod etaža od 10 — 12 m visine u peskovitoj glini nagibni ugao iznosio je oko 80°.

Na etaži od 20 m visine nagibni ugao je varirao od 10° do 30°.

Podaci o izvršenom transportu odlagača DC — 1000/47 × 18 na dužini od 4150 m sa kote 172 na 142,4

Na osnovu projektovanih zadataka sa površinskog kopa polja »B« bilo je predviđeno, da masa jalovine od oko 28,000.000 m³ č.m bude smeštena na spoljnoj deponiji u dolini reke Turije, udaljenoj oko 6,5 km od otkopnih etaža, a potom preostali deo mase krovinskih naslaga da se odloži u otkopani prostor polja »B«.

Formiranjem ravničarske deponije u dolini reke Turije, bilo je potrebno izraditi dupli elektrificirani kolosek 900 mm od etaže 175 na polju »B« do obrtne tačke na odlagalištu »Turija« na koti 142,4 u dužini 6,500 m. Izrađeni dupli kolosek 900 mm imao je zadatak pored dopreme jalovine i transport odlaganja sa »Zapadne kipe« do odlagališta »Turija«.

Tehnički podaci odlagača DC 100 (47 × 18)

radna težina	618 t
zapremina vedrice	1000 l
brzina lanca sa vedricama	1,10 m/sec
broj zahvata vedrica	25,5 kom/min
teoretski kapacitet	1530 m³/h
koeficijent rastresitosti	1,9
dužina istovarne trake	47 m
horizontalno zaokretanje trake	190°
maksimalna visina istovarne trake	18,5 m
minimalna visina istovarne trake	1,5 m
maksimalni uspon kol. u radu bagera	1 : 50
maksimalni uspon kol. van. rada	1 : 30
širina traka	1.400 i 1.600 mm
brzina traka	3,5 i 2,5 m/sek
broj radnih koloseka bagera	2 kom
broj slobodnih točkova	24
brzina kretanja bagera	3—15 m/mm
minimalni poluprečnik krivine	100 m
ukupna snaga električnih motora	1246 kW
odstojanje 16 osovina točkova	20,5 m
odstojanje 8 osovina točkova	10,0 m
šine tipa	S — 45 a
hrastovi pragovi	16 × 26 × 260 cm
širina koloseka	900 mm
razmak osa koloseka u pravcu	750 cm
visina zastora od šljunka	46 cm
proširenje koloseka na krivinama:	

za R = 100 m; l = 20 mm
R = 125 m; l = 18 mm
R = 150 m; l = 16 mm
R = 200 m; l = 14 mm
R = 300 m; l = 12 mm
R = 350 m; l = 11 mm

ostvaren pritisak odlagača
po jednoj osovini . . 25,8 t

Trasa duplog koloseka od »Zapadne kipe« do »Radljevice« u dužini od 2.600 m imala je neznatan pad i uspon na dužini od 204 m, a na dužini 2.396 m bila je u horizontali. Na ovoj deonici bile su četiri krivine poluprečnika 150 m u ukupnoj dužini 677 m.

Deonica od »Radljevice« do Turije u dužini od 1550 m bila je u padu oko 20,2‰ sa karakterističnim odnosima: 1 : 125; 1 : 50 i 1 : 36 (min. pad 8‰, maksimalan pad 28,40‰).

Na deonici »Radljevica« — Turija ugrađena su četiri propusta od betonskih cevi. Najveći propust T—3 imao je sledeće parametre:

prečnik betonskih cevi . . .	600 mm
dužina u podnožju propusta .	204 m
visina nasipa iznad betonskih cevi	14,8 m
gener. bočni nagib kosine propusta	1 : 6,7
odstojanje od ose koloseka do ivice nagiba	12,4 m
dužina nasipa u pravcu kretanja	175 m
uzdužni pad koloseka nad propustom	18,3‰
širina krune nasipa	28,4 m
bočni nagib nasipa na useku .	1 : 2,76‰.

Sredinom januara 1957. godine obustavljen je svaki rad na odlagalištu, »Zapadna kipa«, a transport odlagača preko »Zapadne kipe« do samoniklog tla, gde se je mogao da postavi na novo izrađeni kolosek, počeo je 11. II 1957. g. a završen je 18. II 1957. god. u dužini od 400 m. Za sve vreme transporta odlagača preko »Zapadne kipe« padala je kiša i stvarala dopunske teškoće na smanjenju nosivosti tla odloženog materijala. Slaba nosivost tla savladana je slogovima pragova ili izradom »parketa« ispod dva bagerska koloseka.

Dalji transport po novo izrađenom koloseku na samoniklom tlu na odstojanju 1500 m završen je 25. II 1957. god.

Čisto vreme transporta 1500 m iznosilo je 16,30 časova. Transport je vršen samo za vreme dnevnog svetla. Za sve vreme transporta padala je kiša. Prolaz odlagača novim kolosekom u pravcu bio je lak, ali na krivinama početnog R = 100 m, bilo je potrebno da se isti naknadno poveća na R = 120 metara. Za vreme transporta, na svakih 2 m odstojanja postavljeni su bili lanci, koji su imali zadatak da spreče bočno proširenje duplog koloseka više od 760 cm.

Transportom odlagača na ovoj i sledećoj deonici rukovodio je posebno formiran štab stručnih lica.

Transport odlagača na trasi u padu u proseku od 20,2‰ »Radljevica« — »Turija« na dužini 1550 m

Pre početka transporta odlagača na ovoj deonici, izvršen je detaljan ponovni pregled svih mašinskih i elektro-uređaja.

Na svakih 100 m duž duplog koloseka postavljena je gomila pragova u ukupnoj količini za čitavu deonicu od oko 2000 komada.

Osim toga obezbeđeno je: 15 kom. novih lanaca za vezivanje koloseka, 1 pomoćna kola, 1 parna lokomotiva sa 2 plato kola ispred odlagača, 8 kom. papuča za osiguranje odlagača pri stajanju na padu, 2 buldoždera i sl.

Za napajanje odlagača strujom, postavljen je pored trase koloseka novi dalekovod 6 kV. Paralelno sa njim postavljen je i telefonski vod sa telefonskim punktovima i duplim telefonima.

Obzirom da dupli kolosek preko koga je trebalo transportovati odlagač nije bio u saobraćaju, to je preko istih puštena kompozicija od 10 punih vagona zapremine 25 m^3 i 5 parnih lokomotiva.

Pre početka transporta odlagača, štabu, koji je istim rukovodio, stavljeno je na raspolaganje 105 radnika (4 kval. i 101 polu- i nekv.). Stanje po danima pri transportu odlagača:

Datum	Vremenske prilike	Radno vreme	Predj. metara
2. XII 1957.	hladno sa snegom, temperatura do — 13° C	6—16 h	—
3. XII 1957.	hladno i sneg, temperatura do — 14° C	6—16 h	—
4. XII 1957.	hladno bez snega, temperatura do — 13° C	6—16 h	50 m
5. XII 1957.	oblačno bez snega, temperatura oko 0° C	6—16 h	—
6. XII 1957.	oblačno bez snega, temperatura oko 0° C	6—16 h	—
7. XII 1957.	sunčano sa top. snega, temperatura do + 12° C	6—16 h	400 m
8. XII 1957.	sunčano bez padavina,	6—16 h	2000 m
9. XII 1957.	sunčano bez padavina, temperatura do — 10° C	6—16 h	50 m
10. XII 1957.	kišovito, temperatura oko + 5° C	6—16 h	200 m
11. XII 1957.	sunčano bez padavina	6—16 h	200 m
12. XII 1957.	sunčano bez padavina	6—16 h	—
13. XII 1957.	sunčano bez padavina	6—16 h	200 m
14. XII 1957.	oblačno bez padavina	6—16 h	150 m

Transport odlagača na ovoj deonici završen je 15. XII 1957. godine, kada je isti dopremljen u ispravnom stanju na obrtnoj traci ravničarske deponije u dolini reke Turije na koti 142,4.

Zapažanja prilikom transporta odlagača na prednoj deonici:

— na temperaturi oko — 13° C pri transportu odlagača, došlo je do loma šina na mestu spajanja jedne šine sa drugom na odstojanju oko 20 cm;

— zbog niske temperature pri transportu svi elektro i mašinski uređaji na odlagaču preko noći su bili zagrevani;

— u usecima trase visine oko 6 m, dolazilo je do klizanja bočnih kosina, te su iste u vremenu transporta raščišćavane i proširivane dreglajnom M—7200 i samim odlagačem;

— na pojedinim mestima deonice, gde je kolosek tonuo ispod odlagača i pored postavljenih patosa od pragova, bio je postavljen »parket« pragova za uspešan prelaz na tim deonicama;

— izrazita sleganja koloseka nastajala su najčešće kod kontakta nasipa i useka;

— za elektro kočenje odlagača niz date nagibe trase, bilo je potrebno 5 A za svaki pojedini elektro motor pri brzini kretanja odlagača od 3—5 m/min, i ako su sve šine koloseka bile posipane suvim sitnim peskom;

— pri transportu odlagača ka usponu od 20‰ sa brzinom kretanja 10—15 m/min bilo je potrebno 30 A struje po svakom elektromotoru za transport odlagača;

— odlagač je desnu krivinu (u pravcu napredovanja) lakše savlađivao nego levu;

— pri transportu odlagača niz dati kolosek zapaženo je vertikalno savijanje šina, ali bez deformacije istih;

— posle izvršenog transporta odlagača geodetskim snimanjem trase koloseka ustanovljena je visinska razlika između dva paralelna koloseka, min. 3 cm a maks. 31 cm, a bočni nagib odlagača pri transportu je iznosio min. 1 : 250, a maks. 1 : 24.

Konfiguracija, nosivost odlagališta, proračuni koeficijenta sigurnosti kosina, tehnologija odlaganja na ravničarskoj deponiji u dolini reke Turije

Ravničarska deponija (odlagalište) u dolini reke Turije nalazi se na ataru sela Strmovo i Mirosaljci. Ova deponija se oslanja u pravcu reke Turije je 2°10' a maks. 3°30'. lu reke Turije.

Teren namenjen deponiji je, uglavnom, horizontalan, min. nagib samoniklog tla u pravcu reke Turije je 2°10' a maks. 3°30'.

Prostor, određen za deponiju, ima oblik polukruga sa poluprečnikom oko 1000 m i podeljen je na dve lepeze sa obrtnom tačkom u centru polukruga. Na površini od 1,500.000 m^2 projektom je predviđeno da se smesti oko 28,000.000 m^3 č.m odlažući otkopane mase u dubinskom odlaganju od 16 m i visinski 15 m.

S obzirom da je staro korito reke Turije proticalo sredinom predviđene deponije, to je izvršeno prevođenje Turije u novo iskopano korito na dužini od 2.928 m, na mesto starog korita koje je bilo dugačko 6.350 m.

Novo izrađeno korito reke Turije može da primi 83 m^3/sec pri padu 1,6‰. Dimenzije novog korita su: dubina 2,30 m, donja širina 2,80 m a gornja širina 9,70 m. Levo i desno od novog korita izrađeni su odbrambeni nasipi na odstojanju 15 m od korita, visine 0,80 m, širine 5 i 2,0 m.

Prema evidenciji 29. VII 1927. god. pala je kiša od 82,50 m/m, a pritok vode na terenu je bio 0,715 m^3/sec/km^2.

Ispitivanje samoniklog tla izvršeno je nad sondažnim uzorcima. Pri bušenju uzoraka nije konstatovana veća količina podzemne vode.

Na osnovu dobijenih vrednosti zapreminskih težina i jednoaksijalnih čvrstoća, usvojeno je dozvoljeno opterećenje samoniklog tla 2,00 kg/cm^2.

U osnovi, nagib kosine etaže odlagališta određuje se proračunom, ali sa posebnim naglašavanjem da pravilno ispitivanje uzoraka materijala koji se odlaže, predstavlja najvažniji uslov za ispravan proračun. Masa krovinskih naslaga koja se odlaže nije homogena ni po vertikali ni po horizontali. Svaki tip bagera daje posebne vrednosti za rastresitost pojedine vrste materijala. Vrsta transporta otkopane mase, takođe, utiče na vrednost koeficijenta rastresitosti, a prema tome i na ostale geomehaničke osobine materijala. Tip odlagača daje, takođe, svoj prilog u izmeni vrednosti koeficijenta rastresitosti odlažućeg materijala.

Osim toga, po ispitivanju dr ing. K e g e l - a *), naglašava se, da sa povećanjem visine kipe, tangencionalna komponenta kosine brže raste od vrednosti normalne komponente (težina materijala u kosini i otpor trenja mase u kosini) date kosine.

Stabilnost kosine etaže se često pogoršava zbog opterećenja odlagača i ostalih mašina ili uređaja, ukoliko se isti nalaze u kritičnoj širini kosine etaže. Dopunska opterećenja kosine ili kritične širine nagiba etaže dovode do priraštaja tangencijalnih sila, te nastaje istiskivanje mase materijala iz kosine ili cepanje kosine po kružnom luku klizanja.

Na osnovu dobijenih laboratorijskih vrednosti za geomehaničke osobine otkopanog materijala i modifikovane švedske metode klizanja po kružnom luku, proračuni stabilnosti kosina etaža odlagališta u Turiji daju sle-

Sastav samoniklog tla je:

	K-1	K-2	K-3	K-4
Oranica	0,30 m	0,30 m	0,30 m	0,30 m
Žuta glina	4,20	6,30	2,10	9,20
Žuta komp. glina	3,00	—	9,60	—
Žuto-pesk. glina	1,70	1,80	—	1,00
Glinoviti šljunak	1,10	1,50	1,70	0,70

Svojstva glina su:

	K-1	K-2	K-3	K-4
Prirod. vlažnost	20,80%	22,2%	24,2%	24,4%
Indeks plastič.	22,6	17,6	28,1	23,8
Indeks konsist.	1,16	0,94	0,93	0,82
Spec. težina	2,73	2,73	2,74	2,75

*) „Bergm. Gebirgsmechanik", III Aufl. S. 300, Abbl. 211

deće vrednosti za koeficijent sigurnosti nagiba kosine za date visine odlagališta i to:

A. Dato je:

— visina etaže . . . . 12 m

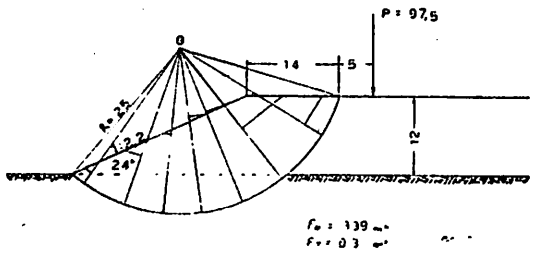
— nagib kosine . . . . 1 : 2,25

— ugao unutr. trenja mater. kosine . . . . . $\varphi = 19°18'$
$\operatorname{tg}\varphi = 0{,}30$

— kohezija . . . . . $C = 1{,}62$

— zapr. težina . . . . $\gamma = 1{,}75$

Traži se vrednost koef. sigurnosti gornje kosine etaže.



Sl. 2 — Poprečni profil odlagališta Turija
Fig. 2 — Lateral section of Turija disposal

Grafičkom razradom, na osnovu modifikovane švedske metode klizanja po kružnom luku (sl. 2), dobijaju se vrednosti za:

normalnu komponentu $N = 339\ m^2$

tangencionalnu kompon. $T = 83\ m^2$

$$\Sigma T = F_N \cdot \gamma \cdot 1 = 339 \times 1{,}75 \times 1 = 590\ t$$

$$\Sigma N = F_T \cdot \gamma \cdot 1 = 83 \times 1{,}75 \times 1 = 145\ t$$

$$n = \frac{\Sigma N \times \operatorname{tg}\varphi + C \times L}{\Sigma T} =$$

$$= \frac{590 \times 0{,}35 + 1{,}62 \times 59}{145} = 2{,}08$$

Na osnovu tehničkih uslova*) vrednost stabilne kosine etaže, tj. koef. sigurnosti protiv klizanja treba da bude n = 1,5 do 2,0.

*) prof. ing. Najdanović: „Tehničar", br. 3, Beograd, 1960.

To znači, da data kosina i visina etaže sa koef. sigurnosti n = 1,5 daje stabilnu kosinu.

B. Dato je (sl. 3):

— visina etaže . . . . . 19 m

— nagib kosine . . . . . 1 : 5

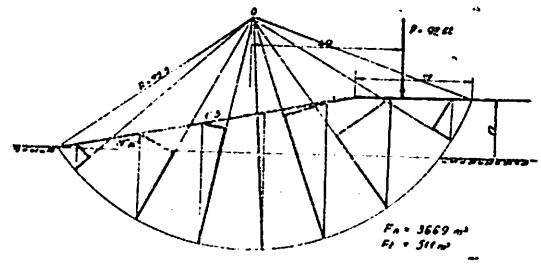
— odlagač na odstojanju 15 m od ivice kosine;

— $\varphi_1 = 19°18'$; $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}35$
$C_1 = 1{,}62\ t/m^2$
$\gamma_1 = 1{,}75$

— $\varphi_2 = 13°$; $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}233$
$C_2 = 0$
$\gamma_2 = 1{,}44$

Traži se vrednost koef. stabilnosti kosine etaže za date slučajeve.

S obzirom da se odlagač nalazi u kritičnoj zoni kosine etaže, to treba odrediti vrednost njegove težine na pojasu širine 1 m.



Sl. 3 — Poprečni profil etaže odlagališta „Turija"
Fig. 3 — Lateral section of a level in Turija disposal

Odlagač se kreće duž obronka etaže na dva koloseka 900 m/m, sa osovinskim odstojanjem 7,50 m. Vrednosti opterećenja odlagača (kg/cm²) date su u zavisnosti konstrukcije podloge koloseka u tablici i to:

Razmak pragova u cm¹	Nalegna površ. 1 m'koloseka u cm²	Prit. odl. na 1 m'u kg	Jed. otpor. kg/cm²
30	15.500	20.200	1,30
5	26.200	20.200	0,77
parket pragovi	60.000	20.200	0,335

Opterećenje odlagača na traci širine 1 m' je:

$P_1 = p_1 \cdot 1m' \cdot 7{,}50 = 20{,}5\ t/m^2 \times 1m' \times 7{,}50\ m = 20{,}5\ t$
$P_2 = p_2 \cdot 1m' \cdot 7{,}50 = 7{,}7\ t/m^2 \times 1m' \times 7{,}50\ m = 57{,}8$
$P_3 = p_3 \cdot 1m' \cdot 7{,}50 = 3{,}35\ t/m^2 \times 1m' \times 7{,}50\ m = 25{,}2$

U daljim razmatranjima uzećemo najveću vrednost za odlagač kao najnepovoljniju i to $P_1 = 20{,}5$ t.

Grafičkim proračunom (sl. 3) dobijaju se sledeće vrednosti:

$R = 75{,}5$ m
$L = 164$ m
$N = 3669$ m²
$T = 511$ m²
$a = 49$ m

Koef. stabilnosti kosine etaže bez opterećenja odlagača:

$$\Sigma N = F_N \times \gamma \times 1 = 3.669 \times 1{,}75 \times 1 = 6.400\ t$$

$$\Sigma T = F_T \times \gamma \times 1 = 511 \times 1{,}75 \times 1 = 899\ t$$

$$n_1 = \frac{\Sigma N \times tg\varphi + CL}{\Sigma T} = \frac{6400 \times 0{,}35 + 1{,}62 \times 164}{899} = 2{,}75$$

Koef. stabilnosti kosine etaže sa opterećenjem odlagača u kritičnoj zoni širine kosine:

za slučaj $\varphi = 19°18'$; $C = 1{,}62$ i $\gamma = 1{,}75$

$$n_2 = \frac{(\Sigma N \times tg\varphi + CL)\,R}{R \times \Sigma T + P \cdot a} = \frac{(6400 \times 0{,}35 \times 1{,}62 \times 164)\ 75{,}5}{75{,}5 \times 899 + 20{,}5 \times 49 + 20{,}5 \times 56{,}5}$$

$n_2 = 2{,}70$

za slučaj $\varphi = 13°18'$; $C = 1{,}62$ i $\gamma = 1{,}44$

$$\Sigma N = 3.669 \times 1{,}44 \times 1 = 5.300\ t$$

$$\Sigma T = 511 \times 1{,}44 \times 1 = 730\ t$$

$$n_3 = \frac{(5300 \times 0{,}233)\ 75{,}5}{75{,}5 \times 730 + 2160} = 1{,}55$$

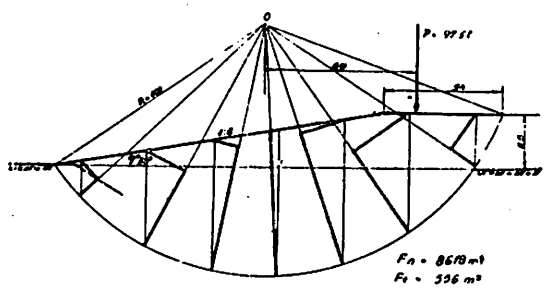
Iz ovih proračuna i dobijenih vrednosti za koef. sigurnosti, proizilazi, da i u najnepovoljnijim slučajevima data visina etaže sa datim nagibom kosine ima potpunu sigurnost protiv klizanja, odnosno stabilnost.

C. Dato je (sl. 4):

— visina etaže . . . . . 25 m
— nagib kosine . . . . . 1 : 6
— ugao unutr. trenja $\varphi_1 = 19°18'$
$\varphi_2 = 13°00'$
$C_1 = 1{,}62$;
$C_2 = 0$
$\gamma_1 = 1{,}75$;
$\gamma_2 = 1{,}44$

— opterećenje odlagača P = 97,5 t na 15 m od ivice kosine etaže.

Traži se vrednost koef. sigurnosti gornje kosine etaže za date slučajeve sastava materijala.



Sl. 4 — Poprečni profil etaže odlagališta „Turija"
Fig. 4 — Lateral section of a level in Turija disposal

Grafičkim proračunom date kosine etaže (sl. 4) dobijaju se vrednosti:

$T = 556$ m²
$N = 8.618$ m²
$R = 132{,}5$ m
$L = 287$ m

Koef. sigurnosti date kosine sa opterećenjem odlagača za slučaj da materijal koji se odlaže ima: $\varphi = 19°18'$, $tg\,\varphi = 0{,}35$

$C = 1{,}62$
$\gamma = 1{,}75$
$\Sigma N = N \cdot \gamma \cdot 1 = 8.618 \times 1{,}75 \times 1 = 15.000$ t

$$\Sigma T = T \cdot \gamma \cdot 1 = 556 \times 1{,}75 \times 1 = 980 \text{ t}$$

$$n_1 = \frac{(\Sigma N \times \operatorname{tg}\varphi + CL) \times R}{R \times \Sigma T + P \times a} = \frac{(15.000 \times 0{,}35 + 1{,}62 \times 287) \times 132}{132 \times 810 + (20{,}5 \times 69 + 20{,}5 \times 76{,}5)}$$

$n_1 = 5{,}5$ t.j. $5{,}5 > 1{,}5$

Koef. sigurnosti date kosine etaže sa opterećenjem odlagača za slučaj da materijal koji se odlaže ima:

$$\varphi = 13^\circ;$$
$$\operatorname{tg}\varphi = 0{,}233$$
$$c = 0$$
$$\gamma = 1{,}44$$

$\Sigma N = N \times \gamma \times 1 = 8618 \times 1{,}44 \times 1 = 12.500$ t
$\Sigma T = T \times \gamma \times 1 = 556 \times 1{,}44 \times 1 = 810$ t

$$n_2 = \frac{(\Sigma N \times \operatorname{tg}\varphi + CL) R}{R \cdot \Sigma T + P \cdot a} = \frac{(12.500 \times 0{,}233 + 0) 132}{132 \times 810 + 3.000}$$

$n_2 = 3{,}45$ tj. $3{,}45 > 1{,}5$

Iz jednog i drugog proračuna proizilazi da se pri datom nagibu, za visinu etaže od 25 m, dobija i suvišna sigurnost stabilnosti kosine. Formiranje kosine 1 : 6 je izvodljivo, bilo pomoću dodatnog bagera dreglajna, bilo formiranjem kupa materijala koje zbog povećanja tangencionalnih komponenata dovode do samo-klizanja materijala niz kosinu etaže odlagališta.

D. Dato je (sl. 5)

— visina etaže . . . . . 25 m
— nagib kosine . . . . . 1 : 5
— ugao unutr. trenja:

$$\varphi = 13^\circ;$$
$$\operatorname{tg}\varphi = 0{,}233$$
$$c = 0$$
$$\gamma = 1{,}44$$

— opterećenje odlagača $P_1 = 20{,}5$ t i 20,5 t
— opterećenje odloženih masa u obliku kupe sa $P_2 = 520$ t i $P_3 = 760$ t.

Traži se koef. sigurnosti gornje kosine i kada nastaje samoklizanje formiranih kupa odloženog materijala niz formiranu kosinu 1 : 5.

Grafičkim proračunom donje kosine etaže (sl. 5) dobijaju se sledeći parametri:

$$N = 6{,}280 \text{ m}^2$$
$$T = 752 \text{ m}^2$$
$$R = 99 \text{ m}$$

$$P_2 = 2 \times (\frac{15}{2} \times 24) \times 1 = 360 \text{ m}^3 \times 1{,}44 = 520 \text{ t}$$

$\Sigma N = N \times \gamma \times 1 = 6280 \times 1{,}44 \times 1 = 9.043$ t
$\Sigma T = R \times \gamma \times 1 = 752 \times 1{,}44 \times 1 = 1.083$

$$n_1 = \frac{(\Sigma N \times \operatorname{tg}\varphi) R}{R \times \Sigma T + (P_1 \times a_1 + P_2 \times a_2)}$$

$$n_1 = \frac{(9043 \times 0{,}233) 99}{99 \times 1083 + (3.440 + 520 \times 45)} = 1{,}55$$

Za slučaj da je $P_3 = 760$ t $(\frac{15}{2} \times 24) + (\frac{15}{2} \times 45) \times 1$

$$n_2 = \frac{(\Sigma N \times \operatorname{tg}\varphi) \times R}{R \times \Sigma T + (P_1 \times a_1 + P_3 \times a_3)}$$

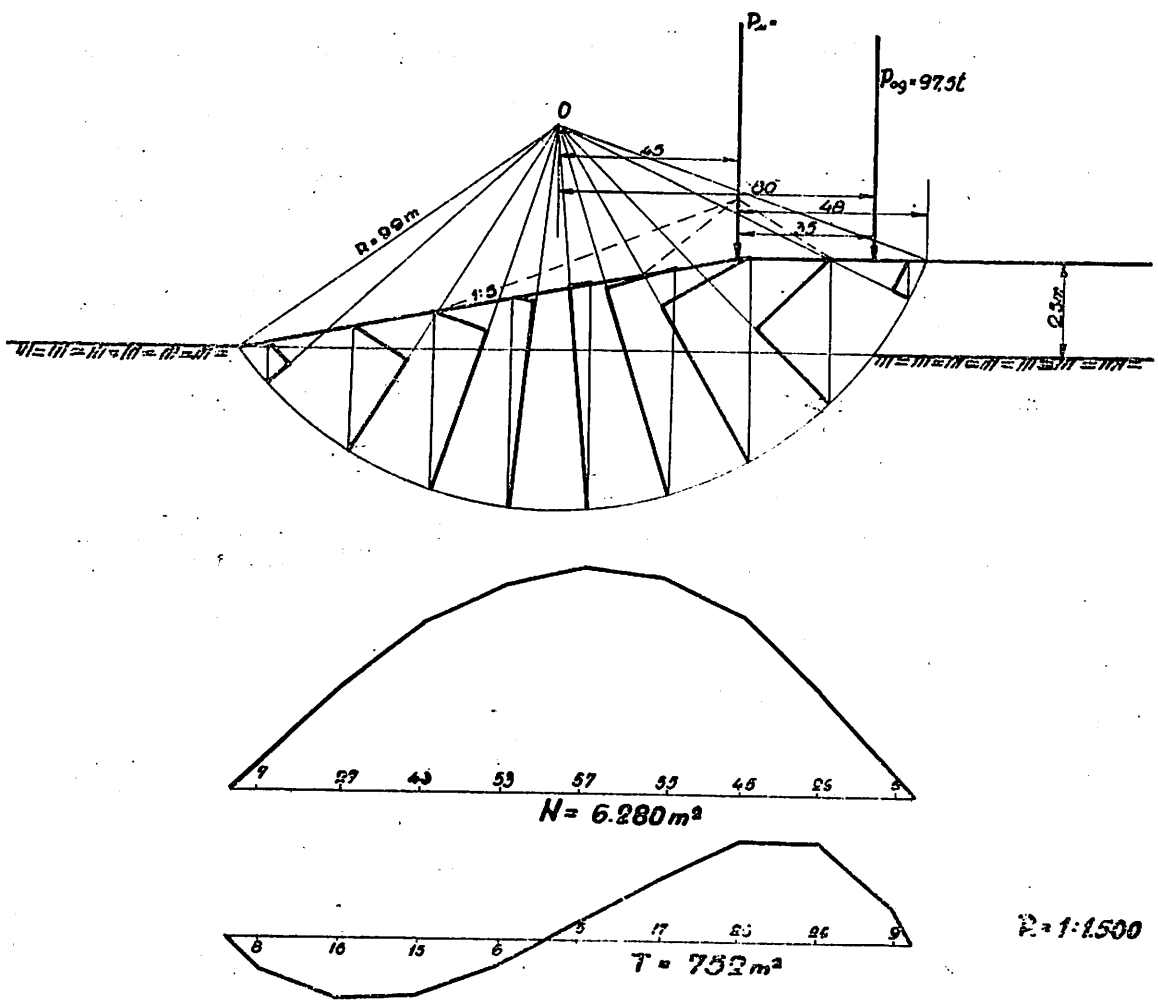
$$n_2 = \frac{(9043 \times 0{,}233) \times 99}{99 \times 1083 + (3.440 + 760 \times 45)} = 1{,}41$$

Iz ovih proračuna sledi, da do opterećenja formiranih kupa na obronku kosine etaže do $P_2 = 520$, pored odlagača postoji stabilnost kosine. Povećanjem opterećenja nagiba kosine etaže preko većeg opterećenja formiranih kupa odloženog materijala kod $P_3 = 760$ t, dobija se vrednost za $n_2 = 1{,}41$, tj. već nastaje samoklizanje mase odloženog materijala niz datu kosinu etaže, tako da se isti zaustavlja na kosini 1 : 6 i 1 : 7. Prestankom povećanja opterećenja P_3 i P_2 nastaje zaustavljanje samo-klizanja materijala. Na taj način se omogućava, da se sa jednog položaja odlagača odnosi znatno veća masa jalovine bez dopunskog pomeranja koloseka. Pomeranje duplog bagerskog koloseka i dovoznog koloseka pričinjava posebne teškoće

u radu, a posebno iziskuje duže zastoje čitavog pogona i osetno smanjenje kapaciteta postrojenja.

Samo-klizanje odloženog materijala niz kosinu etaže može se, sa poznavanjem datog materijala a izuzetno sa njegovim geo-mehaničkim osobinama, potpuno uspešno ekonomski da izvodi. To potvrđuju višegodišnja praksa i ostvareni rezultati.

Pri ovom, treba naglasiti da odnosni materijal nakon planiranja ima rastresitost 3% do 4,5%, što je sasvim dovoljno za stabilnost i sigurnost postrojenja na platou formiranog odlagališta.



Sl. 5 — Poprečni profil etaže odlagališta „Turija" sa samo-klizanjem odloženih masa.

Fig. 5. — Lateral section of a level in Turija disposal (self-sliding of disposed matter

Odlaganje na ravničarskoj deponiji. — Na izbor načina rada odlaganja jalovine na ravničarskoj deponiji (odlagalištu) u dolini reke Turije uticali su sledeći faktori:

— konstrukcija i tehničke karakteristike odlagača;

— geomehaničke osobine materijala koji se odlagao;

— iskorišćenje kapaciteta odlagača i ostalih ugrađenih kapaciteta na površinskom kopu.

Na sl. 6 dat je završni poprečni profil odlagališta sa dispozicijom odlagača i pratećih postrojenja.

Otkopne mase krovinskih naslaga sa površinskog kopa dopremaju se kompozicijama sastavljenim od električnih lokomotiva i vagona istresača zapremine 25 m^3, preko duplog elektrificiranog koloseka širine 900 mm na srednjem odstojanju 6.500 m. Bezbednost saobraćaja od otkopa do odlagališta regulisana je posednutim punktovima i svetlosnim signalima ispred i iza njih. Čitava trasa saobraćajnice i određena mesta na pogonu povezani su duplom telefonskom vezom (induktorski i automatski telefoni).

Od obrtne tačke na ulasku odlagališta, postavljen je jednostruki pomerljivi kolosek 900 mm sa »Nebelung priborom«. Ovaj pomerljivi kolosek snabdeven je bočnim kontaktnim vodom za napajanje električnih lokomotiva električnom energijom. Ulazak kompozicije na odlagalište je takav, da električna lokomotiva potiskuje ispred sebe vagone natovarene jalovinom do kanala odlagača. Dužina pomerljivog koloseka je iz godine u godinu različita, a srednja dužina je 900 m. Trasa pomerljivog koloseka na odlagalištu ima blagi uspon, tako da na kraju odlagališta od 100 m ima uspon oko 7‰. Poluprečnik krivine koloseka nije ispod 80 m.

Brzina kretanja kompozicije sa električnom lokomotivom na stabilnom koloseku sa punim vagonima iznosi 25—30 km/h, a na odlagalištu na pomerljivom koloseku 10 do 15 km.

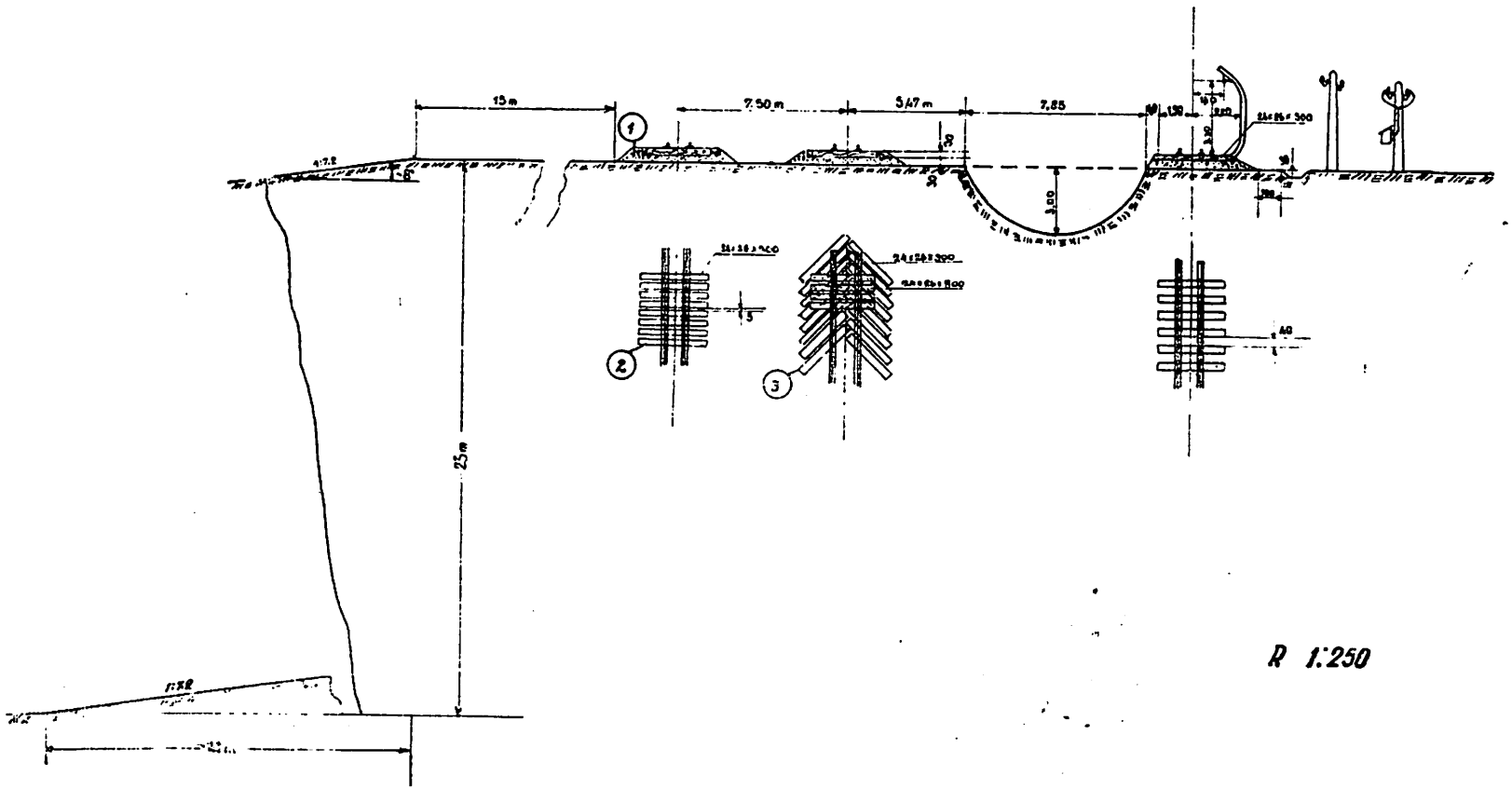
Zaustavljanje kompozicije na kanalu odlagača vrši se tako, da električna lokomotiva bude uvek iza zone kanala pored koloseka. Pre početka istresanja vagona sa jalovinom isključi se dovod toka jednosmerne struje napona 1.200 V, tako da se dobije potpuna bezbednost pri radu. Radilište na kipi je snabdeveno uvek dovoljnim brojem električnih sijalica, tako da radnici uvek imaju pregledno radilište. Kanal pored koloseka u koji se vrši istresanje jalovine dubok je oko 3 m a širok 7,85 m. Dužina kanala varira od 30 do 100 m u zavisnosti od niza okolnosti na odlagalištu. Vreme trajanja pražnjenja 10 punih vagona zapr. 25 m^3, kada je vreme suvo i materijal prirodno vlažan, iznosi od 2 do 4 minute. U zimskom periodu ovo vreme se i upetostruči. Ispražnjena kompozicija se povlači ka obrtnoj tački, gde čeka puna kompozicija na slobodan prolaz ka odlagaču. Bager odlagač postavljen je na dva koloseka širine 900 mm sa rastojanjem između osovina koloseka 7,50 m, i može da se pomera duž fronta odlagališta na dužini oko 800 m.

U zavisnosti od svojstva materijala odlagališta, vremenskih uslova i položaja odlagača na kipi vrši se izrada donje podloge koloseka. Težina bagera odlagača od 618 t daje osovinski pritisak od 25,5 t ili 20,2 t na 1 m dužni koloseka. Ovaj pritisak sa konstrukcijom donje podloge koloseka može da rezultira u sledeće vrednosti:

Za nalegnu površinu pragova 15.500 cm^2 na 1,30 kg/cm^2
Za nalegnu površinu pragova 26.200 cm^2 na 0,77 kg/cm^2
Za nalegnu površinu pragova 60.000 cm^2 na 0,335 kg/cm^2

Bager odlagač kopa masu jalovine iz kanala i preko predajnog bunkera prenosi istu na istovarnu traku dužine 47 m.

Brzina istovarne trake širine 1.600 mm iznosi 2,5 m/sec. Ova traka može da se vertikalno izdiže maks. 18,5 m i min. 1,50 m iznad nivoa na kome odlagač stoji. Horizontalno zaokretanje istovarne trake iznosi 180 ± 20°. Maksimalno približavanje odlagača od ivica kosine etaže do bočnog koloseka odlagača sme da iznosi 15 m za visinu etaže od 25 m i nagiba 1 : 7. Odlaganje jalovine odlagačem vrši se na taj način, što odlagač kopajući jalovinu iz jarka kreće duž kanala i istovremeno odlaže jalovinu u upravnom položaju istovarne trake, tj. pod horizontalnim uglom 90° između trake i koloseka bagera. Nakon zapunjavanja pod gornjim uglom, istovarna traka horizontalno zaokreće do 48° i popunjuje slobodan prostor između početne ivice kosine i prethodno odloženih masa. Na taj način, u međuvremenu, formira nagib kosine etaže od 1 : 5. Tada je odstojanje ose odlagača od ivice nagiba oko



Sl. 6 — Radna dispozicija na odlagalištu „Turija"

Fig. 6 — Working disposition on Turija disposal

35 m. Odlagač sada formira kupe odložene mase jalovine visine do 15 m i postepeno nastaje samo-klizanje odložene mase niz kosinu etaže sve dok ista ne formira nagib 1 : 6, 1 : 7 ili više. Kada prestane samo-klizanje odloženog materijala, onda se pristupa pomeranju koloseka odlagača i dovoznog pomerljivog koloseka za oko 33 m.

Pomeranje dovoznog i bagerskih koloseka vrši se turnodozerom ili buldožerom sa specijalnim uređajima za zahvatanje glave šine koloseka kao i specijalnom pomeračicom sledećih karakteristika:

— fabrikat	Krupp
— težina u radu	44 t
— dužina pomeračice . . .	24,55 m
— visina zadizanja koloseka .	0,30 m
— brzina pri merenju . . .	15 km/h
— širina bočnog pomeranja .	0,30 m
— min. radius krivine . .	80 m
— snaga dizel motora . .	25 KS
— transport sa parnom lokomotivom	

Pomeračica koloseka pri suvom vremenu postiže:

— 100 m jednostrukog pomerljivog koloseka pomeri bočno na odstojanju od 20 m za 8 časova efektivnog rada, kada su sve pretpripremne radnje završene;

— 900 m dvostrukog pomerljivog koloseka pomeri bočno na odstojanju od 20 m za 8 časova efektivnog rada.

Turnodozer sa kranskom glavom pri suvom vremenu, kada su sve prethodne pripremne radnje izvršene postiže sledeće:

— 800 m′ jednostrukog pomerljivog koloseka pomeri bočno na odstojanju od 30 m za 8 časova efektivnog rada.

Za pomeranje koloseka odlagača i dovoznog koloseka potrebno je angažovati i radnike za radove (radni dan × radnik) — za pomeranje 100 m′ trostrukog koloseka na bočnom odstojanju 33 m i to:

za pomeranje koloseka . .	15 radnih dana × radnik
za regulisanje koloseka . .	356 radnih dana × radnik
za regulisanje instalacija . .	6 radnih dana × radnik
Svega:	377 radnih dana × radnik.

Pomeranje bagerskih koloseka na odlagalištu izvršeno po godinama:

1958. god.	365 m′	koloseka	na	315 m	bočnog odst. odn.	124.500 m²
1959. god.	395 m′	”	”	165 m	” ” ”	73.000 m²
1960. god.	460 m′	”	”	150 m	” ” ”	57.150 m²
1961. god.	480 m′	”	”	170 m	” ” ”	111.070 m²

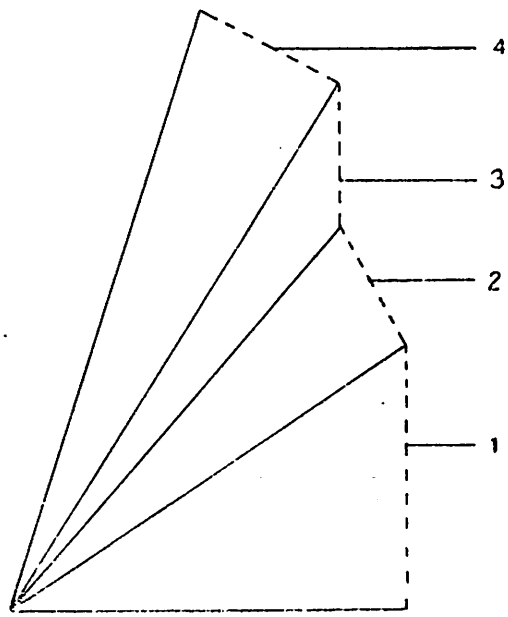
Srednje godišnje pomeranje koloseka na odlagalištu za navedeni period iznosilo je: 425 m′ koloseka na bočnom odstojanju 199 m′ ili (199 : 33 = 6) oko 6 pomeranja godišnje; za isto vreme, prosečno, godišnje je odloženo oko 2,235.000 m³ č.m, ili jedno pomeranje omogućilo je odlaganje oko 371.000 m³ č.m jalovine. Pri ovom, treba posebno naglasiti da je formiranje odlagališta vršeno radijalno, što iziskuje češće pomeranje koloseka na kraju fronta odlagališta u odnosu na paralelan rad odlaganja.

Vremensko iskorišćenje bagera odlagača na ravničarskoj deponiji po godinama iznosilo je:

	1958. god.	1959. god.	1960. god.	1961. god.
Efektivni radni časovi	1.757 h	2.482	3.239	3.823
Mogući broj radnih časova	4.700	4.700	4.700	4.700
Vremensko iskor. rada	37,5%	52,5%	67,5%	83,5%

Na pražnjenju vagona i održavanju dovoznog koloseka na ravničarskoj deponiji radi 10 radnika u smeni.

S obzirom da je samoniklo tlo u početnoj fazi formiranja imalo nagib odnosno pad od 2° i 3°, to se je pre zatrpavanja slobodnog prostora vršilo skidanje kultura, stabala i preoravanje nagibnih površina. Kasnije, kada je samoniklo tlo imalo horizontalan položaj i visina kote dostigla 20—25 m, izostalo je pretpripremanje slobodnih površina.



Sl. 7 — Dinamika pomeranja koloseka na odlagalištu „Turija" 1 — Položaj koloseka 1959; 2 — Položaj koloseka 1960. god; 3 — Položaj koloscka 1961; 4 — Položaj koloseka 1962. godine.

Fig. 7 — A graph of track movement at Turija disposal 1. Track's position 1959; 2. Track's position 1960; 3. Track's position 1961; 4. Track's position 1962,

U zimskom periodu, kada su padavine snega veće, zapunjavanje slobodnih površina vršeno je posle skidanja snega pomoću buldožera ili bagera dreglajna M-7200.

Odvodnjavanje površinskih voda i oceđivanje atmosferskih taloga vršeno je obodnim i prečnim kanalima. Posebni radovi na odbrani od površinskih voda nisu vršeni, izuzev prethodne regulacije reke Turije o kojoj je bilo ranije reči. Tokom odlaganja, buldožeri, a kod formiranja odlagališta bager dreglajn Marion 7200, dali su poseban prilog za siguran rad odlagača. Kada je odlagalište oformljeno, potreba za bagerom dreglajnom Marion 7200 je otpala, ali bilo je potrebno stalno angažovati dva buldožera. Tokom rada na odlagalištu su se javljale pukotine na prostoru od ivice kosine odlagališta na dva do tri metra od bagerskog koloseka.

Pri zatrpavanju slobodnog prostora ispred odlagališta formirala su se uzvišenja nad niveletom odlagališta, a naročito kod ivice kosine odlagališta, od 10 do 20% visine odlagališta na datom mestu. Ta uzvišenja su kod sledećeg pomeranja koloseka ka kosini etaže došla na niveletu odlagališta.

Poprečni profili odlaganja u Turiji, dinamika odlaganja, stvarni koef. rastresitosti, analiza troškova otkopavanja, transporta i odlaganja

Na sl. 8 dati su karakteristični poprečni profili ravničarske deponije u dolini reke Turije za različite visine sa odgovarajućim iskopima po godinama:

— Odlagalište sa visinom 10 m imalo je: 1960. god. nagib 27°; 1961. nagib 25°; 1962. god. nagib 24°30′;

— Odlagalište sa visinom 19 m imalo je: 1960. god. nagib 10°; 1961. god. nagib 11°; 1962. god. nagib 6°;

— Odlagalište sa visinom 22,7 m imalo je: 1960. god. nagib 5°30′; 1961. god. nagib 7°30′; 1962. god. nagib od 5°30′;

— Odlagalište sa visinom 25,7 m imalo je: 1960. god. nagib od 7°30′ a 1962. god. nagib 5°30′;

— Stanje nagiba etaže dato je za svaku godinu na dan 1. januara.

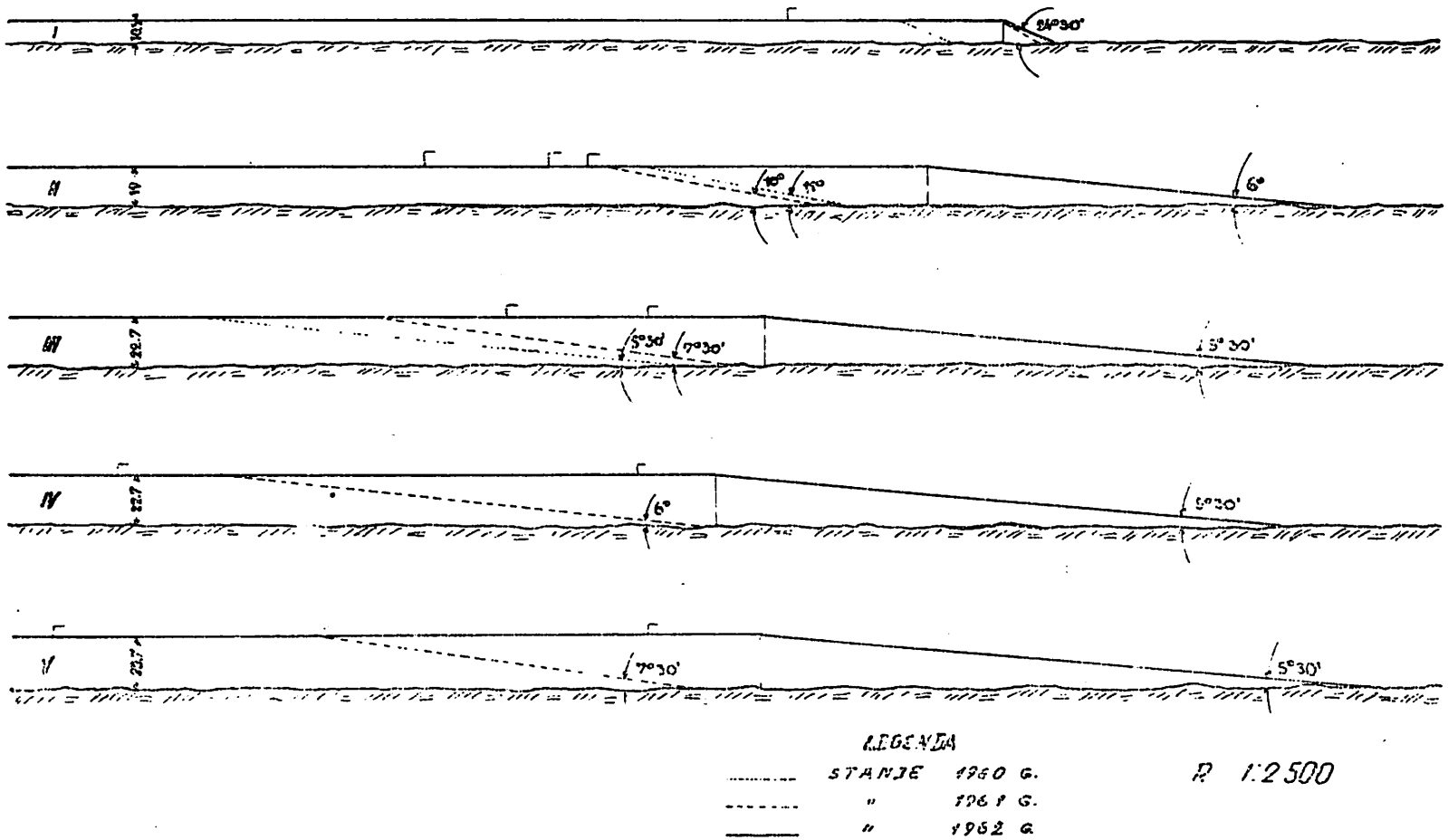
— Stanje odlagališta u suvom periodu (1. VII 1962. god.) za pojedine karakteristične visine je bilo:

visina od 17 m imala je nagib kosine 1 : 5 ili 11°10′

visina od 20 m imala je nagib kosine 1 : 7,5 ili 7°30′

visina od 26 m imala je nagib kosine 1 : 8,3 ili 7°.

Bočni nagibi odlagališta u letnjem periodu imaju veći ugao od ugla u zimskom periodu. I jedan i drugi imaju veću vrednost od normalne, jer je samo-klizanjem materijala



Sl. 8 — Stanje kosina etaže na deponiji „Turija" po godinama.

Fig. 8 — Stand of oblique cross courses at Turija disposal.

niz bokove kosina formirana niska vrednost nagibnog ugla, a tim potpuna sigurnost odlagališta i mogućnost da se sa što manjim brojem pomeranja koloseka odloži što veća masa jalovine.

Količine odložene mase jalovine po godinama u zavisnosti površine pomeranja koloseka iznose:

Godina	Količ. odložene mase u m³ č.m	Pomeranje koloseka u m²	Jedinačno m³ č.m/m²
1958.	1,229.442	124.500	9,9
1959.	1,833.551	73.000	25
1960.	2,089.016	57.150	39
1961.	3,359.656	111.070	30

Od početka formiranja ravničarske deponije u dolini reke Turije do geodetskog snimanja evidentiran je smeštaj jalovine od 9,052.176 m³ č.m. Geodetsko snimanje dalo je količinu 9,396.700 m³ č.m.

Iz toga proizilazi da odložena masa jalovine ima koef. rastresitosti 4,3% i da je sleganje tj. zbijenost izvršena za oko 24%.

Uporedni pregled proizvodnih troškova otkopavanja, transporta i odlaganja jalovine sa ukupnim troškovima (cena koštanja) označenim sa 100% u 1958. godini:

1958. god.	cena	100%
1959. god.	cena	100,50%
1960. god.	cena	94%
1961. god.	cena	80%

Od ukupne proizvedene količine jalovine na ravničarskoj deponiji smešteno je po godinama i to:

1958. god.	67,5%
1959. god.	63,2%
1960. god.	57,3%
1961. god.	81%.

Mogućnost visinskog odlaganja uporedo sa dubinskim odlaganjem sa odgovarajućim parametrima i tehnologijom

Na sl. 9 dat je vertikalni i horizontalni prikaz uporednog odlaganja dubinskog i visinskog odlaganja jalovine na ravničarskoj deponiji.

Na formiranoj dubinskoj etaži visine 12 m postavlja se odlagač na oko 20 m (odstojanje ose odlagača do ivice nagiba) od ivice nagiba kosine. Uporedo sa tim odlagač iskopa pored dovoznog koloseka kanal dubine oko 3 m a na dužini 80 do 100 m u zavisnosti od dužine kompozicije bez električne lokomotive. Nagib kosine etaže u dubinskom odlaganju je formiran od 24° ili 1 : 2,2. Na odstojanju od osovine dovoznog koloseka od 39 do 43 m već postoji oformljena visinska etaža sa bočnim nagibom oko 24° ili 1 : 2,2. Nastupanje odlagača odvija se u deonicama slobodne širine oko 80 m od ivice nagiba kosine do nožice visinske etaže.

Bager odlagač u svom napredovanju najpre zapunjava dubinski deo u dve kupe i to prvo pod uglom 90° (horizontalni ugao između istovarne trake i osovine bagerskog koloseka.) Vertikalno odstojanje istovarne trake od nivelete koloseka je oko 10 m. Kad je zapunjen prostor ispred etaže, visine oko 15 m, istovarna traka zaokreće pod uglom od 40° do 45° i odlagač zapunjava međuprostor u istoj visini kao ispred kupa. Pošto se na taj način zapuni dubinski deo deponije na dužini od 80 do 100 m, istovarna traka zaokreće horizontalno za 160° do 180° i počinje sa formiranjem visinske etaže do 16,5 m iznad nivoa koloseka. U međuvremenu buldožerima se poravnjavaju kupe u dubinskoj etaži do nivelete koloseka i zapunjavaju slobodne površine. Međutim, istovremeno nastaje zauzimanje stalne kosine bočne strane kupe od oko 24° na slobodnoj površini. Posle rasplaniranja buldožerom dubinskog dela etaže dobije se ravna površina širine 32 do 35 m.

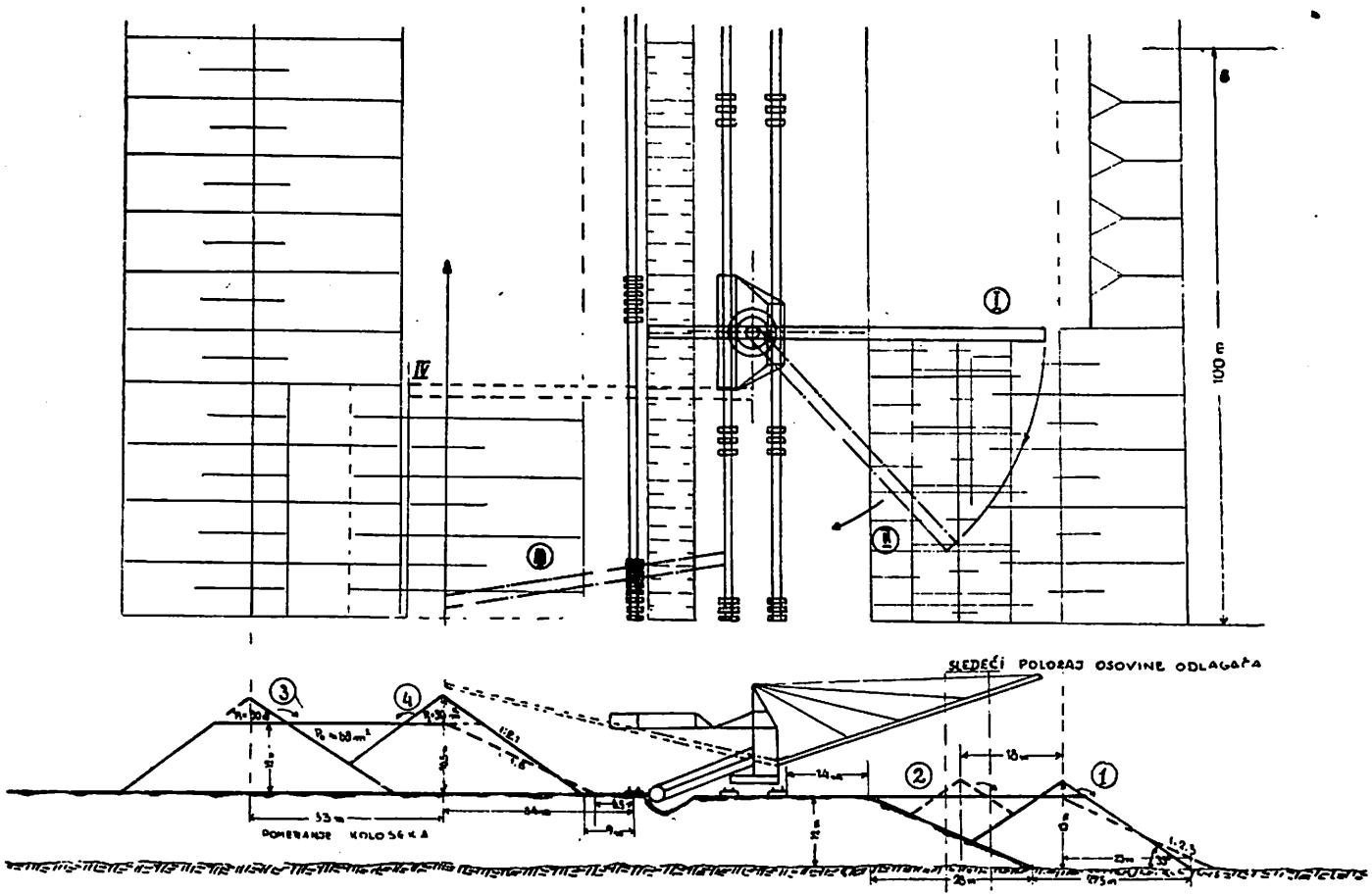
Zapunjavanje visinskog dela ide u jedinstvenoj kupi na dužini 80 do 100 m. Kada buldožeri završe planiranje dubinskog dela, prelaze na planiranje visinskog dela, tako da se dobije ravna površina visine 12 m iznad nivelete koloseka. Na taj način završen je tehnološki proces na datoj deonici.

Takvim odlaganjem jalovine na ravničarskoj deponiji može da se smesti sledeća masa jalovine:

u dubinskoj etaži oko 450 m³ č.m/m etaže
u visinskoj etaži oko 346 m³ č.m/m etaže

Svega oko: 796 m³ č.m/m etaže

Na deonici dugačkoj 100 m u visinskom i dubinskom odlaganju može da se smesti bez pomeranja koloseka 79.600 m³ č.m jalo-



Sl. 9 — Odlaganje jalovine sa parametrima za visinsko i dubinsko uporedno odlaganje.

Fig. 9 — Deads disposals with parameters for height, depth and parabiel disposing.

vine. Paralelnim napredovanjem odlaganja sa fiksnom obrtnom tačkom i poluprečnikom krivine koloseka 100 m, može se dobiti za date uslove radni front dužine 550 do 600 m.

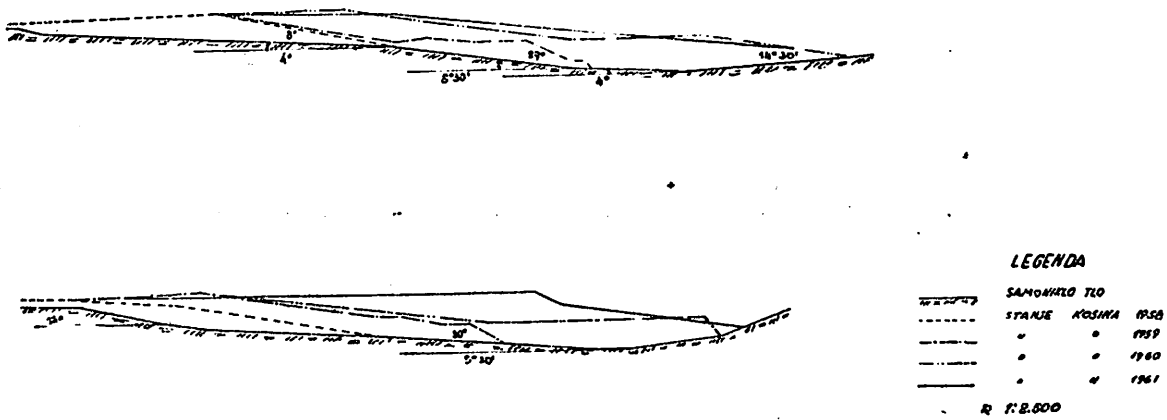
Pošto se na dužini deonice od 100 m dobija mogućnost smeštaja oko 79.600 m³ č.m to se na datoj dužini radnog fronta sa paralelnim napredovanjem, jednim pomeranjem koloseka za 33 m može smestiti 477.000 m³ č.m jalovine. Da bi se godišnje smestilo 3,350.000 m³ č.m potrebno je pomeriti kolosek dužine oko 600 m godišnje sedam puta, što predstavlja dopunske teškoće i smanjenje vremena rada odlagača.

Proračun stabilnosti odlagališta za rad odlagačem. — Na sl. 10 dat je poprečni profil dubinske etaže visine 12 m i položaj odlagača sa odstojanjem 25 m od osovine odlagača. Iz sl. 2 vidi se da je ta dispozicija daleko izvan kritične zone isto kao i sam odlagač. U koliko bi došlo do izmene geomehaničkih osobina materijala na niže vrednosti npr. $\gamma = 1{,}44 : C = 0$ i $\varphi = 13°$, $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}233$, tada bi se dobilo:

$$N = F_N \cdot \gamma \cdot 1 = 339 \times 1{,}44 \times 1 = 488 \text{ t}$$
$$T = F_T \cdot \gamma \cdot 1 = 83 \times 1{,}44 \times 1 = 110 \text{ t}$$

$$n = \frac{N \times \operatorname{tg}\varphi + CL}{T} = \frac{488 \times 0{,}233}{110} = 1{,}03$$

što ne odgovara tehničkim normama za stabilnu kosinu date etaže. U tom slučaju ili treba preduzeti mere za dopunsko sabijanje materijala koji se odlaže ili povećati nagib kosine odnosno smanjiti ugao nagiba kosine etaže.



Sl. 10 — Stanje završnih kosina padinske deponije po godinama

Fig. 10 — Stand of oblique end courses according to years

oko 20 m od ivice kosine 1 : 2,25. Za geomehaničke osobine materijala koji se odlaže ($\varphi = 19°18'$; $C = 0{,}162$ i $\gamma = 1{,}75$) dobija se kritična širina u zoni date kosine širine od 14,5 m. Datim proračunom, za gornji nagib kosine i visine dubinskog odlaganja dobija se koef. sigurnosti stabilnosti kosine 1,50, što odgovara tehničkim uslovima za stabilnost kosine.

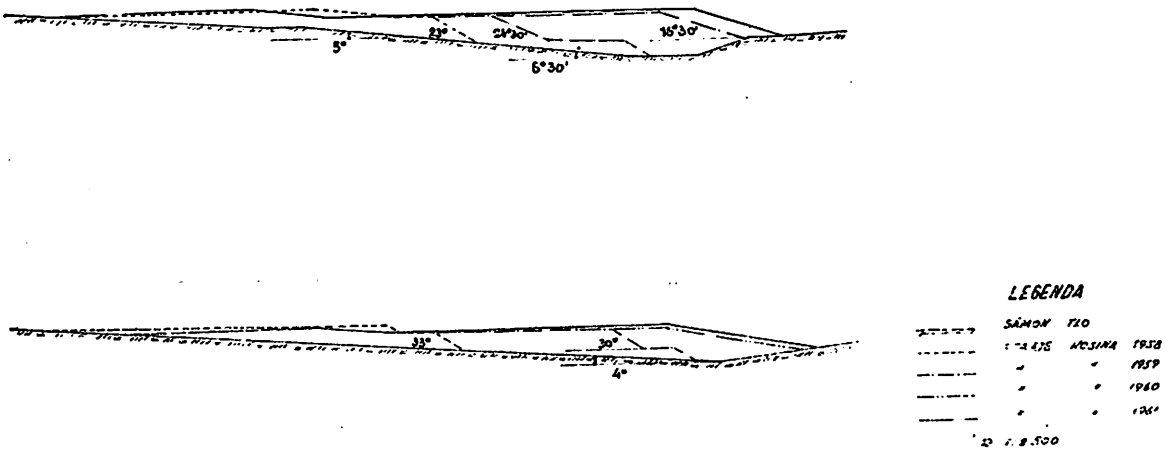
Dispozicijom postrojenja na sl. 8 dato je odstojanje nožice kosine visinske etaže od

Optimalne visine i ostali parametri etaža odlagališta kod mehanizovanog i nemehanizovanog odlaganja na padinskim odlagalištima

Idejnim projektom datog odlagališta predviđeno je da se na padinskoj deponiji »Veliko polje« smesti 2,500.000 m³ č.m ili 3,757.120 m³ r.m jalovine u tri etaže sa dubinskim odlaganjem. Koef. rastresitosti pri ovim uslovima iznosi 1,50.

Deponija »Veliko polje« smeštena je južno od polja »A«. Kroz jarugu deponije prolazi industrijska pruga i potok Belan koje treba premestiti.

sa jalovinom nailaze na slobodnu površinu ali tako, da lokomotiva ostaje izvan slobodnog prostora. Dužina slobodnog prostora iz-



Sl. 11 — Stanje završnih kosina padinske deponije po godinama

Fig. 11 — Stand of oblique end courses according to years

Predviđeno je da završeni ugao kosine odlagališta iznosi 9°30′ ili 1 : 6.

Za srednji godišnji kapacitet sa dva bagera kašikara i ručno sa upotrebom pluga, predviđeno je 800.000 m³ č.m za tri godine, s tim da prva godina bude 200.000 m³ č.m.

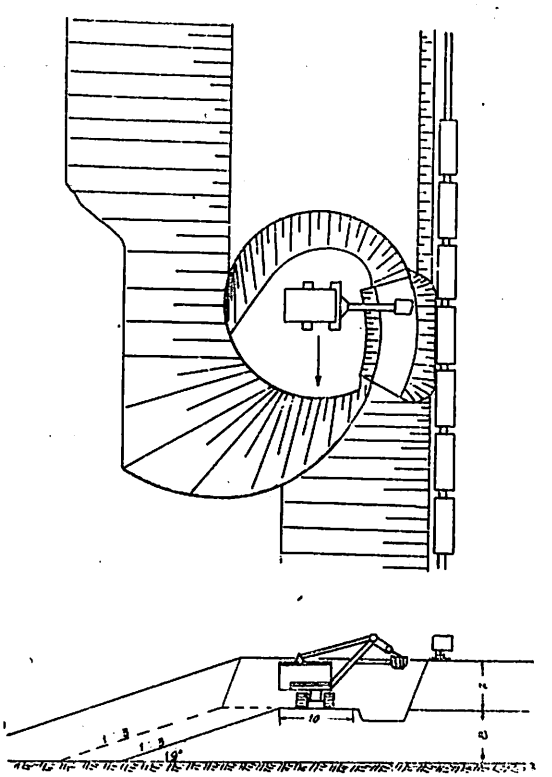
Na sl. 11 i 12 dati su karakteristični poprečni profili padinske deponije. Samoniklo tlo za zapunjavanje imalo je sledeće nagibe: 4°; 5°; 5°; 11°; 4°30′; 5°; 8°30′; 14°.

Odlaganje jalovine bagerom kašikarom na datoj etaži. — Na sl. 13 data je horizontalna i vertikalna dispozicija bagera kašikara i etaža sa kosinama.

Bager kašikar je postavljen na međuetažu širine 10—11 m. Visina dubinske etaže iznosi 8 m a bočni nagib kosine oko 19° ili 1 : 3. Kritična širina etaže ovog nagiba iznosi 11 m, za slučaj da se na istoj nalazi bager kašikar na odstojanju od 5 m od ivice kosine do ose bagera.

Visinska etaža od 7 m nalazi se sa svojom nožicom na 15 m od ose bagera. Bager sa isturenom kašikom od 13,5 m zahvata odstojanje do 2,5 m gornje ivice visinske etaže. Bočni nagib gornje etaže iznosi 1 : 1 do 1 : 3.

Pored same ivice gornje etaže postavljen je pomerljivi kolosek 900 m/m. Kompozicije



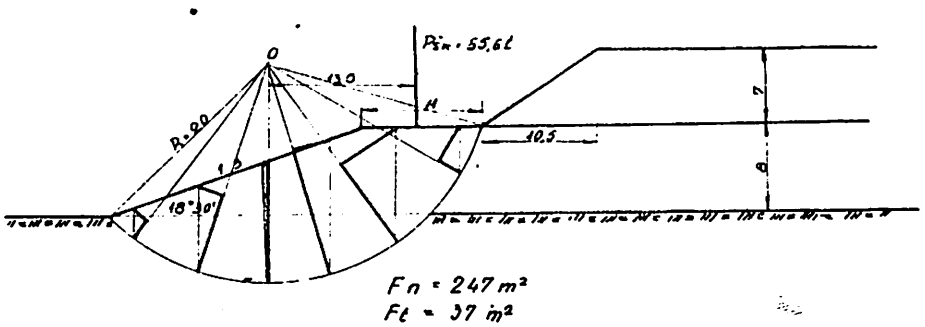
Sl. 12 — Deponovanje jalovine bagerom kašikarom na padinskoj deponiji

Fig. 12 — Disposing of deads by a clamshall excavator at the hill side disposal

nosi u zavisnosti od dužine kompozicije od 40 do 60 m. Vagoni puni jalovine prazne se u slobodan prostor na dubini od 7 m, dužine 40 do 60 m. Bočni nagib ove etaže iznosi 1 : 1 do 1 : 2, tako da se uvek obezbeđuje sigur-

Bager kašikar težine 122 t daje jedinično oštećenje na 1 m širine trake 55,6 t.

Traži se: koeficijent sigurnosti donje kosine sa oštećenjem samog materijala i bagera kašikara.



Sl. 13 — Poprečni profil etaža padinske deponije

Fig. 13 — Lateral section of levels at the hillside disposal

nost iste u zavisnosti od geomehaničkih osobina materijala.

Odložen materijal iz vagona bager kašikar zahvata kašikom zapremine 2,5 m³ i odlaže kružno, no tako, da najpre formira plato ispred sebe, potom bočni nagib, a tek na kraju u povlačenju visinsku etažu od 7 m širine 13—14 m. Buldožerom se u međuvremenu isplanira plato nad dubinskom etažom širine 11 do 12 m za naredni prolaz bagera. Kada se zapuni radni front dužine oko 400 m, izvrši se pomeranje koloseka za oko 15 m ka novoj kosini etaže.

Proračun bočnih kosina za rad bagerom kašikarom. — Na sl. 14 dat je poprečni presek donje etaže sa odgovarajućim parametrima.

Dato je:

$$\varphi = 19{,}8^\circ;\ \operatorname{tg}\varphi = 0{,}35$$
$$\gamma = 1{,}75$$
$$C = 1{,}62.$$

Grafičkim proračunom kosine 1 : 3 visine 8 m dobija se:

$$N = 247\ m^2 \text{ i } T = 37\ m^2$$
$$a = 13{,}5\ m;\ R = 20\ m;\ L = 41{,}8\ m$$

$$\Sigma N = F_N \times \gamma \times 1 = 247 \times 1{,}75 \times 1 = 430\ t$$
$$\Sigma T = F_T \times \gamma \times 1 = 37 \times 1{,}75 \times 1 = 64{,}8\ t$$

$$n = \frac{(\Sigma N \times \operatorname{tg}\varphi + c \cdot L) \cdot R}{R \cdot \Sigma T + P \cdot a} =$$

$$= \frac{(430 \times 0{,}35 + 1{,}62 \cdot 41{,}8)\ 20}{20 \times 64{,}8 + 55{,}6 \times 13{,}5}$$

$$n = 2{,}13$$

Tehničkim uslovima stabilnosti kosine etaže traži se da gornja vrednost iznosi 1,50 do 2,0. Dobijena vrednost je u granicama dozvoljenog.

Potrebno je napomenuti da ukoliko odloženi materijal ima druge geomehaničke osobine, treba promeniti odnos kosine, ili smanjiti ugao nagiba kosine etaže.

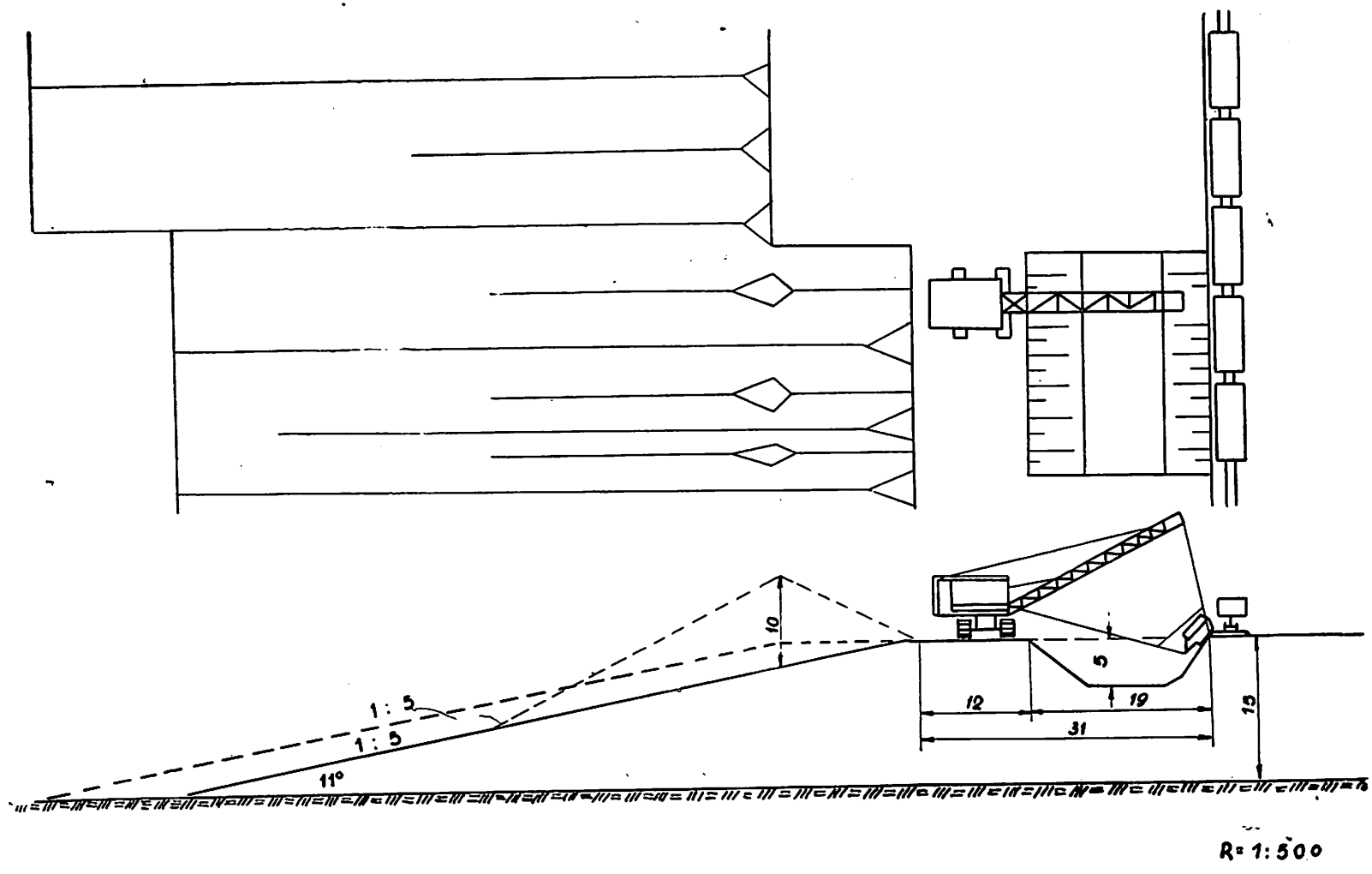
Bager kašikar ima to svojstvo u datim uslovima, da dobro zbija odloženi materijal i da povećava njegovu zapreminsku težinu.

Ostvareni kapacitet i ostali pokazatelji. — Bager kašikar Šk—E—25 postigao je u zavisnosti od broja radnih dana, odstojanja odlagališta od radne etaže i transportnih sredstava:

— za 236 radnih dana odloženo 432.871 m³ č.m/god.

— za 245 radnih dana odloženo 487,670 m³ č.m/god.

prosečno ostvarenje 2.120 m³ č.m/dan.



Sl. 14 — Odlaganje jalovine bagerom dreglajnom na padinskoj deponiji

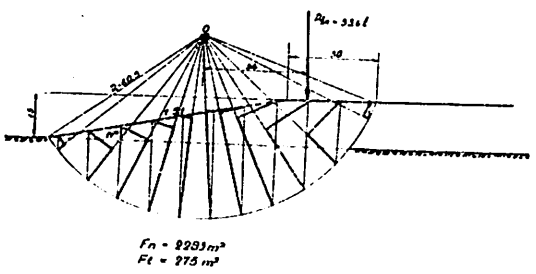
Fig. 14 — Disposing of deads by a drag-line excavator at the hillside disposal

Bager kašikar u sinhronizovanim uslovima može da odloži 700.000 m³ č.m/godišnje.

Pomeranje jednostrukog kloseka 900 m/m na odlagalištu, kada su sve prethodne pripremne radnje izvršene, vrši se sa sledećim parametrima:

100 m dužnih pomerljivog koloseka sa »Nebelung priborom« pomeri se buldožerom D-7 na bočnom odstojanju 15 m za 4 h. Na ovom radu utroši se 5 radnih časova za pomeranje i regulisanje kao i popravku koloseka.

Na pražnjenju vagona sa jalovinom i održavanju koloseka potrebno je 5 radnika u smeni.



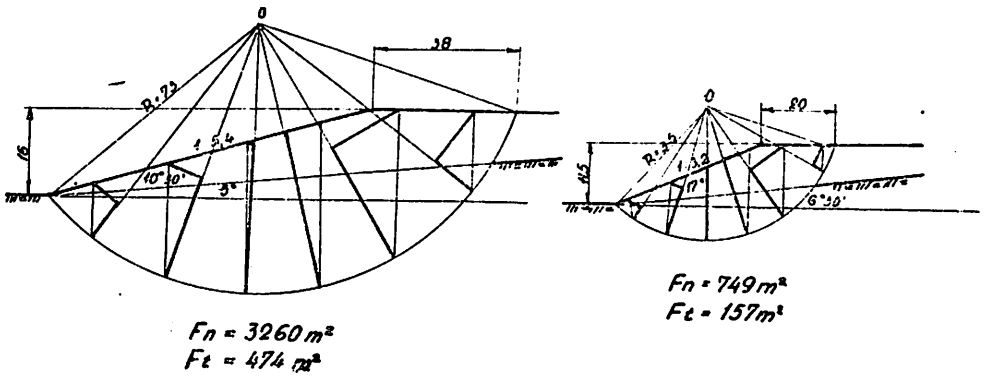
Sl. 15 — Završne kosine padinske deponije
Fig. 15 — Oblique end courses

Bager-dreglajn postavljen je na platou etaže visine 15 m na odstojanju 6,5 do 8,50 m od ivice kosine etaže do osovine bagera. Bočni nagib kosine etaže iznosi 11° ili 1 : 5.

Bager dreglajn iskopa kanal dubine oko 5 m, dužine 20 do 23 m, širine oko 19 m. Na ivici kanala postavljen je dovozni pomerljivi kolosek 900 m/m. Kompozicija punih vagona postavlja se tako, da lokomotiva bude uvek izvan kanala. Materijal iz vagona kipera smešta se u iskopan kanal. Bager dreglejn kopa materijal u kanalu i odlaže ga na suprotnu stranu pod uglom od 180° na odstojanju od osovine bagera na 21 do 22 m. Tom prilikom bager dreglajn formira postepeno kupu odloženog materijala niz kosinu etaže 1 : 5 visine do 10 m. Dostizanjem 10 m visine odloženog materijala, nastaje samo-klizanje jalovine niz nagib etaže 1 : 5.

Tom prilikom se formira bočni nagib 7°30′ do 11°. Kada se završi samo-klizanje materijala, bager dreglajn nastupa dalje ka završetku radnog fronta dužine oko 400 m. Buldožerima se posle toga vrši planiranje zasutog prostora u niveleti dovoznog koloseka širine oko 15 do 20 m.

Kada se zapuni radni front dužine do 400 m, onda se pristupa pomeranju koloseka za bočno odstupanje oko 20 m. Često usled datih okolnosti na odlagalištu pomeranje koloseka može da se vrši i posle 100 m zasutog



Sl. 16 — Završne kosine padinske deponije
Fig. 16 — Oblique end courses

Odlaganje jalovine bagerom dreglajnom na padinskoj etaži. — Na sl. 15 i 16 data je horizontalna i vertikalna dispozicija bagera dreglajna i etaže sa kosinom.

Ovo se obično dešava u zimskom periodu. radnog fronta. Kada je bočni nagib samoniklog tla ili ispod radnih etaža veći od 11° samo-klizanje materijala traje duže sve dok se ne postigne bočni nagib oko 7°. U tom slučaju pomeranje koloseka je znatno ređe.

Proračun bočne kosine etaže. — Na sl. 12 dato je:

— bager dreglajn Šk — E — 25 težine 122 t.

Povr. naleganje gusenice 11,6 m^2; spec. pritisak 1 kg/cm^2

$P = 10\ t/m^2 \times 5{,}56\ m \times 1{,}0\ m = 55{,}6\ t$
$a = 34\ m;$
$L = 128\ m;$
$R = 60{,}5\ m;$
$\varphi = 13^\circ;\ tg\,\varphi = 0{,}233$
$\gamma = 1{,}44$
$C = 0$

— grafičkim proračunom kosine 1 : 5,1 visine 15 m dobija se:

$N = 2.283\ m^2$
$T = 275\ m^2$

— kritična širina kosine 30 m.

Traži se: koefic. sigurnosti date kosine etaže sa rastrešenim materijalom i opterećenjem bagera.

$$\Sigma N = F_N \cdot \gamma \cdot 1 = 2283 \times 1{,}44 \times 1 = 3.300\ t$$

$$\Sigma T = F_T \cdot \gamma \cdot 1 = 275 \times 1{,}44 \times 1 = 400\ t$$

$$n = \frac{(\Sigma N \times tg\varphi + c \cdot L) \cdot R}{R \cdot \Sigma T \cdot P \cdot a} = \frac{(3.300 \times 0{,}233) \times 60{,}5}{60{,}5 \times 400 + 55{,}6 \times 34}$$

$n = 1{,}78$, što odgovara tehničkim uslovima za stabilnost kosina, jer je 1,78 veće od 1,50.

Bager dreglajn formirajući kupe i samoklizanje materijala niz kosinu etaže, stvara uslove za veću rastresitost materijala, odnosno zapreminska težina materijala dobija manju vrednost od početne.

Ostvareni kapaciteti odlaganja. — Bager dreglajn Šk — E — 25 u zavisnosti od broja radnih dana, odstojanja odlagališta od radne etaže i transportnih sredstava, ostvario je:

za 193 rad. d. odloženo je 376.597 m^3 č.m/g.
za 305 rad. d. odloženo je 646.417 m^3 č.m/g.
za 258 rad. d. odloženo je 565.570 m^3 č.m/g.

U proseku za 252 radna dana odloženo je 2.087 m^3 č.m/dan ili 525.924 m^3 č.m/god. Bager dreglajn Šk — E — 25 u sinhronizovanim uslovima može postići odlaganje 600.000 m^3 č.m/god.

Ručno odlaganje jalovine na padinskom jalovniku. — Ručno odlaganje jalovine je izvodljivo za visine 4—5 m. Ovo pak zahteva formiranje stepeničastog odlaganja, a samim tim izradu povratnih serpentina koloseka. Veliki usponi i serpentine zahtevaju upotrebu lakih lokomotiva i manjih vagona zapremine od 5 m^3. Ovakav način odlaganja dovodi do gubljenja vremena, velikog broja zaposlenih radnika, osnovnih sredstava, što sve zajedno daje visoku cenu koštanja otkopavanja, transporta i odlaganja jalovine.

Sa bagerima na otkopavanju, lokomotivama i vagonima na transportu postignuto je ručnim odlaganjem:

Bageri:

Kašikar — D — 500, fabrika Škoda ČSR 1948. god.

težina u radu	18 t,
zapremina kašike	0,5 m^3
teor. kapacitet	45 m^3/h.

Kašikar — PH — USA — 19 1. god.;

težina u radu	78 t;
zapremina kašike	2,65 m^3;
teor. kapac.	1975 m^3/h.

Lokomotive:

Kolben Danck —	175—000
težina u radu	21 t
osovinski pritisak	10,5 t
vučna sila	50 m
min. polupr. krivine	90 m/m
kolosek	30 km/h
maks. brzina	12 at.
radni pritisak kotla	nosti »k« i »p«).

Vagoni:

Vagoni zapremine 5 i 6 m^3 sa dve osovine koloseka 900 m/m na ručno istresanje.

Otkriveno i transportovano na oko 1.300 m i ručno odloženo:

1950. god. . . 73.944 m^3
1951. god. . . 284.780 m^3
1952. god. . . 406.340 m^3
1953. god. . . 506.124 m^3
1954. god. . . 573.956 m^3
1955. god. . . 630.184 m^3 (početno sa upotrebom bagera na odlaganju)

Završene kosine odlagališta na padinskoj deponiji. — U zavisnosti od visine etaže, nagiba samoniklog tla i geomehaničkih osobina materijala formirane su različite vrednosti završenih kosina etaže odlagališta.

Proračun završene kosine 1 : 2,3 za visinu 15 m na obronku etaže.

Na sl. 17 dat je poprečni profil sa odgovarajućim parametrima.

Grafičkim proračunom dobija se:

$N = 734\ m^2$ i $T = 198\ m^2$
$R = 37$ m; kritična širina kosine 22 m
$\varphi = 19°18'$ $tg\,\varphi = 0{,}35$
$\gamma = 1{,}75$
$c = 1{,}62$
$L = 71{,}5$

traži se koef. sigurnosti, tj. stabilnosti date kosine etaže.

$$\Sigma N = F_N \cdot \gamma \cdot 1 = 734 \times 1{,}75 \times 1 = 1.290\ t$$

$$\Sigma T = F_T \cdot \gamma \cdot 1 = 198 \times 1{,}75 \times 1 = 346\ t$$

$$n = \frac{\Sigma N \times tg\varphi + cL}{\Sigma T} = \frac{1290 \times 0{,}35 + 1{,}62 \times 71{,}5}{346}$$

$n = 1{,}63$, što je veće od 1,50.

Proračun završene kosine 1 : 3,2 za visinu 11,5 m nad ivicom kosine etaže.

Na sl. 18 dat je poprečni profil sa odgovarajućim parametrima.

Grafičkim proračunom dobija se:

$N = 749\ m^2$ i $T = 157\ m^2$
$R = 35$ m; kritična širina kosine je 20 m
$\varphi = 19°18' : tg\,\varphi = 0{,}35$
$\gamma = 1{,}75$
$c = 1{,}62$
$L = 69{,}8$ m

Traži se koef. sigurnosti, tj. stabilnost date kosine etaže.

$$\Sigma N = F_N \cdot \gamma \cdot 1 = 749 \times 1{,}75 \times 1 = 1.310\ t$$

$$\Sigma N = F_T \cdot \gamma \cdot 1 = 157 \times 1{,}75 \times 1 = 274\ t$$

$$n = \frac{\Sigma N \times tg\varphi + c \cdot L}{\Sigma T} = \frac{1310 \times 0{,}35 + 1{,}62 \times 69.8}{274}$$

$n = 2{,}08$ što je veće od 1,50.

Proračun završene kosine 1 : 5 za visinu 17 m nad ivicom kosine etaže.

Na sl. 15 dat je poprečni profil sa odgovarajućim parametrima.

Grafičkim proračunom se dobija:

$N = 3.225\ m^2$ i $T = 472\ m^2$
$R = 72$ m; kritična širina kosine je 37,5
$\varphi = 13°$; $tg\,\varphi = 0{,}233$
$c = 0$
$\gamma = 1{,}44$
$L = 69{,}8$ m

Traži se koef. sigurnosti, tj. stabilnosti date kosine:

$$\Sigma N = F_N \cdot \gamma \cdot 1 = 3.225 \times 1{,}44 \times 1 = 4.630\ t$$

$$\Sigma T = F_T \cdot \gamma \cdot 1 = 472 \times 1.44 \times 1 = 680\ t$$

$$n = \frac{N \times tg\varphi + c \cdot L}{\Sigma T} = \frac{4630 \times 0{,}233}{680}$$

$n = 1{,}57$ što je veće od 1,50.

Proračun završene kosine 1 : 5,4 za visinu 16 m nad ivicom kosine etaže.

Na sl. 13 dat je poprečni profil sa odgovarajućim parametrima.

Grafičkim proračunom se dobija:

$N = 3.260\ m^2$ i $T = 474\ m^2$
$R = 73$ m i kritična širina kosine 38 m
$\varphi = 13°$ $tg\,\varphi = 0{,}233$
$c = 0$
$\gamma = 1{,}44$
$L = 69{,}8$ m

Traži se koef. sigurnosti, tj. stabilnosti date kosine:

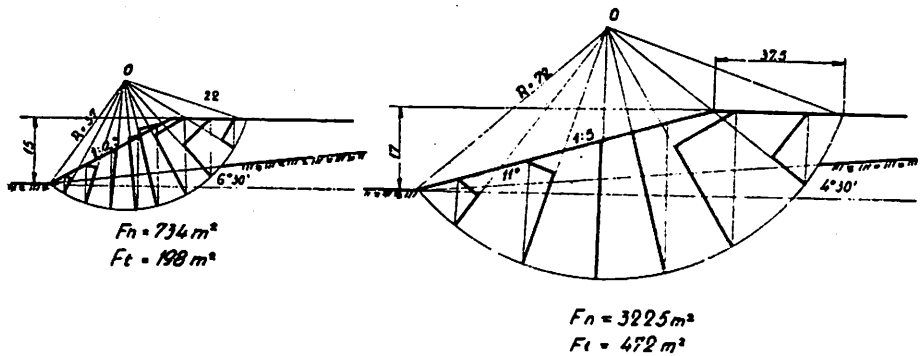
$$\Sigma N = F_N \cdot \gamma \cdot 1 = 3260 \times 1{,}44 \times 1 = 4700\ t$$

$$\Sigma T = F_T \cdot \gamma \cdot 1 = 474 \times 1{,}44 \times 1 = 680\ t$$

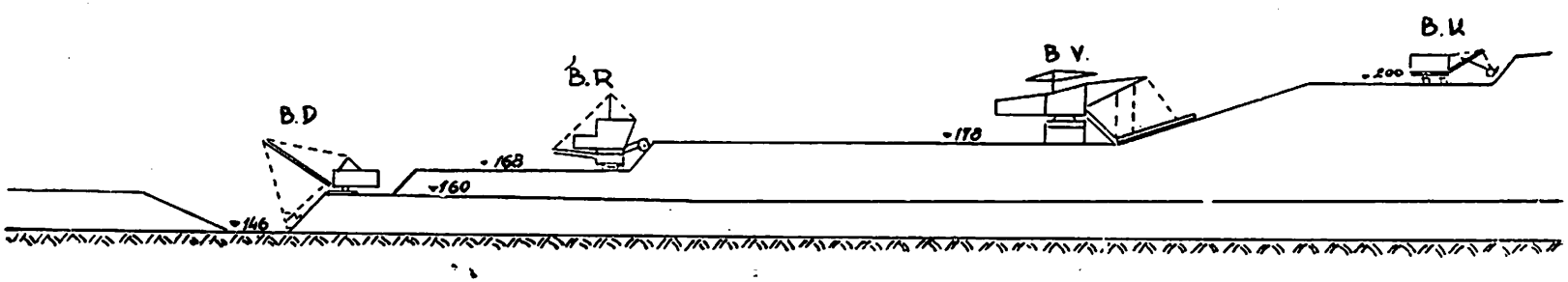
$$n = \frac{\Sigma N \times tg\varphi + c\,L}{\Sigma T} = \frac{4.700 \times 0{,}233}{680}$$

$n = 1{,}64$ što je veće od 1,50.

Iz prednjih proračuna se vidi, da za stabilnu kosinu (vrednosti za »n« veće od 1,50) bager dreglajn, uglavnom, traži nagib 1 : 5, a bager kašikar 1 : 2,3 do 1 : 3,2.



Sl. 17 — Završne kosine padinske deponije
Fig. 17 — Oblique end courses



Sl. 18 — Tehnološka šema otkopa na polju B.
BD — bager dreglajn
BR — bager rotorni
BV — bager vedričar
BK — bager kašikar

Sl. 18 — Field B open-cast mine. Flowsheet.
BD — drag-line excavator
BR — multi-bocket-wheel excavator
BV — bucket excavator
BK — clamshel excavator

Na padinskoj deponiji »Veliko Polje« smeštena je po godinama sledeća količina jalovine:

1956. godina	446.784 m³ č.m
1957. godina	561.590 m³ č.m
1958. godina	781.411 m³ č.m
1959. godina	1,290.150 m³ č.m
1960. godina	616.866 m³ č.m
Svega:	3,696.802 m³ č.m

ili prosečno godišnje oko 740.000 m³ č.m sa dva bagera na tri etaže.

Projektom je bilo predviđeno da se na datu deponiju može smestiti 2,500.000 m³ č.m ili 3,757.120 m³ č.m sa završnim uglom kosine 9°30′ ili 1 : 6.

Cena koštanja otkopavanja, transporta parnom vučom i odlaganjem datim bagerima na padinskoj kipi je za 30 do 40% skuplja od otkopavanja datim bagerima na polju »B«, električnom vučom, odlaganjem odlagačem na ravničarskoj deponiji.

Okolnosti koje utiču na izbor tehnologije odlaganja

Na izbor načina odlaganja jalovine utiču više faktora.

Osnovno je, pre određivanja načina rada na odlaganju, dobiti što je moguće potpunije geomehaničke osobine materijala sa kojim će se raditi.

Dosadašnja iskustva na otvaranju i eksploataciji površinskih kopova dala su nesumnjive osnove za gornje izlaganje.

Analizirajući do sada studije i laboratorijska ispitivanja geomehaničkih osobina materijala, dolazi se do zaključka, da se podaci o materijalu u neporemećenom stanju ne mogu pouzdano primeniti kod izvršenja. Materijal, koji je zastupljen u krovinskim naslagama, pogotovo ako je to glinoviti materijal, može da pruži znatna iznenađenja ukoliko se redovno ne prati i prethodno ne ispitaju svi mogući momenti stanja prilikom rada na površinskom otkopavanju i odlaganju. Svaki materijal predstavlja posebnu studiju. Podaci u literaturi mogu služiti kao uporedne ali ni u kom slučaju kao polazne vrednosti za razne proračune datog površinskog kopa. Geomehanika tla površinskog kopa nije statička stvar, već dinamički proces.

Dosadašnji rezultati rada na površinskom otkopavanju govore, da svaki tip bagera na otkopavanju i odlaganju daje druge osobine materijalu. Bager kašikar daje jednu vrednost zapreminske težine, rastresitosti, ugla unutrašnjeg trenja itd. od bagera dreglajna, glodara, vedričara za isti materijal u odnosu na vrednosti u neporemećenom stanju. Osim toga, brzina napredovanja radne etaže duž fronta znatno utiče na postojanost osobina otkrivenog materijala, na veću vrednost u izmeni i na zastoj u radu na datoj etaži.

Činjenica, na koju treba obratiti pažnju je, da radna etaža ni po horizontali ni po vertikali nije sastavljena od homogenog materijala, već da se on često menja na svakom metru; ako tome dodamo kao faktor vreme, koje negativno utiče na radne etaže, onda se tek tada može sagledati komplikovanost iznetog.

Velike teškoće nastaju, ako se sa više etaža formira jedno odlagalište. Tada komplikovanost u smeši geomehaničkih osobina nastupa u najpotpunijem izražaju. Izmenu geomehaničkih osobina vrši i način transporta otkopane jalovine do odlagališta. Vagoni date zapremine, dužina puta, transportne trake i njihove brzine i dužina puta mogu znatno da izmene geomehaničke osobine materijala koji transportuju.

Uzimajući sve to u obzir, na osnovu niza analiza, može se dobiti srednja vrednost materijala koji treba odložiti i na osnovu toga proračunati parametre odlagališta i izvršiti izbor mašina te odrediti način odlaganja. Ovaj određeni način nije fiksan, već tokom otvaranja površinskog kopa mora da trpi izvesne korekcije, s obzirom na moguće objektivne nepotpunosti od uzimanja uzoraka do obrade laboratorijskih podataka. Drugi faktor koji ima udela u izboru načina odlaganja je nominalni kapacitet površ. kopa. Za date količine proizvodnje uglja i otkrivke prema ekonomskim uslovima određuje se vrsta mehanizacije. Izmena primenjene mehanizacije direktno utiče na izmenu i postojanost geomehaničkih osobina krovinskih naslaga.

Na odlagalištima, bila ona ravničarska ili padinska, dosadašnja iskustva su ukazala na potrebu lako pokretnih postrojenja, koja nisu vezana za koloseke, već potrebu da budu na gusenicama. Osim toga, poželjna je dužina

istovarne trake u zavisnosti dubine odlaganja i kapaciteta odlaganja od 60 do 100 m, sa težinom postrojenja do 350 t a spec. opterećenja 0,5 do 0,8 kg/cm². Pored osnovne mašine, bagera odlagača, veoma je korisno, pa čak i nužno, dati dva do četiri buldožera u zavisnosti od kapaciteta odlaganja.

Prethodno čišćenje terena ispred odlagališta korisno je kad nagib samoniklog tla iznosi više od 2°.

Univerzalni recepti za odlaganje jalovine ne mogu se dati, jer svaki materijal iziskuje posebne parametre. Osnovno je, pak, da visina odlagališta tj. stabilnost date kosine, zavisi od visine kipe i geomehaničkih osobina materijala koji se odlaže.

Na vrednost geomehaničkih osobina materijala, koji se konačno smešta u jalovik, utiče i tip bagera kojim se odlaže, no sa napomenom, da bager ne može dovesti geomehaničke osobine materijala na parametre u neporemećenom stanju.

Pomoćna mehanizacija na odlagalištu, pored ostalih radnji, ima svojim planiranjem, zbijanjem i održavanjem stalne kosine nagiba, a to naročito u periodu sa znatnim atmosferskim talogom, izvanredan značaj na uticaj uspešnog delovanja izabranog načina odlaganja. Sva izneta zapažanja, koja se odnose na izbor načina odlaganja, odnose se isključivo na slučaj, da bager za odlaganje bude na nekoj niveleti odloženih masa, a ne na samoniklom tlu.

Zaključci na osnovu stečenih iskustava na odlaganju raznih vrsta materijala i načina odlaganja

Nagli i intenzivniji razvoj industrije u našoj zemlji zahtevao je i dalje traži masovnu eksploataciju svih korisnih supstanci a pogotovo uglja. Bilansne rezerve naših ugljeva ukazuju, da je lignit zastupljen sa oko 90% od ukupnih masa svih vrsta ugljeva.

U periodu od 1939. do 1950. god. proizvodnja svih vrsta ugljeva je udvostručena, a 1957. utrostručena.

Prema analizi, izvršenoj u Udruženju za ugalj i planskim organima, očekuje se u narednom periodu, u odnosu na 1955. god, da se 1971. god. proizvede 270%; 1981. godine 460% tj. da se postigne proizvodnja oko 70,000.000.— t, od čega bi površinska eksploatacija iznosila oko 67% a jamska oko 39%. S obzirom na to, da niskokalorični ligniti predstavljaju najveći deo ukupne mase uglja kako za sadašnju, tako i za buduću eksploataciju, to njihovo uklapanje u ekonomiku rada sa površinskim kopovima zahteva masovnu godišnju proizvodnju.

Razvoj površinskih kopova u našoj zemlji od 1946. god. pa do danas, tekao je sa stalnim usponom i znatnim povećanjem proizvodnje. Početak rada na našim površinskim kopovima bio je obeležen neznatnim ili skoro nikakvim iskustvima u masovnoj proizvodnji uglja i otkopavanju i odlaganju ogromnih masa jalovine odnosno natkrivke. Kao u svakoj industrijskoj grani, tako i kod površinskih kopova bila je postupnost u razvoju tj. u primeni i osvajanju tehnološkog procesa i odgovarajuće mehanizacije za rad.

Povećanje proizvodnje uglja direktno je vezano sa znatnim povećanjem miliona kubika zemlje koja leži nad ugljem.

Na osnovu svega iznetog mogu se do sada izvući sledeći zaključci za odlaganje raznih vrsti materijala i načina odlaganja i to:

— Dobro poznavanje geomehaničkih osobina datog materijala za otkopavanje, transport i odlaganje zahteva veći broj laboratorijskih ispitivanja raznovrsnih uzoraka.

— Svaki tip bagera daje različite vrednosti za korekciju geomehaničkih osobina materijala kako na otkopavanju tako i na odlaganju jalovine.

— Date srednje vrednosti geomehaničkih osobina materijala i visine odlagališta zavisi od kosina odlagališta i njene stabilnosti.

— U cilju povećanja stabilnosti kosine odlagališta poželjno je, da u donjim slojevima odlagališta bude materijal sa boljim geomehaničkim osobinama.

— Koef. rastresitosti glinovitog materijala na ravničarskoj deponiji iznosi 3—5%.

— Sleganje odloženog materijala na deponiji glinovitog materijala iznosi 22 do 25%.

— Odlagači jalovine na ravničarskoj deponiji treba da budu postavljeni na gusenicama a ne na koloseku.

— Istovarna traka odlagača treba da bude od 60 do 100 m u zavisnosti dubine odlaganja, kapaciteta odlaganja i dužine radnog fronta odlagališta i jediničnog pritiska max. 0,8 kg/cm².

— Uspešan rad odlagača povezan je sa stalnim pomoćnim radovima preko dva do

četiri buldožera u zavisnosti od kapaciteta odlaganja.

— Kapacitet padinske deponije iznosi za glinovite materijale do 1,500.000 m^3 č.m/god. dok za ravničarske deponije od 3,500.000 m^3 č.m/god. pa naviše.

— Cena odlaganja na padinskoj deponiji je za oko 30% skuplja od ravničarske deponije.

— Odlaganje glinovitih materijala na ravničarskoj deponiji moguće je istovremeno u dubinskom i visinskom deponovanju. Ukoliko je odlagač postavljen na gusenicama umesto na koloseku, onda se ova mogućnost više potencira.

— U slučaju da je odlagač postavljen na šinama, ekonomičnije je odlaganje samo-klizanjem odloženih kupa na kosini odlagališta, nego odlaganje u dubinskom i visinskom odlaganju istovremeno.

— Radna dužina ravničarske deponije je ekonomska i sigurna do oko 1000 m za glinovite materijale, a kod padinske deponije do 500 m.

— Osnovnu sinhronizaciju na površinskom kopu čini jedinstvo tj. svaka radna etaža treba da ima svoju deponiju. Ovo tim pre, kada se uzme u obzir mešavina geomehaničkih osobina krovinskih naslaga.

SUMMARY

The Dupling of Barren Materials while Performing Surface Excavation at Kolubara Colliery

M. Tasić, Min. Eng.*)

Rapid and more intensive development of industry required and still does mass exploitation of all useful substances and particularly that of coal. Calculated reserves of our coals indicate that lignite is represented by some 90% of total available resources of all kinds of coal. In the 1939—1950. period of production of all kinds of coal was doubled and in 1957 even tripled.

According to an analysis done by the Association for Coal and by organs for planing, in the following period up to 1971, the production is expected to rise up to 270%; in 1918 to 460%, i. e., to achieve an output of some 70,000.000 tons, of which the surface exploitation would produce some 67% and the deep one some 30%. Considering the fact that the low-caloric lignites constitute the greatest part of coal masses intended for the present as well as for the future exploitation, their participation in the economy of labour with surface mines requires annual mass production.

Development of surface mines in our country from 1946 till this very day was carried out with constant success and with considerable increase of production. The beginning of the work in surface mines was was marked by insignificant and even negligible experience in mass production of coal and in dumping of barren material, i. e., covering layers. The same as in any industrial branch, works on surface mines developed gradually, i. e., the technological, proces its application and corresponding mechanization of labour were mastered gradually. The increase of coal production is directly connected with considerable increase of million cubics of earth covering the coal. According to the aforesaid the folloving conclusions for dumping of various kinds of materials and methods of dumping:

Laboratory investigations of various samples are indispensable if one wants to get acquainted thoroughly with geomechanic characteristcs of the material to be excavated, transported and dumped.

Every type of dredge offers different figures for the correction of geomechanic characteristaics of the material while excavating and dumping of the covering barren material.

*) Ing. Momčilo Tasić, Rudarski basen — Kolubara

Given geomechanic characteristics of the material and the height of dump stocks depend on the gradient of dump stocks and their stability. In order to increase the stability of the gradient of dump stocks it is desirable for lower layers of dump stocks to be of a material with better geomechanic char-cteristics.

Coefficient of the looseness of clay materials in the bottomland amounts to 3—5%.

The sagging of dump materials on the clay soul amounts to 22—25%;

Bumpers for the barren layers in the bottom land should be mounted on the caterpillars and not on tracks.

Unloading conveyors of the dumper should be from 100 to 150 m in length, but this is stipulated by the nominal weight of the dredge and by pressure of max. 0,8 kg/cm^2.

Efficiency of a dumper is stipulated by constant auxilliary works of some 2 to 4 buldozers depending on the capacity of the dum ping.

Capacity of the hillside amounts, for clay materials, to 1,500,000 h.m/year, while of the bottomland of 3,500,000 m^3 h.m./year and higher.

Expenses for the dumping at the hillside are by 30% higher than those at the bottomland.

The dumping of clay materials on the bottomlad is possible, simultaneously, in the depth and in the beight. If the dumper is mounted on the caterpillars instead of tracks this possibility is even more stressed.

If dumper is mounted on tracks it will be more economic to dump only by sliding of dumped cones on the gradient of dump stocks, than to perform simultaneously the height and depht dumping. The working lenght of the bottomland is economic and safe to some 1 000 m. for clay materials, and 500 m. for the hillside. The basic sinchronization of the surface mines is contained, in the unity, i. e., every working stage its dumping. This more, when one takes in consideration the mixture of geomechanic characteristics of roof layers.

Literatura

Kegel, K., 1958: „Berg und Aufbereitungs-technik"

Maslov, H. H., 1952: „Spravočnik po stroitelstvu ugolnih korisnov". — Moskva.

Najdanović, N., 1960: „Metode ispitivanja stabilnosti zemljanih kosina". — „Tehničar", 3, Beograd.

Tejlor, D., 1960: „Osnovy mehaniki gruntov". — GSI. Moskva.

Ekonomika primene čelika u podgrađivanju rudarskih prostorija u podzemnom radu

(sa 5 dijagrama)

ing. Mirko Perišić

Uvod

U podgrađivanju ili bolje rečeno u osiguranju rudarskih prostorija još uvek je drvo građevinski materijal, koji se najviše primenjuje, jer se lakše može prilagoditi obliku hodnika, i jer poseduje sposobnost da upozori na opasnost. Osim toga, niska cena drveta, u poređenju sa drugim građevinskim materijalom, igrala je značajnu ulogu kod izbora istog za primenu u rudnicima.

Već davno su se u rudnicima zapadne Evrope, SAD, a kod nas u godinama posle oslobođenja, počele umesto drveta upotrebljavati stare železničke šine (raznih dimenzija) za izradu slemenjača, negde i stojki, a često kod većih rudarskih prostorija — podgrada zatvorenih kružnih prstena ili eliptičnih oblika. Ovaj materijal je zbog svoje starosti bio krt i trošan, pa je izazivao, ne dajući nikakav znak u momentu prenatrpanosti, naglo popuštanje čak i zarušavanje. To su bili razlozi, zbog kojih primena već upotrebljenih čeličnih profila nije mogla da se proširi, pa je čak u većini slučajeva bila zapuštena. Poslednjih decenija, u zavisnosti od privrednog razvoja jedne zemlje, došlo je do nagle primene čelika u izradi hodnika. Zamena jamskog drveta građevinsko-rudarskim elementima od čelika ili lakih metala je nužna potreba, koja upravo danas sve izrazitije treba da se uzme u obzir. Na otkopu čelična podgrada sve više uzima maha primenom mehanizovanih širokih čela, u nastojanju da se osigura krovina i stvori slobodan radni prostor. Isto tako, primena čelika umesto jamskog drveta sve više prodire i u hodnike.

Primena čelika kod izrade hodnika sa rudarsko-tehničkog gledišta ima znatne prednosti, budući da osigurava veću stabilnost i radnu sigurnost osobito kod hodnika većih profila. Poslednjih godina, veći profili postaju sve izrazitija potreba u rudnicima, bilo da zbog dubina ili pojave metana treba da osiguraju, provođenjem dobrog vetrenja, dobre klimatske i atmosferske jamske radne uslove, bilo da stvore uslove za normalno odvijanje procesa kod povećane koncentracije proizvodnje, koja danas na zapadu ide kod blago ležećih slojeva 1.500—2.000 t/dnevno, a strmih 400—600 t/dnevne proizvodnje na jednoj saobraćajnici.

Ekonomično poslovanje rudnika, kao i ekonomika zemlje, poslednjih godina sve više iziskuje upotrebu čelika u zameni za jamsko drvo, budući da se to svodi na sve izrazitiju uštedu ne samo materijala nego i radne snage, na održavanju rudarskih saobraćajnica u podzemnom radu.

Prema tome, sigurnost, funkcionalno propusna moć i poboljšanje klimatskih i atmosferskih uslova u podzemnom radu, te ekonomičnost s obzirom na smanjenje troškova održavanja igraju značajnu ulogu kod primene čelika u podzemnom radu.

Primena čelika u jamskom radu ima sledeće metode:

— Ankerisanje, koje se, uglavnom, primenjuje u rudnicima uglja u SAD i metalnim rudnicima.
— Čelična lučna podgrada (čvrsta i popustljiva) primenjuje se u rudnicima uglja zapadne Evrope.
— Kombinovana čelično-drvena podgrada, koja se primenjuje u određenim uslovima (strmi slojevi) rudnika uglja zap. Evrope i SSSR-a.

Koliko je primena čelika kod povećanog početnog ulaganja ekonomski opravdanija od drvene podgrade, jedan je od odlučujućih momenata koji utiču na sporu preorijentaciju na primenu čelične podgrade. Radi toga se je osećala potreba, da se za rudarske stručnjake obradi ova tema ne ulazeći u tehničku stranu problema podgrađivanja čelikom.

Bez obzira o kom se metodu radi, biće obrađena ekonomika primene čelika u poređenju sa drvetom. Upoređenje sa drvetom se vrši radi toga, jer je to kod nas najmasovniji građevinski materijal primenjen u podgrađivanju.

Jedinstveni kriterijum za razmatranje primene čelika uzet je, da bi se upoređenje svelo na jedinstvene pokazatelje, a ostaje da se unutar njih ukaže na pojedine metode. S obzirom na mesto primene podgrade u rudniku izvršena je klasifikacija na:

— hodnike u kojima drvena podgrada propada zbog pojave pritiska, a čiji vek trajanja nije dug i
— hodnike u kojima ista propada zbog trulenja usled dužeg vremenskog trajanja hodnika.

Prvu grupu hodnika obično uvrštavamo u otkopne i pripremne hodnike i njihova izrada tereti troškove proizvodnje, dok drugu grupu hodnika uvrštavamo u investicione hodnike (otvaranja) i izrađuju se na teret raznih izvora finansiranja otvaranja ili proširenja rudnika (zajam, amortizacija i sl.). Prve ćemo nazvati — pripremni hodnici, a druge investicioni hodnici.

Ekonomičnost primene čelika u pripremnim hodnicima

U okviru jednog rudarskog polja promjenljivih geoloških i tektonskih uslova, kao i pritisaka izazvanih napredovanjem otkopa, postoje uzroci koji određuju da li će održavanje hodnika da bude unutar sledećih granica:

1. hodnik ostaje sa svojim početnim podgrađivanjem u drvetu sa minimalnim održavanjem sve do njegovog zapuštanja ili
2. hodnik podgrađen u drvetu ne može funkcionalno da zadovolji, ako u njemu ne budu izvedeni specijalni naknadni radovi podgrađivanja.

Ukoliko se hodnik približava granici citiranoj pod 2. pojavljuje se opravdanost izvođenja ekonomskog računa za primenu čelika, čija primena treba da stvori nove uslove u hodniku, koji će se približiti granici citiranoj pod 1. — Nemoguće je dati samo jedno opšte pravilo ekonomičnosti, a da isto nije vezano uz uslove, koji nastaju u svakom hodniku koji se posmatra. Zato je potrebno, da se za svaki hodnik uzmu u razmatranje odgovarajući troškovi od vremena izgradnje do trenutka zapuštanja hodnika.

Ukupni troškovi uloženi u jedan hodnik računaju se u vremenu u kome hodnik ima svoju upotrebnu vrednost. Da bi se ustanovilo da li je primena čelika opravdanija od primene drveta, ne treba uzeti u obzir samo početno ulaganje, nego sve troškove koji nastaju u istom vremenskom periodu upotrebne vrednosti hodnika i to kako za čelik tako i za drvo. Samo u slučaju, ako podgrađivanje čelikom omogućava, održavanjem većeg profila, bolje uslove klimatske i atmosferske ili bolju otpremnu mogućnost, a usled toga i povećanu proizvodnju i smanjenje vremena upotrebe hodnika, prilikom izračunavanja treba uzeti u obzir različito vreme upotrebe hodnika. Jasno je da se te prednosti unose u korist primene podgrađivanja čelikom.

Ako uzmemo da je, svodeći na 1 tekući metar,

A — troškovi izrade hodnika bez podgrade
H — troškovi prvog podgrađivanja u drvetu uključujući radnu snagu i transport podgrade do radilišta
E — troškovi radne snage i materijala za održavanje

tada su troškovi za izradu hodnika podgrađenog u drvetu u određenom vremenskom periodu:

$$C = A + H + E$$

isto tako za čeličnu podgradu uz označavanje odgovarajuće vrednosti za čelik C_1, H_1, E_1, i $A_1 = A$ (budući da nije ovisno od materijala za podgrađivanje)
a sa

R — vrednost podgrade nakon upotrebe (posle vađenja)

$$C_1 = A + H_1 + E_1 - R$$

zamenjuje se:

$$H_1 = k.H \qquad R = pH_1 = p.k.H$$

gde je:

k = koeficijent poskupljenja materijala primenom čelika

p = koeficijent manji od 1, a označava smanjenu vrednost podgrade posle upotrebe (posle vađenja).

Ekonomičnost upotrebe čelika ostvaruje se kod

$$C \geqslant C_1$$
$$H + E \geqslant kH + E_1 - p\,kH$$
$$E \geqslant H\,(k - 1 - pk) + E_1$$

ako je E_1 minimalno (kod pravilnog izbora podgrade) i može se zanemariti,

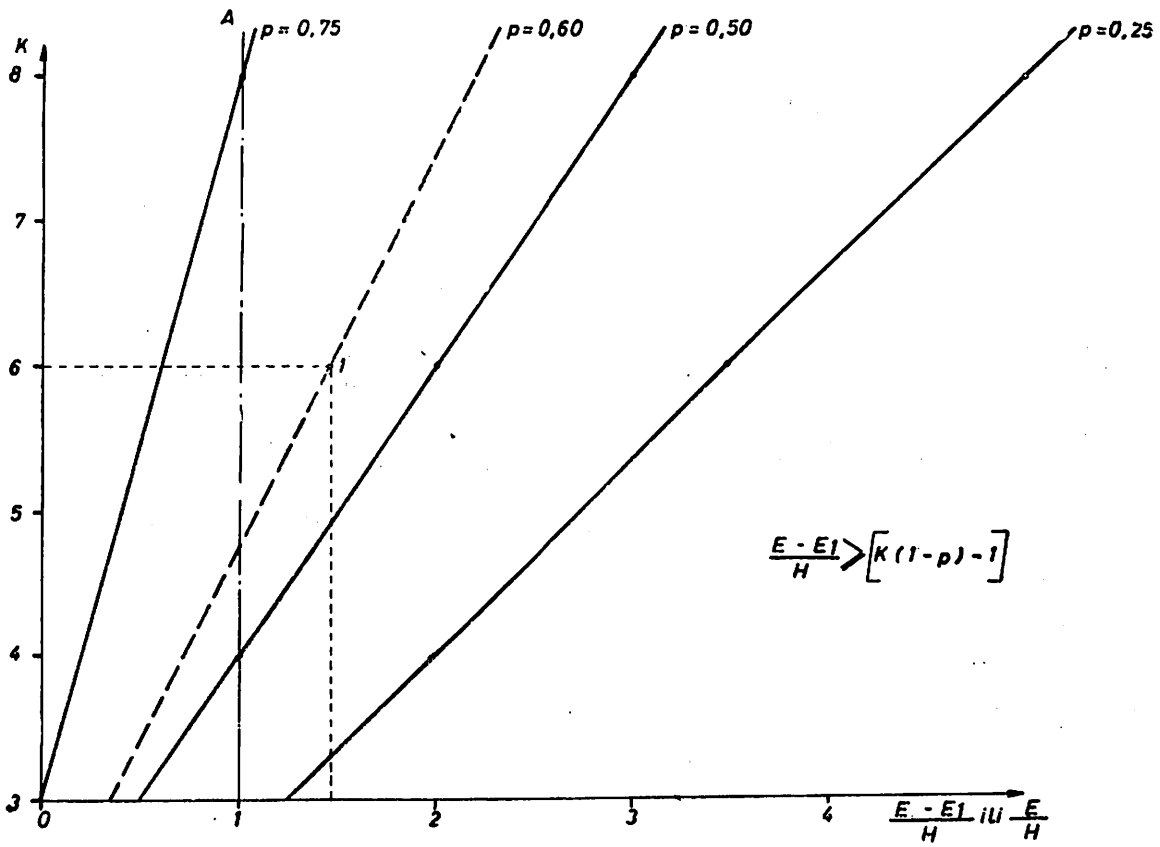
onda je

$$E \geqslant H\,[k\,(1 - p) - 1]$$

Formula se može objasniti tako da:

— kod određenih troškova podgrađivanja hodnika podgrađenog u drvetu ekonomičnost čelične podgrade raste smanjenjem »k« i porastom »p« (H nema uticaj jer je iz njega obračunat »k«, a vrednost je ovisna od cene drveta, debljine jamske podgrade i cene čelika). Uticaj koeficijenta »k«, pada ukoliko se »p« približava vrednosti »1«.

Dijagram 1



Ako za gornje formule damo izraz

$$\frac{E}{H} \geqslant [k\ (1 - p) - 1] \qquad (1)$$

$$\frac{E - E_1}{H} \geqslant [k\ (1 - p) - 1] \qquad (2)$$

možemo izraditi dijagram br. 1.

Za sve hodnike koji se u toku eksploatacije još jednom ponovno podgrade, granica rentabiliteta primene čelika u zamjenu za drvo leži na liniji AA (za sve slučajeve vrednosti k i p).

Detaljna analiza opravdanosti upotrebe podgrađivanja čelikom

Upotreba čelika opravdana je u slučaju:

$$\frac{E - E_1}{H} \geqslant [k\ (1 - p) - 1] \text{ ili}$$

budući da je E_1 minimalno — može da se zanemari —

$$\frac{E}{E} \geqslant [k\ (1 - p) - 1]$$

Prema tome potrebno je izvršiti analizu sledećih elemenata formule:

E = troškovi održavanja kod podgrađivanja drvenom podgradom

H = troškovi prvog podgrađivanja u drvetu (svi troškovi: radna snaga i materijal sa transportom)

k = koeficijent poskupljenja materijala primenom čelika

p = koeficijent manji od 1, a označava koju vrednost ima čelična podgrada nakon upotrebe tj. (1 — p), ukazuje kojim delom vrednosti H čelične podgrade treba teretiti njeno prethodno ugrađivanje.

Analiza vrednosti $\frac{E}{H}$

U uslovima ponovne zamene podgrade u hodnicima troškovi podgrađivanja retko su manji od troškova prvog postavljanja podgrade.

Ako troškove postavljanja podgrade raščlanimo na elemente troškova

LD = lični dohoci

M = materijal (sa transportom)

O = ostali troškovi = S.LD

Indeks »E« — kod ponovnog podgrađivanja

Indeks »H« — podgrađivanje kod izrade hodnika

onda $LD_E \geqslant LD_H$ $M_E = M_H$ $O_E \geqslant O_H$ ili $S \cdot LD_E \geqslant S \cdot LD_H$

$$E = LD_E\ (1 + S) + M_E$$

$$H = LD_H\ (1 + S) + M_H$$

$LD_E\ (1 + S) \geqslant LD_H\ (1 + S)$ iz toga proizlazi da je $E \geqslant H$ ili pravilnije da je $E = \xi_0 H$ kod čega je

$$\xi_0 = \frac{E}{H} = \frac{LD_E}{LD_H} \geqslant 1$$

Kod obračuna vrednosti ξ_0 potrebno je znati relativan odnos upotrebljene radne snage; najmanja se greška čini, ako se taj odnos izrazi profilom hodnika

$$\xi_0 = \frac{LD_E}{LD_H} = \frac{F_H}{F_E}$$

budući da pod težim uslovima podgrađivanja (stešnjen hodnik) dolazi do većeg utroška radne snage.

ξ_0 će biti veće od jedan, ukoliko je u težim uslovima izvedeno održavanje hodnika i moglo bi se izraziti: odnos profila hodnika kod podgrađivanja prema profilu kod izrade hodnika jednak je recipročnoj vrednosti ξ_0.

npr: profil kod izrade $F_H = 4{,}4\ m^2$

profil kod ponovnog podgrađivanja:

$$F_E = 1{,}8 \times 2 = 3{,}60\ m^2$$

$$\xi_0 = \frac{F_H}{F_E} = \frac{4{,}4}{3{,}6} = 1{,}22$$

Ako se podgrađivanje ponavlja nekoliko puta, onda ξ_0 raste tj. suma svih ξ kod svakog podgrađivanja je

$$\xi = \Sigma_1^n\ \xi_{01} + \xi_{02} + \cdots \xi_{0n}$$

Ako u toj formuli zamenimo ξ_{0n} sa vrednostima $\frac{F_H}{F_E}$

dobijamo: $\xi = \frac{F_H}{F_{E1}} + \frac{F_H}{F_{E2}} + \frac{F_H}{F_{E3}} \cdots =$

$$= F_H\left(\frac{1}{F_{E1}} + \frac{1}{F_{E2}} + \frac{1}{F_{E3}} + \cdots + \frac{1}{F_{En}}\right)$$

kada su svi F_E približno jednaki onda formula glasi:

$$\xi = \frac{n \cdot F_H}{F_E} = n \cdot \xi_0 \qquad (3)$$

Analiza koeficijenta »k«

Koeficijent »k« predstavlja vrednost poskupljenja materijala i ličnih izdataka kod ugrađivanja primenom čelika u odnosu na primenu drveta u podgrađivanju.

Na koeficijent »k« utiče:

— Cena čelika i drveta, din/kg.

— Težina podgrade čelika i drveta za isti otporni momenat kod istog oblika hodnika u kg.

— Težina podgrade čelika i drveta različitih oblika hodnika iste čiste svetlosti s obzirom na postizanje iste otpornosti na pritisak.

— Utrošeni radni časovi kod ugrađivanja čelične i drvene podgrade.

Ako označimo

c'i c — cenu čelika i drveta po kg podgrade u din

q'i q — težinu 1 m' podgrade čelika i drveta u kg/m'

l'i l — dužinu podgrade čelika i drveta u m' po 1 m hodnika

w'i w — otporni momenat za čelik i drvo u m^3

S'i S — cena podgrade za čelik i drvo din/m' hodnika

dobijamo za čelik i drvo

$S' = c' \cdot q' \cdot l' \quad S = c \cdot q \cdot l \cdots$ din/m' hodnika

Budući da je vrednost

$$q = f \cdot 100 \cdot \gamma$$
$$q' = f' \cdot 100 \cdot \gamma'$$

kod čega »γ« je spec. težina u kg/cm^3 a

f = površina preseka u cm^2.

Ova formula može da glasi:

$$S' = c' \cdot l' \cdot 100 \cdot l' \cdot \gamma'; \; S = c \cdot f \cdot 100 \cdot l \cdot \gamma$$

Iz ovih formula mogu da se dobiju odnosi tj. vrednosti za »k«

$$k = \frac{S'}{S}$$

— U slučaju trapezaste podgrade kod koje je w' = w

$$l' = l \quad c_2 = \frac{q'}{q} \qquad c_1 = \frac{c'}{c}$$

$$k = \frac{S'}{S} = \frac{c' \cdot q' \cdot l'}{c \cdot q \cdot l} = c_1 \cdot c_2$$

— U slučaju lučne čelične podgrade kod koje je $l' \neq l$

$$c_3 = \frac{l'}{l} \qquad c_4 = \frac{l'}{l} \qquad c_5 = \frac{\gamma'}{\gamma}$$

$$k = \frac{S'}{S} = \frac{c' \cdot f' \cdot 100\, l' \cdot \gamma'}{c \cdot f \cdot 100\, l \cdot \gamma} = c_1 \cdot c_3 \cdot c_4 \cdot c_5$$

Da bismo mogli ovim formulama dodati praktične izraze potrebno je da pojedine elemente posebno razmotrimo:

Razlika u ceni koštanja $c_1 = \frac{c'}{c}$

Razlike u ceni su vrlo značajan momenat. Cena čelika iznosi kod nas do 210 din/kg, a kod drveta iznosi 12.000 din/m^3 i sa gubicima i otpacima raste za 20% tj.

$\frac{14.400}{800} = 18$ din/kg što čini odnos $\frac{210}{18} = 12$ puta;

razlika je, znači 12 puta i zavisi u prvom redu od kvaliteta i izvora proizvodnje čelika.

Tu razliku možemo označiti sa $c_1 = 12$.

Težina podgrade čelika prema drvetu

$$c_2 = \frac{q'}{q}$$

kod istog otpornog momenta (w' = w).

Težina podgrade čelika prema drvetu kod istog otpornog momenta zavisi od profila i otpornosti materijala.

Otporni momenat (maksimalni):

$$\sigma'_{max} \cdot W' = \sigma_{max} \cdot W$$

za drvo — $\sigma_{max} = 70 \div 90$ kg/cm^2

za čelik — $\sigma'_{max} = 1200 \div 1800$ kg/cm^2

$$\frac{W}{W'} = \frac{1200 \div 1800}{70 \div 90} = 17 \div 20$$

$$W' = \frac{W}{17 - 20} \cong \frac{W}{18}$$

kod čeličnih profila primjenjenih u rudarstvu:

$$w'/q'$$

za V profil ≈ 3

za I profil $\approx 3{,}3 \div 7{,}3$

za [profil $\approx 3{,}1 \div 7{,}5$

$W'/q' \approx 3 \div 7'_5 - \approx 5$

kod okruglog drveta iznosi:

$$W/q = \frac{\frac{\pi d^3}{32}}{100 \frac{\pi d^2}{4} p}$$

$$p = 0{,}8 \times 10^{-3}\ kg/cm^3$$

$$\frac{w}{q} = \frac{d}{100 \times 8 \times p} = \frac{d}{0 \cdot 64}$$

$$\frac{W}{q} \approx 37 \div 47 = 42$$

(za profile koji se primenjuju u rudarstvu: d = 22—30 cm)

Iz toga proizlazi:

$$c_2 = \frac{q'}{q} = \frac{w'}{5} : \frac{w}{42} = \frac{42}{5} \cdot \frac{w'}{w} =$$

$$= \frac{42}{5} \cdot \frac{1}{18} = 0 \cdot 525$$

(Zavisnost od izbora čeličnog profila i debljine drvene podgrade kreće se od 0,3—0,8)

Težina podgrade čelika i drveta kod različitih oblika hodnike iste veličine čiste svetlosti

Težina podgrade čelika i drveta kod različitih oblika hodnika iste veličine čiste svetlosti s obzirom na postizanje iste otpornosti na pritisak obračunava se pomoću druge formule kod koje je nužno izvesti vrednosti:

$$c_3,\ c_4 \text{ i } c_5$$

$$c_3 = \frac{f'}{f}$$

kod lučnog profila maksimalna sila jednaka je:

$$\frac{\eta \cdot p_o \cdot a}{2}$$

gde je:

η vrednost veća od 1, a u zavisnosti od oblika luka, jačine i smera pritiska.

p_0 — sp. pritisak iz krova hodnika (kg/cm')

a — širina hodnika u cm

prema tome presek čelične podgrade je

$$f' = \frac{\eta \cdot p_o \cdot a}{2\,\sigma'_{dozv.}} = \frac{\eta \cdot P}{2\,\sigma'_{dozv.}} \qquad P = p_o\, a$$

Budući da se drvo primjenjuje samo u trapezastom hodniku otporni momenat u slemenjači je:

$$W = \frac{M_{max}}{\sigma_{dozv.}} = \frac{p_o a^2}{8\,\sigma_{dozv.}} = \frac{P \cdot a}{8\,\sigma_{dozv.}}$$

Kako za određene debljine drveta postoji između preseka f i otpornog momenta w određen odnos, isti možemo izraziti sa

$$\rho = \frac{f}{W} = \frac{\frac{d^2\pi}{4}}{\frac{d^3\pi}{32}} = \frac{8}{d}$$

gde je:

ρ — promjenljiva veličina za razne presjeke jamskog drveta (u 10^{-1} cm)

d — promjer jamskog drveta (u cm)

Ako vrednost f u formuli izrazimo kao

$$f = \rho \frac{p_o \cdot a^2}{8 \cdot \sigma_{dozv.}} = \frac{P \cdot a}{d \cdot \sigma_{dozv.}}$$

i to stavimo u međusoban odnos dobijamo:

$$c_3 = \frac{f'}{f} = \frac{\frac{\eta \cdot P}{2\,\sigma'_{dozv.}}}{\frac{P \cdot a}{d \cdot \sigma_{dozv.}}} = \frac{\eta}{2} \cdot \frac{d}{a} \cdot \frac{\sigma_{dozv.}}{\sigma'_{dozv.}}$$

$$\frac{\sigma'_{dozv.}}{\sigma_{dozv.}} \cong 18 \qquad c_3 = \frac{\eta}{36} \cdot \frac{d}{a}$$

za stupce:

$$c'_3 = \frac{f'}{f} = \frac{\sigma_{dozv.}}{\sigma'_{dozv.}} = \frac{1}{18}$$

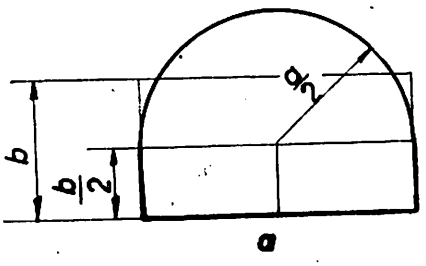
Dužina okvira u jednom elementu podgrade $c_4 = \frac{l'}{l}$

Kod upoređenja lučnog ili pravougaonog profila dobijamo odnose:

dužina okvira pravougaonog profila $l' = a + 2b$

dužina lučnog profila približno

$$l' = 2\frac{b}{2} + \frac{a}{2} \cdot \pi = \frac{\pi}{2} \cdot a + b$$



prema tome je odnos:

$$c_4 = \frac{l'}{l} = \frac{\frac{\pi}{2} \cdot a \cdot b}{a + 2b}$$

a kod toga je:

$$F = a \cdot b$$

$$F' = \frac{a^2\pi}{8} + \frac{ab}{2} = \frac{a}{2}\left(\frac{a\pi}{4} + b\right)$$

Budući da je uslov:

$$F = F'$$

$$ab = \frac{a}{2}\left(\frac{a\pi}{4} + b\right)$$

$$2b = \frac{\pi}{4} \cdot a$$

$$b = \frac{\pi}{8} \cdot a$$

zamenom ove vrednosti u gornjoj formuli dobije se

$$c_4 = \frac{\frac{\pi}{2}a + \frac{\pi}{8} \cdot a}{a + \frac{\pi}{4} \cdot a} = \frac{15 \cdot 70a}{14 \cdot 28a} = 1{,}10$$

Iz ovoga se može zaključiti, da dužina okvira nema većeg uticaja na koeficijent »k« (može se zanemariti).

Odnos specifičnih težina $c_5 = \frac{\gamma'}{\gamma}$

specifična težina za čelik $\gamma' = 7{,}85$ kg/dm³

specifična težina za drvo $\gamma = 0{,}85$ kg/dm³

prema tome $c_5 = \frac{7{,}35}{0{,}85} = 9{,}2$

Ako ovako analizirane vrednosti zamenimo u datim formulama dobijamo sledeće formule i vrednosti:

— za trapezasti i pravougaoni oblik:

$$k_1 = c_1 \cdot c_2 = 12 \times (0{,}70 \div 0{,}80) = 3{,}60 \div 9{,}60$$

u proseku $k = 12 \times 0{,}525 = 6{,}30$

— za lučnu podgradu:

$$k_2 = c_1 \cdot c_3 \cdot c_4 \cdot c_5 = 12 \times \frac{\eta}{36} \times \frac{d}{a} \times 1{,}1 \times 9{,}2$$

$$k_2 = 3{,}3\,\eta\,\frac{d}{a}$$

Iz ove formule se vidi da kod velike širine hodnika (a) i pravilno odabranog luka ($\eta \approx 1$) vrednost $k_2 < 1$, što znači da je primena čeličnog luka opravdana. Drugim rečima, čelični luk u poređenju sa drvenom gredom daje mnogo veću sigurnost npr. kod povećane desetostruke sigurnosti ($\eta = 1$; $d = 25$ cm; $a = 200$ cm):

$$k_2 = 10\left(3{,}3 \times \frac{d}{a}\right) = 3{,}3 \times 1{,}25 = 4{,}12$$

Za stubove vršimo obračun:

$$k'_2 = c_1 \times c'_3 \times c_4 \times c_5 = 12 \times \frac{1}{18} \times 1{,}1 \times 9{,}1 = 6{,}7$$

U drugom slučaju, budući da je čelični profil u celom luku istog preseka, potrebno je računati sa vrednošću k_2 dobivenom u stubovima ($k_2 \approx 7$) kod čega se u luku dobija visok stepen sigurnosti (blizu 18).

U svim ovim računima nije se uzimao u obzir utjecaj utrošenih radnih časova kod podgrađivanja. Taj elemenat je vrlo različit i kreće se u granicama

$$c_6 = 1 \div 1{,}50$$

u zavisnosti od načina pripremanja jamske građe, spretnosti radnika i sl.

Konačni oblik formule koeficijenta »k«: za trapezasti profil hodnika:

$$k = (1 \div 1{,}5) \times \frac{37 \div 47}{3 \div 7} \times \frac{W'}{W} \times c_1 \qquad (4)$$

$$\frac{W'}{W} = \frac{1}{17 \div 20}$$

$$c_1 = 12$$

za lučni profil hodnika:

$$k = (1 \div 1{,}5) \times \frac{\sigma \text{ dozv.}}{\sigma' \text{ dozv.}} \times 1{,}1 \times \frac{\gamma'}{\gamma} \times c_1 \qquad (5)$$

$$\frac{\sigma \text{ dozv.}}{\sigma' \text{ dozv.}} \approx \frac{1}{16 \div 21}$$

$$\frac{\gamma'}{\gamma} \approx 9{,}2$$

U celini uzevši, kod pravilnog izbora čeličnog profila i dobro uvežbanog osoblja u montiranju čelične podgrade može se računati sa vrednošću »k« koja se kreće u granicama

$$0{,}50\, c_1 \quad \text{do} \quad 0{,}60\, c_1$$

U inostranstvu ta vrednost se kreće u granicama $k = 4 \div 6$.

Prema tome koeficijent »k« u inostranstvu je manji nego kod nas, a razlog tome je što je:

— cena čelika niža u poređenju sa cenom drveta,

— uhodana serijska proizvodnja lučne čelične podgrade.

Iz ovih formula i tumačenja se vidi da je ekonomičnija primena lučne čelične podgrade od trapezaste, a druga je opravdana (sa većim faktorom sigurnosti) onda, kada se za slemenjaču odaberu pravilan profil (I ili U).

Izračunavanje koeficijenta »k« polazilo je od stanovišta samo zamene, a nije tretiralo i pitanje tehničke sigurnosti. U slučaju da je podgradom nužno ostvariti i veću tehničku sigurnost, bilo u slemenjači bilo u luku, odnosno stupcima, koeficijent raste za umnožak željenog stepena sigurnosti.

Taj zahtev je tehničke prirode i on mora da se posebno tretira u računu ekonomične primene čelične podgrade.

To ukazuje na vrlo važan momenat, naime da rudnici pre pristupanja primeni čelične podgrade moraju ispitati uslove u svojim hodnicima, da ne bi nepotrebno povećali stepen sigurnosti čelične podgrade, a usled toga i koeficijent »k«, i smanjili ekonomsku opravdanost njene primene.

Postupak za ispitivanje uslova je olakšan činjenicom, da svi rudnici primenom drvene podgrade u raznim profilima i raznim uslovima imaju odgovarajuće iskustvo i poznavanje pojava i vladanja pritiska. Tome treba dodati seriju merenja pritiska, kome se drvena podgrada nije mogla suprotstaviti (često zbog trulenja i gljivica).

Ako se kod toga pokaže, da taj stepen sigurnosti nije visok (2—3), onda se može zadržati trapezasti oblik hodnika, (kod pravilnog izbora profila slemenjače ako vrednost »k« ostaje u granicama $k = 0{,}50 \div 0{,}60\ C_1$).

U koliko je potreban mnogo veći stepen sigurnosti (preko 3), potrebno je pribjeći lučnoj podgradi, kod čega se ostaje i dalje u granicama vrednosti $k = 0{,}50 \div 0{,}60\ C_1$.

Posebno je pitanje smjera pritiska koji ima utjecaj na izbor oblika profila i tipa podgrade.

Isto tako, faktor C_0 ukazuje potrebu da se zbog primene čelične podgrade posebno razmotre delovi tehnološkog procesa: transport, ugrađivanje, vađenje, odvoz, reparatura i sl. koji imaju utjecaj na povećanje koeficijenta »k«.

U daljem izračunavanju uzete su razne vrednosti koeficijenta »k« koji se kreće od najniže ($k = 6$) do vrlo visoke ($k = 10$).

K. Gross dao je obračun vrednosti »k« za uslove u Australiji, za profil hodnika 2,5 × 2,3 m.

Ukupna količina drveta: 2 stojke ⌀ 25 cm; 2,3 m duge i sa 20% gubitka	0,226 m³
1 slemenjača ⌀ 22 cm; 2,5 m duga	0,095 m³
ukupno	0,321 m³
1 m³ jamskog drveta sa troškovima prevoza drveta do rudnika 150 S,	
odatle 1 okvir	S. 48,20
20 kom raspona	S. 16,00
24 dužnih metara okrajaka	S. 8,20
cena drveta	S. 72,40
Troškovi radne snage sa svim dodatnim izdacima	S. 30,00
Ukupni troškovi ugrađivanja okvira	S. 102,40

Budući da je okvir postavljen na udaljenosti 0,7 m, ukupni troškovi ugradnje drvenog okvira iznose H = S. 146.

Cena čelične podgrade

1 puni okvir trodjelnog lučnog okvira za profil 6,4 m²	S. 450
Učvršćivanje i zalaganje drvetom	S. 130
ukupno troškovi	S. 580
Troškovi dopreme i ugradnje čelične podgrade	S. 50
Cena izrade jedne čelične podgrade H_1 = k.h iznosi	S. 630

Odatle se dobija vrednost $k = \frac{H_1}{H} = \frac{630}{146} = 4{,}3$ za jedan dužni metar hodnika. Ako lučna podgrada stoji na razmaku 0,7 m, onda je vrednost $k = \frac{4{,}3}{0{,}7} = 6{,}1$

Ako želimo da obračunamo vrednost »c« za uslove u Austriji potrebno je izračunati cenu 1 kg čelika i drveta

$$c = \frac{150}{800} = 0{,}19^{*}) \qquad c' = \frac{450}{195} = 2{,}32^{**})$$

$$c_1 = \frac{2{,}32}{0{,}19} = 12$$

Prema tome je $k = 0{,}5 \times c_1$, što smo dobili i u pređašnjem računu (pri čemu povećanje stepena sigurnosti nije uzeto u obzir)

Analiza koeficijenta „p"

Ovaj koeficijent pokazuje koju vrednost ima čelična podgrada koja se ponovno ugrađuje u odnosu na ukupnu vrednost kH ili 1—p, ukazuje kojim delom čelične podgrade treba teretiti njeno prethodno ugrađivanje.

U ekstremnim slučajevima vrednost p = o označava, da je podgrada u celosti upropaštena i da se ne može više da koristi.

Vrednost „p" može da bude i negativna, ako su troškovi izvlačenja podgrade toliko visoki da prelaze vrednost koju ona ima posle izvlačenja.

Ukoliko čelična podgrada nije oštećena, vrednost „p" ne dostiže vrednost jedan budući da „p" tada čine troškovi rekuperacije, izvlačenja, vremenskog razgraničenja, kojim delom podgrada treba da tereti radilište na kome je bila ugrađena.

*) $c = \frac{\text{vrednost 1m}^3 \text{ jamskog drveta u S.}}{\text{specifična težina jamskog drveta}}$

**) $c' = \frac{\text{vrednost jednog lučnog čelič. okvira u S.}}{\text{težina ednog lučnog čeličnog okvira}}$

Prema tome, vrednost „p" dobija se iz formule:

$$p = 1 - \frac{t_1 + t_2 + t_3}{100} \qquad (6)$$

kod čega je:

t_1 = troškovi rekuperacije ponovnog osposobljavanja podgrade — u inostranstvu se računa sa 8%, što je prihvatljivo i za naše uslove;

t_2 = troškovi izvlačenja podgrade — u inostranstvu računa se sa 4%, što je prihvatljivo i za naše uslove;

t_3 = troškovi vremenskog razgraničenja obračunati za period vremena korišćenja podgrade u hodniku (vreme trajanja hodnika) $t_3 = \frac{V}{N} 100$

N = broj godina vremenskog razgraničenja

U = vreme izraženo u godinama trajanja hodnika.

Za vreme od jedne godine u inostranstvu računaju sa vrednošću $t_3 = 13$ što se može primeniti i kod nas.

Iz toga proizilazi da je:

$$p_{max} = 1 - \frac{8 + 5 + 13}{100} = 0{,}75$$

Koliki uticaj vrednosti »p« ima na ekonomiku primene čelične podgrade može se pokazati primerom:

Usled jače deformacije u jednom hodniku i troškova za ponovnu pripremu podgrade vrednost p = 0,6.

Kod vrednosti $E_1 = 0$ i $k = 4{,}3$

vrednost E = 0,7 H

Obratno, kod manje deformacije i vrednosti p = 0,75, ali skuplje podgrade k = 6,45 i vrednosti $E_1 = 0$

$$E = 0{,}6\ H$$

što pokazuje, da je i kod skuplje podgrade, a veće vrednosti »p«, ekonomski opravdanija primena.

Što se više vrednost »p« približava vrednosti jedan to je manji uticaj koeficijenta »k« što znači da racionalna ponovna upotreba čelične podgrade i njenog ponovnog

ugrađivanja u hodnik sa kraćim vekom trajanja daje najveću ekonomsku opravdanost.

Izračunavanje vrednosti »k« i »p« za primjenu čelika u ankerisanju.

Vrednost »k« u ankerisanju izračunava se po formuli:

$$k = \frac{\frac{N}{b} \times c'}{R \times c}$$

gde je:

N = broj ankera u jednom redu
b = razmak među redovima ankera u m
c' = cena ankera
R = količina u m^3 drvene podgrade/1m'
c = cena 1 m^3 drvene podgrade

npr:

N = 4 ankera
b = 0,4
c' = 800 din/kg
R = 0,325 m^3
c = 12000 din/m^3

$$k = \frac{4/0{,}4 \times 800}{0{,}325 \times 12000} = \frac{2}{0{,}975} = 2{,}06$$

Vrednost »k« u ankerisanju je niža nego kod lučne podgrade. Vrednost »p« u ankerisanju, samo u slučajevima kada se ankeri ponovo koriste, ima vrednost približno istu kao kod lučne podgrade. Ako se ankeri zapuštaju vrednost „p" = o. Prema tome, kod ankerisanja, kada se anker ne koristi ponovo, imamo suprotno od čelične podgrade zbog niske vrednosti „p" (blisko nuli) potrebu, da u cilju ekonomičnosti vrednost »k« bude što niža (cena ankera što manja).

Ukoliko se primjenjuju specijalni ankeri i to u većem broju, potrebno je naći rješenje za vađenje ankera radi njihove ponovne upotrebe tj. ostvariti da $p > 0$.

Konačni oblik formule

Formula u prvom obliku glasi:

$$\frac{E}{H} \geqslant [k(1-p)-1]$$

$$\frac{E}{H} = n \times \xi_0 = \qquad \xi_0 = \frac{F_H}{F_E}$$

$\xi = 0{,}50 \div 0{,}60 \times c_1 \quad c_1 = 12$ (u našim uslovima)

$$p = 1 - \frac{t_1 + t_2 + t_3}{100} \qquad p_{max} = 75\%$$

U konačnom obliku formula glasi:
— za čeličnu podgradu:

$$n \times \xi_0 \geqslant [(0{,}50 \div 0{,}60)\, c_1 (1-p) - 1]$$

$$n \geqslant \frac{[(0{,}50 \div 0{,}60)\, c_1 (1-p) - 1]}{\xi_0} \qquad (7)$$

— za ankere:
kod ponovnog korištenja ankera:

$$n \times \xi_0 \geqslant \left[\frac{N \cdot c'}{b \cdot R \cdot c}(1-p) - 1\right] \qquad (8)$$

kod ankerisanja kad se ankeri ne koriste ponovo

$$n \times \xi_0 \geqslant \left[\frac{N \cdot c'}{b \cdot R \cdot c} - 1\right] \qquad (9$$

Tumačenje:

Dozvoljeni stepen ponovnog podgrađivanja hodnika kod koga je primena drveta još rentabilnija, veći je ukoliko raste cena čelika u odnosu na drvo, a smanjuje se vrednost čelične podgrade za dalje korištenje i poremećenost hodnika kod ponovnog podgrađivanja.

Obratno, stepen ponovnog podgrađivanja hodnika, kod koga je nerentabilno primjenjivati drvenu podgradu, je niži ako cena čelika pada, a raste stepen iskorišćavanja čelične podgrade i poremećenost hodnika kod ponovnog podgrađivanja.

Na svakom rudniku može da se izvede jednačina i na taj način oceni, praćenjem stepena ponovnog podgrađivanja, kada primena čelika prelazi granicu rentabiliteta (dijagram br. 2).

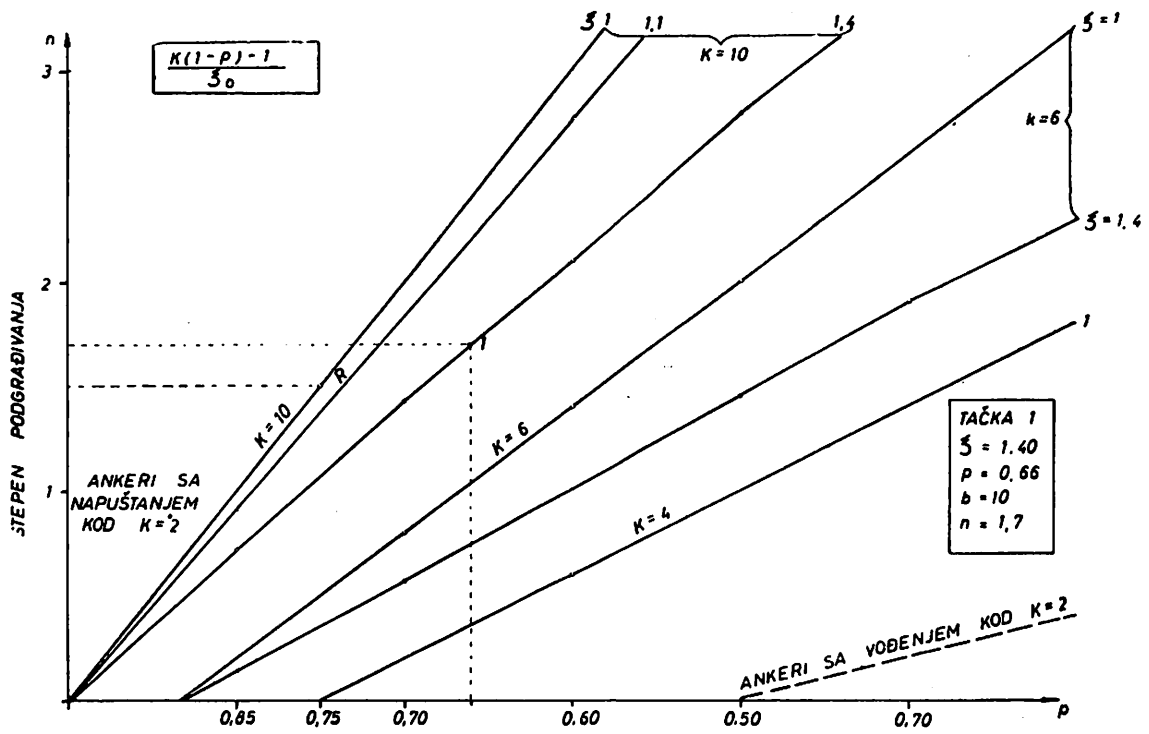
U dijagramu su date tri krivulje, za k = 4 koji srećemo u inostranstvu i k = 6 i k = 10; ti koeficijenti približno odgovaraju donjoj i gornjoj granici u našim uslovima. Za k = 10 date su krivulje uticaja faktora ξ.

Osim toga, data je:

— za ankerisanje kod k = 2 — tačka kod primene ankera sa napuštanjem istih;

— krivulja kod primjene ankera sa vađenjem istih.

DIJAGRAM 2



VREDNOST „n" U ZAVISNOSTI OD p i So ZA VREDNOST K = 10, 6 i 4 KAO I ZA ANKERE

k = 6

p \ ξ0	1,0	1,2	1,3	1,4
0,80	0,20	0,17	0,55	0,14
0,70	0,80	0,67	0,61	0,57
0,60	1,40	1,17	1,08	1
0,50	2	1,66	1,54	1,43

k = 10

p \ ξ0	1,1	1,2	1,3	1,4
0,80	0,91	0,83	0,77	0,72
1,70	1,81	1,66	1,52	1,42
0,60	2,76	2,50	2,30	2,10
0,50	3,60	3,30	3,06	2,86

Rudnici koji pristupaju uvođenju čelične podgrade korisno je da sličan dijagram izrade za svoje uslove određujući veličine k i ξ.

Osim toga, oni treba u izrađenim hodnicima da prate stepen zamene podgrade i to:

— za vreme trajanja jednog hodnika proučava se koliki broj podgrada je zamenjen u celini ili delimično.

Ako zamenu celih podgrada označimo sa vrednošću N_1, a zamenu 1/3 podgrade sa N_2, a 2/3 podgrade sa N_3, onda je u vremenu trajanja hodnika zamjenjena podgrada

$$N = N_1 + \frac{1}{3} N_2 + \frac{2}{3} N_3$$

— instalirani broj podgrada u hodniku iznosi N'

— stepen podgrađivanja je za određen hodnik jednak

$$n = \frac{N}{N'}$$

— stepen podgrađivanja svih pripremnih hodnika jednog rudnika je:

$$n = \frac{\Sigma N}{\Sigma N'}$$

Poznavanjem koeficijenta k, faktora ξ_0 i stepena podgrađivanja »n« moguće je u dijagramu odrediti koji je minimalni procent »p«, kod koga je još ekonomski opravdana primena čelične podgrade.

Za p_{max} u dijagramu je tačka R koja određuje kod $\xi = 1$ i $k = 10$ vrednost stepena podgrađivanja $n = 1{,}5$.

Dijagram nam pruža mogućnost da zaključimo:

— da je uticaj koeficijenta »p« najizrazitiji i da od njega zavisi u mnogome opravdanost primene čelične podgrade. Kod manje vrednosti »k« i veće vrednosti ξ_0 uticaj »p« opada, što znači da je nužno kod nas, budući da je vrednost »k« vrlo visoka, posebno voditi računa o maksimalnom ponovnom korišćenju čelične podgrade;

— u većini naših rudnika usled pritiska dolazi do izrazitog smanjenja čistog profila hodnika, a usled toga do većeg koeficijenta ξ_0, što povećava ekonomičnost primene čelične podgrade;

— veća primena čeličnih podgrada sigurno će uticati na sniženje cena iste (c_1) a usled toga i »k«, i približavanje uslovima u inostranstvu;

— samo ankerisanje daje vrlo nisku vrednost »k«. Kod tako niske vrednosti »k« pokazuje se puna ekonomska opravdanost primene ankerisanja, ukoliko se ankeri ponovno koriste $p > 0$, a negde i u slučajevima kada se ankeri napuštanja ($p = o$);

— sve ovo ukazuje da kod obazrive upotrebe čelične podgrade (tj. veće vrednosti »p«) postoji ekonomska opravdanost njene primene već radi toga, jer je stepen podgrađivanja u našim uslovima najmanje $n = 1$ (podgrađivanje u momentu pojave borbenog pritiska). Isto tako treba obavezno tražiti izlaz u primenjivanju ankera u kombinaciji sa čeličnom podgradom, ondje gdje za to postoje uslovi.

Uticaj koncentracije na mogućnost primene čelične podgrade

Primena čelične podgrade u hodnicima nekog rudnika iziskuje u prvo vreme dodatno angažovanje financijskih sredstava, budući da je cena čelične podgrade veća nego cena podgrade drvetom po 1 m dužnom hodnika.

Ukupni troškovi ulaganja za uvođenje čelične podgrade u hodnicima jednog rudnika za celokupnu dužinu hodnika (L) iznose:

$$I = H\,(k-1) \times L \qquad [Din] \qquad (1)$$

Ako sa »n« označimo vreme u kojem će se izvršiti zamjena drvene podgrade čeličnom, dobićemo potrebno godišnje ulaganje u periodu »n« pomoću formule:

$$I_t = \frac{I}{n} = H\,(k-1)\,\frac{L}{n} \qquad [Din/god] \qquad (2)$$

Prema tome, vidi se, da je smanjenje godišnjih troškova ulaganja za isti vremenski period ulaganja moguće postići smanjenjem dužine hodnika, što znači povećanjem koncentracije proizvodnje.

Uvođenje čelične podgrade povlači za sobom, u slučaju da je njena primjena ekonomski opravdana, godišnju uštedu troškova proizvodnje (Δ T). Tu uštedu možemo da izrazimo formulom:

$$\Delta T = \Delta E \times l = \left\{E - H\,[k\,(1-p) - 1]\right\} \times l \qquad (Din)$$

Ušteda je veća, ukoliko su veće vrednosti ΔE i dužina hodnika (l) u kojima je ugrađena čelična podgrada.

Budući da je ušteda troškova proizvodnje ostvarena ugrađivanjem čelične podgrade u hodniku dužina »l«, ona je svake go-

dine veća, jer je veća i dužina hodnika podgrađena čeličnom podgradom. Prema tome:

1⁰ godine	$\Delta T_1 = \Delta E \times l_1$	$l_1 = l_1$
2⁰ „	$\Delta T_2 = \Delta E \times l_2$	$l_2 = 2 \times l$
3⁰ „	$\Delta T_3 = \Delta E \times l_3$	$l_3 = 3 \times l$
n⁰ „	$\Delta T_n = \Delta E \times l_n$	$l_n = n \times l$

$$\Sigma_1^n \Delta T = \Delta E \times \Sigma_1^n l$$

$$\Sigma_1^n l = l \times \frac{n}{2}(1+n) \qquad n \times l = L$$

$$\Sigma_1^n \Delta T = \Delta E \frac{L}{2}(1+n)$$

Ako ukupno ulaganje I treba da bude jednako ostvarenoj uštedi ΔT za period »n« godina, dobijamo

$$I = \Sigma_1^n \Delta T$$

$$H(k-1) \times L = \Delta E \frac{L}{2}(1+n)$$

$$n = 2\frac{H(k-1)}{\Delta E} - 1 \qquad (3)$$

Iz ove formule se zapaža da period ulaganja zavisi samo od cene čelične podgrade i godišnje uštede po 1 m dužnom hodnika. U daljoj analizi potrebno je ocjeniti stepen opterećenja rudnika kod uvođenja čelične podgrade. Još ranije znamo da je

$$n = \frac{L}{l}$$

i da dužinu svih hodnika možemo izraziti formulom:

$$L = 10^{-3} \times m \times P$$

gde je:

$m = \frac{10^3 L}{P}$ = stepen koncentracije proizvodnje u jednom rudniku

P = godišnja proizvodnja.

Sredstva koja su potrebna za ugrađivanje čelične podgrade u toku jedne godine iznose:

$$H = (k-1) \times l$$

a izvore za finansiranje tih sredstava dobijamo prodajom uglja određene proizvodnje (P) po određenoj ceni (C), opterećujući bruto produkte (C.P) koeficijentom »r« koji označava stepen opterećenja, te su prema tome

$$I_t = r \times C \times P$$

odakle dobijamo jednačinu

$$H(k-1) \times l = r \times C \times P$$

$$l = r \frac{C}{H(k-1)} \times P$$

$C_H = \frac{C}{H(k-1)}$ jednako je cena uglja podeljena sa troškovima čelične podgrade 1 m'

$$l = r \times C_H \times P$$

zamjenjujući to u formuli dobijemo

$$n = \frac{L}{l} = \frac{10^{-3} \times m \times P}{r \times C_H \times P} = \frac{10^{-3} m}{r \times C_H}$$

uvrštavanjem u formulu vrednosti »n« i »C_H« dobijamo

$$r = \frac{m}{C_H} \times \frac{1}{2\frac{H(K-1)}{\Delta E} - 1} \times 10^{-3} =$$

$$= \frac{m}{C_H} \times A \times 10^{-3} \qquad (4)$$

gde je: $A = \frac{1}{n}$

Iz ove formule se vidi da stepen opterećenja zavisi od koncentracije rudnika tj. što je veća koncentracija, manja je vrednost »m«, a s tim i stepen opterećenja.

Stepen opterećenja upravno je srazmeran sa cenom podgrade, a obrnuto srazmerom sa cenom uglja i ostvarenom godišnjom uštedom. U dijagram br. 3 prikazane su odgovarajuće vrednosti $A = \frac{1}{n} = \frac{1}{2\frac{H(K-1)}{\Delta E} - 1}$

kod čega na apscisi imamo vrednosti $\frac{m}{C_H}$, a na ordinati vrednosti »r«

Nekoliko računskih primera:

$k = 7 \qquad p = 0{,}75 \qquad \frac{E}{H} = 2 \qquad H = 5 \times 10^3.$

$$H\,(k-1) = 5{,}10^3.\ (7-1) = 30.000 \text{ Din/m'}$$

$$\Delta E = H\left\{\frac{E}{H} - [k(1-p)-1]\right\} = 5.000\ (2 - 1{,}60)$$

$$\Delta E = 2.000 \text{ Din/m'}$$

$$A = \frac{1}{2\frac{H(K-1)}{\Delta E} - 1} = \frac{1}{2\frac{30.000}{2.000} - 1} = \frac{1}{29} = 0{,}0345$$

$$n = 29$$

Rudnik 1	Rudnik 2
$L = 5.000$ m	$L = 3.000$ m
$P = 500.000$ tn/g	$P = 600.000$ tn/g
$m = \frac{5.000 \times 10^3}{500.000} = 10$	$m = \frac{3.000 \times 10^3}{600.000} = 5$
$C = 5.000$ Din/tn	$C = 4.000$ Din/tn

$$C_H = \frac{5.000}{30.000} = \frac{1}{6} \qquad C_H = \frac{4.000}{30.000} = \frac{2}{15}$$

$$\frac{m}{C_H} = \frac{10}{1/6} = 60 \qquad \frac{m}{C_H} = \frac{5 \times 15}{2} = 37{,}5$$

$$r_1 = 60 \times 0{,}0346 \times 10^{-3} = 2{,}07 \times 10^{-3}$$

$$r_2 = 37{,}5 \times 0{,}034 \times 10^{-3} = 1{,}29 \times 10^{-3}$$

Stepen opterećenja u prvom slučaju je veći

$$\frac{2{,}07}{1{,}29} \times 100 = 161\%$$

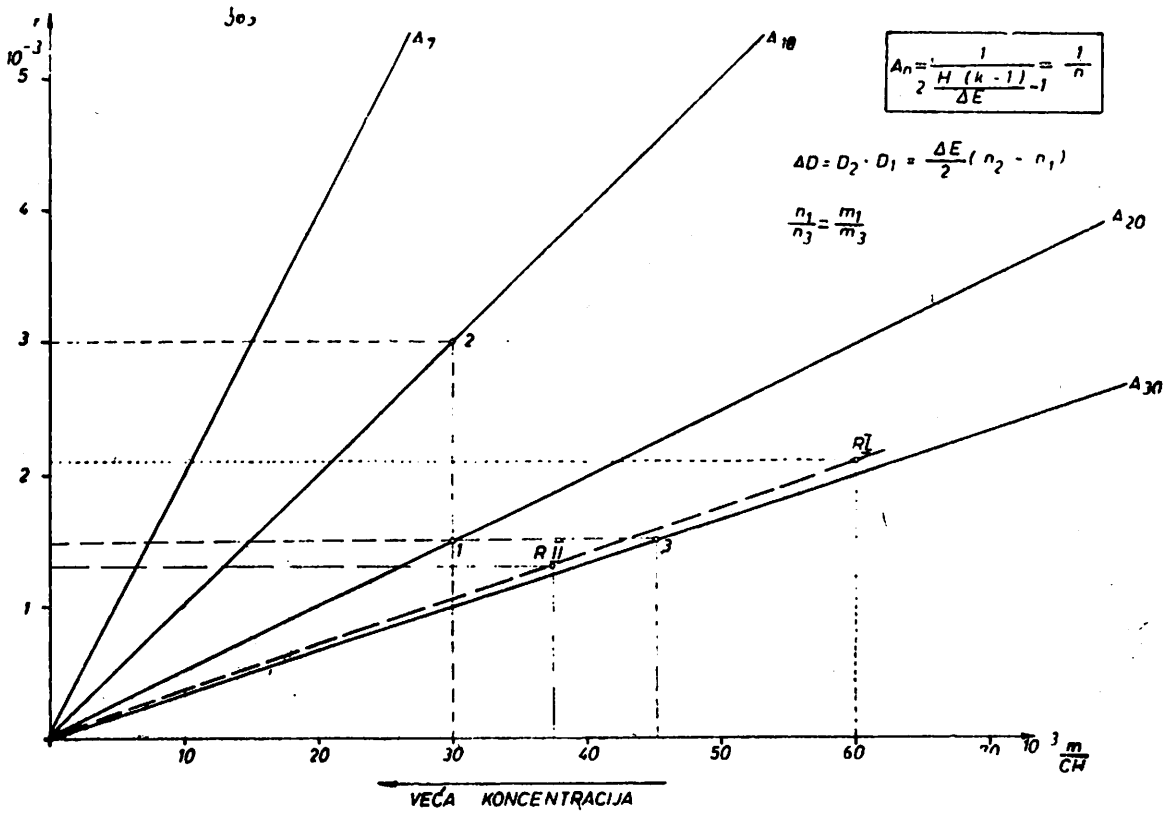
Angažovanost sredstava iznosi u toku 1 godine:

$$I_t = r \cdot c \cdot P$$

$I_t = 2{,}07 \times 10^{-3} \times 5.000 \times 500.000 =$
$= 5.175$ milijona Din

$I_t = 1{,}29 \times 10^{-3} \times 4.000 \times 600.000 =$
$= 3.096$ milijona Din

DIJAGRAM Br. 3



Dužina hodnika koja će se tim sredstvima podgraditi iznosi:

$$l = \frac{5{,}175 \times 10^6}{3 \times 104} = 172.50 \text{ m}$$

$$l = \frac{3.096 \times 10^6}{3 \times 104} = 103.2 \text{ m}$$

Vreme u kojem će se izvršiti ukupno podgrađivanje čelikom iznosi:

$$n = \frac{5.000}{172{,}50} = 29 \text{ god.}$$

$$n = \frac{3.000}{103{,}2} = 29 \text{ god.}$$

Ukoliko u drugom slučaju želimo da radimo sa istim stepenom opterećenja dobijamo:

Angažovanje sredstava

$2{,}07 \times 10^{-3} \times 4.000 \times 600.000 = 5 \times 10^6$ Din

Dužina koja se godišnje podgradi:

$$l = \frac{5 \times 10^6}{3 \times 10^4} = 166 \text{ m}$$

i vreme potrebno za potpuno uvođenje podgrade:

$$n = \frac{L}{l} = \frac{3.000}{166} = 18 \text{ god.}$$

Celi račun može da bude postavljen na drugoj osnovi. Određen je stepen opterećenja

$$r = 20 \times 10^{-3}$$

Za 1. rudnik

Angažovanje sredstava

$$20 \times 10^{-3} \times 5.000 \times 500.000 = 50 \times 10^6 \text{ Din/god.}$$

Za 2. rudnik

$$20 \times 10^{-3} \times 4.000 \times 600.000 = 48 \times 10^6 \text{ Din/god.}$$

Godišnja dužina hodnika koja se podgradi:

$$l = \frac{50 \times 10^6}{3 \times 10^4} = 1.666 \text{ m'} \qquad l = \frac{48 \times 20^6}{3 \times 10^4} = 1.600 \text{ m'}$$

Vreme potrebno za podgrađivanje:

$$n = \frac{5.000}{1.666} = 3 \text{ god.} \qquad n = \frac{3.000}{1\,600} = 1.87 \text{ god.}$$

U tom periodu uštede ne mogu da pokriju angažovana sredstava u visini

potrebne uštede: $\Delta E = \frac{2H(k-1)}{n+1} =$

$\frac{60.000}{4} = 15.000$ Din/g. m' $\quad \frac{60.000}{2{,}87} = 20.600$ Din g. m'

ostvarene (pretpostavka):

	2.000 Din/god m'	2.000 Din/god m'
razlika	13.000 Din/god m,	10.600 Din/god m'

u celom periodu

$$5 \times 10^3 \times 13 \times 10^3 = 65 \times 10^6 \text{ Din}$$

$$3 \times 10^3 \times 10{,}6 \times 10^3 = 55{,}8 \times 10^6 \text{ Din}$$

Prema tome rudnik 2 će kod istog stepena opterećenja u kraćem roku da završi permanizaciju svih hodnika, kod čega će biti potrebno manje dodatnih sredstava od rudnika 1.

Ove formule primaju drugi oblik, ako treba da se ostvari permanizacija i iz nekih drugih izvora osim ušteda. U tom slučaju formula dobija oblik:

$$n' = 2\frac{H(K-1)-D}{\Delta E} - 1$$

$$r' = \frac{m}{C_H} \times \frac{1}{2\frac{H(K-1)-D}{\Delta E} - 1} \times 10^{-3}$$

kod čega je D = dodatna sredstva po 1 m' dužinom hodnika

$$n' < n \qquad r' > r \qquad l' > l$$

Ako unapred odredimo vreme (n' godina) u kome treba da završimo permanizaciju, potrebna dodatna sredstva dobijamo iz formule:

$$n' = \text{određen} \qquad l = \frac{L}{n'}$$

$$r' = \frac{m}{C_H} \times \frac{1}{n'} \times 10^{-3}$$

$$D = H(k-1) - \frac{\Delta E}{2}(1+n') \quad \text{Din/m' hodnika}$$

U slučaju da upoređujemo dva rudnika sa istim stepenom opterećenja vreme potreb-

no za izvršenje permanizacije, a i dodatno opterećenje, je različito:

$$r_1' = r_2' \qquad n_1' \neq n_2' \qquad D_1 \neq D_2$$

$$\frac{n_1'}{n_2'} = \frac{m_1}{m_2} \times \frac{C_{H_2}}{C_{H_1}}$$

rudnici iste vrednosti C_H imaju

$$\frac{C_{H_2}}{C_{H_1}} = 1$$

$$\frac{n_1'}{n_2'} = \frac{m_1}{m_2}$$

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{H\ (k-1) - \frac{\Delta E_1}{2}(1 + n_1')}{H\ (k-1) - \frac{\Delta E_2}{2}(1 + n_2')}$$

Iz ovih formula se vidi da je potrebno, ukoliko se traži brzo uvođenje čelične podgrade u hodnicima sa istim angažovanjem dodatnih sredstava, izvršiti koncentraciju rudnika, jer je u tom slučaju u novim uslovima (2) prema starim (1):

$$n_2' = n_1' \times \frac{m_2}{m_1} \qquad m_2 = \frac{10^3 L_2}{P_2} < m_1 = \frac{10^3 L_1}{P_1}$$

$$n_2' < n_1'$$

potrebno vreme manje u zavisnosti od obavljenog stepena koncentracije, a kod istoga stepena opterećenja $r'_1 = r'_2$

U tom slučaju je i angažovanje dodatnih sredstava veće u novim uslovima (2) kod istog stepena opterećenja:

$$D_2 = H\ (k-1) - \frac{\Delta E_2}{2}(1 + n'_2) > D_1 = H\ (k-1) - \frac{\Delta E_1}{2}(1 + n'_1)$$

te za: $n'_1 > n'_2$ i $\Delta E_1 = \Delta E_2$

iz toga sledi:

$$\Delta D = D_2 - D_1 = \frac{\Delta E}{2}(n'_1 - n'_2)$$

Pomoću dijagrama br. 3 može se odrediti vrednost ΔD. Na presecanju ordinate podignute na određenoj vrednosti $\frac{m}{C_H}$ dobijamo presječne tačke 1 i 2 sa linijom $A = \frac{1}{n}$

a odatle dobijamo da je $\Delta D = \frac{\Delta E}{2}(n_2 - n_1)$ [Din/m hodnika]. Ako su kod n_1 izdaci pokriveni uštedom onda je $D_1 = 0$ i

$$\Delta D = D_2 = \frac{\Delta E}{2}(n_2 - n_1)$$

Na temelju ovih razmatranja može se zaključiti, da je uvođenje čelične podgrade u hodnicima rudnika uglja neodvojivo od koncentracije i kompletne mehanizacije dobijanja uglja i da se mora u tom sklopu rješavati. Odvojeno rješavanje podgrađivanja hodnika čeličnom podgradom od koncentracije proizvodnje nije ekonomski opravdano rješenje.

Ekonomičnost primene čelika u podgrađivanju hodnika dužeg veka trajanja

Hodnike, čiji je vek trajanja duži i gde se zamena drveta mora izvršiti, ne zbog pritiska već zbog trulenja drveta i pojava gljivica, usled čega nastaje smanjena sposobnost nošenja i lom, korisno je podgrađivati materijalom koji anulira održavanje do napuštanja hodnika ili svodi na minimum. Takve hodnike uvrštavamo u grupu investicionih hodnika obzirom da sredstva za izgradnju istih koristimo iz fondova ili zajma.

Ako je u takvom hodniku:

- t — vek trajanja hodnika (god.)
- t_1 — prvo vreme trajanja u kome nije potrebno održavanje hodnika (god.)
- V — cena nadnice i materijala uključujući sva davanja (bruto) obračunato na nadnicu održavanja u din/nad.
- S — broj nadnica za održavanje u toku jedne godine nad/god.
- L — dužina hodnika koji se održava (u m)

onda troškovi održavanja po 1 m' za ceo period trajanja iznose:

$$E = \frac{V \times S}{L}\ (t - t_1)$$

Budući da se radi o dužem veku trajanja, pitanje procenta gubitka kod ponovnog korišćenja čelične podgrade ne dolazi u obzir (trajanje hodnika je vremenski veće od trajanja vremena otplate).

Kako se troškovi čelične podgrade moraju pojaviti u pogonskim troškovima, onda se veće osnovno ulaganje mora opteretiti kamatom koja tereti redovne pogonske troškove. Veći troškovi čelične podgrade osnovnog ulaganja i kasnijih troškova do zapuštanja hodnika iznose:

$$M = H\,(k - 1) + K$$

kod čega su »K« troškovi većeg osnovnog ulaganja.

Ako se pretpostavi da je kod napuštanja hodnika čelik potpuno otpisan, onda kod

n — godina otpisivanja

i — kamata na financijska sredstva

$$K = \frac{n+1}{2} \times i \times H\,(k-1) \qquad p = \frac{n+1}{2}\, i$$

$$K = p \times H\,(k-1)$$

$$M = H\,(k-1)\,(1+p)$$

jednačina ekonomičnosti podgrade glasi:

$$E \geqslant M$$

ili $$\frac{V \times S}{L}(t - t_1) \geqslant H\,(k\ \ 1)\,(1+p)$$

$$n\xi_o = \frac{V \times S}{L \times H} \geqslant \frac{(k-1)\,(1+p)}{t - t_1}$$

$V \times S$ = prosečni godišnji troškovi održavanja za ceo hodnik i za celi period trajanja hodnika

$L \times H$ = troškovi permanizacije drvetom kod izrade hodnika u celoj dužini

$\frac{V \times S}{L \times H}$ = merljivi odnos između godišnjih troškova za održavanje hodnika i početnih troškova (kod izrade hodnika drvetom). Ovo se ustanovljava praksom.

npr: za hodnik dužine L = 1.000 m troškovi izrade hodnika u drvenoj podgradi (samo podgrađivanje) iznose 8.000 Din/m'

$$L \times H = 8{,}000.000 \text{ Din.}$$

godišnje se utroši 6.000 nadnica a 2.000 Din = 12,000.000 Din

i utroši se 300 m^3 jamske građe a 12.000 = 3,600.000 Din.

$$n\xi_o = \frac{V \times S}{L \times H} = \frac{15{,}600.000}{8{,}000\,000} = 1{,}95$$ broj koji označava prosečni stepen održavanja; taj stepen održavanja nije u svakoj godini jednak i raste iz godine u godinu, a pokazuje koliko puta treba ceo hodnik podgraditi u toku jedne godine.

Obračun desne strane jednačine:

$$k = 0{,}75 \times c_1 = 9{,}6$$

$$p = \frac{n+1}{2} \times i = 42\%$$

ako se zajam daje na n = 20 god.
sa i = 4%

npr: $t = 20$ god. $\quad t_1 = 5 \quad t - t_1 = 15$ god.

$k - 1 = 8{,}6 \quad p = 42\% \quad 1 + p = 1{,}42$

$$\frac{(k-1)\,(1+p)}{t - t_1} = \frac{8{,}6 \times 1{,}42}{15} = 0.81$$

Stepen održavanja $n\xi_o = \frac{VS}{LH}$ mora biti veći od 0,81, da bi čelična podgrada bila ekonomski opravdana.

U gornjem računu to iznosi 1,95 > 0,81 te bi u tom slučaju primena čelične podgrade bila opravdana.

Formula se može dati u drugom obliku:

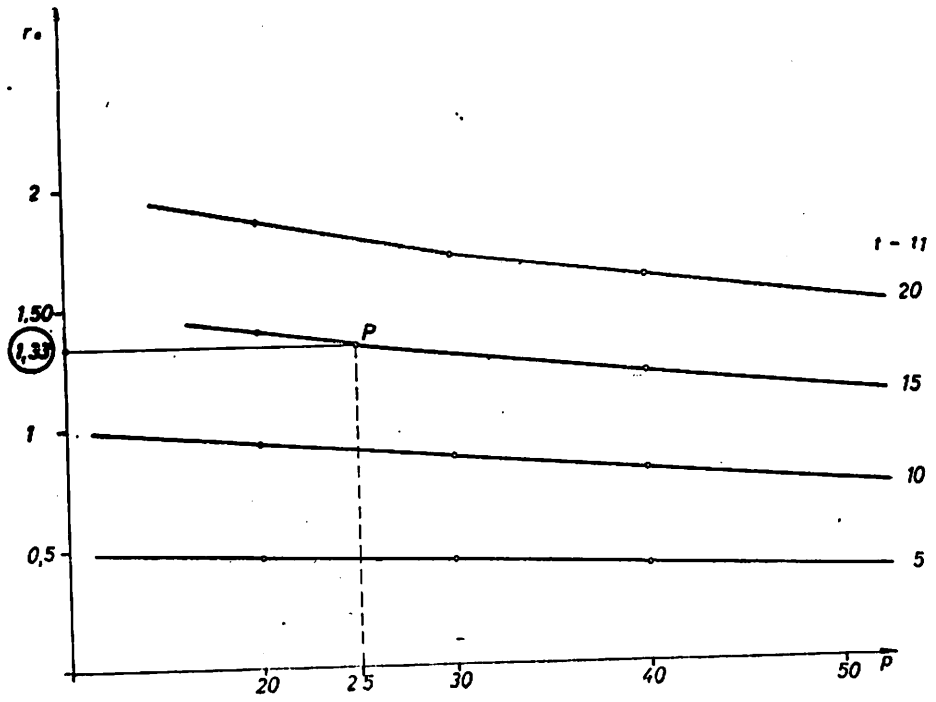
$$r_o = \frac{L \times H}{V \times S} \leqslant \frac{t - t_1}{(k-1)\,(1+p)}$$

r_o - pokazuje u kom vremenskom periodu (izraženo u godinama) treba da se izvrši potpuna zamena drvene podgrade u hodniku

$$r_o = \frac{1}{n\xi_o}$$

Sve dok je broj na desnoj strani jednačine veći od rezultata iz prakse na levoj strani, do tada je opravdana primena čelika,

Dijagram br. 4 (kod R = 10; p = 20 — 40i% i t — t_1 = 5 — 20 g.)



k = 10

p % \ t — t_1	5	10	15	20
20	0,46	0,92	1,40	1,85
30	0.43	0,85	1,28	1,70
40	0,40	0,79	1,20	1,60

u tač. p:

kod vrednosti za p = 25% i vreme t—t_1 = 15 god. čelična podgrada je opravdana, ako se ceo hodnik u praksi ponovno potpuno podgrađuje u vremenskim razmacima manjim od 1,3 god.

To znači da će hodnik u periodu od t—t_1 = 15 god. hodnika $\frac{15}{1,3}$ = 11,5 puta biti podgrađen kao donja granica tj. ako se podgrađuje više puta, opravdano je primena čelične podgrade.

Kod praktične primene gornjih formula potrebno je obaviti sledeće:

— ustanoviti vrednost desne strane tj. vrednost k, p i t—t_1 i na temelju toga obračunati desnu stranu za obe formule.

stepen podgrađivanja $n\xi_o \geqslant \frac{(k-1)(1+p)}{t-t_1}$

vremenski period $r_o < \frac{t-t_1}{(k-1)(1+p)}$

— ustanoviti na temelju podataka koje imamo iz iskustva, praćenjem ponašanja nekih hodnika ili računskim putem, vrednosti

V = cena nadnica i materijal svedeno na 1 nadnicu za održavanje

S_o = broj nadnica za održavanje 100 m hodnika u toku jedne godine

$S = \frac{S_o \times L}{100}$ broj nadnica za održavanje hodnika dužine L u toku jedne godine

H = troškovi ugrađivanja drvene podgrade po 1 m' hodnika.

Pomoću tih podataka dobija se vrednost

$$n\xi_o = \frac{V \times S}{L \times H} \qquad r_o = \frac{L \times H}{V \times S}$$

Ovakav obračun rentabilnosti primene čelične podgrade u investicionim hodnicima zanemaruje amortizaciju, investiciono održavanje i sl. i zbog toga krije u sebi određenu grešku. Ova formula je primjenjiva sa manjom greškom, ako se financiranje vrši iz vlastitih financijskih izvora kod čega se određuje period amortizacije iste (n) i kamata (i).

Osim ove formule može se za ekonomičnost u podgrađivanju čelikom primeniti i formula, koja se obično primenjuje kod obračuna rentabilnosti mehanizacije, izmjenjena zbog nepostojanja pogonskih troškova.

Ovaj princip obračuna polazi prvenstveno od ustanovljavanja godišnjih troškova, zatim ustanovljavanja, koje je to maksimalno dozvoljeno ulaganje, koji je profit i vreme potrebno da se postrojenje otpiše.

Dajemo opis osnovnih znakova formule:

Hodnik sa čeličnom podgradom — oznakom »2«.

Hodnik sa drvenom podgradom — oznakom »1«.

I = početno ulaganje (uloženo pre puštanja) permanizacije

Y = godišnji troškovi permanizacije

A = troškovi financiranja osnovnog ulaganja (anuiteti)

B = osiguranje i administrativni troškovi

C = investiciono održavanje

D = amortizacija

A, B, C i D dati u %

$$\eta_0 = \frac{A+B+C+D}{100}$$

$$Y = \frac{I}{100} \times (A+B+C+D) = n \times I \text{ (Din)}$$

Z = maksimalne investicije hodnika sa čeličnom podgradom nasuprot hodniku sa drvenom podgradom

T = troškovi radne snage i materijala za podgrađivanje kod održavanja hodnika Din/god.

U = korist zbog povećane proizvodnje u Din/god. (smanjeno izgubljeno radno vreme u proizvodnji i transportu). U daljem računu ovaj element je zanemaren, ali je vrlo važno uzimati ga u konkretnim slučajevima u obzir.

$$Z = \frac{(T_1 - T_2) + (U_2 - U_1)}{\eta_2} + \frac{r_1 I_1}{\eta_2} \qquad (1)$$

X = godišnji profit bez kamata u din (ova vrednost treba da je veća od nule)

$$X = \eta_2 \times Z - Y_2 = \eta_2 Z - \eta_2 I_2 \qquad (2)$$

P = godišnji profit sa kamatama u %

$$P = 100 \frac{X_2}{I_2} + A \qquad (3)$$

N = broj godina potreban za amortizaciju permanizacije

$$N = \frac{100}{P+D} \qquad (4)$$

Ove 4 formule mogu da nam posluže kod davanja ocene o ekonomičnosti primenjivanja čelične podgrade na mestu gde se podgrađivalo drvetom.

Ako pokušamo da ove formule svedemo na elemente, koje smo u dosadašnjim poglavljima koristili, dobijamo:

(obračunato na 1 m' hodnika)

Drvena podgrada	Čelična podgrada	Razlika
$I_1 = H$	$I_2 = kH$	$I_2 - I_1 = (k-1)H$
$\eta_1 = \frac{A_1 + B_1 + C_1 + D_1}{100}$	$\eta_2 = \frac{A_2 + B_2 + C_2 + D_2}{100}$	
$Y_1 = \eta_1 H$	$Y_2 = \eta_2 kH$	$Y_2 - Y_1 = H(\eta_2 \times k - \eta_1)$
$T_1 = \frac{V \times S}{L}$	$T_2 \approx 0$	$T_1 - T_2 = \frac{V \times S}{L}$

Pomoću ovih formula i zamenama dobijamo (zanemarujući $U_2 - U_1$)

$$Z = \frac{T_1 - T_2}{\eta_2} + \frac{\eta_1 I_1}{\eta_2} = \frac{V \times S}{\eta_2 \times L} + \frac{\eta_1 H}{\eta_2} \qquad (1)$$

Pomoću te formule izračunavamo koliko je moguće maksimalno uložiti po m' hodnika za čeličnu podgradu kod zamenjivanja drvene podgrade

$$X = \eta_2 Z - Y_2 = \frac{V \times S}{L} + \eta_1 H - \eta_2 \times k \times H =$$

$$= \frac{V \times S}{L} + H(\eta_1 - k\eta_2) > 0 \qquad (2)$$

»X« mora da ima vrednost veću od (ϕ) budući da označava godišnju uštedu bez kamata do koje se dolazi ugradnjom čelične podgrade.

Iz toga proizlazi:

$$\frac{V \times S}{L} > H(k\eta_2 - \eta_1)$$

$$\eta \times \xi_o = \frac{V \times S}{H \times L} > (k \times \eta_2 - \eta_1) \qquad (2a)$$

Ako je $\eta_1 = \eta_2$, formula dobija oblik:

$$n\,\xi_o = \frac{VS}{HL} > \eta_2 (k - 1) \qquad (2b)$$

Godišnji profit sa kamatama iznosi:

$$P = 100\frac{X}{J_2} + A_2 = 100\,\frac{\frac{V \times S}{L} + H(\eta_1 - k\eta)}{kH} + A_2$$

$\eta_1 = \eta_2$

$$P = 100\,\frac{V \times S - H.L(k-1) \times \eta_2}{k\,H\,L} + A_2 \qquad (3)$$

Broj godina potreban za amortizaciju čelične podgrade:

$$N = \frac{100}{P + D} \qquad (4)$$

Formula (1) nam pruža mogućnost da sagledamo koliko sme da bude maksimalno godišnje opterećenje kod uvođenja čelične podgrade.

Formula (2) ukazuje na stepen podgrađivanja kod koga je opravdano ugrađivanje čelične podgrade. Taj stepen ovisan je od koeficijenta k i vrednosti η_2 i η_1.

Analizirajući vrednosti η_1 i η_2 možemo da zaključimo:

$A_1 = A_2$, $B_1 = B_2$, $C_1 = \varphi C_2$ — budući da su sredstva dobijena pod istim uslovima može da se zanemare, jer je mala vrednost; investiciono održavanje je za koeficijent φ manje kod čelika nego kod drveta;

$D_1 = D_2$ — stopa amortizacije je ista jer je ona funkcija trajanja hodnika;

prema tome, moglo bi se sa minimalnom greškom izraziti: $\eta_1 = \eta_2$

$$k \times \eta_2 - \eta_1 = \eta_2(k-1) = \frac{A_2 + C_2 + D_2}{100}(k-1)$$

Koristeći elemente iz predašnjeg primera:

$n = 20$ god. $\quad i = 4\%$ $\quad k = 9{,}6$

dobija se sledeći obračun:

$A_2 = 7.35\%$ *)
$D_2 = 5\ \%$
$C_2 = 3\ \%$ (iskustveno)

$$\eta_2 = \frac{7{,}35 + 5 + 3}{100} = 0{,}1535$$

$$k = 1 = 8{,}6$$

$$n\,\xi_o > 8{,}6 \times 0{,}1535 = 1{,}32$$

U predanjem obračunu (primenom izložene formule) kod istih vrednosti dobija se

$$\frac{8{,}6 \times 1{,}42}{15} = 0{,}81$$

Do nastale razlike došlo je zbog primene amortizacije i investicionog održavanja.

Prvi primer:

U primeru koji je iznet dati su elementi:

$V \times S = 15{,}600.000$ Din/god.
$L \times H = 8{,}000.000$ Din
kod $L = 1000$ m
$n \times \xi_0 = 1{,}95$

Sledeći iznete formule dobijamo

$\eta_2 = \eta_1 = 0{,}1535$):

$$Z = \frac{V \times S}{\eta_2 \times L} + H = \frac{15{,}600.000}{0{,}1535 \cdot 1000} +$$

$$+ 8.000 = 125.000 \text{ Din/m'}$$

(opravdano osnovno ulaganje po 1 m' hodnika)

$X = \eta_2 \times Z_2 - Y_2 = 0{,}1535 \times 125.000 - 0{,}1535 \times 9{,}6 \times \times 8.000 = 7.400$ Din/m' (ušteda po m' hodnika godišnje bez kamata)

(* Tablice finansijske aktuarske matematike — V.

$$P = 100 \times \frac{X_2}{J_2} + A_2 = 100 \frac{7 \cdot 400}{76 \cdot 800} + 7{,}35 = 17\%$$

(godišnji profit sa kamatom).

$$H = \frac{100}{P + D} = \frac{100}{17+5} = 4{,}55 \text{ god}$$

(vreme za koje će se čelična podgrada otplatiti)

Drugi primer:

Uvođenje podgrade vrši se iz vlastitog poslovnog fonda amortizacije. $D = 10\%$ $A = \varnothing$

$\eta_1 = \eta_2 = 0{,}10 \quad t - t_1 = 8$ god $\quad k = 7 \quad k-1 = 6$

$$n\xi_o = \frac{V \times S}{H \times L} > 6 \times 0{,}10 = 0{,}60$$

Dužina hodnika koji se permanizira L = = 1.500 m. Cena podgrade po 1 m' iznosi u

drvetu $H = 6.000$

u čeliku $kH = 7 \times 6.000 = 42.000$

$H \times L = 9{,}000.000$ din

Na temelju gornjih podataka dobija se da je $VS > HL \times 0{,}60 = 5{,}400.000$ Din/god.

Pretpostavimo da su $V \cdot S = 6{,}000.000$ Din/god maksimalne investicije hodnika, još ekonomski opravdane, a podgrađene u čeliku iznose:

$$Z_2 = \frac{VS}{\eta_2 L} + \frac{\eta_1 H}{\eta_2} = \frac{6{,}000.000}{0{,}10 \times 1500} + 6.000 = 46.000 \text{ Din}$$

$kH = 42.000 < 46.000$ Din/m' te, prema tome, opravdano je da se investira.

Godišnja ušteda po 1 m' bez kamata iznosi:

$$X = \eta_2 \times Z_2 - \eta_2 J_2 = 0{,}1 \times 46.000 - 0{,}1 \times 42.000 = 4.600 - 4.200 = 400 \text{ Din/m'}$$

Godišnji profit sa kamatom:

$$P = 100 \frac{X}{J_2} + A = 100 \frac{400}{42.000} = 1\%$$

Broj godina otplate:

$$N = \frac{100}{P + D} = \frac{100}{1 + 10} = \frac{100}{11} = 9 \text{ god.}$$

Treći primer:

Gornji račun primenjen za ankerisanje ako je k = 3,5 k—1 = 2,5

$$n\xi_o = \frac{V \times S}{H \times L} > 2{,}5 \times 0{,}1 = 0{,}25$$

H = 6.000 Din/m' kH = 21.000 Din/m'

HL = 9,000.000 Din

$V \times S > 0{,}25 \times 9{,}000.000 = 2{,}250.000$ Din

Budući da smo i u ovom računu uzeli V.S = 6,000.000 Din/god dobija se

$$Z = \frac{6{,}000.000}{0{,}10 \times 1500} + 6.000 = 46.000 \text{ Din}$$

$kH = 21.000 < 46.000$

$X = 0{,}10 \times 46.000 - 0{,}10 \times 21.000 = 2.500$ Din/m'

$$P = 100 \frac{2.500}{21.000} + A = 12\%$$

$$N = \frac{100}{P + D} = \frac{100}{12 + 10} = 4{,}55 \text{ god.}$$

Kao što se iz računa vidi, onde gde je primenjivo ankerisanje, postoji daleko veći stepen ekonomičnosti i otplaćuje se u 2 puta kraćem periodu vremena.

Poslednje formule mnogo su prikladnije od ranijih formula, jer odmah daju sve elemente (visinu ulaganja, vreme amortizacije i sl.) koji su svakom pogonskom inženjeru potrebni, da bi mogao da donosi ocenu o primeni čelika u podgrađivanju hodnika.

Na temelju ovakve analize može da se zaključi, da danas kod nas postoje ekonomsko opravdani uslovi za primenu čelične podgrade u hodnicima kraćeg i dužeg veka trajanja na svim rudnicima, kod čega napominjemo, da su bolji uslovi na većim rudnicima.

Efekte primene čelika u podgrađivanju, na mestima gde geomehanički i ostali pogonski uslovi dozvoljavaju, moći će svaki rudnik da oseti u sniženju troškova proizvodnje i normalnijem odvijanju procesa proizvodnje, ali, jasno, u određenom vremenu nakon izgradnje.

Smerovi u tehnici podgrađivanja

U tehnici podgrađivanja hodnika danas postoje dva smera:

— smer očuvanja profila hodnika (querschnittschonende)

— smer očuvanja podgrade (ausbauschonende).

Prvi smer nastoji da popustljivost podgrade bude minimalna, da bi se sačuvala u potpunosti funkcionalnost hodnika (transport uglja, prolaz, vetrenje i sl.), da se vrši minimalno održavanje hodnika, da se ne dozvoli da se svod (izolaciono telo) izgubivši svoju povezanost prebrzo ne zalomi i izazove stanje u kome je nemoguće smiriti okolno stenje.

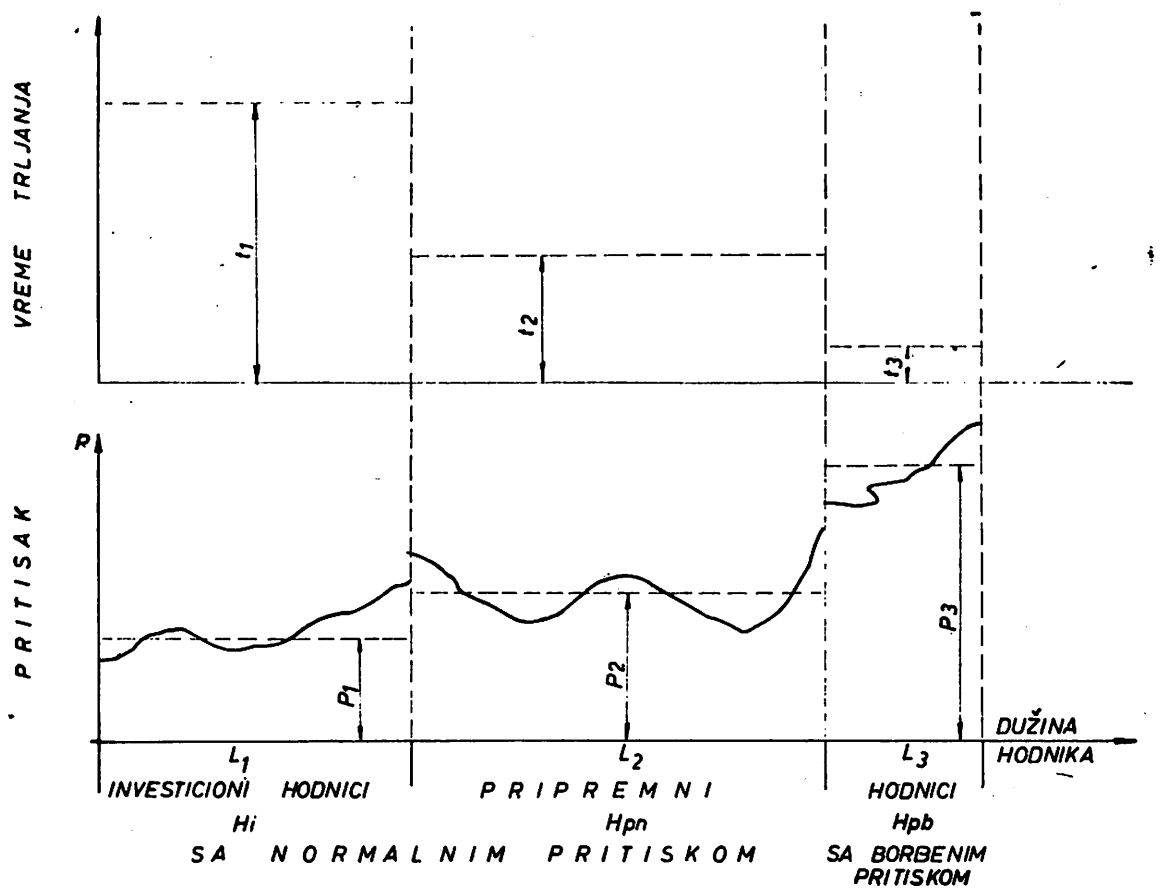
Drugi smer polazi od toga da se stvaranjem svoda ne završava svaka promena u okolnim stenama (da je završeno konačno stvaranje izolacionog tela). Radi toga, taj smer smatra, da je dobro dozvoliti da dođe do bržeg ostvarivanja svoda (izolacionog tela) popuštanjem podgrade, kod čega se ista zaštićuje od lomljenja, nepotrebnog krivljenja i provale krovine. Usled toga je nužno jednom ili više puta ponovno podgrađivati hodnik, kod čega podgrada usled svoje popustljivosti ostaje neoštećena.

Koji će se smer gde primeniti određuje se ekonomskim računom. Prvi metod odgovara više moćnim slojevitim stenama, a drugi škriljastim i plastičnim stenama.

I jedan i drugi metod izveden je kao zaključak tretiranja podgrađivanja, s obzirom na stvaranje svoda (izolacionog tela) u određenim stenama uključujući vreme i veličine, a zanemarujući neke druge elemente.

Na podgrađivanje jednog hodnika treba da utiče i njegovo vreme trajanja kao i izrazite promene pritiska, koje u njemu u određenom periodu treba očekivati. S tog gledišta klasifikcirani hodnici imaju različite osnovne elemente (pritisak P i vreme trajanja t), koji utiču na izbor materijala i način podgrađivanja.

Dijagram 5 — Klasifikacija hodnika



U praksi se vrši razgraničavanje sa gledišta financiranja na hodnike koji terete proizvodnju i one, koji terete investicije, što ima presudnu ulogu kod izbora vrste podgrade.

Pokušavajući da u tom pogledu napravimo neku vezu sa dosadašnjom klasifikacijom, prikazujemo na dijagramu 5 uobičajeni do danas i predloženi nov način klasifikacije, koji treba da posluži za detaljnije analiziranje.

Klasifikacija hodnika sa gledišta finansiranja i pritisaka mogla bi se razvrstati u tri grupe:

H_i — investicioni hodnici, čiji vek trajanja je duži, radi čega izgradnja ne pada posredno na troškove proizvodnje nego se vrši na teret investicionih sredstava.

H_{pn} — pripremni hodnici sa normalnim pritiskom su oni, čija izgradnja tereti troškove proizvodnje neposredno, a vreme trajanja je vezano sa trajanjem jednog revira.

H_{pb} — pripremni hodnici sa borbenim pritiskom su hodnici, koji se koriste od vremena kada zbog povlačenja otkopa dolaze pod borbeni pritisak pa do njihove konačne likvidacije.

Svaki od ove grupe hodnika karakterišu tri elementa:

t — prosečno vreme trajanja

L — dužina hodnika

P — prosečni pritisak.

U jednom aktivnom rudniku u svakom momentu postoje sve tri grupe hodnika, dok su odnosi dužina različiti.

Materijal za podgrađivanje kod svih hodnika u zavisnosti je od sledećih elemenata: vremena trajanja i visine pritiska (za određen profil i oblik hodnika).

Cilj podgrade je da se sačuva profil hodnika funkcionalno, za što je građen, uz minimalne naknadne troškove održavanja.

Izraženo u formuli to glasi:

Za grupe hodnika: H_i

gde je: $E_o - E_1 \geqslant H_o\,(k-1) + (K_1 - K_o)$ (1)

E — troškovi održavanja u vremenu trajanja hodnika

H^o — troškovi prvog podgrađivanja hodnika drvetom

k — koeficijent poskupljenja prvog podgrađivanja primenom drugog materijala podgrađivanja $= H_1 : H_0$

K — troškovi koštanja uloženog kapitala (osnovnih sredstava)

o i l — označava vrstu materijala za podgrađivanje hodnika (npr. o označava drvo, l je oznaka za beton).

Za grupe hodnika: H_{pn} i H_{pb}

$$E_0 - E_1 \geqslant H_0\,(k-1-pk) \qquad (2)$$

gde je:

p — koeficijent manji od 1 koji prikazuje deo vrednosti podgrade kod njenog ponovnog korišćenja posle napuštanja hodnika.

U formuli (1) može se zbog permaniziraziranja zanemariti vrednost $E_1 = O$, a vrednost $K_1 - K_o = K$ izraziti razlikom troškova za uložena osnovna sredstva, tako da formula glasi:

$$E_o \geqslant H_o\,(k-1) + K \qquad (3)$$

kako je $K = H_o\,(k, t, i)$ možemo prema dosadašnjim formulama uzeti da je

$$\frac{E_o}{H_o} = \frac{V \cdot S}{L \cdot H_o} > \eta\,(k-1) \qquad (4)$$

gde je:

t = broj godina trajanja hodnika

$\eta = \dfrac{A + B + C + D}{100}$ (vidi tumačenje u prethodnom poglavlju)

A = f (t, i)

D = f (t)

Iz formule se vidi da u njoj nema elementa ponovnog korišćenja materijala (koeficijent »p«), jer je vreme trajanja hodnika dugo i omogućuje potpuni otpis materijala. Prema tome, u takvim hodnicima upotrebljiv je svaki građevinski materijal, koji u dužem vremenskom periodu ne gubi znatno svoje karakteristike.

Leva strana formule karakteriše troškove održavanja i prve permanizacije hodnika drvetom te služi za određivanje ekonomičnosti kod prelaza na drugi građevinski materijal u permanizaciji.

Polazeći od toga, da su dva od odabranih materijala ispunili uslove ekonomičnosti (desna strana formule manja) kod odabiranja, koji će se od svih materijala upotrebiti, imaće utjecaj sledeći elementi prema formuli:

$$\eta_1 (k_1 - 1) \gtrless \eta_2 (k_2 - 1)$$

$$\eta_1 = \frac{A_1 + B_1 + C_1 + D_1}{100}$$

$$\eta_2 = \frac{A_2 + B_2 + C_2 + D_2}{100}$$

$$A_1 = A_2 \quad B_1 = B_2 \quad D_1 = D_2$$

Ako to zamenimo u formuli dobijamo:

$$(R + C_1) (k_1 - 1) \gtrless (R + C_2) (k_2 - 1) \qquad (5)$$

gde je:

$_1$ = oznaka za prvi materijal
$_2$ = oznaka za drugi materijal
C = troškovi investicionog održavanja

$$R = A_1 + B_1 + D_1 = A_2 + B_2 + D_2$$

Odlučujuće kod izbora materijala za permanizaciju hodnika je:

— poskupljenje s obzirom na permanizaciju drvetom (koeficijent »k«)
— visina investicionog održavanje (vrednost C), polazeći od toga da je permanizacija eliminisala redovno održavanje.

Prema tome, prvenstveno treba odabrati materijale za permanizaciju koji će u potpunosti eliminisati redovno održavanje tj. odgovarati pritiscima:

— koji će biti ekonomski opravdani u poređenju sa podgrađivanjem u drvetu
— kod kojih početno ulaganje i procent investicionog održavanja daju najmanji umnožak prema gornjoj formuli.

Vidi se, da su u tom slučaju beton i betonski elementi najprikladniji.

Kod pripremnih hodnika formula glasi:

$$\frac{E_o - E_1}{H_o} \geqslant [k (1 - p) - 1] \qquad (6)$$

Ako bismo ovom formulom hteli da izrazimo oba smjera, koji postoje u tehnici podgrađivanja, dobili bismo:

— smjer očuvanja profila hodnika za koji vredi formula:

$$\frac{E_o}{H_o} \geqslant [k_1 (1 - p_1) - 1] \qquad (7)$$

jer se kod pravilnog izbora materijala i oblika podgrade podgrađivanje praktično svodi na nulu

— smjer očuvanja podgrade za koji vredi formula:

$$\frac{E_o}{H_o} \geqslant [k_2 (1 - p_2) - 1] + \frac{E_1}{H_o} \qquad (8)$$

kod čega je $p_2 > p_1$ budući da je očuvanje podgrade osnovni cilj.

Analizirajući na prvom mestu desnu stranu formule možemo da zaključimo:

— vrednost desne strane u mnogome zavisi od vrednosti koeficijenta »p« tj. stepena (procenta) ponovnog korišćenja materijala, što ograničava izbor materijala;
— vrednost desne strane zavisi ne samo od vrste materijala nego i njegovog oblika i težine (koeficijent »k«);
— vrednost desne strane zavisi od veličine potrebnog naknadnog podgrađivanja, ako odabranom podgradom predviđamo popustljivost isto takve, tj. da ona iziskuje ponovnu preradu podgrade u hodniku. $\left(\frac{E_1}{H_o}\right)$

Prema tome, u ovoj analizi postoje tri elementa ($\frac{E_1}{H_o}$, k i p) koji su u međusobnoj zavisnosti. Ova tri elementa treba da izraze i smjerove u podgrađivanju.

U dosadašnjem izlaganju tretirali smo, do danas u praksi podgrađivanja čelikom, poznata dva smjera, ali s obzirom na izloženu klasifikaciju hodnika postoji mogućnost primjene i još jednog — novog smjera.

U pripremnim hodnicima izrazito se odvajaju u generalnoj klasifikaciji dve grupe hodnika:

— prvu grupu čine oni hodnici čije je prosječno vreme trajanja duže $t_2 > t_3$,

dužina veća $L_2 > L_3$, a prosječni pritisak manji $P_2 < P_3$; mi smo ih u dijagramu svrstali pod H_{pn};

— drugu grupu hodnika čine hodnici neposredno uz otkop, koji treba da prime borbeni pritisak $P_3 > P_2$, ali im je vek trajanja kratak $t_3 < t_2$ i dužina kraća $L_2 > L_3$, a svrstali smo ih pod H_{pb}.

Kako su osnovni elementi ovih grupa hodnika različiti moraju im i tretmani podgrađivanja biti različiti. Hodnici H_{pn} treba da budu podgrađeni sa elementima podgrađivanja izrazitije postojanosti (t_2 veći), ali lakši (P_2 manji).

Hodnici H_{pb} treba da imaju zbog kratkog veka trajanja više provizoran lako prenosiv materijal, ali sposoban da izdrži visoke pritiske.

Budući da hodnici pripreme H_{pn} prerastaju u hodnike H_{pb} potrebno je da ovi drugi imaju u podgrađivanju elemente podgrade prvih i samo na njih dodatno ojačanje.

Do sada primjenjivi smjerovi u podgrađivanju čelikom zanemaruju ovaj momenat i predviđaju ugrađivanje ogromne količine čelika u pripremne hodnike H_{pn}, koji dolaze do punog iskorišćenja tek u momentu kada treba da prime borbeni pritisak uz otkop.

Desna strana formule u novom predloženom smjeru podgrađivanja predviđa dve faze:

1. faza — podgrada hodnika H_{pn} sa karakteristima: t_2, L_2 i P_2 koja se može izraziti formulama prvog i drugog smjera:

$$k'_1(1-p_1)-1$$

ili

$$[k'_2(1-p_2)-1]+\frac{E_1}{H_0}$$

kod čega je

$$k'_1 < k_1 \quad \text{i} \quad k'_2 < k_2$$

2. faza — podgrada u hodnicima H_{pb} sa karakteristikama: t_3, L_3, P_3 koja može izraziti formulom drugog smjera (budući da ima naknadno ugrađivanje podgrade)

$$[k'_3(1-p_3)-1]+\frac{E_3}{H_0}$$

Kako se prva faza primjenjuje u hodniku dužine L_2, a druga faza u hodniku dužine L_3 i svodivši vrednosti p u sva tri slučaja na jednu prosječnu vrednost p', možemo spajanjem ovih faza da dobijemo formule:

$$\frac{L_2 k'_1 + L_3 k'_3}{L_2 + L_3}(1-p'_1) - 1 + \frac{E_3}{H_0}$$

ili

$$\frac{L_2 k'_2 + L_3 k'_3}{L_2 + L_3}(1-p'_2) - 1 + \frac{L_2 E_1 + L_3 E_3}{(L_2 + L_3) H_0}$$

Obe ove formule mogli bismo izraziti jednom jedinstvenom formulom:

$$\frac{L_2 k'_1 + L_3 k'_1}{L_2 + L_3}(1-p'_3) - 1 + \frac{E'_3}{H_0} \qquad (9)$$

$$k'_1 = k'_2$$

$$p'_1 = p'_2 = p'_3$$

$$E'_3 = \frac{L_2 E_1 + L_3 E_3}{L_2 + L_3}$$

Upoređujući desne strane formule $\frac{E_0}{H_0} \geqslant \ldots$ (pretpostavljajući da su smjerovi u granicama ekonomičnosti) dobijamo:

Prvi smjer očuvanja profila hodnika

$$k_1(1-p_1)-1$$

Druga smjer očuvanja podgrade

$$[k_2(1-p_2)-1]+\frac{E_1}{H_0}$$

Treći smjer pojačavanja podgrade

$$\left[\frac{L_2 k'_1 + L_3 k'_3}{L_2 + L_3}(1-p'_3)-1\right]+\frac{E'_3}{H_0}$$

Ako bi svaki element formule promatrali posebno trebalo bi da bude:

$$k_1 \geqslant k_2 > \frac{L_2 k'_1 + L_3 k'_3}{L_2 + L_3} = k' \quad \left.\begin{matrix}\text{vrednost u našim} \\ \text{uslovima}\end{matrix}\right\} \; 5-10$$

$$p_2 \geqslant p'_3 > p_1 \qquad 40\% - 75\%$$

$$\frac{E_1}{H_0} \geqslant \frac{E'_3}{H_0} \qquad 0{,}50 - 1$$

Obrazloženje:

koeficijent »k« — k' je najmanji, budući da se vrši pravilna raspodela čelika u hodniku u ovisnosti od jačine pritiska

$(L_2 > L_3$, a $k'_1 + k'_3 = k_1$ ili $k'_1 + k'_3 = k_2)$

koeficijent »p« — p_2 je najveći, jer je to osnovni zadatak toga smjera, ali mu se p'_3 približava pošto se ojačanje vrši u momentu pojave većeg pritiska, tj. postiže se željena zaštita podgrade.

$\frac{E}{H}$ — u drugom smjeru $\frac{E_1}{H_o}$ može da dostigne vrednost 1 (podgrađivanje ponovljeno nekoliko puta, ali sa istim materijalom). U trećem smjeru je manja vrednost, jer se vrši pojačavanje sa lako pokretljivom podgradom i samo jedanput.

U cilju mogućnosti lakšeg upoređivanja pokušajmo pretpostaviti da je u hodnicima u momentu pojave borbenog pritiska (H_{pb}) urađena ista količina čelika u sva tri slučaja

$$k_1 = k_2 = k' = k_1' + k_3' = 10$$

$$k_1' = 6$$

$$k_3' = 4$$

$$L_2 = 80\% \cdot (L_2 + L_3)$$

$$L_3 = 20\% \cdot (L_2 + L_3)$$

Formule bi dobile sledeći izgled:

1. smjer ..... $[10\ (1 - p_1) - 1] = 9 - 10\,p_1$

2. smjer ..... $[10\ (1 - p_2) - 1] + \frac{E_1}{H_0} = 9 - 10\,p_2 + \frac{E_1}{H_0}$

3. smjer ..... $[5{,}60\ (1 - p'_3) - 1] + \frac{E_3}{H_0} = 4{,}6 - 5{,}6\,p_3' + \frac{E_3}{H_0}$

Ovde se vidi, da je za isti stepen ekonomičnosti primjene čelične podgrade utjecaj koeficijenta »p« u trećem slučaju najmanji. To znači, ako se pravilnim izborom podgrade može osigurati bolje ponovno korišćenje iste, treći smjer nalazi svoje puno opravdanje.

Upoređenje 1. i 2. smjera pokazuje da je kod vrednosti $\frac{E_1}{H_o} \approx 1$ opravdan drugi smjer već onda, ako se kod toga postiže $p_2 = 1 - p_1$ tj. bolje očuvanje podgrade. ($p_1 < 0{,}50$).

Upoređenje 2. i 3. smjera ukazuje da se i kod iste vrednosti $\frac{E_1}{H_o} = \frac{E_3}{H_o} \approx 1$ i kod istog koeficijenta »p« dobija u 3. smjeru skoro dva puta veća ekonomičnost.

Razlika između prikazanih smjerova je manja, ako se vrednost koeficijenta »k« približava donjoj granici tj. ako se zbog manjeg pritiska podgrađuje lakšom podgradom i ako je razlika u pritiscima ($P_2 \approx P_3$) između hodnika H_{pn} (pripremnih) i hodnika H_{pb} (uz otkop kod povlačenja) mala. Isto tako kod otkopavanja u napredovanju, treći smjer ima manju primjenu i bolje je primjenivati drugi smjer.

Obratno, ako je razlika u pritiscima ($P_2 < P_3$) između hodnika H_{pn} i H_{pb} izrazito velika, te ako je vrednost »k« velika za vreme otkopavanja u povlačenju, dolazi do punog značaja primena trećeg smjera u podgrađivanju. Ovakvi uslovi postoje kod otkopavanja debelih slojeva mlađe geološke starosti (lignita), kod kojih u napredovanju i kod izrade pripremnih hodnika H_{pn} nemamo pojave velikog pritiska kao i kod većih profila hodnika, ali zato postoje nekoliko puta veći pritisci uz otkop (do 50 m) u povlačenju. Isto tako u rudnicima mrkog uglja, a kod debljine sloja preko 3 m, pri metodi otkopavanja u etažama koje slede na određenom razmaku, pojava borbenog pritiska je izrazita i primena trećeg smjera podgrađivanja čeličnom podgradom, ima svoje opravdanje. U tim slučajevima vrednost koeficijenta »k« nije velika, zbog postojanja bolje krovine (laporac).

Primjena prvog i drugog smjera podgrađivanja dolazi u obzir:

— u tanjim i srednje moćnim slojevima sa čvrstom krovinom zbog niske vrednosti koeficijenta »k« i male razlike u pritiscima između hodnika H_{pn} i H_{pb};

— u strmim poremećenim slojevima na velikim dubinama zbog visoke vrednosti »k« i visokog pritiska u hodnicima H_{ud}.

Ova studija ukazuje na to, da je kod prelaska na primjenu čelika u podgrađivanju, kod zamjene podgrađivanja drvetom, a u cilju ekonomičnosti, potrebno izvršiti detaljnu studiju pre konačnog odabiranja tipa podgrade i smjera podgrađivanja.

Jednostavno prenošenje nekih tipova podgrade primjenjenih u nekom rudniku na drugi rudnik može da pruži ekonomičnost na nižem nivou, ukoliko nije odabrana odgovarajuća čelična podgrada.

Isto tako potrebno je u našim uslovima (slojevi mlađe geološke starosti, velike debljine, otkopavanje u povlačenju sa zarušavanjem) a radi pravilne primjene trećeg smjera u podgrađivanju čelikom prostudirati tip podgrade, koji će se najefikasnije uklopiti u treći smjer. Ceo niz čeličnih podgrada, primjenjenih u inostranstvu i poznatih u literaturi, prilagođeni su za primjenu u prvom i drugom smjeru podgrađivanja. Radi toga je potrebno, ako želimo da iste prilagodimo primjeni u trećem smjeru, izvršiti adaptaciju istih.

Bilo bi potrebno da se ne zanemari i primena ankera u hodnicima H_{pn}, u uslovima gde pritisci i osobine krovine to dozvoljavaju. Smjer jedan i dva zanemaruju tu mogućnost (i ako su studije u Zap. Nemačkoj, vršene sa ankerisanjem, počele da ukazuju na to), dok treći smjer ukazuje da i tu mogućnost podgrađivanja treba prostudirati. Savlađivanje normalnog pritiska ankerisanjem, a borbenog pritiska čeličnom podgradom i ceo niz kombinacija koje postoje, treba u primeni trećega smjera podgrađivanja da ostvare pravilnu raspodelu čelika u hodniku u zavisnosti od visine pritiska, dužine hodnika, i veka eksploatacije, i na taj način ostvare punu ekonomičnost primjene čelika.

Rudnici, koji prelaze na primjenu čelika u podgrađivanju potrebno je da pre konačne odluke ispitaju sve elemente:

- dužine hodnika po predloženoj klasifikaciji, njihov vek trajanja i pritiske;
- koeficijente »k« i »p« za razne tipove čelične podgrade (u nekim slučajevima i za ankere);
- vrednost $\frac{E_o}{H}$ za sve hodnike kao i prosečnu vrednost za rudnik;
- geomehaničke i fizičke osobine sloja i pratećih naslaga, načina pojavljivanja pritiska normalnog i borbenog i sl.

Samo jedna takva detaljna studija, koja ne sme da bude opterećena »vizuelnim« podacima, već izrađena na bazi merenja instrumentima na licu mesta i u laboratorijama te kompletirana iskustvima stečenim u dosadašnjem radu, može da pruži dovoljno elemenata za izradu elaborata o rekonstrukciji podgrađivanja hodnika, jednog od najvažnijih faktora u ekonomici rudnika.

Obavezno uvođenje čelične podgrade, u uslovima gde ona nema ekonomsko opravdanje ili jednostavnim prenošenjem određenog tipa bez prethodne studije, isto tako je nekorisno kao i neuvođenje onde, gde ona ima ekonomsko i tehničko opravdanje, radi čega je potrebno da se obave detaljne analize pre donošenja konačne odluke.

Isto tako, u izboru metoda podgrađivanja treba ispitati mogućnost primene ankerisanja, koje je daleko ekonomičnije od čelične podgrade.

Posebno je važno istaći, da uvođenje čelika u jamskom podgrađivanju na prvom mestu povlači za sobom dalje povećanje kapaciteta rudnika i koncentraciju proizvodnje tj. stvaranje u tehnološkom procesu povoljnih uslova za ekonomičniju upotrebu čelika mesto jamskog drveta.

SUMMARY

The Use of Steel for Support of Underground Workings, its Economical Efficiency

M. Perišić, Min. Eng.*)

The inducing of steel supports to sub ways and tunnels sets different tasks to every mine. The compulsory one is the analyze ec onomical efficiency of the use of steel instead of wood. For that reasons the statemen treats mathematical considerations as well as the

*) Ing. Mirko Perišić, direktor Rudarskog instituta, Beograd

methodology of collecting and analyzing of mine's data for preparatory and investmants' tunnels. Further are treated the elements of formulae and the influence of concentrated working places and winning on economics of the use of steel supports. The dependence of economical efficiency of steel supports' system and the internal pressure is treated separately.

Literatura

Desimon, V., 1953: P. Primo capitolo VI „Construzione delle gallerie". — Milano, Hoepli.

Gross, K., 1951: Der Stahlausbau im Grubenbetrieb — Berg — und Hüttenmännische Monatshefte 19, Heft 3, Leoben.

Ritter, H. U., 1952: Glückauf, 88, H. 25/26.— Essen.

Zignoli, 1950: Capitolo sui costi nella „Technica della produzione". — Milano Hoepli.

Referati sa Leobener Bergbautagung 23—27. VI 1952. — „Grubensicherheit und Grubenausbau".

Rudna ležišta, metalogenetske epohe i metalogenetska područja gvoždja u Jugoslaviji

(sa 7 slika)

Prof. dr ing. Slobodan Janković

Uvod

Na terenima Jugoslavije nalaze se brojna ležišta i pojave gvožđa iz kojih je u periodu 1919—1961. godine otkopano oko 26 miliona tona rude. Predviđena proširenja proizvodnje sirovog gvožđa i čelika, koja treba da u narednim periodima dostigne nivo od nekoliko miliona tona, čelika, zahtevaće nesumnjivo i velika povećanja rudničke proizvodnje, a u vezi s tim i proširenje sirovinske baze.

U ovome radu iznet je pregled jugoslovenskih ležišta i perspektive pojedinih rudonosnih područja, koja treba da predstavljaju osnovnu sirovinsku bazu naše crne metalurgije. Otuda su ovim prikazom obuhvaćena samo ekonomski značajnija naša ležišta i metalogenetska područja.

Tipovi rude

Većina danas poznatih jugoslovenskih ležišta izgrađena je od siromašnih i niskokvalitetnih rudnih masa. Ležišta sa bogatom rudom (ruda sa preko 50% Fe) su uglavnom malih razmera, najčešće 300—500.000 tona metala, samo izuzetno veća.

Prema mineralnom sastavu rude, među jugoslovenskim ležištima preovlađuju ona sa sideritskim i šamozitskim rudama. Udeo hematitskih i magnetitskih ruda u ukupnom rudnom fondu je relativno mali. Limonitsko-getitske rude, nastale u korama raspadanja serpentinitskih masiva imaju široko rasprostranjenje i mestimično obrazuju zaista velike mase, ali je kvalitet tih ruda, uglavnom, nizak. Limonitske rude, nastale oksidacijom primarnih ruda gvožđa, u prvom redu siderita, su česte u jugoslovenskim ležištima, odlikuju se obično visokim kvalitetom, ali samo izuzetno obrazuju veće mase. Titanomagnetitske rude su bez većeg rasprostranjenja i značaja.

Većina jugoslovenskih ruda se teško ili otežano obogaćuje, što je od posebnog značaja za pojedina ležišta koja imaju veoma značajne rezerve, a ne mogu se još uvek direktno koristiti (oolitske rude genetski vezane za raspadanje serpentina). U lakoobogative rude mogu se ubrojiti uglavnom magnetitske rude, koje, međutim, u Jugoslaviji nemaju neko šire rasprostranjenje.

Tipovi ležišta

Jugoslovenska ležišta gvožđa stvarana su u veoma raznovrsnim geološkim prilikama, pod složenim fizičko-hemijskim uslovima. Otuda se među našim ležištima nalaze ležišta svih tipova — od magmatskih do metamorfogenih, pri čemu su, u ekonomskom po-

gledu, posebno značajna sedimentna i sedimentno-eshalativna ležišta.

Magmatska ležišta. — Značajnije koncentracije gvožđa u okviru magmatske faze su retke u terenima Jugoslavije. Mestimične pojave tih ležišta su veoma ograničenih razmera, nepravilno razmeštene u prostoru, a nedovoljno su i istražene. Ležišta su genetski vezana sa bazičnim i ultrabazičnim stenama i u osnovi su zastupljena magnetitskim rudama.

Među nešto značajnija ležišta toga tipa ubraja se Lipovica kod Aranđelovca.

Lipovica. — U omanjem serpentinskom masivu javljaju se rudna tela postala u procesu diferencijacije jedne ultrabazične magme. Rudna tela imaju oblik izduženih sočiva, koja mestimično dostižu moćnost, i 35 m, ali i brzo isklinjavaju. Prelaz u okolne stene pretežno je postepen, tako da se pored kompaktne rude javljaju i prelazne, impregnacione zone. Ruda je u osnovi magnetitska, sa znatnim učešćem i drugih predstavnika spinela.

Kompaktna ruda sadrži 45—50% Fe, dok je sadržaj gvožđa u impregnacionim zonama 12—25%. Udeo sulfida u rudi je veoma nizak — ruda sadrži svega do 0.1% S. Obzirom na razvoj i drugih vrsta spinela, sadržaj Cr_2O_3 je nešto povišen u odnosu na okolnu stenu — 3—4%. Rezerve su uglavnom malih razmera.

Skarnovska ležišta. — Skarnovska ležišta su prilično česta u terenima Jugoslavije. Rudna tela su obično u vidu malih skladova i sočiva, katkad nepravilnog oblika, najčešće neravnomerno razmeštena u skarnovima; kod skarnova obrazovanih duž folijacije škriljaca, rudna tela su obično u vidu žica — skladova. Rudna tela su najčešće izgrađena od kompaktne rude, ali su česte i pojave impregnacija. Među rudnim mineralima preovlađuje magnetit; hematit je znatno ređi (sem u Damjanu, u Makedoniji). Udeo sulfida (pirotina, pirita, halkopirita, veoma retko sfalerita) obično je neznatan, katkad i do 3—5%. Sadržaj gvožđa u kompaktnoj rudi obično je 50—57%, a kod impregnacija — 25—40%; sadržaj sumpora i do 2%; neobogaćena ruda sadrži i preko 10—15% SiO_2 (minerali skarna). Magnetitska skarnovska ruda pripada grupi lakoobogativih, ukoliko je sadržaj hematita viši, postupak obogaćivanja je nešto složeniji.

Rudne rezerve poznatih skarnovskih ležišta u Jugoslaviji su obično male — do milion tona rude, izuzetno i preko 10 miliona tona.

Među značajnija naša skarnovska ležišta mogu se uvrstati:

Damjan. Između Štipa i Radovišta nalazi se jedno od najvećih naših skarnovskih ležišta. Orudnjena zona, duga oko 700 m a široka 10 — 30 m, lokalizovana je duž kontakta sanidinskog dacita i gornjokrednog fliša (vapnoviti laporci). Rudna tela se sastoje od tankih skladova kompaktne rude magnetita i hematita, koji se smenjuju impregnisanim zonama i jalovim partijama (sa i bez minerala skarna). Moćnost pojedinih kompaktnih skladova — sočiva je promenljiva i kreće se od nekoliko santimetara do 3 — 4 m. Rudni minerali predstavljeni su uglavnom magnetitom i hematitom (njihov međusobni odnos je 1 : 1). Udeo sulfida je promenljiv i, uglavnom, mali (u hematitskoj rudi sasvim neznatan, dok magnetitska ruda sadrži 3—4% pirita). Od pratećih minerala, javljaju se granat, epidot, mestimično albit.

Rovna ruda sadrži oko 28,5% (27% topivog gvožđa, ostalo otpada na silikate); selektivnim otkopavanjem može se dobiti ruda sa oko 55% Fe. Minimalni sadržaj otkopavanja spušta se čak i ispod 20% Fe (15—20% Fe). Sadržaj fosfora je ispod 0,05%, a mangana oko 0,5—0,6%.

Ruda i koncentrati iz damnjanskog rudišta ubrajaju se među najkvalitetnije sirovine u Jugoslaviji.

Rudna Glava. Magnetitsko ležište Rudne Glave nalazi se u istočnoj Srbiji, na 16 km (vazdušne linije) jugozapadno od Donjeg Milanovca.

Rudonosni teren izgrađen je uglavnom od kristalastih škriljaca sa interkalacijama krečnjaka i mermera, kroz koje se utisnuo u paleozoiku veliki gornjanski granitski masiv. Rudna tela imaju oblik sočiva, i lokalizovana su u skarnovima, obrazovanim u blizini kontakta granita i krečnjačkih interkalacija u škriljcima. Skarnovske zone imaju jasno izraženu orijentaciju (generalno IJI—ZSZ), koja se poklapa sa folijacijom škriljaca. Moćnost rudnih sočiva, izgrađenih od kompaktne rude, je promenljiva — najčešće 0—12 m, a po pružanju se mogu pratiti desetinama metara.

Sem magnetita, javljaju se još i halkopirit, pirotin, molibdenit, mestimično pirit, šelit i smaltin. Nešto značajnije rasprostranjenje imaju samo halkopirit i donekle pirotin.

Ruda sadrži prosečno oko 45—50% Fe, i oko 0,1—0,6% Cu.

Južno od Rudne Glave nalazi se slično ležište — Crnajka, koje je u više mahova u manjoj meri eksploatisano (uglavnom zbog bakra).

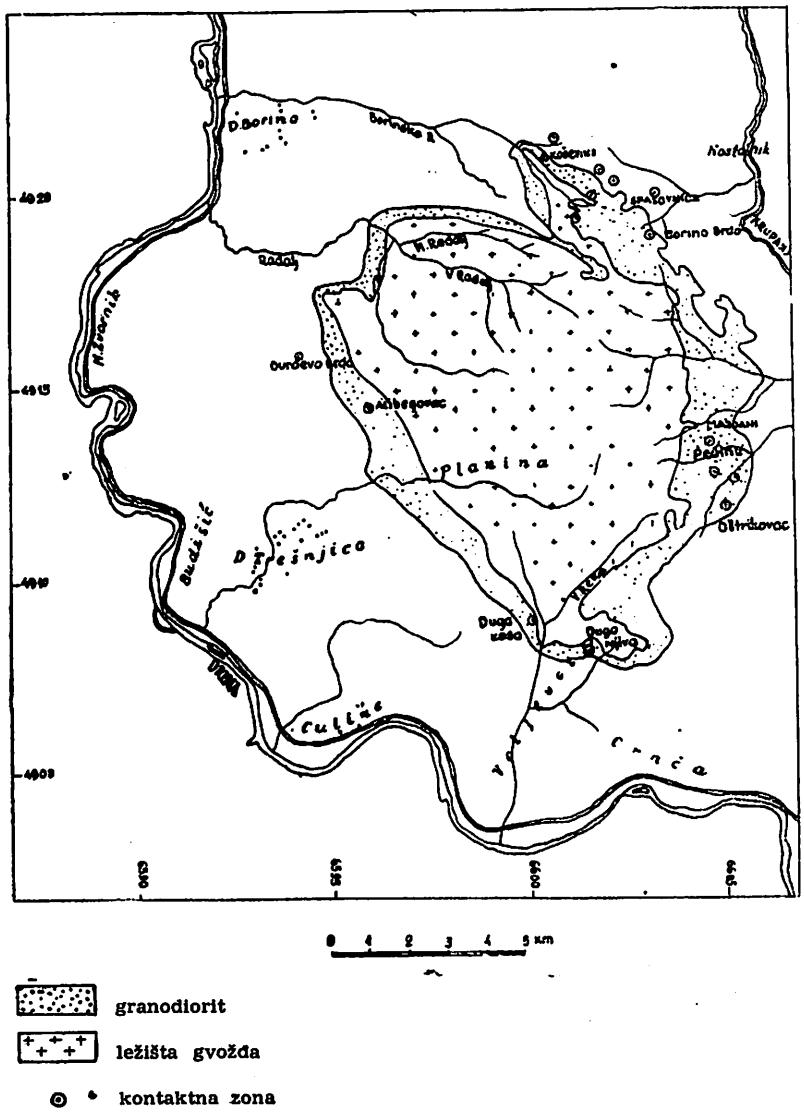
Suvo Rudište. U kontaktnoj oreoli kopaoničkog granodioritskog masiva nalazi se nekoliko rudišta gvožđa. Jedno od tih je i Suvo Rudište, u neposrednoj blizini najvišeg vrha Kopaonika (Pančićevog Vrha 2017 m). Orudnjenje je vezano sa skarnovima, obrazovanim u blizini kontakta granodiorita i kornita. Među mineralima skarna daleko preovlađuju granati andraditskog tipa, a zatim se javljaju aktinoliti, epidoti.

Rudna tela su u vidu izduženih sočiva, moćna do 3—5 m, i sastoje se od magnetita praćenog sulfidima (pretežno halkopirit). Sem kompaktnih rudnih tela, postoje i manja impregnaciona rudna tela.

U sličnim uslovima obrazovano je i ležište *Suve Rude*, koje se nalazi u blizini Suvog Rudišta. Rudonosno područje izgrađeno je od kontaktno-metamorfnih tvorevina paleozoika (korniti, mermeri, tremolitski škriljci) kroz koje su se utisnuli laramijski (?) granodioriti. Među paleozojskim stenama u užem području rudišta naročito široko rasprostranjenje imaju korniti (kalkosilikatnog sastava piroksensko-kordijeritske facije, amfibol — i biotit-kordijeritski korniti). Tremolitski škriljci su veoma ograničenog rasprostranjenja.

Rudno ležište obrazovano je u seriji paleozojskih škriljaca i mermera, pretežno u interkalacijama mermera, saglasno sa folijacijom škriljaca. Po svome obliku, to rudno telo je jedno izduženo sočivo koje leži u skarnovima koji su formirani u mermerima. Dužina rudnog tela po padu je oko 130 m; rudonosne površine na pojedinim horizontalnim presecima se menjaju od 200 do 1.500 m².

Među metaličnim mineralima izdvajaju se magnetit, zatim pirotin, halkopirit, pirit; od



Sl. 1 — Ležišta i pojave gvožđa u domenu boranjskog granodioritskog masiva.

Abb. 1 — Eisenerzlagerstätten und Vorkommen im Bereiche des granodioritischen Massivs von Boranje.

skarnovskih minerala javljaju se andradit, skapolit, volastonit, hedenbergit, a zatim kvarc, kalcit. Skarnovski minerali su uglavnom sredina u kojoj su deponovani mlađi, rudni minerali. Ruda sadrži 35—50% Fe, 0,4 Mn, do 0,8% Cu, ispod 0,1% P, do oko 2,5—3,0% S i do 20% SiO_2.

Boranjski masiv. U kontaktnoj oreoli boranjskog granodioritskog masiva, u Zapadnoj Srbiji, na površini od nekoliko desetina kvadratnih kilometara nalazi se više skarnovskih ležišta. Obrazovana su uglavnom na kontaktu ili u blizini kontakta granodiorita i paleozojskih krečnjaka ili kontaktno-metamorfisanih vapnovitih škriljaca (kornita).

Rudna tela su obično nepravilnog oblika ili u vidu malih sočiva koja leže u skarnovima ili u mermerima. Skarnovi su obično piroksensko-granatskog i granatsko-epidotskog sastava. Prema mineralnim asocijacijama u ležištima gvožđa, mogu se izdvojiti sledeće formacije: *magnetitska ležišta, magnetitsko-hematitska ležišta, magnetitska ležišta obogaćena bakrom (magnetitsko-halkopiritske asocijacije, magnetitsko-pirotinske asocijacije.* U pojedinim magnetitskim ležištima javljaju se i promenljive koncentracije drugih mineralnih asocijacija — šelita, bizmuta, molibdenita. Dok je magnetit stvaran na prelazu pneumatolitske i hidrotermalne faze, posle obrazovanja skarnovskih minerala, prateći sulfidi stvarani su pretežno kasnije, u okviru hidrotermalnih parageneza.

Na sl. 1 prikazan je položaj pojedinih ležišta gvožđa u reonu Boranje.

Tovarnica. U dolini reke Doljanke, kod Jablanice u Hercegovini, nalazi se jedno manje ležište, koje je interesantnije u genetskom nego u ekonomskom pogledu. Orudnjenje se nalazi na kontaktu gabra, čija starost još nije pouzdano utvrđena, i trijaskih krečnjaka. Prema A. Cisarcu, koji je detaljnije izučavao ovo rudište, kontaktne parageneze se sastoje od granata (andradit-grosular), epidota, albita, flogopita, kalcita, magnetita, pirotina, halkopirita, pirita; kao rezultat pretvaranja primarnih minerala došlo je do stvaranja hematita, sericita. Posebno interesantnu i neobičnu pojavu u ovim paragenezama predstavlja široko rasprostranjeni albit, kao i njegovo pojavljivanje na uskom, direktnom kontaktu sa plutonskim intruzivnim telom gabroidnog karaktera. Prema temperaturi stvaranja ležišta, mogu se izdvojiti jedna kratkotrajna pneumatolitska faza, i jedna kasnija hidrotermalna faza u kojoj je formirana većina minerala.

Koncentracije magnetita vezane su za usku kontaktnu zonu, pri čemu postoje postepeni prelazi od kompaktnih rudnih tela (sočiva, mugle) do jalove skarnove mineralizacije.

Hidrotermalna ležišta. — Hidrotermalna ležišta gvožđa imaju relativno široko rasprostranjenje u Jugoslaviji, naročito u Bosni, Kordunu, delom u Sloveniji. To su, uglavnom, sideritska ležišta, paleozojske starosti. Prema obliku i načinu postanka, sideritska ležišta pripadaju grupi žičnih i metasomatskih ležišta.

Žična ležišta su mnogo češća, i pretežno su pukotinskog karaktera. Obično su manjih razmera, sa rezervama koje ne premašuju nekoliko stotina hiljada tona rude, pretežno do 100—200.000 tona rude.

Metasomatska sideritska ležišta su znatno ređa i najčešće su vezana za interkalacije krečnjaka u paleozojskim škriljcima. Razmere rudnih ležišta često su uslovljene direktnom veličinom krečnjačkog sočiva u škriljcu.

Sem siderita, u ovoj grupi ležišta postoji niz drugih minerala, u prvom redu sulfida (pirit, sfalerit, tetraedrit, ređe halkopirit, minerali bizmut), barit (sideritsko-baritske rudne žice); među pratećim mineralima kvarc ima najšire učešće (sideritsko-kvarcne žice). U oksidacionoj zoni sideritskih ležišta često dolazi do stvaranja velikih masa limonita, koje su katkad bile i eksploatisane.

Sadržaj gvožđa u sideritskim ležištima je promenljiv i najčešće iznosi 35—40%. Udeo sulfida u raznim ležištima varira u veoma širokim granicama.

Među najznačajnija ležišta ovoga tipa mogu se ubrojiti:

Ljubija. U terenima južno od Prijedora nalazi se jedno od najznačajnijih naših područja gvoždeve rude. U reonu Ljubija-Stari Majdan poznato je više od 20 ležišta i pojava sideritsko-limonitskih koncentracija. Sva ta ležišta i pojave grupisana su uglavnom u tri revira: Ljubija, Kozina i Gradina.

Iz ovih područja ruda se otkopava već više stoleća. Počeci rudarstva padaju još u preistorijsko doba; u srednjem veku rudarska aktivnost imala je proširene razmere, kada je ruda topljena u blizini ležišta. Obimnija istraživanja i eksploatacija u tom području počinje, međutim, tek 1916. godine.

Geološki sastav rudonosnog terena je relativno jednostavan: uglavnom, paleozojska serija škriljaca, peščara, krečnjaka. U neposrednoj blizini Ljubije, L. Net je u paleozojskoj seriji izdvojio sledeće članove:

— svetli, žućkasti ili ružičasti kvarcni peščari, mestimično razvijeni, najverovatnije permske starosti;

— peskoviti škriljci, mestimično šareni, sa bogatom faunom i florom;

— glinoviti škriljci i fini peščari, u čijoj se povlati javljaju sivi bituminozni dolomiti — gornji karbon;

— serija glinovitih škriljaca, koja se smenjuje sa sitnozrnim peščarima, često bogata fosilima. Mestimično se u toj seriji javljaju i tanki slojevi sedimentnog siderita (na Javorku) — različiti horizonti gornjeg karbona;

— tamni glinoviti škriljci sa bancima konglomerata i peščara — gornji karbon.

U svim tim slojevima javljaju se proslojci krečnjaka, različite moćnosti i rasprostranjenja.

U tektonskoj građi terena ističu se nabiranja koja su se odigrala krajem paleozoika ili u trijasu, i u tercijeru, pri čemu je u poslednjoj fazi došlo do preinačavanja starih struktura. Navlake većih razmera nisu konstatovane; preovlađuju strukture kraljuštanja.

Rudna tela se nalaze pretežno u seriji škriljaca, ređe na kontaktu sa krečnjacima. Kontakt rudnih tela sa škriljcima je u većini slučajeva tektonski. Prema obliku, rudna tela su najčešće u vidu sočiva i stubova, ređe u vidu ploča i žica; nepostojanost oblika predstavlja jednu od osnovnih karakteristika pojavljivanja rudnih tela u ljubijskim revirima.

Sem kompaktnih rudnih tela, u rudištu se nalaze i impregnacije, uz sistem tankih rudnih žica. U pojedinim ležištima veća rudna tela razdvojena su zonom mineralizovanih škriljaca.

Mineralni sastav rude je prilično jednostavan: siderit je osnovni primarni rudni mineral, praćen mestimično piritom, krajnje retko galenitom (Javorik), sfaleritom, halkopiritom i baritom; u pojedinim rudnim partijama zapaženo je i prisustvo kristala albita čije poreklo u rudi nije dovoljno jasno. Od sekundarnih minerala je posebno značajan limonit koji ima veliko rasprostranjenje, naročito u površini bliskim delovima rudišta; pojave limonitisanja praćene su mestimičnim privođenjem silicije. Ostali sekundarni minerali — ceruzit, anglezit, piromorfit, malahit, samorodni sumpor i rodohrozit — su vrlo retki, naročito u dubljim delovima rudišta.

Ljubijska ruda se sastoji od siderita i limonita i odlikuje se relativno visokim kvalitetom; manja kolebanja u pogledu kvaliteta (prema sadržaju silicije) nemaju veći praktični značaj. U tabeli 1. prikazan je sastav jedne od srednjih proba ljubijske rude.

Tablica 1

Hemijska analiza ljubijske rude (limonit)

				Sadržaj metala	
FeO	1,10%	$BaSO_4$	0,00%		
Fe_2O_3	74,77%	P_2O_5	0,04%	Fe	53,20%
Mn_2O_3	2,75%	S	0,03%	Mn	1,91%
SiO_2	8,87%	Pb	0,13%	As	0,0055%
Al_2O_3	0,82%			Sb	0,0009%
				Cu	0,0048%
CaO	0,53%	CO_2	0,68%		
MgO	1,19%	H_2O (hemijski vezana)	9,22%		

U tablici 2. prikazan je sastav srednje probe sideritske rude.

Tablica 2

Hemijska analiza sideritske rude

Fe	42,19 %	CaO	0,97 %
Mn	1,18 %	MgO	2,57 %
SiO_2	2,87 %	S	0,24 %
		Pb	0,09 %

Ljubijsko ležište je, verovatno, intruzivno-hidrotermalno ležište nastalo u mlađem paleozoiku; orudnjenje u krečnjacima ima karakter hidrotermalno-metasomatskog*). Usled kasnijih procesa oksidacije došlo je do stvaranja velikih masa limonita. Migriranjem gvožđa i njegovim deponovanjem u škriljcima i krečnjaku došlo je mestimično i do stvaranja ležišta raspadanja.

Sem rudnih tela hidrotermalnog porekla, u ljubijskom reonu postoje i sideritski skladovi, koji su nesumnjivo, sedimentno-marinskog porekla. Ti tanki slojevi siderita, koji leže u seriji škriljaca (Javorik), nemaju praktični značaj (sadrže oko 27% Fe i 33% SiO_2 i nerastvorljivih).

Značajno prostranstvo zahvataju izdanci gvoždevih ležišta oko Sanskog Mosta (Tomašica — istočno od reke Sane). U tim predelima postoje i mnogobrojni tragovi starih rudarskih radova.

Sideritske žice nalaze se u okolini Bosanskog Novog (Vješala, Vratolom, Gradina, Mali Ćurin Potok). U oblasti Japre, takođe su česte sideritske žice, koje su u najvišim nivoima pretvorene u limonit. Da u ovim predelima postoje značajna ležišta siderita, najbolje ukazuju ogromne mase starih železnih zgura u dolini Japre, južno od Blagaja. Mnoge od njih sadrže visoki procenat gvožđa.

Sideritska ležišta Petrova Gora i Trgova, koja je detaljnije izučavao I. Jurković, predstavljaju sastavni deo ljubijskog metalogenetskog područja.

Sideritska ležišta nalaze se u permskim kvarcnim peščarima i konglomeratima, u jednoj zoni dugoj nekoliko kilometara a širokoj 3—4 km. Rudna tela formirana su u pukotinama i razdrobljenim zonama, i imaju oblik žica i sočiva. Moćnost dosada otkrivenih rudnih žica je pretežno ispod 0,5 m; izuzetno se javljaju i moćnija rudna tela (orudnjena zdrobljena zona u Peckoj i Slavincu).

Sem siderita u rudnim žicama veoma značajno rasprostranjenje ima i kvarc (oko 20% ukupne orudnjene mase) — kvarcno-sideritske žice; udeo sulfidnih minerala (pirit, halkopirit, sfalerit) je neznatan (ispod 1%). Delovi rudnih žica koji leže u oksidacionoj zoni sastoje se, uglavnom, od limonita.

Sem kvarcno-sideritskih žica, u ovome području postoje i baritsko-sideritske rudne žice, koje su u ekonomskom pogledu značajnije kao izvori barita.

Sideritske rudne žice Petrove Gore pripadaju grupi plutonskih ležišta, nastalih u mlađem paleozoiku.

Ekonomski značaj ovih pojava je mali, jer su rezerve rude neznatne. Dosada su mestimično otkopavane samo limonitske partije rudišta.

U području Trgovske Gore i Bešlinca postoji više manjih sideritskih ležišta, koja pripadaju istoj metalogenetskoj oblasti kao i ležišta Petrove Gore i Ljubije. Mnogobrojne halde, pinge i troskvišta i drugi tragovi nekadašnje

*) U toku pisanja ove studije publikovana je obimna studija I. Jurkovića (Minerali železnih rudnih ležišta Ljubije kod Prijedora, Geol. vjesnik, T. 14, Zagreb, 1961.) u kojoj je Ljubijsko rudište tretirano kao sedimentno.

rudarske delatnosti pokazuju da su ovi tereni bili u više mahova eksploatisani, pri čemu su, uglavnom, otkopavane najbolje vrste limonita. Obim tih radova nije bio naročito veliki. Tako je u periodu 1907—1910. godine proizvodnja iznosila svega 27.449 t. Kasnija istraživanja (posle 1945. godine) nisu otkrila značajnije rudne rezerve u tome reviru.

Sideritske žice sa mestimičnim koncentracijama sulfida leže u karbonskim škriljcima sa interkalacijama krečnjaka, slično kao u ljubijskom rudištu. Sva rudna ležišta Trgovske Gore predstavljaju izdužena sočiva i skladove, koji su, uglavnom, otkopani u višim nivoima. U severnom delu terena, ležišta su nagnuta prema ZJZ (50—60°) a u istočnom prema ISI, na osnovu čega se može smatrati da pripadaju jednoj antiklinali čije je teme znatnim delom razoreno (K. V. Papp). Položaj pojedinih rudnih ležišta u ovoj oblasti ukazuje na izvestan zonalan raspored. Tako u istočnom delu preovlađuju čisto sideritska rudna tela, u srednjoj zoni se javlja i halkopirit, dok se zapadni delovi karakterišu prisustvom srebronosnih galenita.

Sideritska ležišta u području Jesenice—Tržič. Grupi hidrotermalno-metasomatskih ležišta pripada ekonomski malo značajna sideritska ležišta koja se nalaze duž jugoslovensko-austrijske granice, između Jesenica i Tržiča. Najznačajnije među tim ležištima i pojavama je ležište Savske jame, koje je eksploatisano još u srednjem veku. Prema B. Berceu, koji je detaljnije obradio ova ležišta, rudište Savske jame poslednji put je otkopavano 1892. godine.

Rudonosni teren je izgrađen od karbonskih škriljaca, peščara, konglomerata i krečnjaka, delom škriljaca i breča verfena i trijaskih dolomita.

Strukturna građa terena je složena, i u njoj preovlađuju tektonske linije opšteg pravca pružanja istok-zapad.

Rudna tela javljaju se u krečnjacima, koji predstavljaju interkalacije u škriljcima, i u samim karbonskim škriljcima. Rudna tela imaju pretežno oblik jako izduženih sočiva; površina jednog od najvećeg rudnog tela iznosila je 350 × 20 m; po dubini rudna tela praćena su rudarskim radovima do 100 m.

Ruda se sastoji uglavnom od siderita; mestimično se nalazi i galenit, sfalerit, pirit, realgar, i auripigment. Siderit se javlja u vidu zrnastih agregata, sa mestimično jasno izraženim brečastim teksturama. Hemijska analiza biranih komada rude pokazala je (prema Nikitinu, tablica 3).

Tablica 3

Hemijski sastav rude Savske jame, %

Ruda	FeO	MnO	Zn	SiO_2	CaO	MgO	CO_2
Siva	39,60	0,74	0,10	17,50	3,30	4,19	31,70
Bela	54,14	0,85	trag	—	1,64	3,59	38,91

Vitanjski pas. Sličnih pojava kao u okolini Jesenica, ima i u terenima južno od Vitanja, gde se u jednoj zoni istok-zapad javlja veći broj pojava sideritskog orudnjenja.

Rudonosna formacija ovoga područja je karbonska, izgrađena od manje-više istih stena kao i u terenima Jesenice—Tržič.

Rudna tela nalaze se u fuzulinskim krečnjacima i imaju najčešće oblik sočiva i složenih žica. U postrudnim tekstonskim pokretima (uglavnom postoligocenskim) došlo je do značajnih razlamanja rudnih tela. Sva ta manja rudišta mogu se smatrati danas iscrpljenim.

Prema mineralnom sastavu, rudne pojave južno od Vitanja se ne razlikuju bitno od ležišta Jesenice.

Rudnica kod Rogaške Slatine. Južno od Rogaške Slatine postoji nekoliko manjih pojava iz kojih je u prošlom veku eksploatisano 1500 do 2000 t rude godišnje. Danas su poznate pojave i ležišta gvožđa uglavnom otkopani.

Rudna tela siderita nalaze se u blizini kontakta karbonskih dolomita i škriljaca. To su, uglavnom, rudne žice promenljive moćnosti — od desetine santimetara pa do 9 metara. Primarno, ruda je bila sastavljena od siderita, sa mestimičnim pojavama sulfida, olova i cinka, i ankerita. Kasnijim procesima oksidacije došle je do intenzivne promene siderita u limonit.

Hemijski sastav biranih komada rude bio je (M. Hamrla): 36,68% Fe, 6,92% SiO_2, 1,52% Al_2O_3, 2,11% MnO, 1,51% CaO, 6,37% MgO, 30,85% gubici žarenjem i tragovi P_2O_5.

Plana. U reonu Željina, kod Plane, postoje kvarcne žice sa hematitom. Rudne žice nalaze se u tercijernim andezitima, u blizini njihovog kontakta sa serpentinitima. Moćnost rudnih žica je promenljiva — od desetine santimetara do 8—10 m. Pored hematita, javljaju se i sulfidi (pirit, arsenopirit, mestimično i sulfidi olova i cinka), retko i magnetit; u najvišim delovima ležišta se javlja limonit (ograničeno). U pojedinim delovima rudnog polja postoje i prelazi kvarcno-hematitskih žica u piritske žice. Prema temperaturi stvaranja, ležišta Plane pripadaju pretežno najvišim temperaturama hidrotermalnog područja.

Ruda sadrži, ne kao srednje, oko 50% Fe, 20—25% SiO_2, a sumpora obično ispod 0,5%. Stepen istraženosti ovoga rudonosnog područja je neznatan.

Sedimentno eshalaciona ležišta. — Sedimentno-eshalaciona ležišta su od posebnog ekonomskog značaja za Jugoslaviju, jer se u njima nalazi najveći deo današnjih bilansnih rezervi rude gvožđa. Prema vremenu postanka, vezana su za staropaleozojski geosinklinalni vulkanizam, zatim mladopaleozojski vulkanizam, vulkanizam permo-trijaske geosinklinale i senonski vulkanizam. Rudna tela imaju pretežno oblik slojeva i sočiva promenljivih razmera, rudna ležišta najčešće zauzimaju određeni stratigrafski nivo. Ruda je šamozitska, hematitska i sideritska; udeo magnetita je neznatan.

Ruda ovih ležišta pripada, uglavnom, grupi siromašnih i niskokvalitetnih ruda (sem hematitske rude). Sadržaj gvožđa je najčešće oko 33—36%; ruda se odlikuje povišenim sadržajem silicija (preko 10—15%), katkad i fosfora (naročito kod šamozitskih ruda). Sadržaj mangana u ovim rudama je, takođe, promenljiv: kod šamozitskih ležišta udeo mangana je obično do 1%, srednje 0,5—0,7%, a kod sideritskih ili sideritsko-hematitskih ležišta i do 3% Mn.

Većina ruda iz ležišta ovoga tipa pripada rudama koje se teško ili veoma teško obogaćuju.

Stepen istraženosti rudonosnih područja sa ležištima ovoga tipa u Jugoslaviji se može smatrati niskim. Obzirom na geološki sastav terena velikog dela Jugoslavije, može se očekivati da će perspektivno ova ležišta gvožđa igrati sve značajniju ulogu u sirovinskoj bazi crne metalurgije.

Među značajnija ležišta ovoga tipa mogu se uvrstati:

Vareško područje. — Najznačajnija jugoslovenska ležišta gvožđevite rude nalaze se u reonu Vareša, koji sadrži blizu 50% svih današnjih rezervi bilansne rude.

Prve tone ruda gvožđa iz reona Vareša izvađene su još u doba Rimljana. Novije rudarstvo u ovome području počinje krajem prošlog veka, kada su Austrijanci počeli sa podizanjem prvih visokih peći za preradu rude (1891. godine podignuta je visoka peć kapaciteta 36 m³, a 1896. godine visoka peć sa kapacitetom od 95 m³). U periodu 1890—1961. godine iz vareškog reona otkopano je oko 14 miliona tona rude.

U širem reonu Vareša postoji više ležišta i pojava gvožđevite rude: Slatina—Saski Do—Smreka—Droškovac, Brezik, Pržići, Ponikve i Borovica. Najveće koncentracije gvožđevitih ruda vezane su za zonu Smreka—Droškovac—Brezik iz koje potiče ukupna današnja proizvodnja rude.

Rudonosno područje u osnovi se sastoji od trijaskih i jurskih tvorevina.

Trijas je razvijen u faciji škriljaca, laporaca, peščara, krečnjaka i rožnaca. Na osnovu dosad prikupljenih podataka, među trijaskim tvorevinama mogu se izdvojiti predstavnici donjeg, srednjeg i gornjeg trijasa.

Serija trijaskih stena počinje predstavnicima skitskog kata; u široj okolini Vareša najdublji nivoi trijasa sastoje se od peščarsko-glinovitih facija (crveni i zeleni liskunoviti škriljci sa mestimičnim interkalacijama kvarcnih peščara) i krečnjačkih facija (tankoploča sti krečnjaci koji naviše prelaze u glavnu masu donjotrijaskih krečnjaka; ovi poslednji su mestimično i sideritični); u krečnjacima se mestimično javljaju interkalacije škriljaca, koje katkad sadrže i ostatke biljaka (Voltzia heterophylla).

U srednjetrijaskim tvorevinama dominantno mesto imaju krečnjaci. Severno od vareškog rudonosnog reona krečnjaci zauzimaju sve nivoe do karnijskog kata, dok su u rudonosnom području vezani pretežno za anizijski kat. U samom vareškom rudištu srednjem trijasu pripadaju pločasti krečnjaci, zatim serija rožnaca i tufova.

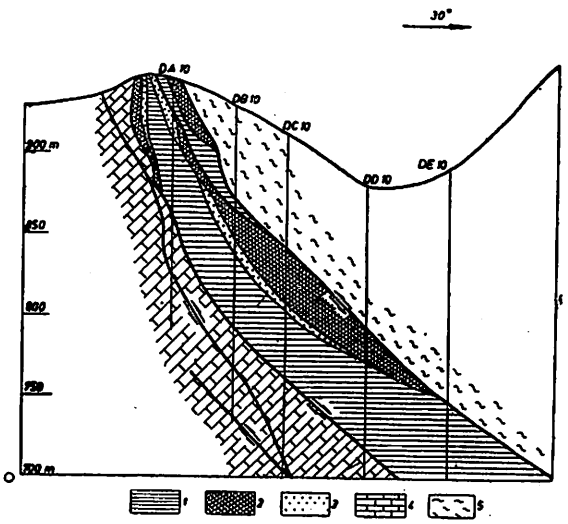
Za srednji trijas vezano je i stvaranje značajnijih masa spilit-keratofirske asocijacije (anizijsko-ladinski kat). U samom vareškom rudištu od ovih stena zapažen je samo ladinski tuf, dok su ostale razvijene, uglavnom, severno i severozapadno od Vareša.

Srednjetrijaskim tvorevinama pripadaju i ležišta gvožđa u vareškom reonu, kao i pojave i ležišta olova i cinka.

Jurske stene, uglavnom lijaske, predstavljene su jednom flišolikom serijom (laporci, laporoviti krečnjaci, mestimično i vapnoviti peščari, fini konglomerati i breče), veoma intenzivno ubranom.

Rudonosno područje se odlikuje izvanredno složenim tektonskim sklopom. Sem nabornih struktura, javljaju se razlomne strukture praćene kraljuštanjem; ove poslednje čine i osnovne karakteristike tektonske građe vareškog reona. Jedna od najznačajnijih tektonskih zona nalazi se u samom rudištu, gde je rudonosna serija navučena preko lijaskih tvorevina; ova zona intenzivnih poremećaja može se, po pružanju, pratiti i više kilometara. Sem struktura razlamanja višeg reda, javlja se niz manjih poremećaja i kraljuštanja.

Tektonski poremećaji zahvatili su i samo rudište i ostavili na njemu vrlo vidljive tragove svoga delovanja. Postrudni poremećaji doveli su do nabiranja, razlamanja, katkad i dijagonalnog



Sl. 2 — Profil kroz vareško rudište, revir Draškovac.
1 siderit; 2 hematit; 3 kremenci krečnjak; 4 laporci; 5 škriljci sa rožnacima.

Abb. 2 — Profil der Eisenerzlagerstätte Vareš, Revier Droškovac.
1 Siderit; 2 Hämatit; 3 Kremenzlkalk; 4 Mergel; 5 Schiefer mit Hornstein

Tablica 4

Šematizovani profil kroz vareško rudonosnu seriju

Povlatna grupa	Šupljikavi, slabo dolomitični krečnjak; Rožnaci i škriljci; mestimično porfiritski tufovi	Ladinski kat
Hematitska grupa (oko 20 km)	Jaspis Crveni hematit; udeo jaspisa raste prema povlati Plavi hematit; povišeni sadržaj mangana Tankoslojeviti crveni hematit (bočno nepotpuno razvijen) Hematit sa proslojcima jaspisa — „crvena ruda" (bogata silicijom) Škriljavi hematit (samo mestimično razvijen)	
Grupa kremenci krečnjaka (3—5 m)	Pojave hematita Kremenci-krečnjak (u glinovitoj osnovi); nepotpuno razvijen Crveni i zeleni škriljac	Anizijski kat
Siderit-ska grupa (oko 70 m)	Bankoviti do masivni siderit sa mestimičnim pojavama barita Slojeviti do bankoviti siderit sa mestimičnim pojavama sulfida (pirit, markasit, halkopirit i dr.) Tankopločasti tamni siderit sa škriljcima (sa organskom komponentom)	
Piritska grupa (0—7 m)	Sulfidi u vidu sočiva i nepravilnih skladova (pirit, markasit, kao osnovne komponente, mestimično halkopirit, sfalerit, tetraedrit, vrlo retko (galenit); promenljivi udeo siderita i organske materije	
Podinska grupa	Krečnjak sa proslojcima škriljaca (sa mestimičnim pojavama organske materije).	Skitski kat

kretanja i međusobnog odvajanja pojedinih delova rudnih ležišta; u intenzivnije zahvaćenim delovima rudišta došlo je i do kraljuštanja rudnih slojeva, što je imalo za posledicu da su u pojedinim delovima rudišta znatno uvećane moćnosti primarnih rudnih tela (ovo je naročito jasno istaknuto u zapadnom delu revira Smreke).

Rudna ležišta. — U užem reonu Vareša ležišta gvožđa grupisana su u jednoj zoni, dugoj 6 km. U okviru ove zone nalazi se nekoliko revira: Smreka, Droškovac, Pržići, Brezik. Smreka i Droškovac, danas najznačajnija ležišta Vareša, predstavljali su jedinstveno ležište, koje je kasnijim postrudnim pokretima razlomljeno i razdvojeno.

Rudna tela u vareškom ležištu imaju oblik slojeva i velikih sočiva, koja su moćna desetinu metara (primarna moćnost), a po pružanju su praćena i više stotina metara; po dubini, istražni radovi još nisu pokazali da rudna tela isklinjavaju (reviri Smreka i Droškovac). Razmere rudnih tela u Breziku su znatno skromnije, dok je pržićsko ležište pretežno iscrpljeno.

Rudonosna serija, vezana sa trijaskim sedimentima, sastoji se od više članova. Normalni profil rudonosne serije vareškog rudišta (za revire Smreke i Droškovca) imao bi izgled šematski prikazan u tablici 4 (A. Cisarc, S. Janković):

Usled postrudnih tektonskih poremećaja, primarna moćnost rudnih slojeva se nije održala (sem donekle u reviru Droškovac), već se je usled kraljuštanja znatno povećala (revir Smreka). Ova su kraljuštanja naročito izražena u hematitskom sloju. Usled različitih mehaničkih osobina hematita i siderita, na njihovom kontaktu je katkad dolazilo do jačih kretanja, što je u krajnjoj liniji dovodilo do njihovog međusobnog razdvajanja.

Mineralni sastav rude. — Vareška ruda se sastoji uglavnom od siderita (77% ukupnih današnjih bilansnih rezervi rude), hematita (18%) i limonita (5%). Od drugih primarnih minerala gvožđa javljaju se pirit i markasit. U najnižim nivoima rudišta nalaze se vrlo ograničene koncentracije sfalerita, halkopirita, veoma retko galenita. Među sekundarnim mineralima, široko rasprostranjenje ima limonit koji je nastao uglavnom oksidacijom siderita (hematit je slabo limonitisan). Mangan ima široko rasprostranjenje u ležištu i javlja se kao manganski siderit, delom kao i psilomelan.

Prema osnovnim rudnim mineralima, izdvojene su i pojedine vrste rude u Varešu: hematitska, sideritska i limonitska. U tablici 5 je prikazan sastav pojedinih varijeteta vareške rude.

Geneza ležišta. — F. Kacer je vareško rudište smatrao metazomatskim, formirano u trijaskim krečnjacima. Prema kasnijim ispitivanjima A. Cisarca, ležište je eshalaciono-sedimentno, genetski vezano sa geosinklinalnim vulkanizmom. Najnovija, veoma detaljna proučavanja vareškog reona, koja je izvršio M. Petković dokazala su sedimentno poreklo vareškog ležišta, ali ne i to da materijal u rudištu potiče od submarinskih eshalacija.

Transportovanje gvožđa i njegovo deponovanje vršeno je u morskoj sredini. Pri tome je, u zavisnosti od uslova pri kome je vršeno obaranje gvožđa i pratećih elemenata, došlo do obrazovanja niza slojeva (od podine ka povlati): pirita—siderita—hematita, praćenih značajnim masama silicija, i nešto barijuma, veoma retko cinkom, bakrom, olovom.

Tablica 5

Hemijski sastav pojedinih vrsta rude u Varešu

	%							
	Fe_2O_3	Fe ukupno	MnO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Gubitak žarenja
Plavi hematit	69,90	49,50	3,02	10,85	3,90	2,39	0,51	5,00
Crveni hematit	56,15	39,35	8,90	5,91	4,90	8,35	1,74	12,39
Siderit	53,85	37,70	4,83	3,95	2,35	1,14	3,04	29,61
Baritični siderit	55,95	39,15	5,10	3,05	2,03	1,23	2,22	29,30
Limonitisani siderit	68,40	47,80	2,87	8,13	4,79	0.28	0,36	14,61

Za formiranje ovih pojedinih zona sa mineralima gvožđa od posebnog su značaja veličine redukciono-oksidacionog potencijala (Eh) i pH.

U početnim fazama stvaranja ležišta, sredina je imala izrazito redukcioni karakter (Eh ispod — 0,2), sa prisustvom promenljivih koncentracija organskih materija. U takvoj sredini došlo je do stvaranja piritskih slojeva i sočiva, praćenih sulfidima bakra, cinka, veoma retko olova. Osnova u kojoj leže ovi sulfidi je uglavnom glinovita. Pri porastu vrednosti pH došlo je u ovoj sulfidnoj zoni i do izdvajanja manjih količina siderita.

Preko piritske zone, sa postepenim prelazima, nastavlja se sideritski sloj, stvaran u sredini koja ima karakter slabo redukcione. Siderit je praćen glinovitom materijom, organskom materijom (naročito u dubljim nivoima), sulfatom barijuma (Eh sulfata ima manju negativnu vrednost, pri pH = 7—8, nego sulfidi).

Zona kremencel krečnjaka koji leži između sideritskog i hematitskog sloja, i u kojoj se zapaža porast fino klastičnih komponenti, stvorena je u sredini koja se nalazi približno na granici oksidacionih i redukcionih uslova.

Sa smanjivanjem dubine sedimentacionog bazena i pridolaskom sve većih količina O_2 dolazi do stvaranja jedne oksidacione sredine u kojoj se obrazuje hematit (pozitivno Eh, pH = = 7—7,8). Siderit i barit se povlače. Jaspisi imaju široko rasprostranjenje. Smenjivanje jaspisnih i hematitskih partija ukazuje na promenljivost vrednosti pH za vreme sedimentacije (pri opadanju pH izlučuje se jaspis, a kod porasta pH — hematit). Mestimične pojave magnetita u hematitskom sloju ukazuju na smenjivanje oksidacionih sredina redukcionim (Eh blizak 0).

Kvalitet rude. — Vareška ruda pripada grupi siromašnih ruda; slab kvalitet rude je posledica ne samo niskog procenta gvožđa, već i značajnog udela silicije. U tablici 6 prikazan je sadržaj pojedinih komponenti rude u revirima vareškog reona. Udeo štetnih komponenti u rudi je uglavnom bez većeg uticaja; sadržaj sumpora od 1,5% u rudi smanjuje se pri kasnijoj aglomeraciji na 0,5%. U tablici 7 prikazan je sadržaj štetnih primesa u pojedinim vrstama rude; sadržaj barita do 10% (najčešće 2—3%).

Tablica 6

Sadržaj Fe, Mn, SiO_2 u vareškoj rudi

Revir	Draškovac		Smreka		Brezik	
Komponenta	Fe%	Mn%	Fe%	Mn%	Fe%	Mn %
Najmanje	29,5	2,56	27,6	2,78	37,8	2,29
Najviše	35,2	3,35	36,0	3,79	45,7	
Srednja (približno)	36% Fe 3,04% Mn 11,70% SiO_2					

Tablica 7

Sadržaj štetnih primesa u vareškoj rudi

	Procenti						
	Cu	Sb	As	Zn	Pb	S	P*)
Sideritska	0,059	0,026		0,038	0,038	1,84	
Hematitska	0,086	0,037		0,108	0,061	0,58	
Limonitska	0,106	0,042		0,031	0,051	1,30	
Srednje (1957) god.	0,010		0,045	0,015	0,018	1,50	0,01 0,34

Samozitska ležišta zapadne Makedonije

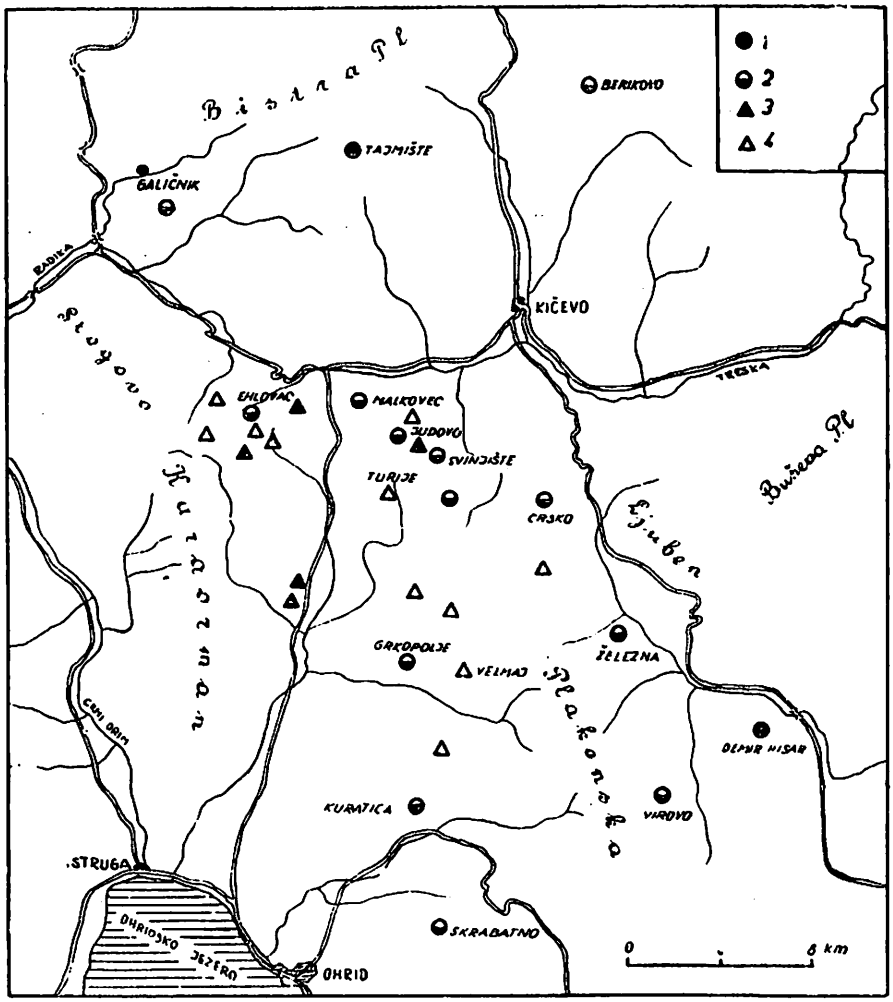
U terenima zapadne Makedonije otkriven je i u periodu 1949—1957. godine detaljnije istražen veći broj pojava i ležišta silikatne rude gvožđa. Među ekonomski značajnijim ležištima ovoga metala, ističu se naročito značajnim re-

*) Sadržaj fosfora naročito visok u hematitskoj rudi.

žervama ležišta u Tajmištu i Slepči (Demi Hisar). Na sl. 3 prikazan je položaj pojedinih ležišta gvožđa u dosad proučavanom području. Treba, međutim, napomenuti da silikatna ležišta gvožđa nisu isključivo ograničena na prikazane terene, već sličnih pojava ima i dalje u pravcu severa, u terenima Šar planine, ali te pojave nisu bliže proučavane.

žice, kao i fino rasute impregnacije pirita. Filiti, koji ne pokazuju naročito visok stepen metamorfisanosti, pripadaju devonu.

Paleozojski krečnjaci. — Preko škriljaca leže krečnjaci koji su istovremeno, u pogledu stratigrafskog nivoa, i iznad rudonosnog horizonta. Krečnjaci mestimično sadrže i faunu na osnovu koje je utvrđeno da su nastali u periodu između



Sl. 3 — Ležišta šamozita u zapadnoj Makedoniji.
1 veća ležišta kompaktne rude; 2 manja ležišta kompaktne rude; 3 značajnija ležišta šamozitnih škriljaca; 4 pojave šamozitnih škriljaca.

Abb. 3 — Chamositlagerstätten in Westmakedonien.

Geološki sastav rudonosnog terena. — Ležišta i pojave šamozitske rude nalaze se u terenu koji se sastoji najvećim delom od paleozojskih tvorevina. Opšte karakteristike pojedinih formacija (počev od najstarijih):

Paleozojski škriljci imaju najveće rasprostranjenje i predstavljeni su uglavnom filitima. U ovim poslednjim mestimično su razvijeni i peskoviti proslojci, tanke kalcitske i kvarcne

donjeg i srednjeg devona. Moćnost krečnjaka je promenljiva i kreće se od 20 do 300 m.

Arkoze i peščari stratigrafski leže iznad filita i krečnjaka. Te stene su praćene u pojedinim delovima terena i konglomeratima koji nemaju veće rasprostranjenje. Kako arkoze leže preko filita i krečnjaka, a ispod trijaskih rumenkastih krečnjaka, B. Pejdž (B. Page) ne

isključuje mogućnost da su trijaske starosti. Moćnost ove serije dostiže do 200 m, katkad i više.

U blizini ležišta u Tajmištu razvijeni su *trijaski krečnjaci i dolomiti*. To su rumenkasti krečnjaci koji bi odgovarali hanbuloškim; moćnost njihova je često preko 200 m.

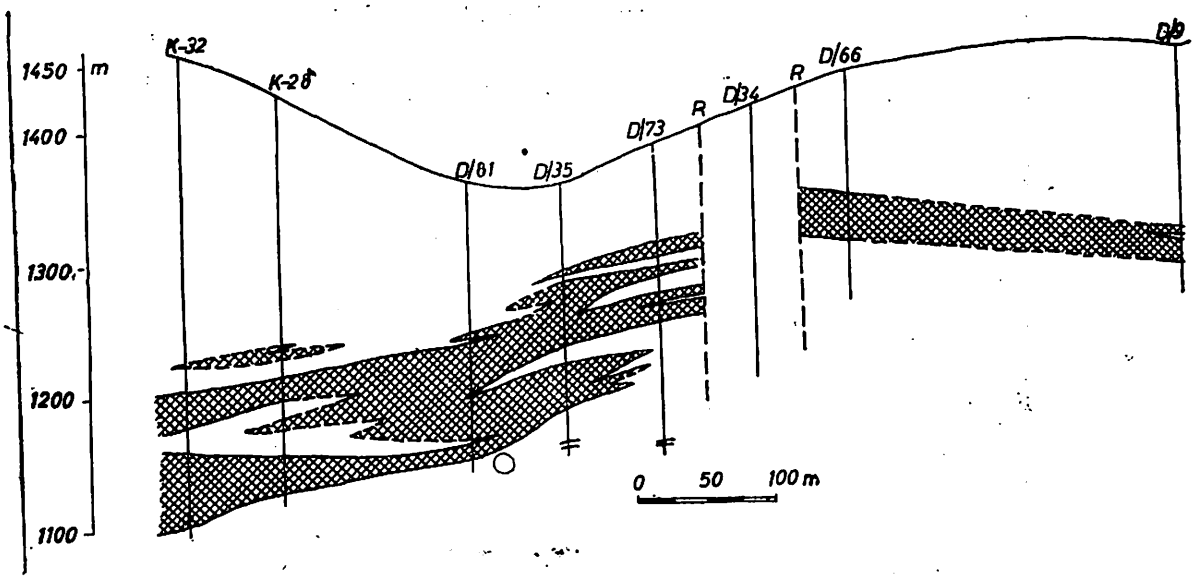
Posebno interesantne pojave predstavljaju uškriljene magmatske stene, razvijene naročito u području Slepča (moćnost serije i preko 100 m). Eruptivne stene su vrlo jako hidrotermalno promenjene, tako da je preciznije određivanje njihovog karaktera katkad vrlo teško. Prema A. Cisarcu, te stene pripadaju femičnoj gabroidnoj magmi, i odgovaraju zrnastim dijabazima. Mestimično se uz ove stene zapaža i tufozni materijal, submarinskog porekla. U pojedinim rudištima, dijabazi se nalaze u neposrednoj blizini rudnih tela (Slepče), dok u drugim reonima eruptivne stene nisu otkrivene (Tajmište).

Tektonski poremećaji pretežno imaju pravac pružanja S—J, sa odstupanjima prema SSI, mada su često istaknuta i pružanja upravna na taj pravac.

U rudonosnom terenu zapadne Makedonije strukturna uobličavanja vršena su u više mahova. Sem starijeg, kaledonskog, i kasnijeg variscikog, teren biva zahvaćen tektonskim pokretima i posle srednjeg trijasa.

Izučavanje strukturne građe u fazi istraživanja je praktično neobično značajno za pravilno postavljanje istražnih radova, jer je oblik i položaj rudnog tela u prostoru uslovljen „blokovskom" strukturom terena. U mnogim ležištima, a naročito u predelu Tajmišta, rudonosni blokovi su poremećajima podeljeni u manje blokove, nepravilno razmeštene u odnosu jedni na druge.

Rudna tela nalaze se u paleozojskoj seriji škriljaca. U pojedinim rudištima postoji verovatno samo jedan rudonosni nivo (Slepče), dok



Sl. 4 — Profil kroz šamozitsko ležište u Tajmištu. Ruda — šrafirano.

Abb. 4 — Profil der Chamositlagerstätte von Tajmište. Zeichenerklärung: Erz — gestrichelt.

Strukturna građa terena je vrlo složena. Siromaštvo u fauni i nepostojanje nekog rasprostranjenijeg repernog sloja otežava izučavanje međusobnog odnosa pojedinih formacija. Sem slabije izraženog ubiranja, u terenu se javljaju poremećaji koji su doveli do intenzivnog razlamanja terena i stvaranja blokova, delom sa pojavama kraljuštanja; u ovom poslednjem slučaju, kretanja su vršena pod blagim uglom. Strukture „blokova" predstavljaju osnovni vid tektonskih uobličavanja, i naročito su istaknute u reonu Tajmišta, pri čemu su površine kretanja vrlo strme ili gotovo vertikalne. U mnogim slučajevima, tektonske linije se nalaze po obodu krečnjačkih masa i na terenu se jasno ističu.

je u drugim utvrđeno postojanje i više rudonosnih slojeva. Moćnost rudnih slojeva je jako promenljiva, uslovljena katkad i tektonskim pokretima (sl. 4). U predelu Tajmišta, na primer, moćnost rudnog sloja kreće se od nekoliko santimetara do preko 20 m; uzimajući u obzir i škriljce koji se nalaze između pojedinih rudnih slojeva, ukupna moćnost rudonosne zone dostiže i do 60 m. U pogledu rasprostranjenosti rudnog sloja (koji zbog promenljivosti moćnosti ima vrlo često oblik velikih, razvučenih sočiva) postoji, takođe, znatno kolebanje. Prvobitno, horizontalne rudne površine bile su daleko većih razmera nego što ih danas nalazimo u rudištu; postrudnim pokretima došlo je do odvajanja po-

jedinih blokova; rudonosni blokovi, jako izdignuti, bivali su zahvatani i uništeni erozijom, tako da su ti delovi terena danas jalovi.

U pojedinim delovima rudonosnog reona postoje postupni prelazi od rudnih tela u okolne stene u kojima postoje promenljive koncentracije Fe-silikata. To se posebno ističe kod šamozitskih škriljaca, u kojima, međutim, koncentracija rudne komponente nije dovoljno visoka da bi se moglo govoriti o većem ekonomskom značaju tih stena. U šamozitskim škriljcima, koji imaju veliko rasprostranjenje, nisu zapažene oolitske teksture; te stene pretežno se sastoje od hloritske supstance, sericita, kvarca, glinovite supstance i bitumije, katkad i sa fosforitskim konkrecijama (Judovo).

Mineralni sastav. — Mineralni sastav rudnih tela je dosta ujednačen.

Najveći broj ležišta sastoji se od različitih vrsta Fe-silikata; u pojedinim ležištima (Slepče i Orlov Kamen) pored silikata gvožđa postoje i mešoviti ooliti sa jezgrom primarnog siderita, koji je često stariji od silikata gvožđa. Fe-silikatni gel deponovan je pretežno u vidu oblika sličnih oolitima, ali bez ljuspaste teksture, i kao vezivna masa između oolita. Pravi ooliti izgrađeni su samo od šamozita i siderita.

Kako je ruda pretrpela intenzivna dijagenetska i anhimetamorfna preobražavanja, to je izučavanje primarnog sastava rude jako otežano; produkti preobražavanja znatno preovlađuju nad primarnim rudnim komponentama.

Geneza ležišta. — Silikatna ležišta gvožđa Makedonije pripadaju grupi sedimentno-eshalacionih ležišta, nastalih u okviru geosinklinalnog, najverovatnije devonskog vulkanizma (dijabazi).

Proces stvaranja ležišta pokazuje mnoge osobenosti, karakteristične za ovaj tip ležišta; proces koncentracije rudnih minerala imao je sledeći tok (po A. Cisarcu):

Rudonosni sediment, u uslovima redukcione sredine, nastajao je koncentracijom Fe-silikata u finoklastičnim tvorevinama. Gvožđe je zastupljeno pretežno koloidnim Fe-silikatima, delom šamozitom koji obrazuje prave oolite. Gel silicije se javlja kao pratilac; bitumija je uvek prisutna. Kada je u početnim fazama stvaranja ležišta bilo prisutno CO_2, došlo je do mestimičnog obrazovanja kriptokristalastog siderita. U okolnim stenama, koje leže u neposrednoj blizini rudnog tela, katkad se javljaju i fosforitske mugle.

Pre ispunjavanja međuprostora i očvršćavanja sedimenata, nastupila je, lokalnim privođenjem CO_2, prva sideritizacija, zahvatajući prvenstveno Fe-silikate. Mestimično je sideritizacija praćena i stvaranjem magnetita, pri čemu dolazi do resorpcije obodnih delova Fe-silikatnih tvorevina i gubitaka njihovog okruglastog ili eliptičnog oblika. U međuprostorima tako izmenjenih Fe-silikata dolazi mestimično do ponovnog obaranja Fe-silikatnog gela, koji u izvesnoj meri predstavlja pihtijasti ostatak za ispunjavanje slobodnih međuprostora. Ova faza ostvarena je u rudi samo mestimično i u njoj nisu gotovo ni pogođeni pravi šamozitski ooliti.

Posle završetka primarne sedimentacije, nastaje, u uslovima dovođenja CO_2 i odvođenja SiO_2, rasprostranjena sideritizacija koloidnih Fe-silikata, manje šamozita; pri tome mestimično, u međuprostorima a delom i u oolitima u vidu porfiroblasta, dolazi do stvaranja magnetita. Ova preobražavanja su se odigravala, takođe, u uslovima redukcione sredine. Istovremeno počinje i kristalizacija koloidalnih Fe-silikata uz stvaranje finoklobučastog šamozita. Primarni šamozit iz oolita ne podleže promenama, sem obodnih delova oolita, koji mogu prekristalisati, pri čemu, uglavnom, gube svoj spoljašnji oblik. Lokalno, u fazi kasne dijageneze dolazi do stvaranja turingita iz šamozita. Pri sabirnoj kristalizaciji fino rasutog FeS-gela nastaje pirit. Primarni kriptokristalasti siderit kristališe kao zrnasti siderit, pri čemu se oslobađa u velikoj meri stranih uklopaka i nečistoća. Iz fosforita nastaje prekristalizacijom optički anomalni apatit. Lokalno dolazi do ponovnog obaranja oslobođenog SiO_2 u vidu kvarca ili kalcedona. Količine ponovo oborenog SiO_2 ne odgovaraju količinama koje su oslobođene pri preobražavanju; otuda je najveći deo silicija udaljen iz rude.

U nekim delovima bazena u kome se vrši sedimentacija dolazi do promene karaktera sredine i umesto redukcione nastaje jako oksidaciona, uz, verovatno, povišenje temperature. U tim delovima Fe-silikati će umesto sideritizacijom biti zahvaćeni hematitizacijom (finotabličasti hematit). Time se zapravo završava stvaranje sedimenata.

U anhimetamorfnom stadijumu se nastavlja sa sabirnom kristalizacijom različitih Fe-silikata u turingit. Tom promenom je zahvaćen i materijal pravih primarnih šamozitskih oolita. Nastaju grubolistasti turingiti, delom i porfiroblasti turingita, koji mogu katkad da ispune i celu unutrašnjost oolita. U toj fazi lokalno može doći i do stvaranja magnetita, a u okolnim stenama rutila.

Pod naročitim uslovima mestimično je dolazilo do povećanja temperature i stvaranja magnetita praćenog epidotom.

Prema svome položaju u terenu i postanku, ležišta silikatne rude gvožđa stvarana su u starijem ili srednjem devonu.

Kvalitet rude. — Sadržaj gvožđa u rudi menja se najčešće u granicama od 32—37%, retko i do 39%. Minimalni sadržaj gvožđa oko 25%. Nešto povećan sadržaj gvožđa u odnosu na čist šamozit (oko 33% Fe) dolazi usled prisustva siderita, magnetita i limonita. Ruda se odlikuje povišenim sadržajem aluminije (oko 11—18% Al_2O_3) i silicije (10—16% SiO_2).

Sadržaj sumpora je nizak: 0,1—0,3% S (iz sekundarnog pirita i markasita), a fosfora povišen: 0,5—0,9% P.

Sem ovih ležišta šamozita, postoje u Jugoslaviji i druge pojave koje su veoma malo istražene (istočna Srbija, planina Beljanci).

Ovoj grupi ležišta pripada i ležište Muhamedbegove Priseke u Bosni (I. Jurković).

5) Lateritska, delom pretaložena ležišta. — U našoj zemlji nalazi se veći broj ležišta gvožđa, obrazovanih od materijala koji vodi poreklo sa lateritskih

kora raspadanja bazičnih i ultrabazičnih stena. Pri tome su ležišta gvožđa formirana u neposrednoj blizini bazičnih i ultrabazičnih masiva ili na samim masivima, ili je sa obnaženih masiva lateritska kora raspadanja bila spirana, a materijal prenošen i deponovan u okolnim morskim bazenima. U prvom slučaju ležišta imaju više karakter detritičnih i lateritskih, u drugom su to prava sedimentna ležišta.

Prema obliku, to su slojevita i slojevitosočivasta tela, određenog stratigrafskog položaja, što se naročito jasno ističe kod ležišta nastalih pretaložavanjem materijala sa lateritske kore raspadanja. Moćnost slojeva je jako promenljiva, najčešće 2—5 m, izuzetno i 30—40 m (Mokra Gora).

Prema vremenu stvaranja, među ležištima ovoga tipa mogu se izdvojiti: permotrijaska, donjokredna (pretežno goltska) i ležišta u bazi gornje krede. Naročito široko rasprostranjenje imaju goltska i gornjokredna ležišta.

Mineralni sastav ruda iz tih ležišta je veoma složen: silikatni minerali gvožđa — šamozit, hlorit, zatim hematit, maghemit, magnetit, siderit, getit; kao prateći javljaju se hromit, pirit, kvarc, kalcedon, opal, kalcit.

Prema sadržaju korisnih i štetnih komponenti, ruda iz ležišta ovoga tipa pripada grupi siromašnih i niskokvalitetnih. Sadržaj gvožđa menja se u širokim granicama: od 20 do 40%, najčešće oko 25—35%. Ruda se karakteriše stalnim i povišenim sadržajem hroma. U ležištima koja se nalaze na serpentinitu sadržaj hroma je nešto viši nego u ležištima koja su nastala spiranjem i pretaložavanjem lateritske kore raspadanja; u drugom slučaju ruda sadrži obično do 2%, a u prvom i 3 do 4% Cr_2O_3. Sem hroma, ruda sadrži i vrlo promenljive, ali skoro stalne koncentracije nikla; sadržaj nikla varira u granicama od 0,2 do 1%, retko preko 1%, srednje oko 0,5 do 0,7%. Koncentracije nikla vezane su obično za delove ležišta koji su bliže serpentinu (najniži nivoi bazalne serije gornje krede). Sadržaj fosfora u ovim rudama je najčešće ispod 0,1%. Udeo silicije u ovim rudama je vrlo visok — 10—35% SiO_2, najčešće 10 do 15%, a kalcije nizak — do 1—2%, najčešće oko 1% CaO.

Prema strukturi, rude iz ovih ležišta imaju pretežno oolitsku i pizolitsku strukturu, naročito kod ležišta u goltu (otuda su i sve rude ovih ležišta nazivane oolitnim).

U ekonomskom pogledu ležišta ovoga tipa mogu da predstavljaju izvanredno značajne potencijalne izvore ruda gvožđa, naročito na teritoriji Srbije i Makedonije. Iako ove gvoždevite mase danas pripadaju vanbilansnim, one će onoga dana, kada bude određen pogodan tehnološki postupak prerade, biti sirovinska osnova jednog velikog dela jugoslovenskih železara.

Među ležištima ovoga tipa izdvojićemo ležišta obrazovana u permo-trijasu, goltu i u bazi gornje krede.

a. *Permo-trijaska lateritska ležišta.* — Metamorfisane lateritske rude gvožđa poznate su, zasad, samo u reonu planine Radočela, na levoj obali Ibra; V. Simić je detaljnije opisao ova ležišta.

Rudni sklad moćan do 4 m, nalazi se u permotrijaskoj donjostudeničkoj seriji. Povlata rudnog sloja predstavljena je škriljcem, a podina uškriljenim gabrom. Prelaz između rudnog sklada i povlate je postepen. Rudne pojave zapažene su na površini od oko 20 km^2 i veoma su malo istražene.

Ruda se sastoji uglavnom od hematita i magnetita. Sadržaj gvožđa kreće se između 40—50% (pojedini komadi), 2—3% Cr_2O_3, nikla do 0,8%, silicija 8—15%, fosfora i sumpora ispod 0,1%.

b. *Goltska ležišta šumadijske zone.* — Oolitska ležišta gvožđa razvijena su u Šumadiji u zoni dugoj preko 100 km — rudonosna zona pruža se sa prekidima od Beograda do Gledićkih planina iznad Kraljeva. Izdanci ovih ruda nalaze se u Košutnjaku kod Beograda (iznad železničke stanice Rakovica), pa se, protežu preko Ralje i Kosmaja do mladenovačkog tercijarnog bazena. Dalje prema jugu, one se ponovo javljaju kod Topole i nastavljaju se dalje preko Vlakče, V. Šenja i Kutlova, sve do sela Gledić.

Ležišta oolitske rude nalaze se pretežno u goltskim tvorevinama (gvoždeviti peščari i konglomerati), koje se karakterišu značajnom facijalnom promenljivošću. Rudni slojevi i sočiva izgrađeni su katkad od kompaktne oolitne rude, češće se zapaža prelaz u gvoždevite sedimente. Naglija smenjivanja klastičnih sa oolitnim tvorevinama, dovela su do značajnih kolebanja u sastavu ruda i udelu pojedinih komponenti.

Kvalitet goltskih oolitskih ruda poznat je samo u glavnim crtama i pored relativno visokog broja dosada urađenih analiza (M. Protić). To je sa jedne strane posledica velike promenljivosti kvaliteta rude, a sa

druge strane izvršene analize se ne odnose na srednje probe pojedinih ležišta.

U tablici 8 prikazani su rezultati hemijskih analiza šumadijskih ruda iz raznih ležišta.

Tablica 8

Hemijske analize šumadijske oolitske rude

Komponenta	od—do, %	Približno srednje, %
Fe_2O_3	28,24 — 76,91	52,55
FeO	0,40 — 1,61	0,80
MnO	0,33 — 7,88	1,94
Cr_2O_3	0,50 — 12,99	2,76
NiO	0,02 - 0,17	0,07
P_2O_5	0,01 — 0,11	0,05
SiO_2	4,20 — 40,86	21,75
Al_2O_3	1,91 — 16,44	7,65
MgO	0,80 — 4,90	2,92
CaO	0,88 — 1,24	1,10

Među značajnija ležišta oolitne rude u Šumadiji mogu se ubrojiti:

U okolini *Beograda* nalaze se otkrivena ležišta u Košutnjaku i Žarkovu. U kamenolomu u Zmajevcu (Žarkovo), moćnost gvožđevitih sedimenata u kojima su nepravilno razmeštene omanje koncentracije oolitnih i pizolitnih tvorevina, iznosi nekoliko metara, a mogu se po pružanju pratiti 150 do 200 m. Sadržaj gvožđa u rudi iz ovih pojava kreće se obično u granicama 19 do 26% Fe.

U predelu *Ralja—Guberevac*, oolitske rude gvožđa istraživane su već 1880. godine. One su konstatovane u jednom pojasu koji se proteže u dužini od oko 12 km. Mestimično se smenjuju sa grubim kvarcnim konglomeratima čiji su valuci vezani gvožđevitim cementom. Maksimalna moćnost rudonosnog sloja penje se do 20 m. U mineralnom sastavu iz ležišta Male Glavice (selo Guberevac), prema M. Protiću, preovlađuje šamozit sa hloritom (54%), dok hematit (23%) i limonit (getit) imaju manji udeo (16%). Sadržaj gvožđa 35—40%, 2—4% Cr_2O_3, 10—15% SiO_2.

U okolini *Topole* postoji nekoliko pojava i rudonosnih horizonata sa oolitnom rudom. Značajnije koncentracije oolitnih Fe-tvorevina vezane su, uglavnom, za gornji golt. Moćnost rudonosnog sloja — sklada iznosi obično 5—8 m, a po pružanju se katkad mogu pratiti i oko 100 m (ležišta Kamenice). Rudna tela su mestimično izgrađena od kompaktnih oolitnih tvorevina, katkad su to samo veća ili manja sočiva u gvožđevitim peščarima. Oolitna i pizolitna zrna sastoje se pretežno od oksida gvožđa, dok se silikatna materija javlja u vezivu. Sadržaj gvožđa 25—35%, srednje 30—32%.

Oko *Vlakče* rude gvožđa nalaze se u sivim laporovitim krečnjacima i gvožđevitim peščarima. Oolitski sklad moćan 10—12 m, leži u gvožđevitim peščarima i konglomeratima koji čine povlatu orbitolinskih krečnjaka. Bočno, oolitska ruda prelazi u peščare, zbog čega je teško povući granicu između prave rude i gvožđevitih peščara. Oolitna zrna se sastoje od silikata gvožđa i, manje, oksida gvožđa, cementovanih pretežno silikatnim materijalom. Sadržaj gvožđa 30—33%, silicija do 20%.

U dolini *Kutlovačke Reke* otkriveni su goltski gvožđeviti peščari sa jednim horizontom oolitske rude; moćnost gvožđevitih sedimenata iznosi mestimično i 7—8 m, a mogu se pratiti po pružanju i više od 1000 m.

U pojedinim lokalnostima u goltskoj seriji gvožđevitih peščara postoji i više slojeva oolitskih ruda gvožđa.

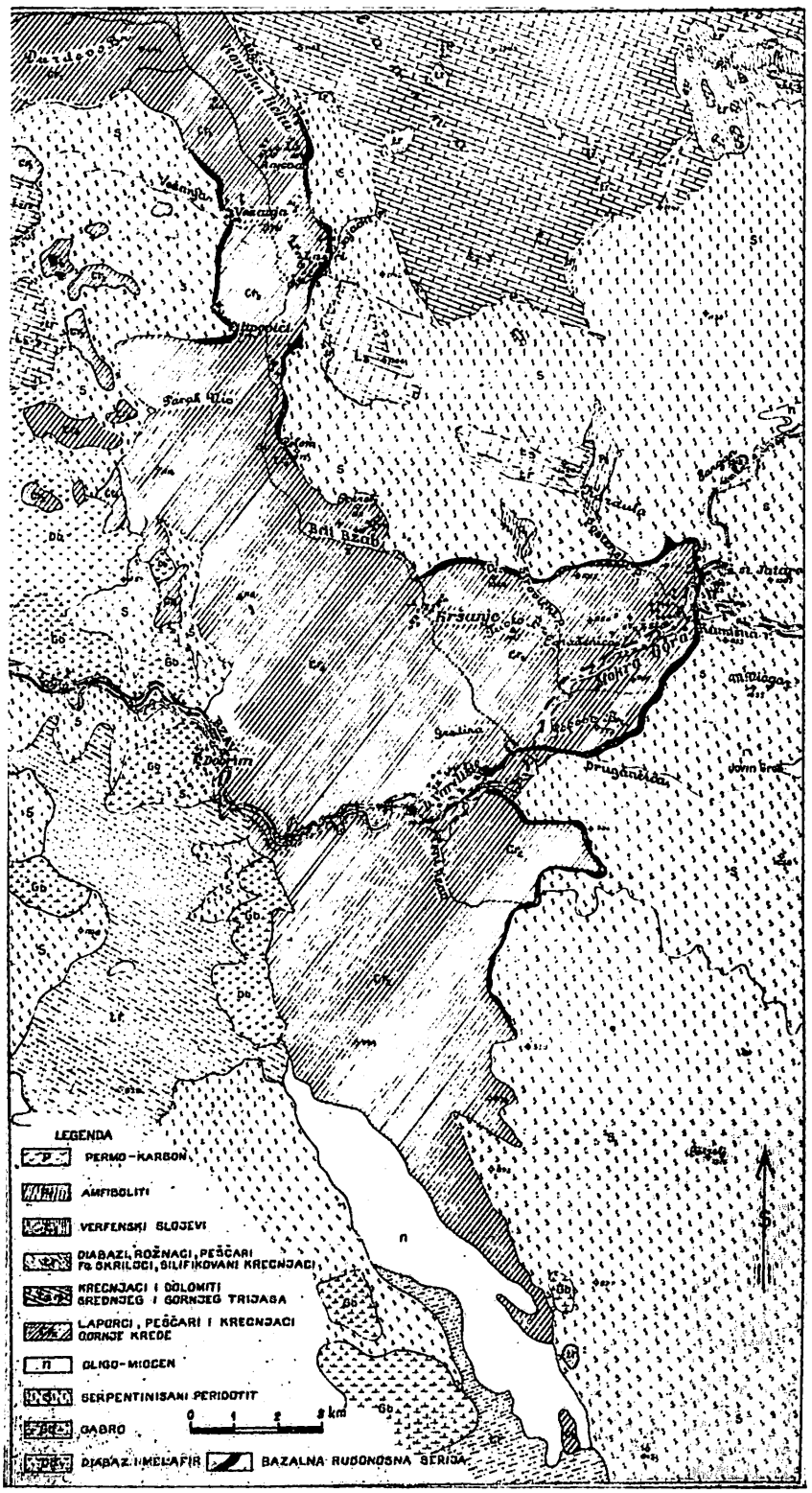
U *Gledićkim planinama* gvožđeviti horizonti su aptsko-goltske starosti, i otkriveni su na više mesta. Moćnost rudnih skladova, često izgrađenih od kompaktne oolitnopizolitne rude, dostiže katkad i 10 m. U sastavu rude preovlađuje šamozit, praćen hidroksidom gvožđa; udeo minerala oksida gvožđa neznatan. Sadržaj gvožđa u rudi 27—30%. NiO — oko 1,1%.

Južnije od Gledićkih planina nisu nigde dosad zapažene goltske oolitske rude gvožđa.

Ležišta gvožđa u bazi gornje krede. — U bazi gornje krede, najčešće neposredno na serpentinitskim masivima, nalaze se u zapadnoj Srbiji, i u zoni koja se proteže kroz južnu Srbiju i središnje delove Makedonije, brojna ležišta gvožđeve rude. Za razliku od goltskih, u ovim ležištima oolitne tvorevine imaju manje rasprostranjenje, a preovlađuju klastične komponente.

Među najznačajnija ležišta ovoga tipa ubraja se Mokra Gora u zapadnoj Srbiji, gde su koncentrisane ogromne količine gvožđevitog materijala. Rudni izdanci nalaze se po zapadnim obodima zlatiborskog serpentinitskog masiva, i po pružanju praćeni su više kilometara (sl. 5).

Ta ležišta nastala su lateritskim raspadanjem serpentinisanih ultrabazičnih masiva Zlatibora u toku jure i donje krede. U gornjoj kredi dolazi do transgresije; u plitkom moru vrši se sedimentacija terigenog materijala koji potiče sa masiva pokrivenog lateritskom korom raspadanja. Intenzivna spiranja produkata raspadanja sa serpentinitskog masiva dovode do potpunog odnošenja produkata lateritskog raspadanja, i njihovog deponovanja u bazalnoj seriji gornje krede. Bazalni deo gornjokredne serije izgrađen je od heterogenog materijala (peridotitskih valutica, rožnaca, gvožđevitih peščara i laporaca, komada amfibolita i dr.); moćnost rudonosnog dela serije je obično 10—30 m, mestimično i znatno više. Preko bazalne serije nastavljaju se laporci i rudistni krečnjaci, moćni i više sto-



Sl. 5 — Geološka karta rudonosnog područja Mokre Gore (B. Milovanović).

Abb. 5 — Geologische Karte des erzführenden Bereiches von Mokra Gora (B. Milovanović).

tina metara. Profil koji je opisao B. Milovanović na useku puta Mokra Gora—Vardište bio bi tipičan za razvoj i građu gornjokrednih tvorevina u ovome reonu (odozdo naviše):

— preko raspadnutog serpentinita leže trošni konglomerati sa valucima od serpentinita i jaspisa;

— tufozni, zeleni i peskoviti laporci sa gvoždevitim konkrecijama; preko njih se nastavljaju gvoždeviti peščari sa interkalacijama zelenkastih laporovitih partija;

— grudvasti laporci sa rožnacima; mestimično se javljaju i krečnjaci;

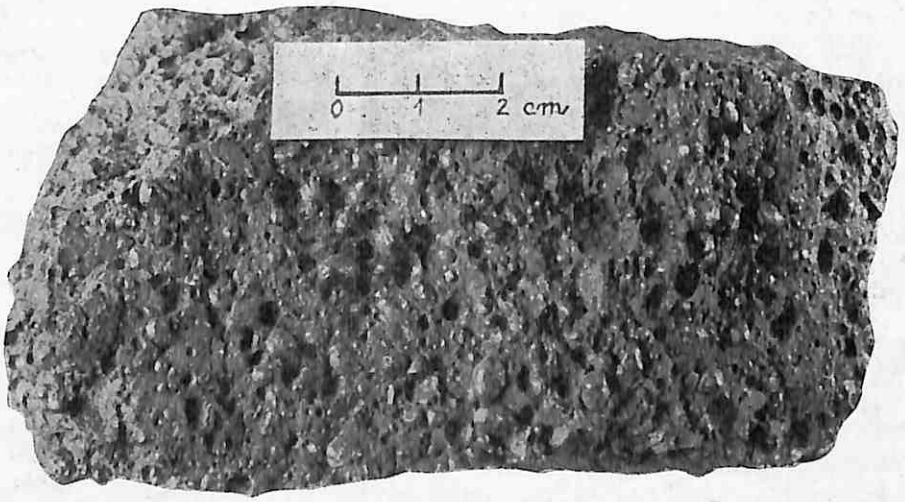
— gvoždeviti, krupnozrni peščari, delom konglomeratični. Naviše prelaze u škriljaste peščare i laporce;

— banak laporaca, preko koga leže gvoždeviti peščari, moćni oko 2 m;

— serija mrkih, zelenkastih, tamnih peščara i laporaca, preko kojih leže grudvasti i pločasti laporci sa interkalacijama gvoždevitih škriljaca. Preko poslednjih nastavlja se veoma moćna serija laporaca.

nim koncentracijama hematita. Sadržaj osnovnih rudnih komponenti u pojedinim stenama i rudama kreće se u približno sledećim granicama:*)

	Fe %	Cr %	Ni %	Co %
Serpentinisani peridotit . .	7—14	0,25 - 1,5	0,2—0,5	0,0
Raspadnuti serpentinit .	20—30	0,5 —2,0	0,6—1,9	0,04
Konglomerat .	15—24	1 —2	0,7—1,0	0,0
Peščari . . .	20—26	1,1 —1,7	0,6—0,8	0,04
Laporci . . .	14—25	1,3 —2,0	0,6—0,7	0,04
Ooliti i pizoliti	20—41	1,1 —1,7	0,7—1,3	do 0,16



Sl. 6 — Oolitska ruda iz mokrogorskog ležišta.

Abb. 6 — Oolithisches Erz aus der Lagerstätte Mokra Gora.

Mineralni sastav gvoždevitih partija je veoma složen. Pored oksida gvožđa (hematit, limonit, neznatno magnetit) javljaju se i gvoždeviti hloriti. Od ostalih minerala značajniji udeo u građi rudonosnih partija imaju hromit, manje silikati nikla (sulfidi nikla su veoma ograničenog rasprostranjenja — bravoit, milerit), pirotin.

Prema udelu pojedinih komponenti i litološkom sastavu, u reonu Mokra Gora—Vardište izdvajaju se bazalni konglomerati, zeleno mrki ooliti, crveno smeđi ooliti, gvoždeviti škriljci, laporci i peščari, kao i crveni rožnaci sa neznat-

Sadržaj silicije je veoma visok, najčešće 20 do 35% SiO_2.

Rudna tela imaju oblik slojeva. Ako bi se konture rudnih tela povlačile na osnovu određenog minimalnog sadržaja otkopavanja (na primer 20% Fe), njihov oblik bi bio veoma promenljiv.

Značajno rasprostranjenje imaju oolitska ležišta i u Vardarskoj zoni južne Srbije i Makedonije. Taj rudonosni pojas počinje kod Štimlja, gde je poznato više izdanaka tih ležišta, pa se preko Kačanika nastavlja, sa prekidima, u Makedoniju; izdanci tih ležišta mogu se pratiti do jugoslovensko-grčke granice. Među brojnim ležištima u toj oblasti, svojim razmerama ističe

*) Podaci Zavoda za geološka i geofizička istraživanja, Beograd, 1958. godine.

se ležišta kod Titovog Velesa (Orizari i Trokot) i Ržanova u blizini grčke granice.

Ležišta *Orizari* i *Trokot* nalaze se na serpentinitima ili u njihovoj neposrednoj blizini, i prekriveni su gornjokrednim sedimentima. U tim gvožđevitim tvorevinama, praćenim promenljivim koncentracijama rožnaca, kompaktna oolitska rudna tela imaju oblik sočiva, promenljivih razmera (po pružanju i više desetina metara, pri moćnosti od 3—5 m).

Kvalitet tih ruda je znatno bolji nego u ležištima istog tipa u drugim našim oblastima. Sadržaj gvožđa je obično 40—50%, a nikla oko 0,9—1,3%; udeo silicije je takođe nešto niži (oko 10% SiO_2), dok je sadržaj hroma približno kao i u ostalim ležištima (2—3% Cr_2O_3).

Ržanovo. — Ržanovsko ležište je jedno od naših ekonomski značajnijih ležišta ovoga tipa. Rudna tela leže u krednim tvorevinama u jednom terenu koji se odlikuje veoma složenom tektonskom građom u kojoj istaknuto mesto zauzimaju kraljuštanja. Serpentinit je često navučen preko rudnog sloja.

Rudonosni sloj je otkriven na dužini od više stotina metara, dok mu je moćnost 10—30 m. U pojedinim delovima rudnog sloja javljaju se i interkalacije jaspisa.

Ruda sadrži 28—43% Fe, do 1,8% Ni, oko 0,1% Co, 18—40% SiO_2 i 1—4% Cr_2O_3.

Sedimentna ležišta. — Pored sedimentno-eshalativnih ležišta, čije je stvaranje u tesnoj vezi sa procesima submarinskih erupcija u prvom redu bazičnih izliva, u Jugoslaviji postoje i sedimentna ležišta čiji materijal nije morao da potiče od eshalacija. Tim ležištima, koja dosada nisu detaljnije izučavana, pripadaju pre svega sideritska ležišta u Bosni, koja se odlikuju postepenim prelazima u okolne stene; katkad su to siderični krečnjaci sa relativno niskim sadržajem gvožđa.

U oksidacionoj zoni u tim ležištima može doći do obrazovanja i većih masa limonita, kada takva ležišta mogu biti i ekonomski značajna.

Metamorfogena ležišta. — U našoj zemlji metamorfogena ležišta gvožđa su veoma retka, ograničena samo na pojedine uske zone u starim, kristalastim terenima. Jedno od tih područja nalazi se u kristalastim škriljcima Rodopske mase, u reonu između Bujanovca i Prokuplja. U tim terenima poznata su danas dva ležišta: Čar Sedlar i Žitni Potok. Neka od njih su primarno sedimentna ležišta, koja su kasnije pretrpela intenzivne promene izazvane regionalnom metamorfozom u variscijskom orogenom ciklusu. Prema mineralnom sastavu, ova ležišta pripadaju, uglavnom, magnetitskim.

Čar Sedlar. — Ležišta su lokalizovana pretežno u amfibolskim stenama (amfibolitima, amfibolskim škriljcima, amfibol-biotitskim škriljcima, biotit gnajsevima). Rudna tela imaju oblik izduženih sočiva, i orijentisana su paralelno sa folijacijom kristalastih škriljaca; odlikuju se složenom morfologijom. Pored kompaktnih magnetitskih koncentracija, u samim rudnim telima postoje i manje mase škriljaca i mermera. Moćnost rudnih tela najčešća je nekoliko metara, retko i do 10 m. Rudna sočiva su, sa prekidima, razmeštena u jednoj zoni, koja u reonu Salahov potok—Junuzove livade dostiže dužinu od oko 700 m.

Primarni mineralni sastav ležišta je relativno jednostavan. Pored magnetita, koji je osnovni rudni mineral, javljaju se i minerali nastali u kasnijoj, hidrotermalnoj fazi (martit, hematit, sulfidi — pirotin, pirit, halkopirit, galenit, i nešto karbonata; udeo svih tih minerala u ukupnoj rudnoj masi je neznatan). Kao prateći nerudni minerali javljaju se kvarc, kalcit, granat, piroksen. Pojave granata dovode se u vezu ne sa procesima rudnog stvaranja, već sa procesima kasnijeg regionalnog metamorfizma.

Ruda sadrži, kao približno srednje, 48% Fe, 10% SiO_2, 4% CaO, 0,3% Mn i oko 2—3% S.

Žitni Potok. — Rudonosno područje izgrađeno je u osnovi od parastena — hloritskih škriljaca i paragnajseva. Magnetitski skladovi se nalaze u seriji hloritskih škriljaca; odlikuju se izduženim oblicima, pri čemu im je moćnost do nekoliko metara. Pored kompaktnih magnetitskih tela javljaju se u hloritskim škriljcima i impregnacije magnetita. U sivim paragnajsevima magnetit pokazuju povišeni sadržaj titana; nije isključeno da su te partije nastale metamorfozom starih rasipa titanomagnetita.

Metalogenetske epohe

Stvaranje jugoslovenskih rudišta gvožđa vršeno je u više geoloških epoha. Pri raščlanjavanju vremena, u kome su obrazovana ta ležišta, na pojedine periode, razmotrićemo opšte karakteristike metalogenije gvožđa u kaledonskoj, hercinskoj i alpskoj epohi.

Kaledonska metalogenetska epoha. — O kaledonskim formacijama — magmatskim i sedimentnim — i strukturnim karakteristikama malo je uopšte poznato u našim terenima, a još manje o rudnim ležištima.

Najnovija proučavanja u reonu Šar planine pokazala su da su u tome delu Jugoslavije razvijene predevonske tvorevine, koje, najverovatnije, odgovaraju kaledonskoj epohi. U pogledu metalogenije gvožđa u tim formacijama ne može se ništa, zasad, šire i preciznije reći, jer su ti problemi dosada veoma malo izučavani. Na osnovu nađenih valutica hematita u devonskim bazalnim konglomeratima, i karaktera predevonskih stena (magmatskih i sedimentnih) može se naslutiti da u reonu Šare postoje hematitska

ležišta, najverovatnije sedimentno-eshalativnog tipa, genetski vezana sa dijabaznim izlivima.

Pored rudnih pojava u reonu Šare, kaledonskoj epohi se mogu pribrojati i pojedina ležišta u kristalastim škriljcima Rodopske mase (reon Bujanovac—Prokuplje). Većina tih ležišta pripada grupi metamorfogenih, a izgrađena su u osnovi od magnetita. Primarno, pojedina od tih ležišta su bila, verovatno, magmatogenog porekla (Čar—Sedlar), dok su druga predstavljala sedimentna ležišta.

Najnovija izučavanja u istočnoj Srbiji, u reonu Beljanice—Kučaj pokazala su da u tim terenima postoje predevonske tvorevine, uključujući i kiseli magmatizam. Metalogenija ovoga područja još uvek je nejasna.

Hercinska metalogenetska epoha. — U hercinskoj metalogenetskoj epohi dolazi do stvaranja raznovrsnih tipova ležišta gvožđa, pri čemu su u pojedinim tipovima i strukturno-metalogenetskim područjima obrazovane i velike rudne mase.

Posebno značajna ležišta gvožđa nastaju u geosinklinalnom stadijumu hercinske epohe. To su u prvom redu šamozitska ležišta, pretežno sedimentno-eshalativnog porekla (zapadna Makedonija, Kučaj — Beljanica u istočnoj Srbiji, reon Ključa u Bosni i druga).

Pojave magnetitskih koncentracija u ultrabazičnim masivima, obrazovane u magmatskoj fazi, su još uvek nedovoljno proučene u pogledu metalogenije.

U geosinklinalnom stadijumu, pored šamozitskih sedimentno-eshalativnih ležišta, stvaraju se i prava sedimentna ležišta. Prema mineralnom sastavu, to su pretežno sideritska ležišta i sideritični krečnjaci, praćeni manjim koncentracijama sulfida olova, cinka i bakra, a i piritom. Pojave tih ležišta su naročito česte u Bosni (reon Travnika, oblast Sanskog paleozoika i druga).

Nedovoljno jasno je poreklo magnetitsko-hematitskih ležišta u filitičnim škriljcima Skopske Crne Gore, zatim u reonu Goča. Te pojave mogu biti dovedene u genetsku vezu sa procesima u geosinklinalnom stadijumu, ali ne mora biti isključena mogućnost njihovog postanka u okviru stadijuma nabiranja ili razlamanja.

U stadijumu orogeneze hercinske epohe formiraju se ležišta koja se prema uslovima postanka i mineralnim paragenezama znatno razlikuju od ležišta geosinklinalnog stadijuma. Ležišta su genetski pretežno vezana sa sinorogenim granodioritima i granitima, a u osnovi su zastupljena skarnovskim i hidrotermalnim tipovima. Prema mineralnom sastavu, pripadaju grupi magnetitskih, uz neznatno učešće i hematita, i sideritskih ležišta. Skarnovska ležišta su obično u vidu magnetitskih skladova ili su nepravilnog oblika (Rudna Glava i druga), dok su hidrotermalna sideritska ležišta pretežno žičnog tipa.

U ležištima obrazovanim u stadijumu razlamanja, genetski vezanim sa subsekventnim vulkanizmom, gvožđe se pretežno javlja u vidu sulfida i karbonata. U tim ležištima ne dolazi do obrazovanja značajnih rudnih masa, već se minerali gvožđa obično javljaju kao pratioci olovo-cinkovog i bakrovog orudnjenja.

Alpska metalogenetska epoha. — U okviru alpske metalogenetske epohe mogu se izdvojiti dva perioda u kojima su stvarani različiti tipovi rude, vezani sa različitim magmato-tektonskim događajima. Starijem periodu pripada staroalpska faza i mlađem, alpska faza.

Staroalpska faza odgovara u osnovi geosinklinalnom stadijumu i traje od najviših nivoa perma do senona. U tome periodu stvaraju se sedimentna i sedimentno-eshalativna ležišta gvožđa, koja u osnovi zauzimaju određeni stratigrafski nivo. Posebno široko rasprostranjenje imaju ležišta obrazovana u srednjem trijasu — pretežno aniziski kat (Bosna i Crna Gora). Izgrađena su od siderita, češće hematita koji je praćen obično velikim masama silicije, katkad i znatnijim učešćem mangana. Sedimentno-eshalativna ležišta su genetski vezana sa keratofirima ili porfiritima.

U istočnoj Srbiji, u titon-valendijskom nivou postoje takođe pojave sedimentnih ležišta gvožđa, koja ustvari predstavljaju nastavak formacije u kojoj su, u Bugarskoj, nađena ekonomski veoma značajna ležišta. Dosada je veoma malo pažnje poklanjano tim pojavama kod nas.

Posebno interesantno mesto zauzimaju skarnovska ležišta magnetita koja se javljaju na kontaktu gabra i trijaskih krečnjaka (Tovarnica). Geosinklinalni stadijum se u Dinaridima, verovatno, karakteriše i ne samo epirogenim, već i orogenim pokretima, pri čemu dolazi i do intruzija kiselih, srednjekiselih i bazičnih stena.

Ekonomski značajni tipovi ležišta gvoždja u Jugoslaviji

Tablica 9

LEŽIŠTA	Paleozoik					Mezozoik			Tercijer	
	Staropaleozojska	Devonski geosinklinalni vulk.	Sinorogeni plutonizam (graniti)	Ultrabazični magmatizam	Gornjopaleozojski submarinski vulkanizam	Trijaska geosinklinala	Golt	Baza gornje krede	Sinorogeni plutonizam	Subsekventni vulkanizam
Magmatska	Pljačkavica (TM)			Lipovica (M)						
Skarnovska			Rudna Glava (M) Crnajka (M)			Tovarnica (M)			Suva Ruda (M), Suvo Rudište(M), Boranja (M), Pohorje (M)	Damnjan (M,H) Reškovica (M) Ridanj (M)
Hidrotermalna			Ljubija (?) (S) Bešlinac (S)						Željin (H)	
Sedimentno-eshalaciona		Ležišta Zapadne Makedonije(Š)			Ključ (M) Samobor (S, H); Bukovica, Kordun (H)	Vareš (S,H) Srednje (H), Konjic (H), Bukva (H), Bjelasica (H)				
Ležišta raspadanja, delom pretaložena		Radočelo PT (M)				Vlasenica (Fe—Al) Turjak (R) (Fe—Al) Sozina (L)	Šumadijska ležišta (L. O)	Veles, Trstenik, Mokra Gora (H,M,L,Š)	Majdanpek (L)	
Sedimentna		Bukovica (H)								
Metamorfogena	Žitni Potok, (M) Čar-Sedlar (M) Skopska Crna G.(M,H)									

M = Magnetit; H = Hematit; S = Siderit; L = Limonit; Š = Šamozit; TM = Titanomagnetit;
O = Oolitske rude; Fe — Al = Gvoždjeviti boksiti PT = Permotrijas; R = Rabeljske rude

U okviru procesa raspadanja ogolićenih stena i koncentracija gvožđa, izdvajaju se ležišta obrazovana u goltu (šumadijska oblast) i ona koja leže u bazi gornje krede, a stvorena od materijala sa kore raspadanja serpentina. Značajnije koncentracije gvožđa javljaju se i u pojedinim trijaskim i jurskim boksitnim ležištima u Dinaridima.

U alpskoj fazi dolazi do intenzivnih orogenih pokreta, praćenih pretežno srednjekiselim magmatizmom. Ležišta gvožđa, koja su nastala u vezi sa tim magmato-tektonskim događajima, su u osnovi skarnovska i hidrotermalna. Prva se obično obrazuju u kontaktnoj oreoli granodioritskih masiva, i predstavljena su, uglavnom, magnetitskim ležištima. (Kopaonik, Boranja, pojave u istočnoj Srbiji i druge). U hidrotermalnim ležištima gvožđe se javlja najčešće kao sulfid (pirit, pirotin) ili u vidu karbonata, pri čemu često sa manganom obrazuje mešance.

U ekonomskom pogledu ležišta nastala u ovom periodu su malo značajna, jer ne sadrže veće rudne mase; izuzetak mogu da predstavljaju pojedini reoni sa magnetitskim ležištima u kojima, na rastojanjima do desetak kilometara, postoji više manjih ležišta i rudnih polja.

U tablici 9 dat je šematski prikaz tipova ležišta obrazovanih u pojedinim geološkim periodima.

Metalogenetska područja

U Jugoslaviji se mogu izdvojiti tri osnovne rudne provincije, koje delom prelaze i u susedne zemlje: Dinarska provincija, Prelazna dinarsko-rodopska provincija, i Istočnosrpska rudna provincija (sl. 7). U okviru pomenutih provincija mogu se izdvojiti pojedina metalogenetska područja. Razmotrićemo samo pojedine, ekonomski značajnije oblasti sa ležištima gvožđa u okviru rudnih provincija Jugoslavije.

Dinarska provincija. — U Dinarskoj provinciji se nalazi više metalogenetskih oblasti koje obuhvataju najveći deo današnjih rezervi bilansnih ruda gvožđa. Među značajnije rudne oblasti možemo ubrojiti:

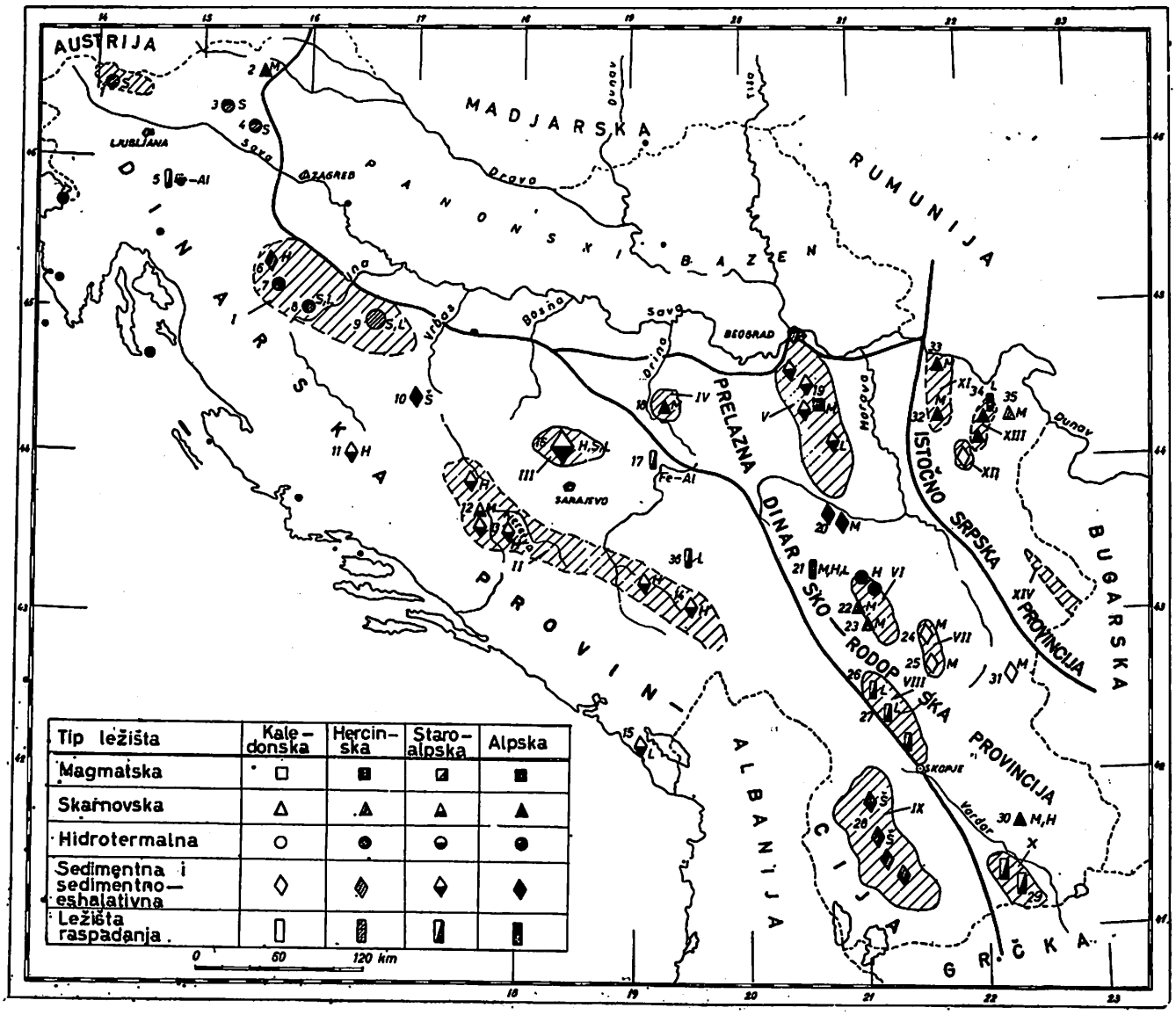
Sanski paleozojik. — U širem području Ljubije nalaze se brojni izdanci ležišta gvožđa. To su u osnovi sideritska ležišta čiji su najviši delovi pretvoreni u limonitske mase. Pored hidrotermalnih, postoje i sedimentna ležišta. Obzirom na relativno nizak stepen istraženosti, veliko rasprostranjenje i brojnost rudnih pojava može se smatrati da sanski paleozojik predstavlja veoma značajno potencijalno područje u pogledu ruda gvožđa. Značajan udeo limonitskih masa u ukupnim rezervama čini da ovo područje bude posebno značajno radi kvalitetnijih ruda.

Reon Vareša sadrži danas veliki deo ukupnih naših rezervi ruda gvožđa. To su pretežno sideritsko-hematitska ležišta, sedimentnog ili sedimentno-eshalativnog tipa, koja obzirom na način postanka i povezanost ležišta sa određenim stratigrafskim nivoom, mogu da budu veoma perspektivna, jer slične geološke formacije u ovome delu Jugoslavije zauzimaju zaista značajna prostranstva. Intenzivni postrudni tektonski poremećaji učinili su da razmeštaj tih ležišta u prostoru postane složen, a samim tim učine složenijim i istraživanje ležišta toga tipa. Iako se u području Vareša radi već više decenija, ipak je stepen istraženosti toga područja relativno nizak, još uvek stoje otvoreni mnogi problemi, koji su u tesnoj vezi sa pronalaženjem i drugih ležišta gvožđa.

U jednoj trijaskoj zoni, koja počinje u reonu *Jablanica—Konjic* pa se sa prekidima pruža u reon *Bjelasice* u Crnoj Gori postoje brojne pojave hematitske rude praćene visokim koncentracijama silicije (i do 40% SiO_2) i znatnim sadržajima mangana (katkad su to prava ležišta mangana sa visokim učešćem gvožđa). Rudonosni horizont pripada uglavnom anizijskom katu, a ležišta su sedimentno-eshalativnog porekla, genetski vezana sa keratofirima i porfiritima.

Ova metalogenetska zona, duga i više desetina kilometara, predstavlja veoma značajno perspektivno područje u pogledu ruda gvožđa. U tome delu Jugoslavije nisu dosada vršena ozbiljnija i sa više sistema istraživanja.

Zapadnomakedonsko područje sadrži niz šamozitskih ležišta koja danas predstavljaju značajan deo naše sirovinske baze. To su brojna ležišta, najčešće relativno malih razmera, lokalizovana u jednom tektonski veoma složenom terenu. Dosadašnjim istraživanjem zahvaćen je samo deo te rudonosne oblasti. Područje Šar planine, koje leži severno od danas istraženih ležišta i rudnih polja može biti nastavak ove metalogenetske zone, i u njemu postoji mogućnost da se otkriju slična ležišta.



Sl. 7 — Važnija ležišta, pojave i rudonosne zone u Jugoslaviji.

I — Širi reon Ljubije; II — hercegovačko-crnogorska zona; III — područje Vareša; IV — Zapadna Srbija (domen boranjskog granodioritskog masiva); V — šumadijska zona sa ležištima oolitske rude; VI — kopaonička oblast; VII — zona Preševo—Prokuplje; VIII — kosmetska oblast; IX — zapadnomakedonska oblast; X — makedonska ležišta raspadanja; XI — ridanjsko-krepoljinska zona; XII — oblast Beljanice; XIII — majdanpečko područje; XIV — jursko-kredna zona; 1 Savska Jama, 2 Pohorje, 3 — Vitanje, 4 Rudnica, 5 Turjak, 6 Bukovica, 7 Petrova Gora, 8 Bešlinac, 9 Ljubija, 10 Muhamedbegova Prisjeka, 11 Pribudić, 12 Tovarnica, 13 Konjic, 14 Bjelasica, 15 Sozina, 16 Vareš 17 Vlasenica, 18 Boranja, 19 Lipovica, 20 Dragosinci, 21 Radočelo, 22 Suva Ruda, 23 Suvo Rudište, 24 Žitni Potok, 25 Car-Sedlar, 26 Trstenik, 27 Crnovijevo, 28 Tajmište, 29 Ržanovo, 30 Damnjan, 31 Vlasina, 32 Reškovica, 33 Ridanj, 34 Majdanpek, 35 Rudna Glava, 36 Kozica, M — Magnetit, H — hematit, S — siderit, L — limonit, Š — šamozit Fe-Al — gvoždeviti boksit.

Abb. 7 — Bedeutendere Eisenerzlagerstätten, Vorkommen und erzführende Zonen in Jugoslavien.

I — Erzbezirk Ljubija (erweitert); II — Herzegovinisch-montenegrincshe Zone; III — Gebiet von Vareš; IV — Werstserbien (Bereich des granodioritischen Massivs von Boranje); V — Šumadija — Zone mit oolithischen Eisenerzlagerstätten; VI — Gebiet des Kopaonik — Gebirges; VII — Zone von Preševo—Prokuplje; VIII — Kosmet — Gebiet; IX westmakedonisches Gebiet; X — makedonische Verwitterungslagerstätten; XI — Ridanj — Krepoljinzone; XII — Gebiet des Beljanica — Gebirges; XIII — Gebiet von Majdanpek; XIV — jurassisch-kretazische Zone: 1 Savska Jama, 2 Pohorje, 3 Vitanje, 4 Rudnica, 5 Turjak, 6 Bukovica, 7 Petrova Gora, 8 Bešlinac, 9 Ljubija, 10 Muhamedbegova Prisjeka, 11 Pribudić, 12 Tovarnica, 13 Konjić, 14 Bjelašica, 15 Sozina, 16 Vareš, 17 Vlasenica, 18 Boranja, 19 Lipovica, 20 Dragosinci, 21 Radočelo, 22 Suva Ruda, 23 Suvo Rudište, 24 Žitni Potok, 25 Car-Sedlar, 26 Trstenik, 27 Crnoljevo, 28 Tajmište, 29 Ržanovo, 30 Damnjan, 31 Vlasina, 32 Reškovica, 33 Ridanj, 34 Majdanpek, 35 Rudna Glava, M — Magnetit, H — Hämatiti, S — Siderit, L — Limonit, Š — Chamosit, Fe-Al — eisenhältiger Bauxit.

Prelazna dinarsko-rodopska provincija. — Iako brojna, ležišta gvožđa u Prelaznoj dinarsko-rodopskoj provinciji sadrže relativno male rudne mase. Za razliku od ležišta prethodne provincije, rudna ležišta u ovoj provinciji su pretežno skarnovskog i hidrotermalnog porekla, i ne obrazuju veće rudne oblasti, već se uglavnom javljaju usamljeno. Među ležištima ove grupe, pomenućemo samo ekonomski značajnija područja i rudonosne zone:

Šumadijska oblast. — Počev od Beograda do Kraljeva, javljaju se u goltu oolitske rude gvožđa. Rudonosna zona je isprekidana i u njoj nisu poznata pojedinačna ležišta sa značajnijim koncentracijama rude. Obzirom na razbijenost rudnih polja, nizak kvalitet rude i ograničene rezerve, šumadijska rudna oblast pripada danas u osnovi vanbilansnim rudnim masama.

Kosovsko-makedonska oblast. — Kroz Srbiju i Makedoniju, na dužini više stotina kilometara, pruža se rudonosna zona u kojoj u pojedinim lokalnostima postoje ležišta promenljivih razmera sa niklonosnom rudom gvožđa. Ta su ležišta nastala lateritskim raspadanjem serpentinitskih masiva. Pored relativno niskog sadržaja gvožđa (obično 20 do 30% Fe), ruda sadrži visoke udele silicije, hroma (2—3% Cr_2O_3), nikla (do 1%), katkad i aluminije (gvožđeviti boksiti).

Obzirom na kvalitet rude i rezerve, ležišta kosovsko-makedonske oblasti, uglavnom, pripadaju uslovno vanbilansnim.

Reon Preševo—Prokuplje. — U starim rodopskim terenima postoji nekoliko manjih ležišta magnetitske i magnetitsko-hematitske rude, pretežno metamorfogenog porekla. Ruda iz ovoga područja se odlikuje visokim kvalitetom, ali su razmere ležišta uglavnom male. Stepen istraženosti ovoga područja, koje se inače nastavlja i u reon Jastrepca, je veoma nizak.

Kopaonik. — U kontaktnoj oreoli kopaoničkoj granodioritskog masiva, u prvom redu duž zapadnog oboda, postoje manja skarnovska magnetitska ležišta. Ležišta sadrže visokokvalitetnu rudu, ali i manje rezerve. Ovo područje treba shvatiti kao jedno od perspektivnih u pogledu boljih magnetitskih ruda.

Zapadna Srbija. — U domenu boranjskog granodioritskog masiva postoje mnoge pojave magnetitskog orudnjenja, lokalizovane u kontaktnoj oreoli. Iako je većina ležišta, otkrivena uglavnom poslednjih godina, malih razmera, njihova učestalost u kontaktnoj zoni čini ovo područje veoma interesantnim u pogledu mogućnosti ostvarivanja jedne godišnje proizvodnje od oko 200—300.000 tona visokokvalitetne rude.

Istočnosrpska provincija. — U istočnoj Srbiji postoji više manjih ležišta gvožđa, koja su, prema dosadašnjem našem poznavanju, pretežno bila zastupljena magnetitom. Otkrivanjem veoma značajnih rudnih masa u jursko-krednim sedimentnim formacijama severno od Sofije otvara se posebno značajna perspektiva i za jugoslovenski deo tih geoloških formacija, koje se kod nas pružaju od naše granice kod Dimitrovgrada prema severu (sa blagim skretanjem ka severozapadu); otkrivanjem sličnih pojava hematitskog orudnjenja na Tatarskom Visu, zapadno od Donjeg Milanovca, stvaraju se realne osnove da se može očekivati i eventualna rudonosnost tih geoloških formacija na našem tlu. Buduća istraživanja toga pojasa pokazaće opravdanost naših današnjih očekivanja.

Među nešto značajnije, danas poznate rudonose oblasti može se ubrojiti:

Ridanjsko-Krepoljinska zona. — U ovoj zoni koja počinje kod Dunava i predstavlja nastavak rudonosne zone iz Rumunije, postoji više magnetitskih ležišta, uglavnom skarnovskog tipa. Ležište sadrži visokokvalitetnu rudu, ali su rezerve obično male.

Reon Žagubica—Majdanpek. — U ovome području se mogu izdvojiti ležišta nastala u paleozoiku (reon Beljanice) i tercijerna ležišta.

Reon Beljanice je u pogledu ležišta gvožđa veoma malo izučen i istražen. Na osnovu današnjeg poznavanja može se reći da u ovome području postoje veoma povoljni izgledi da se otkriju i veća ležišta sedimentno-eshalativnog tipa, slična onim u zapadnoj Makedoniji. Prema sastavu, to su šamozitska ležišta, sa promenljivim učešćem siderita, magnetita i hematita, a lokalizovana su pretežno u hloritsko-epidotskim i sericitsko-hloritskim škriljcima.

Tercijerna ležišta, genetski vezana sa monconitima, su, uglavnom, skarnovska ležišta malih razmera.

Među limonitskim ležištima u istočnoj Srbiji su posebno značajne pojave u Majdanpeku. Obrazovane su kao rezultat oksidacije velikih piritskih ležišta.

ZUSAMMENFASSUNG

Typen der jugoslavischen Eisenerzlagerstätten und die metallogenetischen Provinzen

Dr. Dipl. Ing. S. Janković*)

In den Gebieten Jugoslaviens befinden sich zahlreiche Eisenerzlagerstätten und Vorkommen, in welchen im Zeitabschnitt 1919—1961 ungfähr 26 Millionen Tonnen Erz abgebaut wurden. Die geplante Erweiterung der Herstellung von Roheisen und Stahl, die in den folgenden Zeitabschnitten eine Höhe von einigen Millionen Tonnen Stahl erreichen soll, wird zweifelsohne auch eine erhöhte Erzförderung und eine Erweiterung der Rohstoffbasis fordern.

I. Die Lagerstättentypen

Die jugoslavischen Erzlagerstätten wurden in sehr verschiedenartigen geologischen Verhältnissen und unter mannigfaltigen physikalisch-chemischen Bedingungen gebildet. Aus diesen Gründen sind in den jugoslavischen Gebieten alle Typen von Erzlagerstätten — von den magmatischen bis zu den metamorphogenen — vertreten, wobei in wirtschaftlicher Hinsicht eine besondere Bedeutung den sedimentären und den sedimentär-exhalativen Lagerstätten zuzuschreiben ist.

Magmatische Lagerstätten. — Bedeutendere Eisenerzkonzentrationen, im Rahmen der magmatischen Phase sind in Jugoslavien selten. Stellenweise Vorkommen besitzen beschränkte Ausmasse, eine unregelmässige räumliche Anordnung und sind ungenügend untersucht. Genetisch sind dieselben an basische und ultrabasische Gesteine gebunden und haupsächlichst durch Magnetiterze vertreten.

Skarnlagerstätten. — Skarnlagerstätten sind auf den jugoslavischen Terrains ziemlich häufig. Die Erzkörper bilden in der Regel kleine Schichten und Linsen, manchmal unregelmässiger Form und sindmeistens unregelmässig in den Skarnen eingelagert. Bei Skarnen, die längst der Foliation der Schiefer gebildet wurden, sind die Erzkörper schichtförmig. Die Erzkörper werden gewöhnlich aus kompakten Erz aufgebaut, jedoch bestehen auch oft Imprägnationen. Die Erzvorräte dieser Lagerstätten sind in Jugoslavien in der Regel gering (nur ausnahmsweise über 10Millionen Tonnen Erz).

Als bedeutendere Lagerstätten können Damnjan (Kopaonik—Gebiet) in Makedonien und Boranje in Westserbien bezeichnet werden.

Damnjan. — Die Lagerstätte wurde am Kontakt des Dazits mit dem oberkretazischen Flysch gebildet. In den schichtenförmigen Erzkörpern wechsellagert kompaktes Erz mit imprägnierten Zonen und tauben Partien. Die Mächtigkeit der Erzkörper beträgt bis 4 m. Martitisierungs-Erscheinungen sind sehr verbreitet. Neben Magnetit und Hämatit besitzt das Erz cca 4% Pyrit. Nichterz—Mineralien sind Granat, Epidot und stellenweise auch Albit.

Hydrothermale Lagerstätten. — Hydrothermale Lagerstätten treten in Jugoslavien häufig auf. Es sind dies hauptsächlichst Sideritlagerstätten, vorwiegend in der herzynischen metallogenetischen Epoche gebildet. In einzelnen Lagerstätten bilden Eisen- und Mangankarbonate auch etwas grössere Konzentrationen. Hydrothermale Hämatitlagerstätten sind selten in Jugoslavien (Plana auf dem Kopaonik—Gebirge).

Neben Siderit treten in diesen Lagerstätten auch viele andere Mineralien auf, in erster Linie Sulphide (Pyrit, Sphalerit, Tetraedrit, seltener Chalkopyrit, Bismut—Minerale, Baryt; unter Gangmineralien besitzt die grösste Verbreitung Quarz (Siderit—Quarzgänge, Siderit—Baryt—Erzgänge).

Neben Ganglagerstätten treten auch metasomatische Lagerstätten auf. Räumlich sind dieselben meistens an Kalke und in Bosnien an Kalkeinlagerungen im Schiefer gebunden.

Als bedeutendste Lagerstätten dieses Typs sind jene von Ljubija in Bosnien zu erwähnen.

Ljubija. — Der metallogenetische Bereich von Ljubija ist einer der grössten in Jugoslavien. Die Erzkörper befinden sich inder Schieferserie, seltener am Kontakt mit Kalkstein oder in den Kalkeinlagerungen im Schiefer. Neben kompakten Erzkörpern treten auch Imprägnations—Zonen auf.

Der Mineralbestand ist verhältnismässig einfach. Neben Siderit treten unbedeutende Anteile an Pyrit, seltener Galenit, Sphalerit, Chalkopyrit und Baryt auf. An sekundären Mineralien ist besonders Limonit ausgeprägt, der auch grosse Erzmassen bildet, die heute ausgebeutet werden.

Der Eisengehalt im Eisenerz schwankt von 45—48% Fe, der Anteil der anderen Komponenten ist gering (Si 4—8%, S unter 1%, Mn bis 2%).

Neben hydrothermalen Erzkörpern bestehen auch Lagerstätten, die im Sedimentationsprozess entstanden sind.

Die Lagerstätte von Ljubija gehört derherzynischen metallogenetischen Epoche an.

Sedimentäre exhalative Lagerstätten. — Die sedimentären exhalativen Lagerstätten sind für Jugoslavien von grosser Bedeutung, da sie einen grossen Teil der Bilanzreserven an Eisenerzen darstellen.

Ihrer Zusammensetzung nach sind diessideritisch-hämtitische und hämatitische Lagerstätten, welche im Laufe der altalpinischen Epoche entstanden und chamositische Lagerstätten, die im Devon gebildet wurden. Bei diesen Lagerstätten besteht unzweifelhaft eine stratigraphische Kontrolle der Lokalisierung.

Die Erze dieser Lagerstätten zeichnen sich nicht durch eine besonders hohe Qualität aus und enthalten oft grosse Konzentrationen an SiO_2.

Die bedeutendsten Lagerstätten dieses Types sind Vareš in Bosnien und Tajmište in Westmazedonien.

Vareš. — Der cca. 6 km lange erzführende Bezirk ist aus triassischen und jurassischen Sedimenten aufgebaut. An die mittlere Trias ist auch die Bildung bedeutender Massen der Spilit—Keratophyr—Assoziation (anysisch-ladinische Stufe) gebunden. Im Erzfeld von Vareš selbst wird nur ladinischer Tuff angetroffen.

Die erzführende Serie, gebunden an die triassischen Sedimente, besteht aus mehreren Gliedern. Das normale Profil durch das erzführende Gebiet wird in der Tabelle 4 wiedergegeben. Die Erzkörper haben die Form von Schichten und grossen Linsen (Abb. 2). Die Mächtigkeit der Erzkörper beträgt 20—30 m. Die nach der Erzbildung auftretenden Störungen riefen Schuppungen hervor, so dass stellenweise die Erzkörper eine Mächtigkeit von 60 m aufweisen. Diese Schuppungen sind besonders in der hämatitischen Schichte entwickelt.

Neben Siderit, welcher 77% aller Erzvorräte einnimmt, tritt noch Hämatit (18% der Reserven) und Limonit auf. In den untersten Niveaus der Erzlagerstätte treten Pyritschichten und unbedeutende Konzentrationen von Sphalerit, Galenit und Chalkopyrit auf.

Das Eisenerz enthält 33% Fe, ungefähr 3% Mn und 10—20% SiO_2.

Tajmište. — Der erzführende Bezirk ist vorwiegend aus paläeozoischen Bildungen (Schiefer und Kalksteine), zum Teil aus triassischen Kalksteinen und Dolomitit aufgebaut. Zwischen dem magmatischem Gestein treten devonische Diabase auf.

Die Erzkörper befinden sich in der paläozoischen Schiefersserie. Sie sind schichtenförmig und die Mächtigkeit schwankt von 1 bis 200 Metern. Neben kompakten Erzkörpern bestehen auch Imprägnationszonen (Chamositschiefer) mit einem geringen Erzgehalt.

Mineralische Zusammensetzung: Die Erzkörper sind überwiegend aus Fe-Silikaten, mit typischer oolithischer Textur, aufgebaut. Der Anteil anderer Erzmineralien, wie Si-

derit, Magnetit und Hämatit, ist unbedeutend. Im Erzbildungsprozess nehmen die diagenetischen und anchimetamorphen Umwandlungen einen sehr grossen Anteil ein. Die Produkte dieser späteren Prozesse herrschen, im Verhältnis zu den primären Erzkomponenten, vor.

Der Bestand der einzelnen Komponenten im Erz ist: 32—37% Fe, 10—16% SiO_2, bis 0,3% S und bis 0,9% P.

Verwitterungslagerstätten. — Lagerstätten, welche durch lateritische Verwitterung serpentinischer Massen entstanden sind, sind häufig in Jugoslavien und enthalten oft ausnehmend grosse Reserven. Das Erz besitzt vorwiegend eine limonit-geothitische und of auch oolithische Textur mit einem hohen Anteil an SiO_2 und einem niedrigen an Nickel. Das Erz dieses Types enthält fast immer 2—4% Cr_2O_3. Entsprechend dem Zeitpunkt der Bildung kann folgende Abgliede- rung dieser Lagerstätten durchgefürt werden: permotriassische, unterkretazische und Lagstätten in derBasis der Oberkreide. Die mi-Lagerneralogische Zusammensetzung dieser er- ist sehr kompliziert. Die bedeutendste stätte dieses Typs ist Mokra Gora in WestserErze bien.

II. Metallogene Zeitabschnitte

Die Bildung der jugoslavischen Eisenerzlagerstätten erfolgte in mehreren geologischen Zeitabschnitten. Gelegentlich einer Gliederung in einzelne Perioden, in welchen diese Lagerstätten gebildet wurden, werden wir die allgemeinen Charakteristiken der Eisenerzgenese in der kaledonischen, herzynischen und alpinischen Epoche erwägen.

Die kaledonische metallog enetische Epoche. — Über die kaledonischen Formationen — den magmatischen und sedimentären — und über die strukturellen Charakteristiken ist in unseren Terrainen im allgemeinen wenig bekannt. Am allerwenigsten aber über Erzlagerstätten.

Die neuesten Erforschungen im Bezirk des Schara—Gebirges zeigten, dass in diesem Teil Jugoslaviens vordevonische Bildungen entwickelt sind, welche am wahrscheinlichsten der kaledonischen Epoche entsprechen. In Bezug auf die Metallogenese des Eisenerzes dieser Formationen kann vorläufig nichts ausführlicheres und präziseres ausgesagt werden, da diese Probleme bis jetzt sehr wenig erforscht wurden. Auf Grund der in devonischen Basalkonglomeraten aufgefundenen Hämatit—Rollstücke und des Charakters der vordevonischen Gesteine (magmatische und sedimentäre) kann angenommen werden, dass im Schara—Bezirk hämatitische Lagerstätten, am wahrscheinlichsten sedimentär-exhalativen Types, genetisch gebunden an Diabas—Ergüsse, bestehen.

Neben dem Erzvorkommen im Schara—Bezirk können der kaledonischen Epoche auch einzelne Lagerstätten in den kristallinen Schiefern der Rhodope—Masse (Bezirk Bujanovac—Prokuplje) angehören. Der Grossteil dieser Lagerstätten gehört zur metamorphogenen Gruppe und ist im allgemeinem aus Magnetit gebildet. Primär waren einzelne dieser Lagerstätten wahrscheinlich magmatogenen Ursprungs (Čar—Sedlar), während andere sedimentäre Lagerstätten darstellen.

Herzynisch-metallogene Epoche. — In der herzynisch-metallogenen Epoche kommt es zur Bildung verschiedener Eisenerzlagerstätten — Typen, wobei in den einzelnen Typen und struktur-metallogenen Gebieten auch grosse Erzmassen gebildet wurden.

Besonders bedeutende Eisenerzlagerstätten entstehen im geosynklinalen Stadium der herzynischen Epoche. Dies sind in erster Linie chamositische Lagerstätten vorwiegend sedimentär exhalativen Ursprunges (West—Mazedonien, Kučaj—Beljanica in Ost-Serbien, Bezirk Ključ in Bosnien und andere).

Im geosynklinalen Stadium, neben chamositischen sedimentär-exhalativen Lagerstätten, bilden sich auch richtige sedimentäre Lagerstätten. Dem mineralogischen Bestande nach sind dies vorwiegend sideritische Lagerstätten und sideritische Kalksteine, begleitet von geringen Sulfid — Konzentrationen (Blei, Zink und Kupfer, und auch Pyrit). Das Vorkommen solcher Lagerstätten ist besonders in Bosnien (Bezirk Travnik, das Paläozoikum von San und andere) häufig.

Nicht sehr klar ist die Herkunft der magnetitisch-hämatitischen Lagerstätten in den phyllitischen Schiefern der Skopska Crna Gora (Kara-Dagh) und ferner im Bezirk Goč. Diese Vorkommen können mit den Prozessen im geosynklinalen Stadium in Zusammenhang gebracht werden, es kann aber nicht die Möglichkeit ihrer Entstehung im Rahmen der Faltungen und Bruchzonen ausgeschlossen werden.

Im Stadium der orogenen herzynischen Epoche werden jene Lagerstätten gebildet, welche sich nach den Entstehungsbedingungen und Mineral-Paragenesen bedeutend von den Lagerstätten des geosynklinalen Stadiums unterscheiden. Diese Lagerstätten sind genetisch vorwiegend an synorogene Granodiorite, seltener an Granite gebunden. Im allgemeinen sind sie durch skarnische und hydrothermale Typen vertreten. Ihrem mineralogischen Bestand nach gehören sie zur magnetitischen Gruppe mit einem unbedeutenden Anteil an Hämatit und Sidert. Die Skarnlagerstätten besitzen in der Regel die Form von magnetitischen Schichten und sind auch unregelmässig (Rudna Glava und andere), während die hydrothermalen Sideritlagerstätten vorwiegend Ganglagerstätten darstellen.

In den Lagerstätten, die im Stadium der Zerrütterung gebildet wurden und genetisch an den subsequenten Vulkanismus gebunden sind, tritt das Eisenerz vorwiegend in Form von Sulphiden und Karbonaten auf. In diesen Lagerstätten kommt es nicht zur Bildung bedeutender Erzmassen und die Eisenmineralien treten meistens als Begleiter der Blei—Zink- und der Kupfer-Vererzung auf.

Alpinische metallogene Epoche. — Im Rahmen der alpinischen metallogenen Epoche kann die Abgliederung von zwei Perioden, in welchen verschiedene Erztypen — gebunden an verschiedene magmato-tektonische Vorgänge — entstanden sind, vorgenommen werden. Die ältere Periode gehört der altalpinischen und die jüngere der alpinischen Phase an.

a) Die altalpinische Phase entspricht im Grunde genommen dem geosynklinalen Stadium und dauert von den höchsten Horizonten des Perm bis zum Senon. In dieser Periode entstehen die sedimentären und sedimentär-exhalativen Eisenerzlagerstätten, welche im allgemeinen ein bestimmtes stratigraphisches Niveau einnehmen. Eine besonders breite Ausdehnung besitzen die im Mitteltrias, vorwiegend in der anysischen Stufe. gebildeten Lagerstätten (Bosnien und Montenegro). Sie bestehen aus Siderit, öfters aus Hämatit, der in der Regel von grossen SiO_2-Massen begleitet wird, manchmal auch mit einem grösseren Anteil an Mangan. Die sedimentär-exhalativen Lagerstätten sind genetisch an Keratophyre und Porphyrite gebunden.

In Ost-Serbien, im Tithon—Valendis—Niveau bestehen ebenfalls Vorkommen von sedimentären Eisenerzlagerstätten, welche eigentlich die Fortsetzung jener Formation (hauptsächlichst aus Kalkstein) darstellen, in welcher in Bulgarien wirtschaftlich sehr bebeutende Lagerstätten gefunden wurden. Bisher wurde sehr wenig Aufmerksamkeit diesen Vorkommen gewidmet. Einen besonders interessanten Platz nehmen die Skarnlagerstätten des Magnetit ein. Diese treten am Kontakt des Gabbro mit den Triaskalken (Tovarnica) auf.

Das geosynklinale Stadium in den Dinariden zeichnet sich wahrscheinlich nicht nur durch epirogene sondern auch durch orogene Bewegungen aus, wobei es auch zur Intrusion von saueren, mittelsaueren und basischen Gesteinen kommt. Im Rahmen des Verwitterungprozesses der entblösten Gesteinsmassive und der Konzentration der Eisenerze können Lagerstätten, welche im Gault entstanden sind und solche welche in der Basis der Oberkreide liegen und dessen Material aus der verwitterten Rinde des Serpentin stammt, abgegliedert werden. Bedeutendere Eisenerzkonzentrationen treten in den einzelnen Bauxitlagerstätten der Trias und des Jura in den Dinariden auf.

b) In der alpinischen Phase kommt es zu intensiven orogenen Bewegungen, begleitet von vorwiegend mittel-sauerem Magmatismus. Die Eisenerzlagerstätten, welche in Verbindung mit diesen magmatisch-tektonischen Vorgängen gebildet wurden, stellen im allgemeinen Skarnlagerstätten und hydrothermale Lagerstätten dar. Die ersteren wurden

Wirtschaftlich wichtigere Eisnerzlagerstätten - Typen Jugoslaviens

Tabelle 1

Lagerstätten	Paläozoikum					Mesozoikum			Tertiär	
	Altpaläozoikum	Devonischer geosynklinaler Vulkanismus	Synorogener Plutonismus (Granite)	Ultrabasischer Magmatismus	Jungpaläozoischer submariner Vulkanismus	Triassische Geosynklinsle	Gault	Basis der Oberkreide	Synorogener Plutonismus	Subsequenter Vulkanismus
Magmatische	Plačkavica (TM)			Lipovica (M)						
Skarnlager			Rndna Glava (M) Crnajka (M)			Tovarnica (M)			Suva Ruda (M), Suvo Rudište(M), Boranja (M), Pohorje (11)	Damnjan (M,H) Reškovica (M) Ridanj (M)
Hydrothermale			Ljubija (?) (S) Bešlinac (S)						Željin (H)	
Sedimentär-exhalative		Lagerstätten in Westmazedonien (Ch)			Ključ (M) Samobor (S.H) Bukovica, Kordun (H)	Vareš (S,H) Srednje (H). Konjic (H), Bukva (H), Bjelasica (H)				
Verwitterungslagerstätten, teilweise umgelagert		Radočelo PT (M)				Vlasenica (Fe—Al) Turjak (R) (Fe—Al) Sozina (L)	Lagerstätten in der Šumadija (L, O)	Veles' Trstenik, Mokra Gora (H, M, L, S)	Majdanpek (L)	
Sedimentäre		Bukovica (H)								
Matamorphogene	Žitni potok (M) Čar-Sedlar (M) Skopska Crna Gora (M.H)									

M = Magnetit; H = Hämatit; S = Siderit; L = Limonit; Ch = Chamosit; TM = Titanmagnetit;
O = Oolitherze: Fe — Al = Eisenhältige Bauxite; PT = Permotrias; R = Erze der Raibler-Schichten

in der Regel in der Kontaktaureole der Granodiorit-Massive gebildet und sind hauptsächlichst durch Magnetiterze vertreten (Kopaonik, Boranje, Vorkommen in Ost-Serbien u. a.). In den hydrothermalen Lagerstätten tritt das Eisenerz am häufigsten als Sulphid (Pyrit, Pyrrhotin) oder als Karbonat auf, wobei oft mit Mangan Mischkristelle gebildet werden. In wirtschaftlicher Hinsicht sind die in dieser Zeitperiode entstandenen Lagerstätten von geringer Bedeutung, da sie keine grössere Erzmassen enthalten. Eine Ausnahme können einzelne Bezirke mit Magnetit-Lagerstätten bilden, in welchen mit Entfernungen von 20—30 Km mehrere kleinereLagerstätten und Erzfelder vorkommen.

In Tabelle 1 sind die in den einzelnen Perioden entstandenen Lagerstätten-Typen dargestellt.

III. Metalogene Gebiete

In Jugoslavien können drei Haupt-Erzgebiete abgegliedert werden, welche teilweise auch in benachbarte Länder übertreten: a) die dinarische Provinz, b) die Übergangsprovinz Dinar-Rhodope und c) die ostserbische Bergbauprovinz.

In diesen Provinzen kann die Abgliederung einzelner metallogenetischer Gebiete und Bezirke vorgenommen werden. Wir werden inzwischen nur einige wirtschaftlich bedeutendere Eisenerzgebiete in den Erzgprovinzen Jugoslaviens in Betracht ziehen.

Die Dinarische Provinz. — In der Dinarischen Provinz befinden sich mehrere metallogene Gebiete, welche den grössten Teil der heutigen Bilanzreserven an Eisenerz umfassen. Unter die bedeutendere Erzgebiete gehört:

Das Paläozoikum des Sana—Gebietes.— Im weiteren Gebiete von Ljubija bestehen zahlreiche Ausbisse von Eisenerzlagerstätten. Dies sind im allgemeinem Siderit—Lagerstätten, dessen oberste Teile in Limonit—Massen umgewandelt sind. Neben hydrothermalen Lagerstätten bestehen auch Sedimentlagerstätten. Auf Grund des niedrigen Erforschungsgrades, der grossen Ausbreitung und der zahlreichen Vorkommen kann vorausgesetzt werden, dass das Paläozoikum von Sana ein höchst bedeutungsvolles potentiales Erzgebiet ist. Der vorwiegende Anteil an Limonit-Massen in den gesamten Reserven bewirkt, dass dieses Gebiet besonders wichtig wegen der Qualität der Eisenerze ist.

Der Bezirk Vareš. — Er enthält heute einen grossen Teil unserer Gesamtreserven an Eisenerzen. Dies sind zum grössten Teil Siderit—Hämatit—Lagerstätten, vorwiegend von sedimentären oder sedimentär-exhalativen Typ. Mit Rückicht auf ihre Entstehung sowie auf den Zusammenhang mit einem bestimmten stratigraphischen Niveau können sie äusserst perspektiv erscheinen, da ähnliche geologische Formationen in diesem Teil Jugoslaviens schon wirklich bedeutende Ausdehnungen einnehmen. Intensive, nach der Erzbildung auftretende tektonische Störungen bewirkten eine komplizierte Anordnung dieser Lagerstätten im Raume und damit auch ihre schwierigere Erforschung. Obwohl im Gebiete von Vareš schon mehrere Dezenien lang gefördert wird, ist dennoch der Erforschungsgrad dieses Gebietes relativ gering und noch immer stehen Probleme in Bezug auf das Auffinden auch anderer Eisenerzlagerstätten offen.

In einer triassischen Zone, welche im Berizk Jablanica—Konjic beginnt und mit Unterbrechungen in den Bezirk Bjelasica in Montenegro übergreift, befinden sich zahlreiche Hämatit—Lagerstättenvorkommen mit hohen Konzentrationen SiO_2 (bis 40%) und bedeutenden Manganbeimengungen. Der erzführende Horizont gehört hauptsächlichst der anysischen Stufe an und die Lagerstätten, die einen sedimentär-exhalativen Typ, besitzen, sind genetisch an Keratophyre und Porphyrite gebunden.

Das Westmazedonische Gebiet. — Es enthält eine Reihe von chamositischen Lagerstätten, welche heute einen ansehnlichen Teil der jugoslavischen Eisenerzrezerven darstellen. Die Lagerstätten haben vorwiegend kleine Ausmasse. Ihre Herkunft ist sedimentär-exhalativ. Unter diesen Lagerstätten hebt sich Tajmište mit seiner Bedeutung hervor.

Die Übergangsprovinz Dinar-Rhodope. — Obwohl zahlreich, enthalten die Lagerstätten dieser Provinz relativ kleine Erzmassen. Zum Unterschied von den La-

gerstätten der vorhergehenden Provinz, ist die Herkunft der Übergangsprovinz Dinar-Rhodope skarnisch oder hydrothermal. Es kann folgende Abliederung der Lagerstätten durchgeführt werden:

Das Gebiet der Šumadija. — Von Beograd beginnend und nach Süden bis zu Kragujevac ziehend finden sich im Gault oolithische Eisenerze. Die erzführende Zone ist an mehreren Stellen unterbrochen und besteht aus kleineren Erzfeldern.

Das Gebiet von Kosovo—Methochien.— Die erzführende Zone ist mehr als 200 km lang und enthält mehrere bedeutendere Lagerstätten. Die Erzfelder gehören zur Gruppe der lateritischen Lagerstätten, welche sich auf serpentinischen Massen bildeten. Neben einem relativ niedrigen Gehalt an Eisenerz (cca 30% Fe), enthält das Erz hohe Konzentrationen an SiO_2, Chrom (2—4% Cr_2O_3), Nickel (bis zu 1% Ni) und manchmal auch Alluminium (eisenhaltiger Bauxit).

Bezirk Preševo—Prokuplje. — In denalten Terrainen der Rhodope bestehen einige kleinere Magnetitlager. Die Lagerstätten gehören hauptsächlichst dem morphologen Typ an. Die Erze aus diesen Lagerstätten zeichnen sich durch eine hohe Güte aus.

Das Kopaonik—Gebirge. — In der Kontaktaureole des Granodiorit-Massivs vom Kopaonik, vor allem längst des westlichen Randes, befinden sich kleinere Skarnlagerstätten. In einigen Lagerstätten, neben Magnetit, bildet auch Chalkopyrit angereicherte Konzentrationen.

West-Serbien. — Im Bereiche des Granodiorit-Massivs von Boranje treten viele Vorkommen von Magnetitvererzungen, lokalisiert in der Kontaktaureole, auf. Die Lagerstätten sind vorwiegend von geringem Ausmasse und an Skarne mit pyroxen-granatischen und granat-epidotischen Bestand gebunden. Neben Magnetit enthalten sie auch Konzentrationen von Schellit, Bismut und Molybdänit.

Die Ostserbische Provinz.— In Ostserbien bestehen mehrere kleinere Eisenerzlagerstätten, vorwiegend aus Magnetit aufgebaut. Wir führen die etwas wichtigeren metallogenischen Gebiet an:

1) Die Zone von Ridanj — Krepoljin. Diese Zone ist in Jugoslavien die Fortsetzung der erzführenden Zone aus Rumänien, in der mehrere Magnetitlagerstätten bekannt sind, von welchen einzelne auch wirtschaftlich bedeutend sind. Auf dem jugoslavischen Territorium haben diese Eisenerzlagerstätten keine grösseren Aussmasse. Es sind dies vorwiegend Skarnlagerstätten von kleinen Dimensionen. Das Hauptmineral ist Magnetit von veränderlichen Chalkopyrit-Konzentrationen begleitet.

2) Der Bezirk Žagubica—Majdanpek. — In diesem metallogenen Gebiete wurden unlängst Eisenerzlagerstätten entdeckt, welche im Paläozoikum und im Tertiär gebildet wurden. Lagerstätten waren auch früher schon in dieser Gegend bekannt.

3) Paläozoische Lagerstättem sind im Bezirk des Gebirges Beljanica bekannt. Dies sind Magnetit- und Magnetit-Hämatit-Schichten, welche in Chlorit-Epidot- und Serizit- Chlorit-Schiefern liegen. Sie gehören dem sedimentär-exhalativen Typ an. Stellenweise kommen in ihnen auch etwas grössere Konzentrationen an Chamosit, seltener Siderit, vor.

Literatura

Cissarz, A. 1951: Die Stellung der Lagerstätten Jugoslaviens im geologischen Raum. — Vesn. geol. zav., Beograd.

Cissarz, A., 1954: Zur Petrographie und Genesis südwestmazedonischer Eisensilikat-Lagerstaetten. — Vesn. geol. zav., vol. 11, 261—340, Beograd.

Cissarz, A., 1956: Ueber ein ungewöhnliches Magnetitvorkommen am Kontakt des Gabbromassivs von Jablanica in der Herzegovina. — Vesn. geol. zav., knj. XII, Beograd.

Cissarz, A., 1956: Lagerstaetten und Lagerstaettenbildung in Jugoslawien. — Raspr. Geol. zav., vol. 6, Beograd.

Đorđević, M., 1961: Tumač za osnovnu geološku kartu FNRJ, list Prizren, 54, Beograd.

Đurić, S., 1958: Oprobavanje ležišta Ni—Fe rude šire okoline Vardišta kod Višegrada u istočnoj Bosni. — Geol. glasn., No. 4, Sarajevo.

Janković, S., 1951: Magnetitsko rudište Suvo Rudište na Kopaoniku. — Vesn. geol. zav., T. IX, Beograd.

Janković, S., 1961: Ekonomska geologija. — Zav. za geol. istr., Beograd.

Jurković, I., 1958: Metalogenija Petrove Gore u jugozapadnoj Hrvatskoj. — Geol. vjesn., XI, Zagreb.

Jurković, I., 1959: Magnetitno ležište Muhamedbegova Prisjeka kod Ključa u Bosni. — Geol. vjesn., XII, Zagreb.

Milovanović, B., 1933: Gornja kreda mokrogorsko-rzavskog bazena. — Geol. an. Balk. Pol., XI, sv. II, Beograd.

Petković, M., 1960: Trijasko metalogenetsko područje Vareš. — Dokt. disert., Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.

Page, B., 1958: Chamositic Iron Ore Deposits near Tajmište, Western Macedonia, Yugoslavia. — Econ. Geol., vol. 53, No. 1, 1—21.

Protić, M., 1956: Mineraloško-geološka studija oolitnih ruda gvožđa Srbije. — Geol. an. Balk. Pol., 24, 323—400.

Simić, V., 1956: Naša ležišta gvozdenih ruda sa niklom i hromom. — Rud. Metal. Zb., No. 4, 361—367.

Symposium sur les gisements de fer du mond.— XIX Congr. geol. Inter., Alger, 1952.

Iz rudarske prakse

Industrijska primena tetrabromoetana kao teške sredine u pripremi mineralnih sirovina

(sa 5 slika)

Prof. dr ing. Đura Lešić — ing. Filip Šer

Uvod

Naši stručnjaci iz oblasti pripreme mineralnih sirovina upoznali su se sa upotrebom tetrabromoetana u istražnim laboratorijama pre kratkog vremena, tj. preko referata A. Baniel i A. Mitzmager »Use and recovery of tetrabromoethane (TBE) in Mineral dressing«, održanog na Međunarodnom kongresu za pripremu mineralnih sirovina, maja 1960. godine u Londonu. Od tada pa do danas upotreba TBE našla je širu primenu, a proces regeneracije te teške sredine znatno je usavršen. Cena jedne tone TBE iznosi fob luka uvoznik oko 330 $ te je kao takva pristupačna industrijskoj upotrebi. Utrošak TBE u industrijskom procesu iznosi oko 1 kg/t prerađene rude.

U Zavodu za PMS Rudarskog instituta — Beograd pristupilo se korišćenju TBE u izradi analiza P—T kao i daljoj studiji upotrebe te teške sredine u oblasti pripreme mineralnih sirovina, sa naročitom poentom na pretkoncentraciju i koncentraciju najsitnijih klasa ruda.

TBE se proizvodi u Kaliforniji (SAD) i u Izraelu. Nama je bliži proizvođač TBE-a Izraelska rudarska industrija sa pogonom u Sodomi na Mrtvom moru.

»Israel Mining Industries« u Haifi i engleska firma »Baker Perkins Ltd, Processing Division« u Letchevort-u počeli su aprila 1960. godine da izdaju svoj »TBE Bulletin«, donoseći u njemu novija otkrića i usavršavanja u vezi sa korišćenjem TBE.

Ovde želimo da podrobno prikažemo karakteristike TBE kao vrlo interesantne teške sredine, novija dostignuća u regeneraciji iste, kao i naša iskustva u radu sa njom i to naročito posle naše posete Izraelu.

Opšte karakteristike tetrabromoetana

Tetrabromoetan — $C_2H_2Br_4$ je bezbojna tečnost, ako je u čistom stanju, specifične težine 2,963 na 21,5° C.

On se ne meša sa vodom, ali je slabo rastvorljiv u vodi, oko 0,65 g/l kod 30° C. On se meša i rastvorljiv je u poznatim organskim rastvaračima.

Ostale fizičke osobine tetrabromoetana su:

tačka ključanja	239° C (raspada se)
tačka zamrzavanja	0° C
pritisak pare pri 20° C	0,1 mm Hg
pritisak pare pri 60° C	1,0 mm Hg
gustina pare (vazduh = 1,0)	11,92
zapaljivost	nezapaljiv
površinski napon (20°)	49,67 dyn/cm
napon na graničnim površinama:	
TBE — voda (20°)	38,82 dyn/cm
viskozitet (15°)	4,6 centistokes
viskozitet (25,5° C)	3,4 centistokes

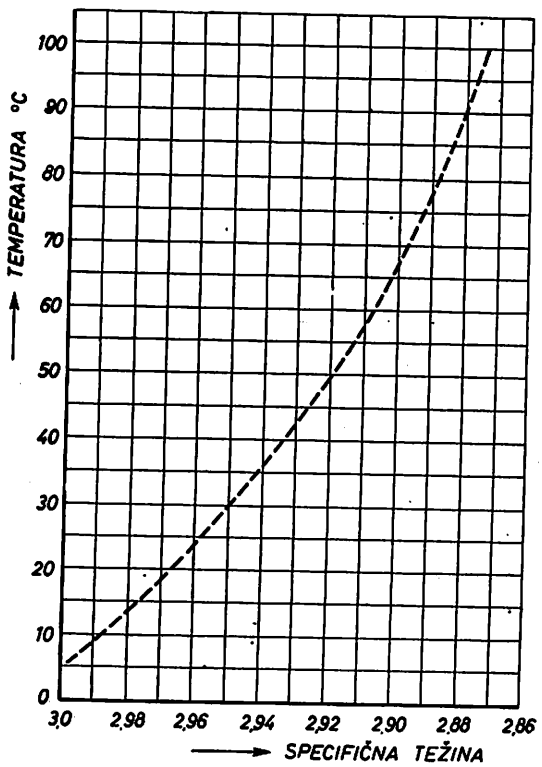
Uticaj temperature na specifičnu težinu dat je na dijagramu I na sl. 1.

Specifična težina TBE može se za svaku datu temperaturu izračunati iz sledeće formule:

$$\gamma = 3{,}0087 = 2{,}23\ (10^{-3})\ t - 0{,}0889\ (10^{-6})\ t^2$$

gde je γ — specifična težina čistog TBE (g/cm^3) na t° C.

Kontrolu specifične težine najbolje je vršiti piknometrom. Hidrometar sa podeocima



Dijagram 1 — Uticaj temperature na specifičnu težinu TBE

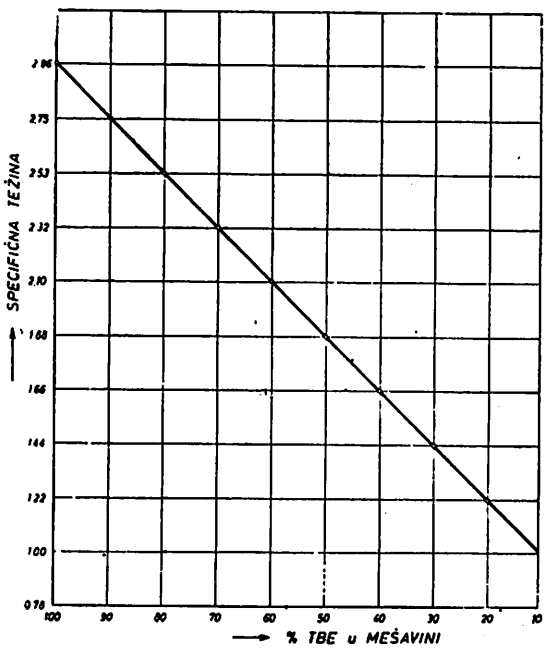
Diagram 1 — The influence of temperature on specific gravity of TBE

0,13 jedinica spec. težine naročito je pogodan za tekuću kontrolu, jer omogućava procenu razlika od 0,001 jedinica spec. težine.

Teška sredina TBE niže specifične težine i njen viskozitet

Polazeći od čistog TBE sa spec. težinom 2,96 mogu se, obzirom na njegovu rastvorljivost u organskim rastvaračima, pripremiti teške sredine nižih spec. težina. Za laboratorijske opite manjeg obima može se upotrebiti alkohol ili aceton. Za opite većeg obima najbolje je upotrebiti frakciju petroleja sa tačkom ključanja 140—170° C, čija je specifična težina 0,787 g/cm^3 na 20° C. Na dijagramu br. II (sl. 2) data je specifična mešavina TBE — petrolej u zavisnosti od udela TBE pri 20° C.

Viskozitet teške sredine je veoma značajan za oštrinu odvajanja minerala u takvoj

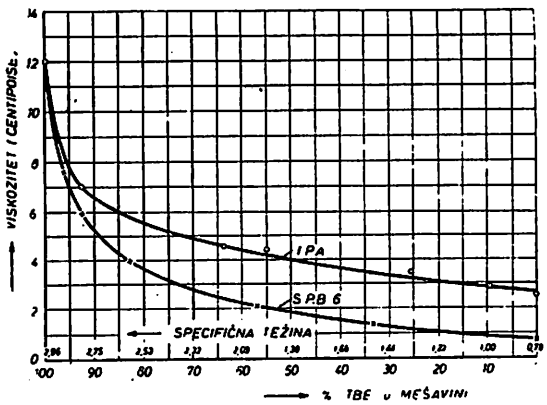


Dijagram 2 — Specifična težina mešavine TBE i petroleja u zavisnosti od udela TBE u mešavini pri 20° C.

Diagram 2 — Specific gravity of TBE — petroleum mixture and its dependence of TBE-part at 20° C.

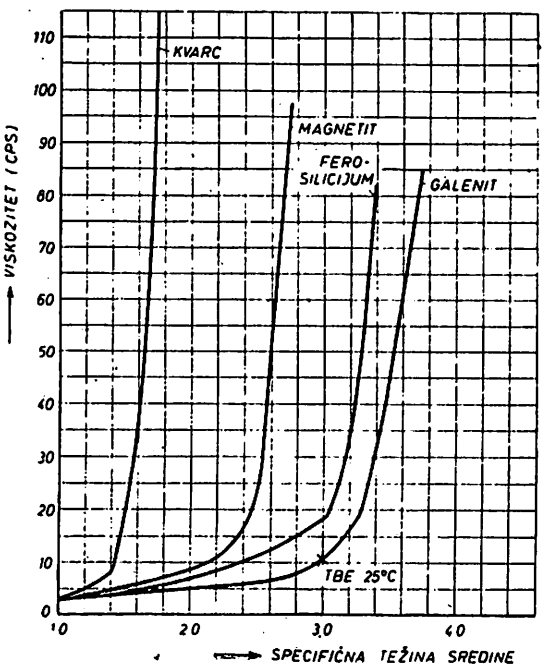
sredini. Utvrđena je činjenica, da već manji dodatak razređivača u čist TBE znatno smanjuje visokozitet. Ovo se najbolje vidi iz dijagrama br. III (sl. 3). Dijagram se odnosi na smešu TBE i petroleja (SBP. 6) ili izopropil alkohola (IPA). Iz dijagrama se vidi, da već 5% petroleja snižava viskozitet od 12 centipoisa za čist TBE na 7 centipoisa za datu mešavinu.

Dijagram br. IV (sl. 4) dat je radi upoređenja viskoziteta suspenzoida za tešku sredinu: kvarca, magnetita, ferosilicijuma i galenita sa TBE.



Dijagram 3 — Zavisnost viskoziteta od udela TBE u mešavini petroleja ili izopropilalkohola pri 20° C.

Diagram 3 — Viscosity dependence of TBE-part in a mixture with petroleum or isopropylalcohol at 20° C.



Dijagram 4 — Zavisnost viskoziteta i spec. težine suspenzija različitih minerala u TBE.

Diagram 4 — Dependence of viscosity and specific gravity of suspension of various minerals in TBE

Odvajanje minerala u teškoj sredini TBE

Odvajanje minerala različite specifične težine vrši se vrlo uspešno za razlike u specifičnim težinama od 0,02 jedinice. Naročitu pažnju zaslužuje teška sredine TBE za odvajanje minerala sitnih i najsitnijih klasa krupnoće tj. za rude, čije se otvaranje postiže usled složenih strukturnoteksturnih osobina tek pri relativno vrlo niskoj gornjoj graničnoj krupnoći od oko 200 do 74 mikrona.

Obzirom da je proces odvajanja sitnih i sićušnih zrna pod dejstvom samo sile gravitacije u TBE vrlo sporo, preporučuju se za ovo odvajanje uređaji koji koriste centrifugalnu silu kao npr. hidrocikloni.

Zavod za PMS Rudarskog instituta — Beograd radi na prototipu nove originalne aparature za odvajanje minerala male razlike u specifičnoj težini najsitnijih klasa krupnoće. Priprema se izgradnja poluindustrijskog postrojenja, te će posle prve serije uspešnih opita i šira tehnička javnost biti o tome detaljno obaveštena, obzirom da je za taj uređaj već traženo patentno pravo.

Laboratorija Izraelske rudarske industrije u Haifi i dalje proučava osobine TBE naročito u vezi sa stabilnošću TBE, toksičnošću, korozijom i regeneracijom TBE u toku industrijskog procesa iz koncentrata i jalovine.

TBE čuvan u zatvorenoj čeličnoj buradi pokazao se kao vrlo stabilan. Pri transportu ova teška sredina ne spada u red »opasnih tovara«.

Toksičnost TBE još nije tačno utvrđena u punoj meri. Najveća dozvoljena koncentracija u atmosferi iznosi 1‰, iako se očekuju eksperimentalni dokazi o znatno višoj koncentraciji kao bezopasnoj po zdravlje.

Abrazija i korozija za razne materijale proučava se vrlo detaljno i strogo. Prirodna guma i njoj slični sintetički materijali koji istu zamenjuju ne mogu se upotrebiti u dodiru sa TBE. Međutim, polythen i polyethylen i neke druge plastične materije pokazale su se kao vrlo otporne prema TBE.

Regeneracija TBE vrši se vrlo uspešno na sledeći način: koncentrat i jalovina, koji sadrže znatne količine TBE, podvrgavaju se u zasebnom sudu mešanju sa manjom količinom vode. U toj smeši dolazi do diferencijalnog odvajanja TBE i vode sa mineralnim proizvodima. Potom se odvaja sifoniranjem gornja tečna faza tj. voda sa mineral-

nim proizvodima i podvrgava odvodnjavanju pomoću vakuum filtera. TBE se vraća u čistom stanju u proces.

Gubitak TBE u koncentratima i jalovini, i posle pranja vodom, zavisi prvenstveno od granulometrijskog sastava proizvoda. Za proizvode do donje granične krupnoće 74 mikrona gubitak TBE iznosi maksimum 0,8 kg/t proizvoda. Za sitnije klase gubitak TBE je reda veličine oko 1 kg/t proizvoda ili u novčanom izrazu oko 250.— Din/t rude.

Iskustva stečena sa TBE u Zavodu za PMS Rudarskog instituta — Beograd

Naša iskustva sa TBE potvrđuju sve gore iznete karakteristike te teške sredine. Ona se može primeniti i za proces pretkoncentracije i za proces koncentracije. TBE je naročito pogodna sredina za monometalične sirovine u kojoj je koristan mineral visokog kriteriona koncentracije:

$$\Sigma = \frac{\Delta T - \Delta'}{\Delta L - \Delta'}$$

gde je

ΔT i ΔL — specifična težina teške i lake komponente;

Δ' — specifična težina teške sredine.

Pre pristupanja opitima odvajanja minerala najsitnijih klasa (— 74 + 20 mikrona), a taj problem isključivo ispitujemo već 8 meseci, važno je raspolagati sa podacima o srastlosti mineralnih zrna, naročito u pogledu težinskog udela. Potom se pristupa izradi dijagrama brzine padanja zrna raznih prečnika i raznih specifičnih težina u TBE određene specifične težine. Pri tome se proračun maksimalne brzine padanja vrši po formuli Stokes-a;

$$v_0 = \frac{2}{9} g \frac{\Delta - \Delta'}{\mu} \cdot r^2$$

Najvažniji parametar je viskozitet mešavine TBE i petroleja određenih karakteristika. Takva teška sredina je vrlo stabilna i specifična težina je idealno ravnomerna na svim dubinama.

Operacije odvajanja treba vršiti na rudi sa maksimalno 2% površinske vlage.

Naša iskustva nam omogućuju da preporučimo svim našim institucijama, koje se bave problemima PMS, da tešku sredinu TBE upotrebljavaju umesto mnogo skupljih klasičnih, kao što je bromoform i metilen jodid, a spremni smo pružiti i svake druge dopunske podatke u vezi sa tetrabromoetanom — teškom sredinom bliže budućnosti u industrijskoj praksi.

Kao primer primene TBE u industrijskoj praksi iznosimo predlog za rekonstrukciju jednog postrojenja flotacije u kojoj se tretira ruda bakra sa oko 1% Cu.

Fizičko-mineraloške karakteristike rude zahtevaju otvaranje mlevenjem do g.g.k. 0,589 mm (28 meša Tyler). Iz tako usitnjene rude izdvoji se pomoću pneumatskog klasifikatora klasa krupnoće — 0,104 + 0,0 mm, koja čini 20,4% težinskog udela i koja se tretira flotacijskim postupkom.

Klasa krupnoće — 0,589 + 0,104 mm koncentriše se u hidrociklonu u teškoj sredini TBE, pri specifičnoj težini odvajanja od 2,736. Pri ovome postiže se pretkoncentrat bakra kvaliteta 3,83% Cu, dok jalovina sadrži oko 0,07% Cu. Pretkoncentrat podvrgava se daljoj koncentraciji postupkom flotiranja zajedno sa otprašenom sitnom klasom rude.

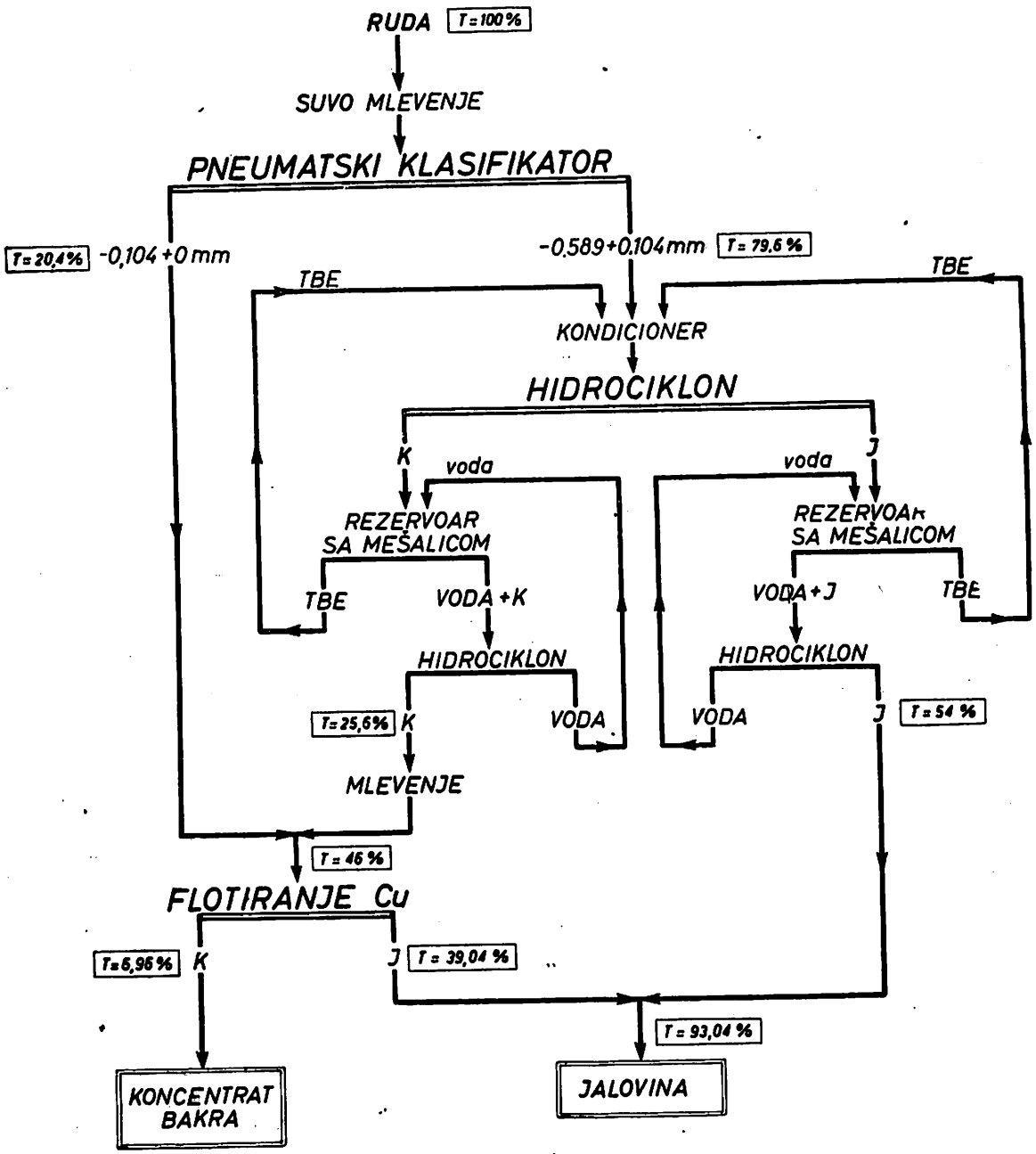
Izvršeno je upoređivanje ova dva procesa u bilansima metala.

A. Direktno flotiranje rude

	T%	Cu%	Raspodela Cu %
Ulaz	100,00	1,00	100,00
Koncentrat	6,99	11,80	82,50
Jalovina	93,01	0,20	17,50

B. Pretkoncentracija i flotiranje

Ulaz u pretkoncentrat	79,60	1,00	79,60
Pretkoncentrat	25,60	3,83	78,05
Jalovina pretkoncentrata	54,00	0,07	1,55
Ulaz u flotaciju: pretkoncentrat + + klasa — 0,104 + + 0 mm	46,00	1,184	100,00
Koncentrat	6,96	12,70	88,4
Jalovina	39,04	0,38	10,05
Skupna jalovina	93,04	0,12	11,6



Dijagram 5 — Šema tehnološkog procesa kombinovanog procesa pretkoncentracije u TBE i flotiranja rude bakra.

Diagram 5 — A flowsheet of combined process: preconcentration in TBE and copperore flotation.

Iz ovih bilansa vidi se:

— da je iskorišćenje bakra za 5,9 % veće, (u slučaju kombinovanog procesa);

— da je višak iskorišćenja bakra po jednoj toni rude 0,59 kg Cu, što po 500 din/kg daje 295.— din viška;

— da se u slučaju kombinovanog procesa proizvodni troškovi znatno smanjuju u odnosu na direktno flotiranje usled manjih troškova mlevenja (54% odbačene jalovine u pretkoncentraciji) i manjih troškova flotiranja (flotira se svega 46% ulazne rude).

Podaci o kretanju masa dati su u šemi tehnološkog kombinovanog procesa.

SUMMARY

Industrial Application of Tetrabromethane as a Heavy-medium in Mineral Dressing Process

Prof. dr ing. Đ. Lešić — dipl. ing. F. Šer*)

The authors acquainted the Yugoslav technicians with the latest developments concerning the industrial application of tetrabromethane as well as with general characteristics of this heavy liquid as applied in mineral dressing processes. An account is given on investigation work and on new experimental developments on the use of TBE at the Mineral Dressing Department of the Mining Institute, Belgrade.

The use of tetrabromethane is recommended to different institutes dealing with mineral raw materials in place of other classical heavy media for separation of fine sizes.

*) Prof. dr ing. Đura Lešić, upravnik Zavoda za PMS Rudarskog instituta, Beograd
ing. Filip Šer, stručni saradnik Zavoda za PMS Rudarskog instituta, Beograd.

Higijensko tehnička zaštita i sigurnost na radu u rudnicima uglja FNRJ

Ing. Mileta Srdanović

Uvod

Ekstraktivna proizvodnja u celini, a posebno podzemna eksploatacija mineralnih sirovina predstavlja specifičnu i od ostalih vrsta proizvodnje različitu tehnologiju i tehniku rada u svakom pogledu, a najviše u pogledu opasnosti sa kojima se susreće u toku proizvodnog procesa. Specifični uslovi podzemne eksploatacije zahtevaju posebne mere preventivne zaštite kako zdravlja radnika tako i zaštite od povreda na radu.

Od svih grana delatnosti u oblasti rudarstva, specifične poteškoće i opasnosti najviše dolaze do izražaja u podzemnoj eksploataciji uglja, gde je stepen ugrožavanja najveći i to iz više razloga, a uglavnom, zbog pojave eksplozivnih, otrovnih i zagušljivih gasova, kao i eksplozivne ugljene prašine, zbog opasnosti od požara, gorskih udara, zbog jamskog pritiska i dr. Visoka temperatura, vlažnost vazduha, promaja, zaprašenost radne atmosfere i mnogobrojni drugi faktori negativno utiču na zdravlje i na sigurnost radnih ljudi u podzemnim rudnicima uglja, ukoliko se odgovarajućim merama i sredstvima preventivne zaštite, opasnosti i ugrožavanja ne svedu na mogući minimum. Nije slučajnost da u industrijski razvijenim zemljama podzemni rudnici uglja skoro uvek stoje na prvom mestu po broju i po učestalosti povreda i nesreća i da se, kolektivne nesreće, najčešće dešavaju u rudnicima uglja. Zbog toga, tehničko-zdravstvena preventiva, sredstva i oprema kolektivne i lične zaštite imaju prioritetni značaj za sprečavanje i smanjenje broja povreda, udesa i oboljenja na radu i za eliminisanje opasnosti po život i zdravlje radnika. Na isti način, dobra organizacija i kontrola sprovođenja preventivnih mera zaštite predstavlja moćno sredstvo u borbi protiv opasnosti na koje se nailazi u najviše ugroženim podzemnim rudnicima uglja.

Zakonske odredbe i propisi

Već prvih godina po oslobođenju zemlje stupili su na snagu razni propisi o higijensko-tehničkim zaštitnim merama pri radu u podzemnim rudnicima i na površinskim otkopima, koji su regulisali pitanje zaštite na radu kod svih poslova vezanih za rudarsku eksploataciju i kojima je, pored ostalog, predviđeno obrazovanje svih službi, kao službe higijensko tehničke zaštite, službe spasavanja i prve pomoći, vatrogasne službe i dr. Stupanjem na snagu Tehničkih propisa za elektrouređaje i instalacije u metanskim rudnicima 1957. godine i sprovođenjem u život ovih propisa, u znatnoj meri je unapređena kolektivna zaštita na radu u najviše ugroženim rudnicima uglja. Već posle dve godine, izmenjeni su uslovi rada u ovim ugroženim pogonima, a eksploziona zaštita i sigurnost elektrouređaja i instalacija po-

dignuta je na nivo industrijski razvijenih zemalja istoka i zapada.

Posle stupanja na snagu Zakona o rudarstvu, novi tehnički propisi postepeno zamenjuju zastarele pravilnike o higijensko-tehničkoj zaštiti na radu, tako da će do kraja ove godine naše rudarstvo imati nove i savremene propise za tehničku i higijensko-tehničku zaštitu koji su u potpunosti prilagođeni najnovijim dostignućima rudarske nauke i tehnike na polju istraživanja i eksploatacije mineralnih sirovina. Ovi propisi će obuhvatiti sve poslove koji se obavljaju u eksploataciji u podzemnim rudnicima, na površinskim otkopima, prečišćavanju i oplemenjivanju, odnosno obogaćivanju mineralnih sirovina, kao i na svim ostalim spoljnim pogonima rudarskih preduzeća. Ti tehnički propisi zajedno sa propisima higijensko-tehničke zaštite, predstavljaju solidnu osnovu za organizaciju i sprovođenje zdravstvene i tehničke zaštite u rudarstvu kao celini, a posebno u podzemnim rudnicima uglja. Tim će se popuniti jedna vrlo osetljiva praznina u kompleksnom spletu organizaciono-tehničkih mera i sredstava, od čijeg pravilnog sprovođenja i primene u znatnoj meri zavisi zaštita zdravlja radnika i sigurnost na radu u rudnicima.

Brojno stanje i kvalifikaciona struktura radne snage i tehničkih kadrova

U prikazu kvalifikacione strukture radnika, nadzornog osoblja i inženjersko tehničkih kadrova (tablica 1) daje se pregled strukture kadrova po vrstama uglja, po vrstama pogona i po raznim drugim pokazateljima za 1961. godinu.

Tablica 1

Vrsta uglja	v. kval.		kvalifikovan		p. kvalifikovan		nekval.		Svega	
	br.	%	br.	%	br.	%	br.	%	br.	%
Kameni	416	4	3.629	36	2.268	21	3.977	39	10.290	100
Mrki	2.432	8	13.633	33	10.362	25	14.028	34	40.455	100
Lignit	1.324	5	9.760	35	6.782	25	9.757	35	27.623	100
Ukupno	4.172	5	27.022	35	19.412	24	27.762	36	78.378	100

Tablica 2

Kvalifikacija	Jame		Površin. otkopi		Spoljni pogoni		Svega	
	broj	%	broj	%	broj	%	broj	%
Visokokval.	2.287	4	355	11	1.550	7	4.172	5
Kvalifikov.	17.972	34	1.462	45	7.649	33	27.103	34
Polukvalif.	13.913	27	839	25	4.639	20	19.391	25
Nekvalifik.	18.036	35	667	19	9.009	40	27.712	36
Ukupno	52.208	100	3.323	100	22.847	100	78.378	100

Tablica 3

Vrsta uglja	Jame		Površin. otkopi		Spoljni pogoni		Svega	
	broj	%	broj	%	broj	%	broj	%
Kameni ugalj	7.926	15	—	—	2.364	10	10.290	13
Mrki ugalj	26.609	51	1.533	46	12.323	54	40.465	52
Lignit	17.673	34	1.790	54	8.160	36	27.623	35
Ukupno	52.208	100	3.323	100	22.847	100	78.378	100

Razmatrajući brojno stanje i kvalifikacionu strukturu radne snage u rudnicima uglja FNRJ prema tablicama 1—3 može se konstatovati da je učešće visokokvalifikovanih i kvalifikovanih radnika u ukupnom broju zaposlenih lica u podzemnim rudnicima približno isto za sve vrste rudnika uglja (40—41%), a isto tako i zbirno učešće polukvalifikovanih i nekvalifikovanih radnika (60%). Ovakva struktura radne snage ukazuje na niski stepen mehanizovanosti u procesu proizvodnje, tj. na relativno visoko učešće ljudskog rada u pojedinim fazama i operacijama proizvodnog procesa. Zbog toga je mogućnost za povrede i udese povećana, jer nekvalifikovani i priučeni radnici ne poznaju dovoljno opasnosti, a niti su sigurni u primeni preventivnih mera zaštite.

Kvalifikaciona struktura radne snage po vrstama pogona (tablica 2) pokazuje visoko učešće kvalifikovane i visokokvalifikovane radne snage (56%) na površinskim kopovima i nisko učešće visokokvalifikovanih i kvalifikovanih radnika u podzemnoj proizvodnji (38%). Istovremeno, nekvalifikovani radnici na tehnički savremeno opremljenim površinskim otkopima učestvuju svega sa 19% od ukupnog broja radne snage u proizvodnom procesu, dok ovaj procenat za jamske pogone iznosi 35%, a za površinske pogone čak i 40%. Ovaj odnos jasno ukazuje na visok stepen mehanizovanosti površinske eksploatacije i obrnuto na visoko učešće radne snage u podzemnoj proizvodnji i na spoljnim pogonima. Visok stepen mehanizovanosti proizvodnog procesa uvek pozitivno utiče na opadanje broja i učestalosti povreda na radu, što će pokazati i kasnija analiza o povredama.

Od ukupnog broja radnika u rudnicima uglja FNRJ zaposleno je:

— na podzemnoj eksploataciji	67%
— na površinskim otkopima	4%
— na spoljnim pogonima	29%.

Dobijena proizvodnja uglja iz površinskih otkopa iznosi preko 20% od ukupne proizvodnje, dok se sav ostali ugalj dobija iz podzemne eksploatacije. Odnos učešća radne snage i odgovarajuće proizvodnje uglja nije usklađen zbog toga, što su ostvareni učinci na površinskim otkopima neuporedivo viši od učinaka u podzemnoj eksploataciji uglja.

Analiza kvalifikacione strukture inženjersko-tehničkih kadrova i nadzornog osoblja (tablica 4) ukazuje na sledeće:

U rudnicima uglja na jednog inženjera rudarske struke dolazi 242 radnika odnosno 161 jamski radnik, a na jednog rudarskog tehničara 141 radnik odnosno 90 jamskih radnika. Po vrstama uglja, ovaj odnos je prikazan na tablici 5.

Tablica 4

Vrsta uglja	Inženjeri			Tehničari			Nadzorno osoblje		
	rud.	ost.	svega	rud.	ost.	svega	škol. rud.	v. kval. ost.	svega
Kameni ugalj	43	17	60	58	58	116	88	305	393
Mrki ugalj	149	39	188	218	229	447	548	587	1.135
Lignit	132	66	198	279	168	4.447	283	238	521
Ukupno	324	122	446	555	455	1.010	919	1.130	2.049

Svi tabelarni podaci prikazuju stanje u 1961. god. ukoliko godina nije posebno označena.

Tablica 5

Vrsta uglja	na 1 inženjera		na 1 tehničara	
	radnika	jamskih radnika	radnika	jamskih radnika
Kameni ugalj	240	184	177	136
Mrki ugalj	269	178	185	121
Lignit	209	118	98	63
Ugalj (prosek)	242	161	141	90

Stanje na rudnicima kamenih i mrkih ugljeva je slično, dok je broj radnika na jednog inženjera odnosno tehničara u rudnicima lignita znatno niži. Stepen mehanizovanosti i produktivnost rada i ovde doprinosi smanjenju broja radnika koji otpadaju na jednog inženjera odnosno na jednog tehničara, a ovaj broj je u obrnutoj srazmeri sa ostvarenim učincima. Svakako, stepen mehanizovanosti odnosno povećanje učinaka pozitivno dolazi do izražaja u smanjenom broju povreda i nesreća na radu odnosno u pojačanoj kontroli tehnološkog procesa proizvodnje od strane higijensko-tehničkih kadrova.

Služba higijensko-tehničke zaštite. — Prema podacima Saveta za ugalj u službi higijensko-tehničke zaštite na rudnicima uglja uposleno je 181 lice i to:

Na jedno uposleno lice u službi HTZ otpada:

— za rudnike kamenog uglja	260 radnika
— za rudnike mrkog uglja	526 radnika
— za rudnike lignita	511 radnika
Prosečno za rudnike uglja	435 radnika

Broj zaposlenih lica u službi higijensko tehničke zaštite u odnosu na brojno stanje radnika najmanji je u rudnicima mrkog uglja, gde je stepen ugrožavanja najveći. Stanje je znatno povoljnije u rudnicima kamenog uglja, što se pozitivno odražava na broj i učestalost povreda u ovim rudnicima u poređenju sa rudnicima mrkog uglja, što će analiza povreda na radu potvrditi.

Kvalifikaciona struktura lica uposlenih u službi HTZ na rudnicima ne zadovoljava zbog vrlo niskog procenta inženjera ove službe. Od ukupnog broja rudarskih inženjera na rudnicima uglja nešto manje od 4% uposleno je u službi HTZ, dok je 22% od ukupnog broja tehničara zaposleno u ovoj službi. Kvalifikaciona struktura najmanje zadovoljava u rudnicima mrkog uglja, gde je stepen ugroženosti najveći zbog pojave metana, čestih požara kao i otrovnih i zagušljivih gasova. U ukupnom broju zaposlenih lica u rudnicima kamenog uglja inženjeri i tehničari učestvuju sa 61%, u rudnicima lignita 77%, a u rudnicima mrkog uglja svega 51%, što je s obzirom na uslove rada u ovim rudnicima potpuno nedovoljno. Poboljšanjem kvalifikacione strukture ove službe omogućiće se i studiozno prilaženje rešavanju problema higijensko-tehničke zaštite na bazi analiza, koje po smernicama i uputstvima rukovodstva preduzeća i organa upravljanja treba da sprovodi služba higijensko-tehničke zaštite. Bez toga nije moguće sagledati uzroke i nedostatke, kao i razne tehničke propuste, zbog kojih dolazi do povreda i nesreća i do oboljenja na radu, niti je moguće sistematski pripremati potrebne mere preventivne zaštite i organizovati sprovođenje istih.

Ostale službe. — Snabdevenost preduzeća sa najvažnijim sredstvima i opremom službe za spasavanje znatno je poboljšana uz izvesne izuzetke. Tablica 7 prikazuje raspoloživu opremu službe spasavanja, broj samospasilaca kao i brojno stanje lica uposlenih u službi spasavanja krajem 1961. godine.

Tablica 6

Kvalifikacija	Kameni ugalj		Mrki ugalj		Lignit		Zbirno ugalj	
	broj	%	broj	%	broj	%	broj	%
Inženjeri	4	8	2	3	5	9	11	6
Tehničari	24	48	38	48	37	68	99	55
Visokokvalifikovani	20	40	25	33	9	17	54	30
Kvalifikovani	2	4	12	16	3	6	17	9
Ukupno	50	100	77	100	54	100	181	100

Na rudnicima kamenog i mrkog uglja najveći broj radnika uposleni su u prvoj i drugoj smeni, dok na treću smenu otpada oko 20% od ukupnog broja radnika. Na nekim od ovih rudnika produktivno se radi samo u prve dve smene, a u trećoj smeni se vrši snabdevanje materijalom i održavanje, tako da najviše 5 do 10% radne snage ulazi u jamu. U jednoj smeni na rudnicima radi najviše:

rudnici kamenog uglja oko 3.000 radnika
rudnici mrkog uglja oko 9.000 radnika
rudnici lignita oko 6.200 radnika

Prema najvećem broju zaposlenih jamskih radnika broj ispravnih izolacionih aparata iznosi:

za rudnike kamenog uglja 154 ili 5,1%
za rudnike mrkog uglja 530 ili 5,9%
za rudnike lignita 226 ili 3,6%

Za najviše ugrožene rudnike propisima je predviđeno da broj aparata treba da iznosi najmanje 3% od najvećeg broja radnika uposlenih u jednoj smeni. Taj pregled pokazuje da raspoloživi broj aparata zadovoljava propise iz čl. 17. Pravilnika o službi spasavanja i pružanja prve pomoći. Isto tako zadovoljeni su propisi o minimalnom broju izolacionih aparata za rudnike sa pojavom metana prema čl. 17. st. 5 pomenutog pravilnika, koji predviđa najmanje 10 aparata na rudnicima sa pojavom metana, a najmanje 8 aparata za rudnike ugrožene od požara odnosno najmanje 4 za ostale rudnike. Sa izuzetkom nekoliko manjih rudnika, koji se oslanjaju na pomoć službi spasavanja susednih većih rudnika, ovi propisi su ispunjeni. Tako na primer, rudnik mrkog uglja Jasenovac u NRS i neki drugi manji rudnici koji su ugroženi od jamskih požara i gasova ne raspolažu sa minimalnim brojem izolacionih aparata, dok veliki rudnici imaju znatno veći broj od predviđenog minimuma. Sem toga, ekipe za spasavanje na većim rudnicima znatno su bolje uvežbane za ozbiljne intervencije, raspolažu sa više iskustava na radu pod aparatima u zadimljenim prostorijama. Velika preduzeća pružaju vrlo efikasnu pomoć manjim rudnicima kod pojave požara, jer bez odlaganja i hitno šalju svoje dobro opremljene i obučene ekipe, u cilju lokalizovanja i gašenja požara. Tako se malim rudnicima omogućava savlađivanje požara uz minimalne troškove i naknade, bez angažovanja sopstvenih sredstava za nabavku opreme i za stalnu obuku članova čete za spasavanje, s obzirom da ovakvi rudnici uopšte nemaju sredstva za navedene svrhe.

Broj samospasilaca zbirno za sve rudnike uglja u FNRJ ne zadovoljava, jer rudnici ne raspolažu sa minimalnim brojem samospasilaca koji je potreban za jednu smenu rada.

Tako rudnici kamenog uglja raspolažu sa 3.110 samospasilaca na oko 3.000 radnika u jednoj smeni, rudnici mrkog uglja sa svega 2.596 samospasilaca za oko 9.000 radnika u jednoj smeni, a rudnici lignita sa 2.312 samospasilaca za 6.200 radnika u jednoj smeni.

Po pravilu, svaki rudnik koji je ugrožen od metana, požara i opasnih gasova treba da raspolaže sa dovoljnim brojem samospasilaca za kompletne dve smene rada, tako da na svakog jamskog radnika dolazi po jedan samospasilac. Sve dok se ovaj broj ne obezbedi, može se smatrati da ugroženi rudnici ne raspolažu sa dovoljnim brojem samospasilaca, zbog čega opasnost još uvek nije otklonjena. Uzimajući u obzir raspoloživi broj samospasilaca, prema stanju krajem 1961. godine, bilo bi potrebno da se u rudnicima nalaze ljudi:

Tablica 7

Rudnici	Brojno stanje				Broj izolacionih aparata			Broj samospasilaca
	radnika	službenika spas.	član čete	jamskih radnika	ispr.	neispr.	svega	
Kameni ugalj	11	14	363	7.926	154	26	180	3.110
Mrki ugalj	43	54	1.441	26.609	530	95	625	2.596
Lignit	28	26	655	17.673	226	28	254	2.312
Ugalj	82	91	2.459	52.208	910	149	1.059	8.018

u rudnicima kamenog uglja oko 3.000
u rudnicima mrkog uglja oko 16.000
u rudnicima lignita oko 6.000

Za rudnike lignita ugroženost je nešto manja i zbog toga je predviđen manji broj samospasilaca u odnosu na kamene i mrke ugljeve. Rudnici kamenog i mrkog uglja u NRS raspolažu sa potrebnim brojem samospasilaca za dve smene rada, sa nekoliko izuzetaka. Prema tome, nabavka od 25.000 komada samospasilaca neophodna je da bi se uposleni radnici sigurno zaštitili od svakog iznenađenja u rudnicima uglja.

Stanje snabdevenosti ugroženih rudnika, međutim, nije jednako po republikama, zbog čega novim propisima treba predvideti obavezan minimalan broj ovih filtermaski isto kao što je to predviđeno za izolacione aparate i ostalu opremu čete za spasavanje. Ukoliko bi se rudnici snabdeli potrebnim brojem samospasilaca samo za jednu smenu, zaštita ne bi bila potpuna i uvek bi postojala mogućnost da neki od radnika ne dobije na vreme svoju filtermasku i da zbog toga uđe u jamu bez nje.

Vatrogasna služba i protupožarna zaštita, takođe, je unapređena tokom poslednjih godina, u pogledu tehničke opremljenosti kao i po broju profesionalnih i dobrovoljnih vatrogasaca, i već kod nekoliko požara većeg razmera intervencija je bila brza i uspešna. Svakako i ovde ne treba stati, jer se zaštita protiv požara tehnički i organizaciono mora usavršavati i opremati, a to naročito važi za manje rudnike uglja i za rudnike, gde još uvek postoje drvene zgrade — barake i sl. za smeštaj spoljnih pogonskih uređaja i postrojenja (radionice, cirkulari, kovačnice i klasirnice itd.), naročito na manjim rudnicima. I na ovom polju saradnja i koordinirane akcije većih preduzeća sa malim mogu biti vrlo korisne i doprineti povećanju sigurnosti od požara i većoj efikasnosti u borbi protiv požara.

Služba prve pomoći kao i zdravstvena služba znatno su unapređene, ali ovde ne raspolažemo sa odgovarajućim podacima da bi se stanje pregledno prikazalo. I ove službe dobro su organizovane na većim preduzećima, dok se na malim rudnicima svodi, uglavnom, na najnužniju sanitetsku opremu i materijal za prvu pomoć, što svakako nije zadovoljavajuće. Nedostatak materijalnih sredstava na malim rudnicima, uglavnom, je razlog što stanje ne zadovoljava.

Profesionalna oboljenja

Izgleda da po pitanju profesionalnih oboljenja raspolažemo sa najmanjim brojem podataka koji govore o stvarnom stanju. Razlozi su mnogobrojni i raznovrsni. Osnovni nedostatak je da po pitanju profesionalnih oboljenja praktično ne postoji nikakva izdvojena evidencija, iz koje bi se mogao dobiti uvid u stvarno stanje i sagledati problematika. Na rudnicima uglja ili nema podataka ili se raspolaže samo sa vrlo oskudnim i nepotpunim podacima o broju lica, obolelih od profesionalnih bolesti, o stanju i kretanju oboljenja, kao i o kretanju takvih lica na radu, o promenama radnih mesta, o premeštanju sa ugrožene radne sredine u zdravu ili manje ugroženu radnu sredinu, o posledicama i koristima takvih premeštanja itd. Nema podataka o uzrocima koji dovode do profesionalnih oboljenja, o analizi radne atmosfere i sredine, naročito u pogledu zaprašenosti na radnim čelima u jalovim stenama, u pogledu količine prašine u radnoj atmosferi, broju čestica, a naročito broju najviše opasnih mikronskih i submikronskih čestica, kao i o kvalitetu odnosno stepenu agresivnosti ovih čestica (sadržina slobodnog kvarca). Rudnici uglja ne raspolažu aparatima za kontrolu zaprašenosti radne atmosfere u jamskim i ostalim pogonima. Propisi JUS-a određuju dozvoljene granice u pogledu sadržine mineralne prašine u radnoj atmosferi, a ni na jednom rudniku uglja nije poznato da li zaprašenost prelazi dozvoljene granice ili ne.

Sredstva kolektivne zaštite protiv opasne prašine slabo se primenjuju i nisu dovoljno efikasna. Mokro bušenje nije sprovedeno na svim kamenim radovima, a ne primenjuje se uvek ni tamo gde za to postoje uslovi i uređaji. Upotreba sredstava lične zaštite (filtermaske — respiratori) praktično ne predstavlja nikakvu zaštitu, jer se maske ne koriste, uglavnom zbog toga što stvaraju poteškoće pri disanju. Prilikom neočekivanih i nenajavljenih obilaska rudnika, u 90% slučajeva maske protiv kamene prašine nisu korišćene. Sem toga, nije uopšte ispitivano niti se zna da li iste pružaju zaštitu, koliko zadržavaju najopasnije sitne čestice, da li odgovaraju jugoslovenskim standardima i dr.

U borbi protiv profesionalnih oboljenja neophodno je da zdravstveni centri raspolažu sa odgovarajućom medicinskom opremom za sigurno dijagnoziranje profesional-

nih oboljenja i za izdvajanje istih od konvencionalnih oboljenja. U nedostatku takve opreme i aparata veliki broj profesionalnih oboljenja registrovan je kao konvencionalno oboljenje. Ovo važi za veći broj oboljenja: silikoze, silikotuberkuloze, pneumokonioze i dr. Zbog nedostatka odgovarajuće opreme ne može se utvrditi stepen obolelosti, promene na bolje ili na gore u vezi sa preduzetim merama za premeštanje radnika sa ugroženih na manje ugrožena ili potpuno zdrava radna mesta.

Naše poznavanje stanja na rudnicima u ovom pogledu sasvim je nedovoljno za uspešnu organizaciju i preduzimanje odgovarajućih protiv mera preventivne zaštite, odnosno mera za sprečavanje brzog napredovanja bolesti i pogoršanja stanja obolelih lica. To se može postići samo pravovremenim premeštanjem ili uklanjanjem obolelih lica sa ugroženih radnih mesta.

Međutim, u nekoliko slučajeva, kada su specijalizovane organizacije odnosno ustanove vršile sistematske specijalističke preglede radnika i ispitivale profesionalna oboljenja, utvrđen je vrlo veliki broj lica obolelih od silikoze.

Nedostatak srednje evidencije predstavlja glavnu kočnicu za pravilno sagledavanje ovog problema i za preduzimanje efikasnih mera da se stanje poboljša. Primera radi se navodi, da u NR Srbiji postoje izvesni podaci o broju obolelih lica za svega dva rudnika kamenog uglja (Vrška Čuka i Dobra Sreća), dok za ostale rudnike kamenog uglja i mrkog uglja u kojima se izvode radovi u jalovim silikatnim stenama ne postoji nikakva evidencija. Na nekim od ovih rudnika, gde su vršeni specijalistički pregledi od strane ekipe Instituta za medicinu rada još u 1959. godini iz društvenih sredstava, još do danas, rukovodstva ovih rudnika nisu pribavila od Instituta elaborate o utvrđenom stanju, o broju obolelih lica, o vrstama i stepenu oboljenja, a naročito o stepenu zaprašenosti i ugroženosti na pojedinim radnim mestima, tako i postojeći podaci nisu registrovani, i ništa se nije preduzimalo da se ova lica premeštaju sa ugroženih radnih mesta. Ovakvi primeri pokazuju da neka preduzeća i organi upravljanja još uvek nisu uočili opasnost koju profesionalna oboljenja predstavljaju za radno osoblje niti su išta preduzeli da se ovakvo stanje izmeni. Posledice ne izostaju, jer se broj i za rad privremeno onesposobljenih radnika stalno povećava, mada se isti vrlo često registruju i evidentiraju kao oboleli od konvencionalnih bolesti. Činjenica je da, na primer, u Vrškoj Čuki oko 13,5% radnika boluje od silikoze, a za oko 33% se sumnja na profesionalno oboljenje. Svakako, sličnih primera ima i u drugim republikama mada verovatno nisu svugde uočeni niti registrovani. U toku 1962. godine u NR Srbiji na svim rudnicima gde postoji ozbiljnije ugrožavanje od agresivne kamene prašine i pored preventivnih zaštitnih mera obavezno će se sprovesti specijalistički pregled svih jamskih radnika i utvrditi broj lica koja boluju od profesionalnih bolesti (vrsta i stepena oboljenja) i ustrojiće se kartoteka za takva lica da bi se pratilo i registrovalo kretanje radnika na poslu i kretanje odnosno stanje obolelosti.

Iz napred iznetog dovoljno je jasno da je problemima profesionalnih oboljenja i borbi protiv istih do sada posvećivana minimalna pažnja i da ovi problemi nisu uopšte sagledani po svom značaju, mada su posledice po broju izostajanja sa posla privremene ili trajne (delimične ili potpune) onesposobljenosti za dalji profesionalni rad daleko teže, nego je to slučaj sa posledicama teških povreda, na koje se obraća znatno veća pažnja. Isto tako nije poznata ni smrtnost niti se to registruje. Tek kad bi se ovi podaci u toku nekoliko godina pratili, bilo bi moguće utvrditi obim opasnosti koju predstavljaju profesionalna oboljenja po zdravlje i život radnika u rudnicima.

Tablica 8

Rudnici	Smrtne		Teške		Lake		Svega	
	broj	%	broj	%	broj	%	broj	%
Kameni ugalj	5	6	75	12	2.876	12	2.956	13
Mrki ugalj	64	68	329	55	11.850	54	12.243	54
Lignit	25	26	192	33	7.399	34	7.616	33
Ugalj	94	100	596	100	22.125	100	22.815	100

Analiza povreda na radu

Broj povreda na radu u rudnicima uglja po ozbiljnosti povreda i po vrstama rudnika uglja prikazan je na tablici br. 8.

Na tablici br. 9 prikazan je broj povreda na radu odvojeno za rudnike kamenog i mrkog uglja i za rudnike lignita — za jamske pogone, površinske otkope i za spoljne pogone. Za svaku vrstu pogona dat je broj smrtnih nesreća, teških i lakih povreda, kao i zbirni iznos smrtnih udesa teških i lakih povreda za 1961. god.

Tablica 9

Vrsta povreda i naziv pogona	kameni ugalj	mrki ugalj	lignit	ugalj
Zbirno svi pogoni	2.992	12.243	7.616	22.851
Smrtne	5	64	25	94
Teške	75	329	192	596
Lake	2.912	11.850	7.399	22.164
Jamski pogoni	2.404	9.590	5.858	17.852
Smrtne	4	57	21	82
Teške	60	260	151	471
Lake	2.340	9.273	5.686	17.263
Površinski otkopi	—	273	243	516
Smrtne	—	—	1	1
Teške	—	11	6	17
Lake	—	262	236	498
Spoljni pogoni	588	2.380	1.515	4.483
Smrtne	1	7	3	11
Teške	15	58	35	108
Lake	572	2.315	1.477	4.363

Sledeće dve tablice br. 10 i 11 prikazuju broj i procentualno učešće povreda po spoljnim uzrocima i to odvojeno za jamske pogone i za površinske otkope za 196... god.

Za spoljne pogone nismo imali podatke pa nisu ni mogli biti prikazani.

Jamski pogon

Tablica 10

Spoljni uzroci povreda	Povrede	
	broj	%
1. Zarušavanje u otkopu i u hodnicima	5.690	32
2. Pad u okno ili sipku	335	2
3. Jamski transport	1.043	6
4. Povreda alatom	728	4
5. Prevoz u oknima rudnika	483	3
6. Nezaštićeni strojevi	167	1
7. Udar električne struje	54	—
8. Prodor vode spolja	17	—
9. Eksplozije metana	29	—
10. Eksplozije mina	23	—
11. Ostalo (u podacima nisu navedeni uzroci)	9.283	52
Svega	17.852	100

Povrede po spoljnim uzrocima od red. br. 7—10 iznose ukupno 0,48%, zbog čega procenti nisu posebno obračunavani.

Površinski otkopi

Tablica 11

Izvor povreda	Povrede	
	broj	%
1. Obrušavanje na etažama	120	23
2. Udar alatom	103	20
3. Železnički transport	9	2
4. Utovar u vagone	27	5
5. Nezaštićeni strojevi	107	21
6. Ostalo	150	29
Svega	516	100

Na sledećoj tablici dat je broj povreda u toku poslednje tri godine po vrstama uglja i po težini (ozbiljnosti) povreda.

Tablica 12

Rudnici	1959.			1960.			1961.		
	S	T	L	S	T	L	S	T	L
Kameni ugalj	13	151	3.470	10	92	2.909	5	75	2.876
Mrki ugalj	35	290	14.412	27	338	14.570	64	329	11.850
Lignit	24	238	7.585	18	213	7.282	25	192	7.399
Ugalj	72	679	25.469	55	643	24.761	94	596	22.125

U proseku, za poslednje 3 godine broj smrtnih udesa i ostalih povreda iznosio je:

74 smrtna udesa
639 teških povreda
21.451 laka povreda.

Broj lakih povreda koje nisu prouzrokovale odsutnost sa posla nisu obuhvaćene ovim pregledom.

Analizirajući podatke iz tablice 8 i 9 može se konstatovati, da je u toku 1961. godine broj povreda na radu bio najveći u rudnicima mrkog uglja i iznosio:

— za smrtne udese 68%
— za teške povrede 55%
— za lake povrede 54%.

Od ukupnog broja smrtnih udesa u 94 rudnika uglja:

najveći broj smrtnih udesa i ostalih povreda bio je u jamama i to:

— kod smrtnih udesa preko 87%
— kod teških povreda 80%
— kod lakih povreda 77%
— prosek za sve vrste povreda preko 78%

Ovako visoko učešće smrtnih udesa i ostalih povreda u jamskim pogonima nije u srazmeri sa brojem uposlenih radnika u ovim pogonima (oko 66%), a to potvrđuje viši stepen ugroženosti na jamskim pogonima, što ukazuje na potrebu pojačane preventivne zaštite i kontrole na ovim pogonima, a naročito u podzemnim rudnicima mrkog uglja, gde je ova disproporcija najveća.

Analiza podataka iz tablica br. 10 i 11 pokazuje da u jamskim pogonima rudnika uglja preko 32% od svih povreda nastalo je zbog zarušavanja u otkopima i hodnicima. Ovaj procent je daleko veći kod teških povreda i smrtnih udesa a iznosi u NRS za smrtne udese zbog zarušavanja 42,7%, za teške 27% od svih povreda, dok se ovaj procent za NR BiH penje čak preko 53% zbirno za smrtne udese i teške povrede nastale iz navedenog uzroka. Povrede na jamskom transportu iznose svega 6% od ukupnog broja svih povreda zbirno za rudnike uglja FNRJ. Međutim, ovaj procent je znatno veći za rudnike uglja pojedinih republika za smrtne i teške povrede. Tako u NRS procent povreda iznosi 35,5, a u NR BiH oko 26% od svih smrtnih i teških udesa. Po pravilu, zarušavanja na otkopima i u hodnicima imaju uvek teške posledice (smrt ili teška povreda), a broj lakih povreda usled zarušavanja je relativno nizak.

Ova činjenica ukazuje da su na rudnicima uglja nedovoljno zaštićena najviše ugrožena radna čela na otkopima i hodnicima, a posle toga jamski transport. U NR Srbiji oko 68% od svih smrtnih i teških povreda nastaje zbog navedena dva uzroka, a ovaj procenat za NR BiH iznosi čak preko 78%. Smatram da nije teško pravilno usmeriti borbu i akciju za veću sigurnost i odrediti mere za preventivnu zaštitu, kada su poznata najopasnija mesta i kada je isto tako dobro poznato na koji način i kojim sredstvima se može sprečiti ovako visok broj povreda nastalih zbog zarušavanja i na transportu. Do zarušavanja dolazi uglavnom zbog nedovoljnog osiguranja radnih čela, zbog slabe kontrole podgrađivanja, zbog težnje da se produktivnost na otkopima poveća uštedom jamske građe, uzimanjem — kupovinom jamskog drveta manjeg prečnika ili slabijeg kvaliteta itd, a sve to neminovno dovodi do povreda, koje u ovakvim slučajevima najčešće imaju za posledicu, što naročito treba istaći, smrtne udese i teške povrede.

Analiza povreda po uzrocima nije kompletna, jer za 52% odnosno za 9.283 povrede nisu dati podaci o uzrocima i izvorima, zbog čega je nemoguće analizirati više od jedne

Tablica 13

Rudnici	Smrtne			Teške			Lake		
	1959.	1960.	1961.	1959.	1960.	1961.	1959.	1960	1961.
Kameni ugalj	100	61	38	100	61	50	100	83	88
Mrki ugalj	100	113	183	100	118	113	100	101	82
Lignit	100	89	104	100	89	80	100	96	98
Ugalj	100	94	131	100	94	88	100	97	87

polovine svih povreda. I ovo ukazuje da se na preduzećima ne vrše temeljne analize odnosno da preko 50% od svih povreda nije podvrgnuto nikakvoj analizi, već je samo brojčano registrovano. Nedostatak ove analize je u tome, što nisu dati odvojeni podaci povreda po uzrocima za smrtne i teške i za lake povrede, već samo zbirni podaci, zbog čega su zaključci još više uopšteni.

Ako se razmatra broj povreda u toku poslednje tri godine i 1959. godina označi po broju povreda sa 100 (indeks), kretanje povreda u toku poslednje tri godine po vrstama uglja i ozbiljnosti povreda prikazano je na tablici br. 13.

Uporedna analiza ovih podataka pokazuje značajno opadanje smrtnih i teških povreda u rudnicima kamenog uglja, gde su uslovi eksploatacije, uglavnom, najteži i opasnosti najveće. To se svodi prvenstveno na specifične i pooštrene mere preventivne zaštite, s obzirom na opasnosti od eksplozije metana, od jamskih požara i opasnih gasova od eksplozivne prašine. Otkopavanje sa zapunjavanjem otkopanih prostorija, takođe, doprinosi povećanoj sigurnosti na radu i smanjuje opasnosti, mada se u ekonomskom pogledu negativno odražava i smanjuje produktivnost.

Suprotno tome u rudnicima mrkog uglja stanje je u 1960. i 1961. god. pogoršano zbog povećanog broja smrtnih udesa, što je posledica dve kolektivne nesreće (Zagorje i Međumurski rudnici). Na ovim rudnicima broj teških povreda je povećan u odnosu na 1959. godinu.

U rudnicima lignita 1961. godine smanjen je broj teških i lakih povreda, a broj smrtnih udesa neznatno je povećan. Ako se uzme u obzir povećanje proizvodnje na površinskim otkopima, na kojima je produktivnost rada najveća i zbog toga učestalost svih vrsta povreda manja nego na jamskim pogonima, onda je i ovaj porast zabrinjavajući.

Analiza podataka iz tablice br. 13 ukazuje dalje, da je stanje u 1960. godini znatno povoljnije nego u prethodnoj 1959. godini, a da je tokom 1961. godine poboljšanje nastalo samo na rudnicima kamenog uglja. Nema sigurnih znakova trajnog opadanja smrtnih udesa i teških povreda, što bi se moglo smatrati kao rezultat sistematske preventivne akcije. Smanjenje broja lakih povreda posledica je bolje snabdevenosti sredstvima lične zaštite i boljeg kvaliteta ovih sredstava.

Učestalost povreda na 1.000 uposlenih radnika po vrstama uglja i rudničkih pogona, kao i po ozbiljnosti povreda u toku 1961. godine prikazuje tablica br. 14.

Tablica 14

Rudnici	Jame			Površinski otkopi			Spoljni pogoni			Ukupno		
	S	T	L	S	T	L	S	T	L	S	T	L
Kameni	0,5	7,6	292	—	—	—	0,4	6,5	249	0,5	7,3	279
Mrki	2,1	9,8	349	—	7.2	171	0,6	4,4	188	1,6	8,1	293
Lignit	1,2	8,6	109	0,6	3,2	132	0,4	4,3	181	0,9	6,9	268
Ugalj	1,6	9,0	331	0,3	5,1	150	0,5	4,7	191	1,2	7,6	282

Tablica 15

Rudnici	Smrtne	Teške	Lake	Zbirno
Kameni ugalj	0,76	2,24	87	90
Mrki ugalj	0,67	3,47	125	129
Lignit	0,33	2,54	98	101
Ugalj	0,46	2,93	109	112

Učestalost povreda na 100.000 radnika — dana (izrađenih nadnica) prikazana je u 1961. godini po vrstama uglja i po ozbiljnosti povrede (tablica br. 15).

Učestalost povreda na 1,000.000 tona proizvodnje uglja prikazana je u 1961. godini na tablici br. 16.

Radi upoređenja u narednim tablicama br. 17 i 18 navode se podaci o učestalosti povreda za poslednjih 5 godina odvojeno za smrtne i odvojeno za ostale povrede, s tim što se pored učestalosti navodi indeks o kretanju učestalosti, pri čemu je stanje iz 1957. god. označeno kao indeks 100.

Učestalost povreda u 1961. godini

Tablica 16

Rudnici	Smrtne	Teške	Lake	Zbirno
Kameni ugalj	3,81	57,12	2.183	2.251
Mrki ugalj	6,73	34,67	1.249	1.290
Lignit	1,88	14,60	558	574
Ugalj za 1961. god.	3,91	24,76	919	948
" " 1960. "	2,40	28,30	1.091	1.121
" " 1959. "	3,40	32,40	1.213	1.249
" " 1958. "	6,60	43,30	1.364	1.414

Učestalost smrtnih udesa

Tablica 17

Učestalost na:	1957.		1958.		1959.		1960.		1961.	
	broj	ind.	broj	ind.	broj	ind.	broj	ind.	broj	ind.
1.000 radnika	1,07	100	1,57	147	0,90	84	0,67	63	1,20	112
100.000 nadnica	0,45	100	0,66	147	0,38	84	0,28	62	0,46	102
1 milion t uglja	4,80	100	4,70	98	3,40	71	2,40	50	3,91	80

Učestalost svih povreda

Tablica 18

Učestalost na:	1957.		1958.		1959.		1960.		1961.	
	broj	ind.	broj	ind.	broj	ind.	broj	ind.	broj	ind.
1.000 radnika	338	100	333	98	330	97	312	92	282	83
100.000 nadnica	142	100	138	97	138	97	132	93	112	79
1 milion t uglja	1.510	100	1.416	94	1.249	82	1.121	74	948	63

Kretanje učinaka u toku poslednjih 5 godina zbirno za sve vrste uglja iznosi:

1957. god. opšti učinak 0,94 t/nadn; ind. 100
1958. god. opšti učinak 0,98 t/nadn; ind. 104
1959. god. opšti učinak 1,11 t/nadn; ind. 117
1960. god. opšti učinak 1,18 t/nadn; ind. 125
1961. god. opšti učinak 1,22 t/nadn; ind. 129

Od ukupnog broja svih uposlenih radnika na rudnicima uglja u FNRJ tokom 1961. godine povređeno je 29%. Od toga je:

smrtno nastradalo	0,12%
teško povređeno	0,76%
lako povređeno	28,22%

Od ukupnog broja zaposlenih radnika u podzemnim rudnicima uglja povređeno je 34%. Od toga je:

smrtno nastradalo	0,15%
teško povređeno	0,90%
lako povređeno	32,95%

Od ukupnog broja zaposlenih lica na površinskim otkopima tokom 1961. godine povređeno je 15%. Od toga je:

smrtno nastradalo	0,03%
teško povređeno	0,52%
lakše povređeno	14,45%

Na spoljnim pogonima od ukupno zaposlenih lica tokom prošle godine povređeno je oko 20%. Od toga je:

smrtno nastradalo	0,05%
teško povređeno	0,47%
lakše povređeno	19,48%

Analiza učestalosti povreda prema podacima iz tablica 14—18 ukazuje na sledeće zaključke:

— Učestalost na 1.000 uposlenih radnika najveća je na rudnicima mrkog uglja. Razlika je naročito visoka kod smrtnih udesa, jer u rudnicima mrkog uglja 3,2 puta je više lica stradalo nego na rudnicima kamenog uglja odnosno za oko 1,7 puta više nego kod rudnika lignita. Na jamskim pogonima učestalost je veća 4,2 puta nego kod kamenog uglja. Ovo ukazuje na nedovoljnu efikasnost preventivne zaštite, a svakako je posledica kolektivnih nesreća u rudnicima Zagorja i Međumurju.

— Učestalost smrtnih udesa na 100.000 radnika — dana najveća je kod rudnika kamenog uglja a teških i lakih povreda na rudnicima mrkog uglja. Niski učinci na rudnicima kamenog uglja u odnosu na rudnike mrkog uglja i lignita doprineli su, da se odnos ovako izmeni i pored povećanog broja povreda u rudnicima mrkog uglja. Na rudnicima lignita, zbog visokih učinaka u jamskim pogonima, a naročito na površinskim otkopima, smanjuje se sama po sebi opasnost odnosno broj povreda u odnosu na broj izrađenih nadnica. Međutim, stanje nije zadovoljavajuće u podzemnim pogonima rudnika lignita. Trebalo bi izvršiti detaljniju analizu po pojedinim rudnicima, odvojeno za podzemne pogone i za površinske otkope odnosno za spoljne pogone. Skoro 80% proizvodnje još uvek se dobija iz podzemnih pogona, a oko 20% iz površinskih otkopa, što znači približno 4 : 1. Međutim, odnos između broja povreda u jamskoj i površinskoj eksploataciji lignita je neuporedivo nepovoljniji po rudnike sa podzemnom eksploatacijom (21 : 1).

— Učestalost povreda na 1,000.000 tona proizvodnje pri sličnim uslovima rada i stepenu ugroženosti je u obrnutoj srazmeri sa porastom učinaka odnosno sa stepenom mehanizovanosti proizvodnog procesa. To dokazuje znatno manja učestalost u visoko produktivnim rudnicima uglja SAD prema rudnicima uglja zapadnih zemalja u Evropi.

— Velika razlika u učestalosti povreda na radu između nekih rudnika uglja sa sličnim uslovima rada i približno jednakim učincima ukazuje da povećanje učestalosti povreda ne dolazi uvek samo iz objektivnih poteškoća i težih uslova rada, odnosno, većeg stepena ugrožavanja, već naprotiv najčešće iz subjektivnih razloga zbog raznih nedostataka i tehničkih propusta, našto će se posebno ukazati u zaključcima.

— U toku 1961. godine na svakih proizvedenih 256.150 tona uglja smrtno je nastradao po jedan rudarski radnik.

Kretanje ove količine proizvodnje na jedno smrtno nastradalo lice u toku poslednjih 5 godina iznosi:

1957. god.	209.381 tona
1958. god.	149.500 "
1959. god.	293.150 "
1960. god.	412.960 "
1961. god.	256.150 "

Radi upoređenja dajemo nekoliko podataka o ovim ciframa sa rudnika bituminoznih ugljeva u SAD:

1940. god.	369.400 t
1950. god.	874.501 t
1960. god.	1,334.625 t

U našim rudnicima stanje u tom pogledu bilo je najpovoljnije u 1960. godini, a bolje nego u SAD u 1940. god. U toku 1961. godine stanje se pogoršalo zbog kolektivnih udesa u Međumurju i Zagorju.

Izneti podaci ukazuju da se na osnovu sređene evidencije mogu izvoditi vrlo korisni zaključci, ako se analiza temeljno sprovede i ako se raspolaže sa dovoljno materijala. Zaključci mogu korisno poslužiti za određivanje osnovnih smernica na polju zaštite rada u rudnicima i za sprovođenje odgovarajućih mera preventivne zaštite. To je moguće samo onda, ako preduzeća imaju savesno prikupljene i solidno sređene podatke evidencije, što će omogućiti izračunavanje raznih pokazatelja, koji služe kao osnova za analizu. Svakako, analiza nije dovoljno sigurna i pouzdana, ako podaci preduzeća nisu potpuni i ako se dostavljaju neobrađeni kao što je slučaj sa podacima iz tablice 10, gde za 9.283 slučaja povrede tj. 52% od svih povreda u 1961. god. spoljni uzroci povreda nisu uopšte navedeni.

Smatram, da je jedan od najvažnijih zadataka kod unapređenja higijensko tehničke zaštite na rudnicima i za povećanje sigurnosti pri radu u podzemnim prostorijama da se što pre uvede jednoobrazna evidencija na svim rudarskim preduzećima, tako da se po jedinstvenom uzoru dobijaju svi potrebni podaci. Isto tako treba utvrditi i jedinstvene pokazatelje (merila) koji se izračunavaju iz podataka evidencije, a koji služe kao osnova za analizu stanja higijensko tehničke zaštite na rudnicima. Analiza mora obuhvatiti sve elemente koji u bilo kom vidu stoje u vezi sa higijensko tehničkom zaštitom na rudnicima i mora obraditi sve, što je u bilo kom obliku i vidu prouzrokovalo ili doprinelo pogoršanju stanja higijensko tehničke zaštite, povećanju opasnosti po život i zdravlje radnika. S druge strane, analiza treba da rezultira, pored niza konkretnih zaključaka o stanju na rudnicima i odgovarajuće konkretne predloge i mere za preventivnu zaštitu života i zdravlja u podzemnim prostorijama i svim ostalim rudničkim pogonima. Kod rešavanja problema i kod iznalaženja mera za preventivnu zaštitu prioritet treba dati sredstvima kolektivne zaštite, a sredstva lične zaštite svesti samo za one slučajeve, gde dostignuća nauke i tehnike još uvek nisu omogućila sprovođenje kolektivne zaštite u zadovoljavajućim razmerama.

Zaključci:

Stanje higijensko tehničke zaštite u celini je poboljšano, a ovo poboljšanje odnosi se pre svega:

— na materijalnu snabdevenost metanskih rudnika zaštitnim sredstvima protiv eksplozije i sigurnom elektroopremom;

— na unapređenje tehnološkog procesa proizvodnje i na povećani stepen mehanizovanosti;

— na kvalifikacionu strukturu radne snage, inženjerskog i nadzorno-tehničkog osoblja;

— na brojno stanje, obučenost i spremnost osoblja službe spasavanja za akciju, vatrogasne službe i službe prve pomoći, a naročito na povećanu tehničku opremljenost ovih službi;

Brojno stanje povreda je u opadanju, ali iznenadne kolektivne nesreće povremeno remete ravnomerno i sukcesivno smanjivanje smrtnih udesa, što ukazuje da je broj istih još uvek u zavisnosti od nedovoljno kontrolisanih faktora, nedovoljne opremljenosti (samospasioci) ili zbog nepoštovanja i nesprovođenja propisa.

Profesionalna oboljenja nisu dovoljno kontrolisana niti registrovana. Još uvek se ne prati sistematski i ne registruje broj obolelih lica promene u toku i stepenu oboljenja, uglavnom, zbog nedovoljne opremljenosti zdravstvenih službi — stanica i centara sa potrebnim medicinskim aparatima za sigurno dijagnoziranje profesionalnih bolesti i za njihovo izdvajanje od konvencionalnih oboljenja. Ovo se naročito odnosi na profesionalna oboljenja respiratornih organa, (silikoza, silikotuberkuloza, pneumokonioza i sl.), kao najčešćih i po posledicama najtežih vrsta profesionalnih oboljenja.

Rudarska preduzeća, a naročito rudnici uglja, ne raspolažu potrebnom opremom i sredstvima za utvrđivanje zaprašenosti radne atmosfere, za određivanje količine prašine,

za određivanje broja čestica, a naročito broja opasnih mikronskih čestica, kao i za utvrđivanje agresivnosti ovih čestica prema sadržini slobodnog kvarca. Zbog toga rudnici nisu u stanju da utvrde da li radna atmosfera u pogledu sadržine i sastava mineralne prašine odgovara JUS standardima ili ne.

Povremena ispitivanja radne sredine i atmosfere od strane ekipa specijalizovanih ustanova (Higijenski zavodi, Institut za medicinu rada i dr.), pokazala su da su zaprašenost i ugrožavanje znatno veći od dozvoljenih prema propisima JUS-a.

Ni organi rudarskih inspektorata zbog toga nisu u mogućnosti da proveravaju stepen zaprašenosti radne atmosfere i agresivnosti sitnih čestica prašine.

Kolektivna zaštitna sredstva i oprema ne koriste se u dovoljnoj meri i na ovu vrstu zaštitne opreme ulaže se znatno manje nego na sredstva lične zaštite, na pojačanu hranu i sl.

Služba higijensko tehničke zaštite obrazovana je na svim rudnicima, ali efikasnost ove službe u sprovođenju preventivne zaštite ozbiljno je dovedena u pitanje zbog nedovoljne stručne spreme i prakse, nepoznavanja propisa, a i zbog toga što interni pravilnici pojedinih rudnika ne preciziraju dovoljno jasno delokrug rada, nadležnosti i kompetencije lica koja obavljaju ovu službu, a naročito zbog nepreciznih ovlašćenja istih.

U većem broju rudnika još uvek nije dato pravo mesto službi higijensko tehničke zaštite unutar organizacione strukture tehničke operative rudnika, pojedinih pogona i ekonomskih jedinica.

Kvalifikaciona struktura radne snage ne zadovoljava, zbog suviše visokog učešća nekvalifikovanih i priučenih radnika u ukupnom broju zaposlenih lica u podzemnim prostorijama i na spoljnim pogonima, dok je stanje u tom pogledu znatno povoljnije na savremeno opremljenim i mehanizovanim površinskim otkopima.

Nedostatak jednoobrazne i sređene evidencije otežava praćenje stanja higijensko-tehničke zaštite po svim elementima i pokazateljima, a naročito u sprovođenju temeljne analize povreda na radu, analize profesionalnih i drugih oboljnja i problema odsustvovanja sa posla usled privremene nesposobnosti za rad.

Pored citiranih nedostataka, neobično visoki broj smrtnih udesa i teških povreda, nastalih zbog pada stena, zbog odronjavanja i zarušavanja stropa i bokova na otkopima i na radnim čelima drugih jamskih prostorija, ukazuje na nedovoljno osiguravanje (podgrađivanje) radnih čela i na nesprovođenje zakonskih odredbi i tehničkih propisa, koji su u važnosti.

Visok broj povreda na transportu posledica je u prvom redu nedovoljne snabdevenosti radnika sredstvima lične zaštite ili na nedovoljnu efikasnost ovih sredstava (šlemovi, rukavice, čizme, nalaktice, cokule i dr.). Lična nepažnja i propusti kod primene doprinose povećanju broja povreda na transportu, kako ručnom tako i mehanizovanom.

Na preduzećima se još uvek ne sprovodi dovoljno efikasno i redovno proveravanje znanja i poznavanja propisa tehničke i higijensko tehničke zaštite prema čl. 114 ZOR.

Nesrazmerno visoki broj povreda kod nekvalifikovanih radnika, koji je znatno veći nego učešće ovih radnika u ukupnom broju zaposlenih lica na rudnicima uglja, takođe, ukazuje da se ne sprovode iz čl. 113. ZOR u pogledu probnog rada novoprimljenih i nedovoljno obučenih radnika i da ovi radnici nisu upoznati sa opasnostima podzemnog rada i preventivnim merama za izbegavanje i sprečavanje povreda i udesa na radu.

Nedostatak odgovarajućih savremenih propisa o zaštitnim merama na radu u podzemnim prostorijama nije u značajnoj meri doprineo povećanju smrtnih udesa i povreda na radu. U toku 1961. god. kao i ranijih godina do povreda na radu i do udesa nije dolazilo zbog nedostatka ili zastarelosti propisa higijensko tehničke zaštite na radu, nego zbog nesprovođenja postojećih propisa, bilo da je u pitanju nepoznavanje i neupućenost ili nemaran i lakomislen odnos prema osiguranju radnih mesta odgovarajućom podgradom, upotrebi zaštitnih sredstava i sprovođenju ostalih propisanih mera preventivne zaštite.

Kod izrade proizvodnih planova ne vrši se uporedno planiranje sredstava i opreme, kao i organizacionih mera preventivne zaštite i ne obezbeđuju se potrebna finansijska sredstva za higijensko tehničko zaštitu na radu, kao što je to slučaj sa obezbeđivanjem istih sredstava za potrebe proizvodnje.

Značaj službe HTZ nije dovoljno izražen odgovarajućom visinom i izjednačenjem pla-

ta ovih službenika sa licima iz tehničke operative, koji imaju iste kvalifikacije i radni staž. Sem toga, smanjivanje povreda na radu nije materijalno stimulirano, dok za povećanje proizvodnje i produktivnosti rada postoje mnogobrojni stimulativni faktori, bez obzira da li se broj povreda smanjuje ili povećava.

Pisana i crtana, kao i živa propaganda kroz svakodnevno upozoravanje na opasnosti i ukazivanje na odgovarajuće zaštitne mere i sredstva, ne sprovode se dovoljno efikasno i uporno na mnogim rudnicima.

Nedovoljna materijalna zainteresovanost radnika unutar ekonomskih jedinica i pogona još uvek predstavlja jedan od glavnih uzroka da se proizvodnja forsira na uštrb osiguranja radnih mesta i sprovođenja zaštitnih mera, zbog čega često dolazi do povreda i do smrtnih udesa na radu.

Interni pravilnici o HTZ na preduzećima često ne sadrže odgovarajuće propise o obaveznim zaštitnim merama na osiguranju (podgrađivanju) radnih mesta i na upotrebu sredstava lične zaštite, ovlašćenja i odgovornosti pojedinih lica na svom radnom mestu i u svom delokrugu rada, počev od prvog kopača pa do tehničkog rukovodioca preduzeća kako je to po čl. 112. ZOR predviđeno.

Radnički saveti nekih preduzeća ne pridržavaju se odredbe iz čl. 111. Zakona o rudarstvu i ne sprovode obaveznu tromesečnu analizu stanja higijensko tehničke zaštite na rudničkim pogonima i ne kontrolišu u dovoljnoj meri rad službe HTZ na rudnicima.

Organi republičkih rudarskih inspektorata tokom 1961. godine u NR Srbiji, Hrvatskoj i u BiH nisu bili u mogućnosti da odgovore osnovnim zaduženjima iz čl. 144 i 139 Zakona o rudarstvu, prvenstveno zbog nerešenog pitanja stručnih kadrova u ovim republikama. Predviđena radna mesta u inspektoratima nisu bila popunjena, uglavnom, zbog poteškoća oko obezbeđivanja stanova za nove inspektore u republičkim centrima i u mestima određenim za ispostave, kao i zbog nemogućnosti angažovanja novih službenika u organima državne uprave (mada su Uredbom o organizaciji i radu dotične ustanove radna mesta predviđena), zbog nerešenog pitanja radnog staža sa produženim trajanjem prema čl. 56. i 58. Zakona o penzionom osiguranju, zbog relativno niskih plata za mlađe stručnjake i dr.

Ovi podaci i materijali o stanju higijensko tehničke zaštite u rudnicima uglja treba prvenstveno da posluže za uočavanje nekih od osnovnih problema zdravstvene zaštite i sigurnosti na radu i da u izvesnoj meri doprinesu pravilnom i celishodnom rešavanju istih. U krajnjoj liniji, otklanjanje postojećih tehničkih propusta, organizacionih slabosti i raznih drugih nedostataka ne može se rešiti jednostavno i odjednom, već je potreban dugotrajni koordinirani rad i saradnja svih onih činilaca, koji u bilo kom vidu i obliku odnosno na bilo koji način stoje u vezi sa problematikom HTZ na radu i sa stvaranjem zdravstveno dobre i tehnički sigurne radne sredine. Međutim, rešavanje i rešenje ovih problema ne leži samo na tehničkoj opravdanosti, na raznim tehničkim službama, na rukovodiocima i na organima upravljanja rudarskih preduzeća, koja su po zakonskim odredbama i važećim propisima obavezna da organizuju, sprovode i da kontrolišu zaštitu na radu. Težište za pravilno i definitivno rešavanje treba preneti na radne kolektive u celini, a unutar preduzeća na radne grupe ekonomskih jedinica, pogona i dr. Najnovije odredbe Zakona o socijalnom osiguranju propisuju, da privredne organizacije snose sve troškove nastale usled odsustvovanja sa posla do 30 dana, do kojih dolazi zbog bolesti, povreda i profesionalnih oboljenja. Zbog toga zainteresovanost radnih kolektiva, a naročito radnih grupa unutar ekonomskih jedinica i pogona povećana je i stimulirana u borbi za realizaciju što zdravije radne sredine i radne atmosfere, a isto tako i za što efikasniju zaštitu od povreda i nesreća na radnim mestima, jer troškovi materijalnog obezbeđenja se prenose na ekonomske jedinice. To će doprineti da se preventivna tehnička sredstva i oprema za kolektivnu zaštitu u što širem obimu primenjuju, a isto tako i upotreba sredstava za ličnu zaštitu. Ove mere doprineće poboljšanju zdravstvenih uslova na radu i sprečavanju oboljenja i povreda, što će u znatnoj meri smanjiti troškove koji nastaju zbog materijalnog obezbeđenja za vreme odsustvovanja sa posla. Praksa će pokazati, da su ulaganja u tehnička sredstva kolektivne zaštite veoma unosna i da donose značajne uštede i koristi kolektivu svake ekonomske jedinice. Istovremeno biće eliminisana tzv. »ušteda na materijalu«, koji se upotrebljava za osiguranje radnih mesta u podzemnim rudnicima. Ova

»ušteda« postiže se jedino smanjivanjem količine upotrebljenog jamskog drveta za osiguranje radnih mesta, smanjivanjem dimenzija ili kupovinom jeftinije i kvalitetno slabije jamske građe. Ovakva praksa ustvari povećava troškove održavanja i zahteva nove troškove za češću izmenu podgrade, a s druge strane doprinosi povećanju broja povreda i nesreća, nastalih zbog slabog osiguranja radnih mesta, te istovremeno povećava troškove materijalnog obezbeđenja.

Organi upravljanja, uz pravilno sagledavanje osnovnih nedostataka u sprovođenju zdravstveno tehničke zaštite i slabosti službe HTZ imaće dovoljno mogućnosti, da kroz interne pravilnike o higijensko tehničkoj zaštiti na preduzeću sprovode sve one mere, koje mogu stimulativno delovati na radne grupe ekonomskih jedinica da se poveća sigurnost na radu, da se smanji broj povreda i nesreća i da se realizuju što veće uštede na troškovima materijalnog obezbeđenja.

Ovakvo usmeravanje iz osnova će izmeniti dosadašnje često nepotpune akcije i mere na izvršavanju zakonskih odredbi i važećih propisa HTZ i omogućiće veće učestvovanje slobodnih fondova kod rešavanja problema higijensko tehničke zaštite radi poboljšanja zdravstvenih uslova i sigurnosti na radu. To sada postaje stvar i interes celog kolektiva koji proizvodi, a ne samo pojedinih službi, sektora ili pojedinih rukovodilaca preduzeća.

SUMMARY

The Safety in Coal Mines in Yugoslavia (1961)

M. Srdanović, Min. Eng.*)

The author gives the specifical conditions and the hazards in underground mining and especially in coal mines and emphasises the importance of carrying out the safety measurements, prescriptions and regulations. He presents the structur of workers and technical staff in relationships to their qualifications; the different kind of safety organizations such as the safety service, mine rescue service, first aid etc., their technical equipment, the devices and appliances of common and personel protection. He discusses the main problems of occupational diseases in coal mines.

In the analyses of fatal and nonfatal accidents (1961) in different underground coal mines, strip minings, other plant and works he describes the main causes of acidents and injuries. By figures and by different rates such as: frequency rate, severity rate, average severity of coal mine accidents, he points the analitical methods, technical devices and the organized measurements of accident prevention in coal mines.

*) Ing. Mileta Srdanović,
Glavni inspektor
Rudarskog inspektorata NRS, Beograd

Toplotni bilans pečenja klinkera u rotacionim pećima

Ing. Kosta Šipetić

Za proizvodnju cementa troše se ogromne količine goriva koje približno iznose do 1/3 težine dobivenog cementa. Potreban materijal za proizvodnju 1 tone cementa izražen u brojkama iznosi:

Sirovine sa prirodnom vlagom	1.623 kg
Ugalj sa prosečnom vlagom	315 kg
Ukupno	1.938 kg

Odakle se dobija 971 kg/klink., koji sa dodatkom sadre od 29 kgr. daje ukupno materijala

1.938 kg		971 kg/klink.
29 kg		29
1.967 kg	i	1.000 kg cemen.

Ako pretpostavimo da će u 1965. godini proizvodnja cementa biti u NRS 1,700.000 t/god. a u FNRJ 5,000.000 t/god., godišnja potreba goriva za cementnu industriju biće za NRS približno 510.000 t, a za FNRJ 1,700.000 tona.

Pri ovako velikoj potrošnji goriva, vrlo je važno da se vodi računa o tom da se povoljnim izborom tehnološkog procesa, goriva i postrojenja postigne što manja specifična potrošnja toplotne energije.

Da bi se, pak, moglo uticati na potrošnju toplotne energije, potrebno je ustanoviti gde i kako se ova troši.

U proizvodnji cementa toplota se troši:
— za sušenje sirovina
— za sušenje uglja i
— za pečenje klinkera.

Svi ovi potrošači toplotne energije nisu uvek isti, već zavise od sirovine, goriva, tehnološkog procesa i opreme odnosno postrojenja.

Za mokri postupak, npr. ne dolazi u obzir sušenja sirovine, pošto se tokom daljeg procesa ista pretvara u mulj, tj. još više kvasi, a proces sušenja se obavlja u procesu pečenja klinkera.

Pri upotrebi tečnih i gasovitih goriva ne dolazi u obzir proces sušenja goriva, pošto se tečna i gasovita goriva direktno koriste bez prethodnih priprema.

Glavni potrošač toplotne energije pri proizvodnji cementa ostaje pečenje klinkera, jer ostala dva potrošača zavise od izbora goriva, vrste sirovina i izabranog tehnološkog procesa.

Pečenje klinkera iz homogeniziranog sirovog materijala vrši se u pećima.

Postoje, uglavnom, tri sistema peći:
— vertikalne (šahtne) peći
— rotacione peći i
— sinter trake.

Sva ova tri uređaja za pečenje klinkera imaju uprkos stalnog poboljšanja, doterivanja i dopunjavanja, prilično veliku potrošnju toplotne energije.

Vertikalne peći relativno dosta dobro iskorišćavaju gorivo, (800—1.200 kgcal/kg klinkera), ali zahtevaju samo visoko kalorične ugljeve, kao što je koks ili ugljeve siromašne isparljivim sastojcima, kao što je antracit.

Kod upotrebe goriva bogatih isparljivim sastojcima, u ovom sistemu, dolazi do velikih gubitaka u dimnim gasovima. Kvalitet dobivenog cementa u vertikalnim pećima uvek je niži od kvaliteta cementa dobivenog iz rotacionih peći, pa se stoga o ovim pećima neće dalje govoriti.

Sinter trake su nova dostignuća u proizvodnji cementa. Ovaj sistem, takođe, zahteva ugljeve sa malim procentom isparljivih sastojaka. Kako još nema dovoljno iskustva u radu, sa ovim uređajima, to se i sa njima nećemo baviti.

Ograničićemo se, dakle, samo na rotacione peći, pošto se one u svetu najviše upotrebljavaju i kvalitet cementa dobiven iz njih za sada je najbolji, a što je najvažnije, mogu se koristiti sve vrste sirovina i sve vrste goriva koje stoje na raspoloženju.

Pošto peć troši oko 85% ukupne toplote potrebne za proizvodnju cementa, to težište pokušaja ušteda treba ovde usmeriti. Da bi se, pak, moglo ustanoviti gde i kako se uštede mogu postići, potrebno je napraviti toplotni bilans pečenja klinkera.

Kod izrade toplotnog bilansa peći polazi se od potpuno suvog homogeniziranog brašna kao sirovine i goriva pripremljenog za unošenje u peć. Da bi se učinio toplotni bilans rotacione peći, potrebno je da se prethodno upozna način rada jedne takve peći i proces koji se u njoj zbiva.

Rotaciona peć je cilinder ili bolje reći cilindrična cev koja rotira pod aksialnim nagibom 3—5%. Materijal se uvodi u peć sa jedne strane i usled rotacije peći i nagiba kreće se prema drugom kraju peći. Gorivo koje može biti čvrsto (ugljena prašina), tečno ili gasovito uvodi se sa drugog kraja peći i usled promaje putuje u susret materijalu.

Prema temperaturama koje vladaju u pojedinim delovima peći i procesima koji se na tim temperaturama zbivaju, peć se deli u zone:

— I zona sušenja je zona, gde se materijal zagreva do 450—500° C i u kojoj se prvo, na temperaturi 100—200° C materijal oslobađa mehaničke vlage, potom se gubi i voda koja je u glini hemijski vezana i najzad se vrši zagrevanje gline.

— II zona kalcinacije je zona u kojoj se materijal zagreva do 900—1.000° C, i gde se vrši kalcinacija, tj. razlaganje prvo magnezijum karbonata, a potom kalcijum karbonata

$$MgCO_3 = MgO + CO_2$$
$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

— III zona je zona sinterovanja u kojoj se materijal zagreva na temperaturu 1.400 do 1.450° C i gde se CaO, stvoren u zoni II, jedini sa oksidima silicijuma, aluminijuma i gvožđa i obrazuju se dikalcijum-silikati, trikalcijum-silikati, trikalcijumaluminati i tetrakalcijumaluminatferiti koji sačinjavaju klinker.

$$\alpha - CS + CaO = \beta - C_2S$$
$$- 7{,}7 \text{ kcal/mol}$$
$$\beta - C_2S + CaO = C_3S$$
$$+ 0{,}64 \text{ kcal/mol}$$
$$C_3S + 4\%\ C_3A = \text{Alit}$$
$$- 4{,}8 \text{ kcal/mol}$$

Procesi sušenje i disocijacija su endotermni tj. troše toplotnu energiju, dok su procesi jedinjenja CaO sa ostalim oksidima egzotermni tj. oslobađaju toplotnu energiju i podižu temperaturu peći.

Načiniti toplotni bilans nekog procesa znači izravnati količinu toplote, koja se u proces uvodi sa količinom toplote, koja se potroši u samom procesu i toplote koja se prilikom procesa izgubi.

Količina toplote, koja se uvodi u peći za pečenje klinkera, dobija se sagorevanjem određene količine goriva. Ovu količinu toplote obeležićemo sa Q kcal.

Količina toplote, koja se u procesu troši, sastoji se iz:

— Toplote, potrebne za stvaranje klinkera iz suvog sirovog brašna, odnosno za vršenje raznih hemijskih reakcija, koje, kako smo videli, mogu da budu endotermne i egzotermne, tj. pri kojima se toplota troši i pri kojima se toplota oslobađa. Radi lakšeg računa ovaj proces je uzet čisto teorijski, tj. sa produktima provedene reakcije svedenim na 20° C, pa se zato u literaturi i naziva teorijska količina toplote potrebna za stvaranje klinkera ili idealni proces pečenja klinkera.

Ova količina toplote zavisi samo od hemijskog sastava sirovog brašna. Obeležićemo je sa Q_{kl} kcal.

— Toplote, koja se prilikom procesa gubi, a koja delimično zavisi od postupka sagorevanja, delimično od konstrukcije peći i opterećenja. Ovi gubici se mogu podeliti u:

— g u b i t k e u d i m n i m g a s o v i m a, čija temperatura nije 20° C, kako je napred uzeto u teorijskoj toploti potrebnoj za stvaranje klinkera, već znatno veća i može se, u zavisnosti od konstrukcije peći, kretati i do 500° C.

Ova količina toplote koju ćemo obeležiti sa Q_{dg} kcal zavisi od:

— količine dimnih gasova i
— temperature dimnih gasova na izlazu iz peći.

Količina dimnih gasova sastoji se iz dimnih gasova koji nastaju sagorevanjem goriva i koja zavisi od hemijskog sastava goriva, a čiju količinu toplote ćemo obeležiti sa Q_{dgG} i dimnih gasova koji potiču od vode i ugljene kiseline sadržane u sastavu sirovine i čije ćemo količine toplote obeležiti sa Q_{dgS} odnosno Q_{dgSW} i Q_{dgSC}

— g u b i t a k t o p l o t e k o j u s o b o m n o s i k l i n k e r pri izlazu iz peći, odnosno iz hladnjaka i čija temperatura praktično

Tablica 1

Toplotni bilans pečenja klinkera po idealnom procesu sagorevanja

	Kühl i Knothe	Eitel i Schwiete	Elsner i V.Gronow	Zur Strassen	Ausehn	Gygi	Ausehn (sin)	Schwiete i Ziegler
	1915.	1932.	1936.	1941.	1950.	1952.	1954.	1956.
Zagrevanje komponente gline na 450° (500°) C			+ 44	+ 43	+ 45	+ 38,7		+ 43,2
Zagrevanje komponente krečnjaka na 450° (500°) C	+ 130	+ 160	+ 125	+ 125	+ 147,8	+ 136,3	+ 192,6	+ 125,2
Razlaganje gline na 450° (500°) C	+ 19	+ 34	+ 56	+ 56	+ 40,6	+ 35,6	+ 40,6	+ 66,8
Razlaganje $MgCO_3$ na 500° C	—	—	—	—	+ 9,8	—	+ 9,8	—
Zagrevanje komponente gline na 900° C			+ 43	+ 43	+ 27,1	+ 39,8		+ 43
Zagrevanje komponente krečnjaka na 900° C	+ 156	+ 160	150	+ 151	+ 103,1	+ 156,5	+ 129,9	+ 150,3
Razlaganje krečnjaka na 900° C	+ 501	+ 501	+ 466	+ 466	+ 474	+ 483	+ 458	+ 461
Preobražaj metakaolina			— 16	— 16	— 11,3		— 11,3	— 14,8
Razlaganje komponente gline na 1400° (1450°) C			+ 49	+ 49	+ 60,6	+ 45,3		+ 49,6
Razlaganje krečnjaka na 1400° (1450°) C	+ 103	+ 155	+ 75	+ 75	+ 100,7	+ 77,7	+ 161,1	+ 74,7
Stvaranje sinterotopine	— 20	— 100	+ 22	+ 22	+ 27,5	+ 76,8	+ 25,8	— 65,2
Stvaranje klinkera			— 119	— 99	— 97,0		— 103	
Hlađenje klinkera na 20° (0°) C	— 281	— 365	— 360	— 360	— 354	— 366	— 354,4	— 360
Hlađenje ugljene kiseline na 20° (0°) C	— 97	— 120	— 117	— 117	— 124	— 124	— 111,0	— 117
Hlađenje kondenzacije vode na 20° (0°) C	— 24	— 8	— 28	— 7	— 20,9	— 17	— 20,9	— 28
Ukupno	+ 487	+ 437	+ 390	+ 431	+ 429	+ 429,5	+ 417,2	+ 428,6

nije 20° C, već se u zavisnosti od vrste hladnjaka kreće od 60—300° C. Ovu količinu toplote ćemo obeležiti sa Q_{hl} kcal i najzad

— gubitak toplote koji nastaje usled zračenja peći i u provodnicima. Količina ove toplote obeležena je sa Q_{zr} kcal.

Prema tome opšti obrazac toplotnog bilansa biće:

$$Q = Q_{kl} + Q_{dg} + Q_{hl} + Q_{zr} \quad (1)$$

ili još detaljnije

$$Q = Q_{klend} + Q_{klex} + Q_{dgG} + Q_{dgSC} + Q_{dgSW} + Q_{hl} + Q_{zr} \quad (2)$$

Da bi se toplotni bilans mogao sastaviti potrebno je izračunati svaki od ovih članova.

Količinu toplote Q može proizvesti količina goriva date kalorične vrednosti H_u.

Ako je poznat hemijski sastav goriva dat u procentima i ako je to, recimo, ugalj sastava:

C kg ugljenika	S kg sumpora
H kg vodonika	W kg vode
O kg kiseonika	A kg pepela

onda će donja kalorična vrednost toga goriva biti:

$H_u = 8.100\ C + 29.000\ (H - 0/8) + 2.500\ S - 600\ W$ kcal/kg, pa je za dobijanje Q kcal toplote potrebno

$$G = \frac{Q}{H_u} \text{ kg goriva.}$$

Teorijsku količinu toplote potrebnu za stvaranje klinkera Q kcal odredili su razni autori u raznim periodima vremena. Ti rezultati, sređeni po godinama i autorima, dati su u tablici 1. Razlike u dobijenim rezultatima dolaze usled toga, što su razni autori radili pojedine reakcije na raznim temperaturama, što su starija ispitivanja rađena samo sa komponentom gline, dok su kasnije autori radili sa sastavnim delovima gline, kaolinitom, montmorilonitom, ilitom itd. Najzad, jasno je da i sastav sirovina ima veliki uticaj na rezultat. Iz svega izlazi, da se ova količina toplote ne može uzeti kao opšta vrednost za svaki slučaj, kako se to obično daje u literaturi, već za svaku fabriku cementa treba izvršiti poseban proračun, pošto ova količina toplote zavisi od specifičnih uslova. Proračun za ovu količinu toplote dao je Žur Strassen 1957. godine i razradio ga je prema procesima koji se dešavaju u peći.

Sastav klinkera može se napisati opštom formulom (bez alkalija).

$$sxSiO_2 + axAl_2O_3 + fxFe_2O_3 + cxCaO + m \times MgO + R = 100 \quad (3)$$

gde je s procenat SiO_2, a procenat gline, f procenat gvožđa oksida Fe_2O_3, c procenat CaO, m procenat MgO.

Ovi koeficijenti mogu se dalje razložiti:

$$Al_2O_3 = (Al_2O_3)_k + (Al_2O_3)_m + (Al_2O_3)_i + (Al_2O_3)_o$$

$$CaO = (CaO)_c + (CaO)_o$$

$$MgO = (MgO)_c + (MgO)_o$$

gde su (Al_2O_3) k, (Al_2O_3) m i (Al_2O_3) i pojedine sastavne komponente gline, kaolinit, montmorilonit i ilit, $(CaO)_c$ i $(MgO)_c$ delovi koji vode poreklo iz karbonata i $(Al_2O_3)_o$ $(CaO)_o$ i $(MgO)_o$ delovi koji se kao oksidi računaju bez dodatka toplote i uglavnom vode poreklo iz pepela uglja i iz gline. Tačno određivanje veličine $(CaO)_c$ i $(MgO)_c$ vrši se preko CO_2 u sirovom brašnu.

Određivanje toplote potrebne za razlaganje gline.

Za određivanje ove toplote poslužiće sledeća tablica u kojoj su dati sastavi pojedinih komponenata gline.

Tablica 2

Hemijski sastav gline,
(analize Schwiete und Ziegler)

	Kaolinit	Montmorilonit	Ilit
$H_2O > 100°$	12,93	6,18	7,05
SiO_2	46,65	60,80	56,17
Al_2O_3	38,83	22,19	19,75
Fe_2O_3	0,59	4,10	5,22
TiO_2	0,10	0,22	0,97
CaO	0,11	0,28	2,87
MgO	0,29	2,78	1,87
K_2O	0,29	0,11	4,46
Na_2O	0,10	2,17	0,61
SO_3	0,17	0,74	1,37

U tablici 3 dati su toplotni efekti gline u cal/g.

Tablica 3

Toplotni efekti gline u cal/g.

	Kaolinit	Montmorilonit	Ilit
Toplota dehidratacije	+ 186	+ 58,5	+ 43,2
Isparavanje hidratne vode	+ 75,8	+ 36,1	+ 41,3
Egzotermni efekat u odnosu na α — korund i ß — kvarc	— 47,6	— 40,3	— 36,6
Korektura egzotermnog efekta pomoću K—, Na—, Ca— i Mg silikata	+ 2,6	+ 21,2	+ 35,1
Ukupni toplotni efekat:	+ 216,8	+ 75,5	+ 83

Iz ovih dveju tablica mogu se lako naći toplotni efekti pri razlaganju gline Q_{kaol}, Q_{mont}, i Q_{ilit} ako izračunamo toplotni efekat u odnosu na 1% Al_2O_3, on će iznositi:

za kaolinit 216,8 : 38,83 = 5,583
za montmorilonit 75,5 : 22,19 = 3,402.
za ilit 83,0 : 19,75 = 4,202

Prema tome, toplotni efekat gline biće:

$$Q_{gline} = 5{,}583\ (Al_2O_3)_k + 3{,}402\ (Al_2O_3)_m + 4{,}202\ (Al_2O_3)_i \quad (4)$$

Ako se za glinu ne mogu naći pojedine komponente može se računati sa srednjom vrednošću.

$$\frac{5{,}583 + 3{,}402 + 4{,}202}{3} = 4{,}11$$

pa je $Q_{gl} = 4{,}11\ (Al_2O_3)_{gl}$ (5)

Određivanje toplote potrebne za razlaganje karbonata.

Za količinu toplote disocijacije $CaCO_3$ u poslednje vreme postoje sledeći podaci:

Po Roth-u 42,45 + 0,05 kcal/mol = = 424,1 cal/g
Po Roth-u 42,31 + 0,08 kcal/mol = = 422,7 cal/g
Po Schweite i Ziegleru 42,24 + 0,05 kcal/mol = = 422,0 cal/g

Ovo su tačne vrednosti i može se sa sigurnošću računati sa tačnošću ± 1 kcal/kg klinkera.

Kod $MgCO_3$ određivanje gline nije tako tačno, jer u literaturi postoje podaci od 284 cal/g, 310 cal/g i 324 cal/g. Međutim, zbog malog učešća magnezijum karbonata u klinkeru ovde se može računati sa nesigurnošću od ± 0,5 kcal/kg klinkera.

Razlaganje kalcijumkarbonata u CaO i CO_2 vrši se na sledeći način:

$$Ca\ C\ O_3 = Ca\ O + C\ O_2$$
$$40 + 12 + 48 = (40 + 16) + (12 + 32)$$

100 delova $CaCO_3$ = 56 CaO + 44 CO_2

Znači da u karbonatu ima 56% CaO odnosno toplotni efekat po 1% CaO biće

$$422 : 56 = 7{,}532.$$

Za $MgCO_3$ biće:

$$Mg\ C\ O_3 = Mg\ O + C\ O_2$$
$$24{,}2 + 12 + 48 = (24{,}2 + 16) + 12 + 32)$$

84,2 $MgCO_3$ = 40,2 MgO + 44 CO_2

što znači, da u karbonatu ima 47,63% MgO odnosno toplotni efekat po 1% MgO biće:

310 : 47,63 što je ravno 6,484.

Prema tome, ukupni toplotni efekat razlaganja karbonata biće:

$$Q_{kar} = 7{,}532\ (CaO)_c + 6{,}484\ (MgO)_c \quad (6)$$

Egzotermni efekat stvaranja klinkera

Egzotermni efekat stvaranja klinkera računa se iz toplote obrazovanja klinker minerala prema Bogue-ovoj formuli iz analize klinkera.

$$Q_{ex} = Q_{C_2S} + Q_{C_3S} + Q_{C_3A} + Q_{C_4AF} \quad (7)$$

Entalpiju reakcije stvaranja klinkera računali su mnogi autori Evrope i Amerike i u proseku ona izgleda:

silikatna faza trikalcijumsilikata i dikalcijumsilikata:

C_3S = 28,81 kcal/mol. odnosno 126,2 cal/g
β — C_2S = 29,45 kcal/mol. odnosno 171,0 cal/g

— aluminatna faza, trikalcijumaluminata i tetrakalcijumaluminatferita:

C_3A = 1,0 kcal/mol. odnosno 3,7 cal/g
C_4AF = 9,77 kcal/mol. odnosno 20,1 cal/g.

Uvrstimo li ove vrednosti u jednačinu 7, samo umesto u cal/g u cal/100 gr, dobiće se:

$$Q_{ex} = -1{,}262 \times \%\ C_3S - 1{,}710 \times \%\ C_2S - 0{,}037 \times \times \%\ C_3A - 0{,}201 \times \%\ C_4AF$$

Stavimo li umesto % minerala vrednosti iz Bogue-ove formule koja glasi:

$$C_3S = 4{,}071\ CaO - 7{,}6024\ SiO_2 - 1{,}4297\ Fe_2O_3 - 6{,}7187\ Al_2O_3$$

$$C_2S = 8{,}603\ SiO_2 + 1{,}0785\ Fe_2O_3 + 5{,}0683\ Al_2O_3 - 3{,}071\ CaO$$

$$C_3A = 2{,}6504\ Al_2O_3 - 1{,}6920\ Fe_2O_3$$

$$C_4AF = 3{,}0432\ Fe_2O_3$$

i zamenimo li ove oznake oznakama datim u jednačini 3 dobićemo:

$$\begin{aligned} Q_{ex} = &-1{,}262 \times 4{,}071\ CaO + 1{,}262 \times 7{,}603\ SiO_2 + \\ &+ 1{,}262 \times 6{,}719\ Al_2O_3 + 1{,}262 \times 1{,}430\ Fe_2O_3 \\ &+ 1{,}710 \times 3{,}071\ CaO - 1{,}710 \times 8{,}603\ SiO_2 - \\ &- 1{,}710 \times 5{,}068 Al_2O_3 - 1{,}710 \times 1{,}079 Fe_2O_3 - \\ &- 0{,}057 \times 2{,}650\ Al_2O_3 - 0{,}037 \times 2{,}650\ Al_2O_3 \\ &+ 0{,}037 \times 1{,}692\ Fe_2O_3 - 0{,}201 \times 3{,}043\ Fe_2O_3 \end{aligned}$$

Ako saberemo ovu jednačiu dobićemo:

$$Q_{ex} = 0{,}114\ CaO - 5{,}116\ SiO_2 - 0{,}286\ Al_2O_3 - 0{,}589\ Fe_2O_3 \quad (8)$$

Sada možemo sabrati sve ove toplotne efekte, jednačina 4,6 i 8 i dobićemo teorijsku potrebnu količinu toplote za stvaranje klinkera:

$$\begin{aligned} Q_{kl} = Q_{gline} + Q_{kar} + O_{exterm} = &5{,}583\ (Al_2O_3)_k + \\ &+ 3{,}402\ (Al_2O_3)_m + 4{,}202\ (Al_2O_3)_l + \\ &+ 7{,}532\ (CaO)_c + 6{,}484\ (MgO)_c + 0{,}114\ CaO - \\ &- 5{,}116\ SiO_2 - 0{,}286\ Al_2O_3 - 0{,}589\ Fe_2O_3 \quad (9) \end{aligned}$$

Koeficijente CaO i Al_2O_3 u ovoj jednačini zamenimo kao i napred sa $CaO = (CaO)_c + (CaO)_o$

$$Al_2O_3 = (Al_2O_3)_k + (Al_2O_3)_m + (Al_2O_3)_l\ (Al_2O_3)_l$$

i saberemo jednorodne članove, dobićemo:

$$\begin{aligned} Q_{kl} = &7{,}646\ (CaO)_c + 0{,}114\ (CaO)_o + 6{,}484\ (MgO)_c \\ &+ 5{,}297\ (Al_2O_3)_k + 3{,}116\ (Al_2O_3)_m + 3{,}916 \\ &(Al_2O_3)_l - 0{,}286\ (Al_2O_3)_o - 5{,}116\ (SiO_2) - \\ &- 0{,}589\ Fe_2O_3 \quad (10) \end{aligned}$$

Pošto u ovoj jednačini članovi (Al_2O_3) i $(CaO)_o$ uglavnom nemaju nekog većeg uticaja, to ako ih zamenimo, nećemo učiniti veću grešku od 0,1 kcal/kg klinkera. Dalje, ako umesto članova $(Al_2O_3)_k$ $(Al_2O_3)_m$ i (Al_2O_3) uzmemo srednju vrednost

$$(Al_2O_3)_{gl} = \frac{(Al_2O_3)_k + (Al_2O_3)_m + (Al_2O_3)_l}{3}$$

dobićemo definitivnu jednačinu:

$$Q_{kl} = 7{,}646\ (CaO)_c + 6{,}484\ (MgO)_c + 4{,}110\ (Al_2O_3)_{gl} - 5{,}116\ SiO_2 - 0{,}589\ Fe_2O_3 \quad (11)$$

koja predstavlja teorijsku količinu toplote potrebnu za stvaranje klinkera u idealnom procesu bez uticaja alkalija.

Želimo li da uvedemo i uticaj alkalija, to je Zur Strassen dao sledeće obrasce:

$$Q_{sulf.} = -20\left[(Na_2SO_4)_{kl} + (Na_2SO_4)_{pr} - (Na_2SO_4)_{sbr}\right] \text{ kcal/kg kl} \quad (12)$$

ili

$$Q_{al} = -25{,}8\left[(Na_2O)_{sbr} - Na_2O)_{kl}\right] - 17\left[(K_2O)_{sbr}\ (K_0O)_k\right] + 20\left[(H_2SO_4)_{sbr} - (H_2SO_4)_{kl}\right] \quad (13)$$

već prema tome koje analize imamo i gde su oznake kl, pr i sbr u klinkeru, letećoj prašini i sirovom brašnu.

Količina toplote koja se gubi s dimnim gasovima O_{dg}.— Ovu količinu toplote delimo na:

— količinu toplote koju sobom nose dimni gasovi, a koja potiče iz goriva i koju obeležavamo sa Q_{dgG}.

Da bismo mogli odrediti ovu količinu toplote potrebno je prvo odrediti količinu dimnih gasova.

Pri sagorevanju goriva nastaju sledeće reakcije:

$$C + O = CO_2$$
$$12 + 32 = 44$$

Dakle, C kg ugljenika zahteva za sagorevanje 8/3 C kg kiseonika.

$$H_2 + O = H_2O$$
$$2 + 16 = 18$$

H kg vodonika zahteva za sagorevanje 8 H kg kiseonika. U uglju je sadržano O kg kiseonika, dakle, potrebno je (8 H—O) kiseonika.

$$S + O_2 = SO_2$$
$$32 + 32 = 64$$

Dakle, S kg sumpora zahteva za sagorevanje S kg kiseonika.

Prema tome, 1 kg uglja zahteva za sagorevanje teorijski 8/3 C + 8 H — O + S kg kiseonika.

Kako 1 kg vazduha sadrži 0,23 kg kiseonika + 0,77 azota i ostalih elemenata, to će potrebna količina vazduha biti:

$$L = \frac{8/3\,C + 8\,H - O + S}{0{,}23} = 11.6\,C + 34{,}78\,H - 4{,}35\,O + 4{,}35\,S \text{ kg vazduha}$$

Kg uglja proizvodi teorijski dimnih gasova

$$DG = 1 + L \text{ kg}.$$

Pošto se sagorevanje goriva nikad ne vrši sa teorijski potrebnom količinom vazduha, već se uvek ide sa izvesnim viškom vazduha koji ćemo obeležiti sa n, a koji zavisi od goriva, to će stvarna količina dimnih gasova koji potiču iz goriva biti:

$$DG = 1 + n \cdot L$$

odnosno, pošto za 1 kg klinkera količina goriva zavisi od toplotne moći goriva i iznosi $G = \frac{Q}{H_u}$ to će ukupna količina dimnih gasova biti

$$DG = \frac{Q}{H_u}[1 + n\,(11{,}6\,C + 34{,}78\,H - 4{,}35\,O + 4{,}35\,S)]$$

Sadržaj toplote koju sobom nosi kg dimnog gasa $= 0{,}23 + 0{,}00005 \times t$, gde je t temperatura dimnih gasova na izlazu peći.

Sa ovim podacima možemo lako izračunati gubitak Q_{dgG} i on iznosi

$$Q_{dgG} = \frac{[Q}{H_u}[1 + n\,(11{,}6\,C + 34{,}78\,H - 4{,}35\,O + 4{,}35\,S)]\,[0{,}23 + 0{,}00005\,(t - t_v)]\,(t - t_v) \quad (14)$$

gde je t_v temperatura okolnog vazduha i uzima se $t_v = 20°$ C.

Iz ove jednačine vidimo da se za određeno gorivo ovaj gubitak može smanjiti samo smanjenjem temperature dimnih gasova.

Isto tako vidimo da se ovaj gubitak može znatno smanjiti promenom goriva.

— Količina toplote koja se gubi sa dimnim gasovima, koje stvaraju CO_2 i H_2O iz sirovog materijala.

Pretpostavimo da 1 kg sirovog brašna sadrži Ca kg kalcijum karbonata ($CaCO_3$)
1 kg sirovog brašna sadrži W kg vode
1 kg klinkera treba r kg sirovog brašna
pa će za 1 kg klinkera biti potrebno

$r \times C_a \times 0{,}44$ kg

ugljene kiseline iz sirovog brašna

$r \times W \times$ kg vode.

Ako znamo, pri tome, da specifična toplota iznosi:

specifična toplota ugljene kiseline $0{,}19 + 0{,}00011 \times t$, a

specifična toplota vode $0{,}42 + 0{,}000185\,t$

onda će ovaj gubitak biti na temperaturi izlaznih gasova t: za ugljenu kiselinu:

$$Q_{dgSC} = r \times Ca\ 0{,}44\,[0{,}19 + 0{,}00011\,(t - t_v)]\,(t - t_v) \text{ kcal/kg kl} \quad (15)$$

za vodu:

Za isparenje vode: $r \times W \times 636$ kgcal/kg klin. i za pregrevanje ove vode do temperature t

$r \times W\,[0{,}42 + 0{,}000185\,(t - 100)]\,(t - 100)$

odnosno ukupan gubitak biće:

$$Q_{dgSW} = rW\{636 + [0{,}42 + 0{,}000185\,(t - 100)]\,(t - 100)\} \text{ kgcal/kgkl} \quad (16)$$

Iz ovih jednačina vidi se da gubici zavise od temperature dimnih gasova, a ova opet od vrste peći, od primenjenog procesa, tj. od količine vode koju uvodimo sa sirovim brašnom. Za suvi postupak se uzima 10—14%; izuzetak čini Humboltov postupak kod koga se uvodi sirovo brašno sa 1% vode, dok se za mokri postupak uzima 36% vode.

Količina toplote koja se gubi sa toplim klinkerom,

— Klinker kad napušta hladnjak ima nešto veću temperaturu nego ona sa kojom se ovde računa. Specifična toplota klinkera je $0{,}181 + 0{,}000071\,t$, gde je t temperatura klinkera.

Prema tome biće:

$$Q_{kl} = 1\,[0{,}181 + 0{,}000071\,(t_{kl} - t_v)]\,(t_{kl} - t_v) \quad (17)$$

Količina toplote koja se gubi zračenjem Q_{zr}

Ova količina toplote se računa empirijski i obično se uzima $Q_{zr} = 0{,}2\,Q$ (18)

Međutim, pošto do ovog momenta nemamo, Q, njegova vrednost računa se iz zbira prethodnih gubitaka

$$\Sigma Q + 0{,}2\,Q = Q$$

$$Q_{zr} = \frac{\Sigma Q}{0{,}8} \times 0{,}2 = 0{,}25 \times \Sigma Q.$$

Prema tome ukupni termički bilans biće:

— potrebna količina toplote za stvaranje klinkera:

$Q_{kl} = 7{,}646\,(CaO)_c + 6{,}484\,(MgO)_c + 4{,}11\,(Al_2O_3)_{gl} + 5{,}116\,SiO_2 - 0{,}589\,Fe_2O_3$ — (jednačina 12 ili 13).

— gubitak na dimnim gasovima:

a) koji potiču iz goriva:

$$Q_{dgG} = G\,[1 + n\,(11{,}6C + 34{,}78\,H - 4{,}35\,O + 4{,}35S)]\,[0{,}23 + 0{,}00005 \times (t - 20)]\,(t - 20)$$

b) koji potiču iz ugljene kiseline iz sirovog brašna:

$$Q_{dgSC} = 1 \times C\alpha \times 0{,}44\,[0{,}19 + 0{,}00011\,(t - 20)]\,(t - 20)$$

c) koji potiču iz vode iz sirovog brašna:

$$Q_{dgSW} = r \times W\{636 + [0{,}42 + 0{,}000185\,(t - 100)]\,(t - 100)\}$$

— Gubitak na toploti koju sobom nosi klinker:

$$Q_{hl} = [0{,}181 + 0{,}000071\,(t_{kl} - 20)]\,(t_{kl} - 20)$$

— Gubitak na toploti zračenja:

$$Q_{zr} = 2{,}0\,Q = 0{,}25\,\Sigma \text{ prethodnih } Q.$$

Zbir svih ovih količina toplote mora da bude jednak količini toplote koja se unosi u proces

$$Q = G\,Hu \text{ kg cal/kg klinkera.}$$

Da bi primena ovih formula bila jasnija uzećemo primere:

Kao gorivo upotrebićemo mrki ugalj osušen na 16% vlažnosti i kameni ugalj, i sirovo brašno čiji sastav je dat u tablicama 5 i 6.

Da bismo mogli sastaviti bilans potrebno je odrediti sve koeficijente koji se pojavljuju u prethodnim formulama.

Počećemo od koeficijenata koji se nalaze u Q_{kl} i koji se određuju iz prednjih tabela. Ovi koeficijenti treba da budu dati u g/100 g klinkera.

Potrebna količina sirovog brašna određuje se iz gubitaka žarenjem.

Iz tablice 5 ukupni gubici žarenjem biće:

0,3346 kg × CO_2
0,0187 kg × H_2O

Ukupno: 0,3533 kg što znači da na 1 kg brašna dolazi 1 — 0,3533 = 0,6467 kg klinkera, odnosno za dobijanje 1 kg klinkera potrebno je:

r = 1 : 0,6467 = 1,546 kg sirovog brašna.

Tablica 4

Analiza goriva

	Mrki ugalj (Banovići)	Kameni ugalj
Hu kcal na 105°	5.200	7.200
Voda %	20	2
Pepeo %	18	2
C %	53	78
H %	4	4
S %	1	1
O %	6	4

Tablica 5

Analiza sirovog brašna i klinkera

	Sirovo brašno	Klinker
SiO_2	13,60	22,12
Al_2O_3	3.15	5,83
TiO_2	0,24	0,37
Fe_2O_3	1,67	3,00
CaO	42,79	65.88
MgO	0,27	1,11
K_2O	0,71	0,80
Na_2O	0,19	0,21
SO_3	0,45	0,63
CO_2	33,46	—
H_2O	1,87	—
C organsko	0,26	—
ostatak	0,29	—
neodređeno		0,05
CaO slobodan		0,32

Tablica 6

Analiza sirovog brašna i klinkera

	Na_2O	K_2O	SO_3
Sirovo brašno	+ 0,30	+ 1,10	+ 0,70
Gorivo	+ 0,03	+ 0,07	+ 0,81
Klinker	— 0,21	— 0,80	— 0,63
Leteća prašina	— 0,015	— 0,17	— 0,13
Gubitak	— 0,105	— 0,20	— 0,75

Na 100 gr klinkera treba:

r = 154,6 g brašna.

Koeficijent $(CaO)_c$ računa se preko CO_2 i pošto u sirovom brašnu ima 33,46% CO_2

onda će obzirom da $CaO : CO_2$ stoji u odnosu 56 : 44 za 154,6 g brašna biti:

$$(CaO)_c = \frac{33,46 \times 154,6 \times 56}{44 \times 100} = 66,05$$

Pošto smo uzeli da sav CaO dolazi iz $CaCO_3$ to je $(MgO)_c = 0$.

Komponentu $(Al_2O_3)_{gl}$ dobićemo iz Al_2O_3 sirovog brašna (3,15%) iz čega izlazi da je

$$(Al_2O_3)_{gl} = \frac{3,15 \times 154,6}{100} = 4,870$$

Koeficijente SiO_2 i Fe_2O_3 uzećemo neposredno iz hemijskog sastava klinkera:

$$SiO_2 = 22,12 \text{ a } Fe_2O_3 = 3,00$$

Iz bilansa alkalija i SO_3 uzećemo koeficijente

$$(Na_2SO_4)_{sbr} = 0,70$$
$$(Na_2SO_4)_{kl} = 0,63$$
$$(Na_2SO_4)_{pr} = 0,13$$

Sad imamo sve podatke za razradu primera:

I primer. — Potrebno je izračunati bilans za suvi postupak dugačke rotacione peći bez rekuperacije toplote i sa hladnjakom u obliku satelita.

Temperatura dimnih gasova t = 500° C.

Temperatura klinkera pri izlazu iz hladnjaka t_{kl} = 300° C. Sadržaj vode u sirovom brašnu W_s = 12%.

Sa ovim procentom vlage količina vode na 1 kg suvog brašna biće:

$$W = \frac{w_s - w_r}{100 - w_s} = \frac{12}{100 - 12} = 13,6 \text{ kg}$$

Suvišak vazduha biće N = 1,2.

Potrebnu količinu goriva $G = \frac{Q}{Hu}$

Toplotni bilans:

Količina toplote potrebna za stvaranje klinkera:

$$Q_{kl} = 7,646 \times 66,05 + 4,11 \times 4,87 - 5,116 \times 22,12 - 0,589 \times 3 - 20\ (0,63 + 0,13 - 0,70) = 410,1 - 1,2 = \ldots\ 408,9$$

Gubitak toplote koju sobom nose dimni gasovi koji potiču iz ugljene kiseline iz sirovog brašna:

$$Q_{dgsc} = 1,546 \times 0,7604 \times 0,44\ (0,19 + 0,00011 \times 480) \times 480 = 0,517 \times 116 = \ldots\ 60,3$$

Gubitak toplote koju sobom nose dimni gasovi koji potiču od vode i sirovog brašna:

$$Q_{dgsw} = 1,546 \times 0,136\ [636 + (0,42 + 0,000185 \times 400)\ 400] = 0,2\ (636 + 200) = 0,2 \times 836 = \ldots\ 167,2$$

Gubitak toplote koju sobom nosi klinker:

$$Q_{hl} = (0,181 + 0,000071 \times 280)\ 280 = \ldots\ 56$$

$$\Sigma Q = 692,4$$

Gubitak toplote koju sobom nose dimni gasovi koji potiču iz goriva:

$$Q_{dgG} = G[1 + 1,2\ (11,6 \times 0,53 + 34,78 \times 0,04 - 4,35 \times 0,06 + 4,35 \times 0,01)] \times (0,23 + 0,00005 \times 480)\ 480 = G \times 9,785 \times 122 = 1194\ G = 1194 \times 0,233 = \ldots\ 278,2$$

$$Q = 1194 \frac{Q}{Hu} + 0,2\ Q + Q \quad Q = \frac{\Sigma Q}{0,57} = \frac{692,4}{0,57} = 1215$$

$$G = \frac{Q}{Hu} = \frac{1215}{5200} = 0,233$$

Gubitak toplote na zračenje:

$$Q_{zr} = 0,2\ Q = 0,2 \times 1215 \ldots\ 244$$

Ukupna količina toplote potrebna za stvaranje 1 kg klinkera biće:

kcal 1.214,6

II primer. — Uzećemo istu sirovinu, isto gorivo, istu vrstu rotacione peći, samo savremeniju sa iskorišćenjem toplote dimnih gasova, tako da njihova temperatura na izlazu iz peći iznosi t = 300 C i sa hladnjakom tipa Fuller u kome se klinker ohladi na temperaturu t = 80° C.

Toplotni bilans:

Količina toplote potrebna za ostvarenje klinkera.

Za istu sirovinu biće ista kao u primeru I: 40,89

Gubitak toplote koju sobom nose dimni gasovi koji potiču od ugljene kiseline iz sirovine:

$Q_{dgsc} = 1{,}546 \times 0{,}7604 \times 0{,}44\,(0{,}19 + 0{,}00011 \times \times 280)\,280 =$ 31,9

Gubitak toplote koju sobom nose dimni gasovi koji potiču od vode iz sirovine:

$Q_{dgw} = 1{,}546 \times 0{,}136\,[636 + (0{,}42 + 0{,}000185 \times \times 200) \times 200] = 0{,}2 \times 727{,}4 =$ 145,5

Gubitak toplote koju sobom nosi klinker:

$Q_{hl} = (0{,}181 + 0{,}000071 \times 60)\,60 =$ 11

$\Sigma Q = 600$

Gubitak toplote koju sobom nose dimni gasovi koji potiču od goriva:

$Q_{dgG} = G \times 9{,}785\,(0{,}23 + 0{,}00005 \times 280).\ 280 = = 9{,}785 \times 65{,}52 \times G = 641 \times G = 641 \times \times 0{,}170 =$ 109

$$\Sigma Q + 641 \times \frac{Q}{5200} + 0{,}2\,Q = Q$$

$$Q = \frac{\Sigma Q}{0{,}677} = \frac{600}{0{,}677} = 886$$

$$G = \frac{886}{5200} = 0{,}170$$

Gubitak na zračenje:

$Q_{zr} = 0{,}2 \times 886 =$ 177

Ukupna količina toplote potrebna za stvaranje 1 kg klinkera:

kcal 886

III primer. — Uzećemo isto gorivo, istu peć, istu sirovinu, samo mokri postupak, dakle:

W_s = 0,36% W = 0,56 kg/kg suvog brašna.

Toplotni bilans:

Količina toplote potrebna za stvaranje klinkera:

Za istu sirovinu ostaje nepromenjena

$Q_{kl} =$ 408,9

Gubitak toplote koju sobom nose dimni gasovi koji potiču od ugljene kiseline iz sirovine:

Q_{dgsw} = isto kao napred 31,9

Gubitak toplote koju sobom nose dimni gasovi koji potiču od vode iz sirovine

$Q_{dgsw} = 1{,}546 \times 0{,}56 \times 727{,}4 =$ 630

Gubitak toplote koju sobom nosi klinker:

Q_{kl} = isto kao napred 11

$\Sigma Q = 1.082$

Gubitak na dimnim gasovima koji potiče od goriva:

$Q_{dgG} = 641\ G = 641 \times 0{,}308$ 198

$$Q = \frac{\Sigma Q}{0{,}677} = 1600 \qquad G = \frac{1600}{5200} = 0{,}308$$

Gubitak na zračenje.

$Q_{zr} = 0{,}2 \times 1600 =$ 320

Ukupna količina toplote potrebna za stvaranje 1 kg klinkera:

kcal 1600

IV primer. — Uzećemo istu sirovinu i gorivo, suv postupak, samo Humboltovu kratku peć koja ima temperaturu izlaznih gasova t = 300° C i hladnjak Fuler t_{kl} = 80° C.

Sirovo brašno se u peć uvodi samo sa 1% vlage, odnosno W = 0,011 kg/kg sirovog brašna.

Toplotni bilans:

Količina toplote potrebna za stvaranje 1 kg klinkera: 408,9

Gubitak toplote koju sobom nose dimni gasovi koji potiču od ugljene kiseline iz sirovine:

$Q_{dgsc} =$ 31,9

Gubitak toplote koju sobom nose dimni gasovi koji potiču od vode iz sirovine:

$Q_{dgsw} = 1{,}546 \times 0{,}011 \times 727{,}4 =$ 12,3

Gubitak toplote koju sobom nosi klinker:

$Q_{hl} =$ 11

$\Sigma Q = 464$

Gubitak na dimnim gasovima koji potiču od goriva:

$Q_{dgG} = G \times 641 = 0{,}135 \times 641$ 88

$$Q = \frac{\Sigma Q}{0{,}677} = \frac{464}{0{,}677} = 700 \qquad G = \frac{700}{5200} = 0{,}135$$

Gubitak na zračenje:

$Q_{zr} = 0{,}2\ Q = 700 \times 0{,}2$ 140

Ukupno kcal 692

V primer. — Uzećemo istu sirovinu, istu dugu rotacionu peć, sa temperaturom izlaznih gasova t = 300 C, Fuler hladnjak t_{kl} = = 80 C. Samo ćemo promeniti gorivo: uzećemo kameni ugalj sa Hu 7.200 kcal/kg.

Toplotni bilans:

Količina toplote potreba za stvaranje klinkera 408,9

Gubitak toplote koju sobom nose dimni gasovi koji potiču od ugljene kiseline iz sirovine:

$Q_{dgsc} = 0{,}517 \times 61{,}6 =$ 31,9

Gubitak toplote koju sobom nose dimni gasovi koji potiču od vode iz sirovine:

$Q_{dgsw} = 1{,}546 \times 0{,}136 \times 727{,}4 =$ 145,5

Gubitak toplote koju sobom nosi klinker:

$Q_{kl} =$ 11

$\Sigma Q = 600$

Gubitak toplote koju sobom nose dimni gasovi koji potiču iz goriva:

$$Q_{dgG} = G\ 1 + 1{,}2\ (11{,}6 \times 0{,}78 + 34{,}78 \times 0{,}04 - 4{,}35 \times 0{,}4 + 4{,}35 \times 0{,}01)\ 65 \times 52 = G \times 13{,}2 \times 65{,}52 = 865 \times G = 865 \times 0{,}1225$$ 107

$$\Sigma Q + \frac{865}{7200} Q + 0{,}2\, Q = Q\, Q = \frac{\Sigma Q}{0{,}68} = \frac{600}{0{,}68} = 884$$

$$G = \frac{884}{7200} = 0{,}1225$$

Gubitak na zračenje:

$Q_{zr} = 0{,}2 \times 884$ 177

kcal 884

Zaključak

Iz izrađenih primera vidi se da za istu sirovinu:

— Temperatura izlaznih gasova i temperatura klinkera u momentu napuštanja peći su od vrlo velike važnosti. Kolike će ove biti, zavisi pak od izabrane instalacije. Iz primera I i II vidi se da se za sve ostale iste uslove boljim izborom instalacije može uštedeti 27% na gorivu.

— Izbor tehničkog postupka je takođe važan, jer mokri postupak u odnosu na suvi za sve ostale iste uslove troši 45% više goriva.

— Za sve iste uslove kalorična vrednost goriva teorijski ne utiče na potrošnju goriva. Razume se, ovo se odnosi samo na toplotni bilans peći. Ako uzmemo u obzir i ostale potrošače toplotne energije sušenje sirovina i sušenje uglja, ukupna slika će se nešto malo izmeniti.

ZUSAMMENFASSUNG

Wärmebilanz für Zementherstellung in Rotationöfen

Dipl. ing. K. Šipetić*)

Zur Herstellung von Zement benötigt man eine ungeheure Menge an Brennstoff, welche ungefähr ein Drittel des Zementgewichtes ausmacht. Von der Gesamtmenge verbraucht der Ofen 85% und deshalb, wenn, man wünscht Brennstoff zu sparen, muss eine Wärmebilanz aufgestellt werden um feststellen zu können wo ein Ersparnis erzielt werden kann.

Eine Wärmebilanz aufstellen bedeutet die Wärmemenge die in den Prozess eingeführt wird mit der Wärmemenge, welche während des Prozesses verbraucht wird und den Wärmeverlusten, zu vergleichen.

*) Ing. Kosta Šipetić,
viši naučni saradnik Instituta za ispitivanje materijala.

$$Q = Q_{kl} + Q_{dgG} + Q_{dgSG} + Q_{dgSW} + Q_{hl} + Q_{zr}.$$

Die Berechnung der einzelnen Werte ergiebt sich aus folgenden Formeln:

1) Klinkerbildungswärme:

$$Q_{kl}\ 7{,}646\,(CaO)_c + 6{,}484\,(MgO)_c + 4{,}11\,(Al_2O_3)_{gl} + 5{,}116\,(SiO_2) - 5{,}589\,(Fe_2O_3)$$

2) Abgasverluste:

a) aus dem Brennstoff:

$$Q_{dgG} = G\,[1 + n\,(11{,}6C + 34{,}78\,H - 4{,}35\,(O) + 4{,}35S]\ [0{,}23 + 0{,}00005\,(t-20)]\ (t - 20)$$

b) Rohmehlkohlensäureabwärme:

$$Q_{dgSC} = C_a \cdot 0{,}44\ [0{,}19 + 0{,}00011\ (t-20)]\ (t - 20).$$

c) Rohmehlwasserverdampfung:

$$Q_{dgSW} = r \cdot w\ \{636 + 0{,}42 + [0{,}000185\,(t - 100)]\}\ (t - 100).$$

3) Klinkerabwärme:

$$Q_{hl} = [0{,}181 + 0{,}000071\ (t_{kl} - 20)]\ (t_{kl} - 20).$$

4) Strahlungswärme:

Q_{zr} = 0,25 der Summe aller angeführten Verluste »Q«.

Die Summe aller dieser Wärmemengen muss gleich sein der Summe aller Wärmemengen die in den Prozess eingeführt werden.

$$Q = GU_u \text{ kcal/Kg Klinker.}$$

Aus dieser Gleichung und aus den angeführten Beispielen ersieht man dass, zwecks einer Einsparung an Brennstoff, folgendes zu beachten ist:

a) Die Temperatur der Abgase und die Temperatur der Klinker beim Verlassen des Ofens.

b) Die Auswahl des technologischen Prozesses (ob trocken oder nass).

Kompleksometrijsko određivanje sulfata u vodi

Anal. Zoran Ferlan — ing. Sonja Pavlović

Dosadašnje terenske metode za približno određivanje sulfata u vodi baziraju na takozvanoj »metodi mućenja« odnosno stvaranju taloga barijum sulfata dodatkom rastvora barijum hlorida u slabo kiseloj sredini, tako da se ispitivani uzroci vode upoređuju sa serijom standarda, koji sadrže 15, 30, 60, 120 mg SO_4/1. Ovom metodom mogu se dobiti samo približni rezultati unutar granica standarda, koji zavise od samog posmatrača, načina taloženja, dužine stajanja taloga, vrste taloga itd. Međutim, tu može doći, naročito kod većih količina sulfata, gde je potrebno i višestruko razređivanje, do velikih grešaka.

Često se ipak traži, da se već na samom terenu tačnije odredi količina sulfata. U tu svrhu ispitano je nekoliko titracionih metoda, pošto gravimetrijska metoda iziskuje aparate, kojih na terenu nema. Sa raznim metodama retitracije barijum hlorida, kao sredstva za taloženje sulfata, zajedno sa kalcijumom i magnezijumom, kao i terenskom hromatnom metodom nisu dobijeni zadovoljavajući rezultati. U ovom traženju nađena je bolja metoda po R. Belcher-u, D. Gibbons-u i West-u, koja je detaljno obrađena i dobijeni su vrlo dobri rezultati. Po toj metodi određivanje barijumsulfata vrši se tako, da se staloženi (ne žareni) talog $BaSO_4$ rastvori u višku amonijakalnog rastvora etilendiaminotetrasirćetne kiseline i neiskorišćeni ostatak kompleksona III. retrituje sa rastvorom magnezijumhlorida. Talog barijumsulfata očisti se od koprecipitovanih metalnih soli npr. gvožđa i dr., tako da se kiselinom ponovo izdvoji iz amonijakalnog rastvora kompleksona III. i tek tako očišćen talog dovede u rastvor za titraciju. Obzirom da je ova metoda primenjena za određivanje sulfata na terenu, treba odmah da se ukaže na izvesne momente. Za ova određivanja traži se više sudova, staklarije, rastvora, dakle, materijala koji se inače teško transportuje, kao i veće količine destilovane vode, koja se po pravilu teško nabavlja na terenu. Zato će se pretpostaviti ostalim jednostavnijim terenskim metodama samo u slučajevima, gde se traži tačnost gravimetrijske metode analiziranja.

Ova metoda bazira na kompleksometrijskoj titraciji. Danas se u kompleksometriji među onim jedinjenjima, koja grade komplekse, upotrebljavaju aminopolikarbonske kiseline, a najviše etilendiaminotetrasirćetna kiselina odnosno njena dinatrijumova so tzv. komplekson III. Ova kiselina gradi sa mnogim metalnim jonima jako stabilne komplekse. Na taj način, prigodnim odabiranjem indikatora mogu se tačno odrediti na elegantan i relativno lak način mnogi katjoni a na indirektan način i anjoni.

Rastvori i reagencije:

Konc. HCl

10% rastvor barijum hlorida

0,02 M (0,05 M) komplekson III, (Titriplex, Tilon B, itd.)

0,02 M (0,05 M) rastvor magnezijum hlorida

9 M rastvor amonijaka

1% rastvor ET (Erichromschwarz T) u diili tri-etanolaminu.

Sve rastvore naročito kompleksona III i magnezijumhlorid treba držati u bocama od plastične mase, a ET indikator u tamnoj bočici. Određivanja faktora rastvora kompleksona III i magnezijumhlorida vršena su tačno određenim rastvorima kalcijuma odnosno kompleksona III. Preporučuje se, da se zajednički faktor ovih rastvora odredi definiranom količinom sulfata.

Metoda. — Na uobičajeni način taloženi barijumsulfat, ostavljen da stoji preko noći, filtrira se kroz gustu filtar hartiju (plava traka), ispira dobro vrelom destilovanom vodom. Filtar sa talogom prenosi se u čašu gde je izvršeno taloženje, doda tačno određena količina 0,02 M rastvora kompleksona III, kao i odgovarajuća količina 9 M rastvora amonijaka. Posle kuvanja 5 do 10 minuta, dodaje se 10—12 kapi 0,5% etanolnog rastvora Erio T (Eriochromschwarz) i titriše sa 0,02 M rastvorom magnezijumhlorida do jasno crvene boje.

1 ml 0,02 M rastvora kompleksona III odgovara 0,6412 mg S odnosno 1,9211 mg SO_4.

Komentar metode. — Prvo je grubo ocenjena kvalitativnim taloženjem količina sulfata u ispitivanoj tečnosti. Pošto je eksperimentalno ustanovljeno, da se najbolji rezultati dobijaju kod količine do 100 mg SO_4/1, uzeto je 200 ml vode odnosno 100,50, ili 25 ml i dopunjeno destilovanom vodom do 200 ml. Kod onih voda, gde je količina sulfata u mg/1 mnogo veća od navedenih vrednosti, upotrebljavani su jači rastvori kompleksona III i tome odgovarajući rastvor magnezijum hlorida.

Ispitivanjem je utvrđeno da nije potrebno talog na filtru pre rastvaranja potpuno osušiti kao što autori metode navode. Dovoljno je filtar sa talogom samo dobro ocediti. Razlike između suvih i mokrih taloga su, obzirom na terenske uslove, minimalne, dok se vreme rada dosta skraćuje. Pošto se talog barijumsulfata polako rastvara na temperaturi ključanja, treba obratiti pažnju na moguće prskanje. Poželjno je da se filtar sa talogom neprekidno pokreće štapićem i pazi da se sav talog rastvori. Sama titracija i prelaz boje indikatora — stvar je iskustva. Bolje je upotrebiti di- ili trietanolamin umesto etanola, kao rastvarača za ET, jer je ovakav rastvor stabilniji i dugotrajniji.

Postupak pri radu. — Nakon taloženja sulfata, filtriranja i prebacivanja filtra sa talogom u taložni sud dodato je 50 ml 0,02 M (odnosno 0,05 M) kompleksona III sa određenim faktorom zatim 5 ml 9 M amonijačnog rastvora, a onda se na vrelo rastvara talog. Retritacija se izvodi odmah posle rastvaranja taloga, odgovarajućim 0,02 M odnosno 0,05 M tačno određenim rastvorom magnezijumhlorida uz dodatak tri kapi 1% rastvora ET indikatora u trietanolaminu.

Nakon razrade ove metode u laboratoriji Biroa za analitičku hemiju RI, ista je primenjena na terenu. Na ovaj način određeni su sulfati u mnogo uzoraka vode na terenu. Kasnije su svi oni ispitivani u laboratoriji i na gravimetrijski način. Tablica 1 prikazuje nekoliko proizvoljno uzetih rezultata i paralelne rezultate ostalih metoda.

Tablica 1

Tablica uporednih rezultata određivanja sulfata u vodi

Kompleksometrijsko određivanje mg SO_4/l	Gravimetrijsko određivanje mg SO_4/l	Metoda mućenja*) mg SO_4/c
29,2	30,3	> 30 < 60
51,7	51,8	> 30 < 60
55,0	57,1	cca 40
8,7	8,5	< 15
137,5	138,4	cca 120
25,9	25,7	cca 30
51,7	52,5	> 30 < 60
52,4	54,4	> 30 < 60
169,5	166,2	> 120
32,0	34,4	cca 30
13,9	14,3	< 15

Kao što se iz tablice vidi dobijene vrednosti po metodi mućenja samo su orijentacione i mogu da imaju velika odstupanja od gravimetrijskih i kompleksometrijskih vrednosti. Kod većih količina sulfata u vodi rezultati odstupaju u tolikoj meri, da se čak ne mogu uzeti u obzir. Dok su vrednosti, dobijene kompleksometrijskim određivanjem,

*) Rađeno je sa standardima koji sadrže 15, 30, 60, 120 mg SO_4/1.

vrlo blizu gravimetrijskim, razlike između prvog i drugog ispitivanja rastu sa količinom sulfata.

Za razliku od ostalih titrimetrijskih metoda prednost ove je u tome, što se sulfati određuju direktno iz taloga barijumsulfata i na taj način eliminišu svi ostali prateći elementi sastava vode, koji bi reagovali sa kompleksonom.

Zaključak

Autori ovog članka su radili na iznalaženju metode za određivanje sulfata u vodi. Detaljno su obradili kompleksometrijsku metodu po R. Belcher-u, D. Gibbons-u i West-u. Dobijeni rezultati su vrlo tačni. Zato se ova metoda preporučuje u slučaju kad se traži veća tačnost, kao i za sva preciznija određivanja na terenu i u laboratoriji kao i kod gravimetrijske metode.

SUMMARY

Complexometric Determination of Sulfates in Water

Anal. Z. Ferlan — Ing. S. Pavlović*)

Authors of this article have made researches in order to contrive the field method of determination of sulfates in water. They worked out in detail the comphexometric method by R. Belcher, D. Gibbons and West. The acquired results are very accurate. Therefore this method is suggested in case when higher accuracy is required as well as for all minute determinations in the field and in laboratory and while using the gravimetric method.

Literatura

Frezenius, 1954: Zeitschrift für Analytische Chemie, Bd. 143.

Kolthoff, Sandel, 1951: Anorganska kvantitativna analiza.

Pribil, R., 1957: Komplexony v chemicke analyse.

Schwarzenbach, G: Die kompleksometrische Titrationen.

*) Ing. Sonja Pavlović, Rudarski institut, Biro za analitičku hemiju, Beograd

Anal. Zoran Ferlan, ZRMK, Ljubljana

Terminologija

Rudarska terminologija

Ing. Risto Misita

U težnji da popuni prazninu koja se već dugo i teško oseća u oblasti rudarske terminologije i da našem rudarstvu pruži jedinstvenu terminologiju, oslonjenu na savremena tehnički dostignuća, Rudarski institut u Beogradu preuzeo je inicijativu i obrazovao komisiju za terminologiju, sa zadatkom da izradi rečnik rudarskih termina sa objašnjenjem. Ova komisija počela je sa radom već u prvim mesecima 1962. godine.

Prema osnovnoj zamisli rečnik rudarske terminologije bi obuhvatio celokupnu rudarsku delatnost, kao i sve one susedne oblasti koje su tesno povezane sa rudarstvom, kao što su: metalurgija, mineralogija, petrografija, geologija, mašinstvo, elektrotehnika, građevinarstvo, merništvo, higijensko-tehnička zaštita rada itd. Ove poslednje svakako samo u suženom i za rudarstvo potrebnom obimu.

Ova terminologija bi imala da bude odraz progresa, koje je naše rudarstvo postiglo u poslednjim decenijama, ona bi imala da prihvati i odabere pažljivo termine iz prakse, nauke, i tehničke literature na jedinstvenoj osnovi.

Prema osnovnoj zamisli terminologija bi obuhvatila termine i njihovo objašnjenje na srpskohrvatskom jeziku uz prevode termina na 4 svetska jezika: ruski, engleski, francuski i nemački.

Komisija za terminologiju završila je, uglavnom, osnovnu organizaciju poslova. Cela materija raspodeljena je na 34 stručne grupe i za najveći broj ovih grupa angažovani su saradnici, do sada više od 20. Pojedini saradnici nosioci su i po nekoliko grupa, prema srodnosti materije. Prikupljena je odgovarajuća dokumentacija, naši i neki strani rečnici, kao i druge pogodne publikacije.

U obradi se momentalno nalazi oko 1 200 termina i njihov broj će se postepeno povećavati. Kada stručni saradnici obrade termine i komisija za terminologiju ih preuzme, oni će biti stavljeni na diskusiju našoj celokupnoj stručnoj javnosti preko publikacija Rudarskog instituta, uz poziv zainteresovanim da sve svoje primedbe odnosno predloge dostave Komisiji za terminologiju. Termine, koji su već prošli diskusiju, obradiće i za štampu pripremiti posebna redakciona komisija. Predviđa se da bi ovaj posao mogao da bude završen približno oko 1965. godine, obuhvativši oko 6 000 termina.

Dajući kratak prikaz nastojanja i rada Rudarskog instituta na izradi rudarske terminologije, pored želje da sve naše stručne krugove upoznamo sa osnovnim smernicama ovog rada kao i do sada postignutim rezultatima, želimo da za ovaj obiman, značajan i veoma odgovoran rad probudimo što šire interesovanje u svim našim stručnim krugovima i da ujedno u njega uključimo što veći broj naših eminentnih stručnjaka, kako bi rudarska terminologija mogla da što potpunije postigne cilj, koji joj je namenjen.

Kongresi i stručna putovanja

IV Internacionalni simpozijum za gasnu hromatografiju u Hamburgu, 1962. godine

IV Internacionalni simpozijum za gasnu hromatografiju održan je od 13. do 16. juna u Hamburgu. Prisustvovalo je oko 700 delegata iz 19 zemalja i to: Austrije, Australije, Belgije, Danske, Engleske, Francuske, Finske, Holandije, Izraela, Italije, Irana, Indije, Jugoslavije, Norveške, SAD, SSSR, Nemačke, Čehoslovačke i Švedske.

Na simpozijumu je održano 27 reberata, koji su podeljeni u 3 grupe: A. Teorija (8 referata), B. Primena aparata i tehnika rada (10 referata), C. Primena gasne hromatografije (9 referata).

Referati su štampani u publikaciji „Fourth International Gas Chromatography Symposium", Edited by M. van Swaay, London, Butterworths, 1962.

Među najinteresantnijim referatima bili su sledeći:

A. Teorija

R. S. Petrova, E. V. Khrapova i K. D. Scherbakova: „Studija fizičko-hemijskih adsorpcionih karakteristika pomoću metoda gasne hromatografije".

U referatu su izložene mogućnosti merenja specifične površine prostora, poroznost, adsorpciona energija, adsorpcione izoterme i dr. pomoću brzih metoda gasne hromatografije.

I. F. K. Huber i A. I. M. Keulemans: „Nelinearna idealna hromatografija i mogućnosti linearne gasno-čvrste hromatografije".

U referatu su prikazane teorijski osnovne karakteristike nelinearne i linearne hromatografije i eksperimentalno dokazane određivanjem adsorpcionih izotermi.

C. G. Scott: „Linearna gasno-čvrsta hromatografija".

Prikazani su rezultati eksperimentalnih radova, dobijeni izmenom uslova rada radi poboljšanja simetrične elucije ugljovodonika sa niskom tačkom ključanja u koloni punjenoj glinom modifikovanom natrijumhidroksidom.

Iz dobijenih rezultata se vidi da se simetrični elucioni pikovi dobijaju za većinu čvrstih aktivnih materija, kojima se pune kolone, ako se radi na temperaturi znatno višoj od temperature ključanja adsorbata.

Ako je kolona punjena glinom modifikovanom natrijumhidroksidom može da se radi i na temperaturi nižoj od temperature ključanja adsorbata.

D. H. Desty, A. Goldup, A. R. Luckhurst, W. Swanton: „Uticaj gasa nosača i pritiska u koloni na zadržavanje soluta".

Istraživanjem se došlo do zaključka da će zadržavanje soluta da se smanjuje upotrebom različitih prenosnih gasova i to od helijuma preko vodonika, azota, kiseonika, ugljenmonoksida, pod uslovom da srednji pritisak u koloni, temperatura i stacionarna faza budu stalni. Zadržavanje soluta se smanjuje i sa porastom srednjeg pritiska u koloni.

H. Rotzsche: „Novi tip polarne stacionarne faze i mogućnost podešavanja koeficijenta selektivnosti".

U referatu se govori o silikonskim uljima koja se upotrebljavaju kao stacionarna faza. Regulisanje selektivnosti i polarnosti ovih, postignuto je uvođenjem cijanoalkil grupa, tako da se sa nekoliko vrsta ovakvih ulja upotrebljenih za stacionarnu fazu mogu analizirati smeše sa velikim brojem komponenata.

B. Primena aparata i tehnika rada

F. Baumann, R. F. Klaver i J. F. Johnson: „Gasna hromatografija na programovanim niskim temperaturama".

Primenom sistema za hlađenje sa tečnim ugljendioksidom i upotrebom silikonskih ulja kao tečne faze, referenti su izložili mogućnost razdvajanja komponenata sa tačkom ključanja od —75 do + 200°. U referatu je dat i način izračunavanja temperature zadržavanja kao i grafički prikaz zavisnosti temperature zadržavanja

od tačke ključanja za homologne serije normalnih parafina, aromata i primarnih alkohola.

H. Kelker, H. Rohleder, O. Weber: „Postupci racionalne integracije u gasnoj hromatografiji pomoću nove kombinacije instrumenata".

Priključivanjem uređaja za integraciju na pisač hromatografa omogućeno je integrisanje za vreme razdvajanja komponenata, tj. samo za vreme eluiranja, što za kvantitativnu analizu u gasnoj hromatografiji ima veliku prednost u poređenju sa drugim metodama rada.

C. Primena gasne hromatografije

S. Sideman i J. Giladi: „Određivanje faktora razdvajanja za neraščlanjene dvokomponentne pikove".

U referatu je prikazana metoda za određivanje faktora razdvajanja neraščlanjenih dvokomponentnih pikova — simetričnih i nesimetričnih, pomoću Gaussian-ove funkcije, koja blisko određuje deo ili ceo eksperimentalni hromatogram.

D. W. Grant i G. A. Vaughan: „Analiza kompleksne smeše fenola pomoću kapilarne kolone G. L. C. posle sililacije".

Prethodnom sililacijom kompleksne smeše fenola, zatim prevođenjem kroz staklenu kapilarnu kolonu koja ima veliku moć razdvajanja, omogućena je analiza smeše fenola koji ključaju u intervalu od 190—300°.

U referatu su prikazani rezultati dobijeni ispitivanjem dveju smeša.

F. H. Huyten, G. W. A. Rijnders i W. V. Beersum: „Analiza supstanci koje su prisutne u tragovima pomoću gasno-čvrste hromatografije".

Problem određivanja tragova ugljovodonika koji ključaju na niskim temperaturama rešen je pomoću gasno-čvrste hromatografije, gde je kao čvrsta faza upotrebljena reaktivirana glina.

Za kvantitativno određivanje sadržaja od nekoliko milionitih delova izneti su u referatu optimalni radni uslovi.

A. I. M. Keulemans, S. A. Perry: „Identifikacija ugljovodonika pomoću termičkog krekinga".

U referatu su iznete mogućnosti gasne hromatografije za identifikaciju ugljovodonika, ako su prethodno krekovani u kvarcnom reaktoru kolone na oko 500° a zatim neposredno analizirani u hromatografskoj koloni.

Izvršeni opiti pokazuju zadovoljavajuću reproduktivnost rezultata.

Automatsko registrovanje, osetljivost aparata, kvalitativne i kvantitativne analize ukazuju na savršenost hromatografskih metoda, tako da je hromatografija našla veliku primenu kako u industriji tako i u savremeno opremljenim laboratorijama.

Na IV internacionalnom simpozijumu za gasnu hromatografiju organizovana je bila izložba najnovijih aparata i knjiga iz te oblasti.

Ing. Dušanka Stojsavljević
Ing. Vera Đokić*)

Konferencija o procesima gasifikacije, Hestings, 1962. godine

U Hestingsu (Vel. Britanija) održana je 1962. godine konferencija o procesima gasifikacije u organizaciji Institution of Gas Engineers i Institute of Fuel.

Na konferenciji su razmatrani problemi o stanju gasifikacije, mogućnostima i uslovima primene gasifikacionih procesa u pojedinim granama industrije: hemijskoj, industriji stakla, čelika, uglja, nafte i dr.

Od strane Rudarskog instituta — Beograd konferenciji su prisustvovali prof. dr ing. Dušan Veličković, ing. Ljubomir Novaković i ing. Borislav Marković.

Među referatima, održanim na konferenciji bio je i koreferat delegata Rudarskog instituta prof. dr ing. D. Veličkovića i ing. Ljubomira Novakovića sa temom „Značaj daljinskog gasa za industriju FNRJ" (Importance of Lurgi Gas for Industry in Yugoslavia), koji je održao prof. dr ing. D. Veličković u skraćenom obliku — kao saopštenje — a koji je naišao na vrlo dobar prijem i interesovanje.

Ing. Ljubomir Novaković
Ing. Borislav Marković**)

V. Savetovanje geologa FNRJ, Beograd, 1—14. V 1962.

U toku prve polovine oktobra o. g. održano je u Beogradu V savetovanje geologa FNRJ. Ovo savetovanje okupilo je oko 400 geologa iz raznih delova Jugoslavije, oko 50 geologa iz inostranstva (Poljske, SAD, SSSR, Austrije, Čehoslovačke, Francuske, Grčke, Rumunije, Bugarske, Turske, Švajcarske, Nemačke i Holandije), kao i niz inženjera rudarske i građevinske struke.

Kao težište rada ovog savetovanja postavljeno je rešavanje nekih problema iz primenjene geologije, direktno povezanih sa rudarstvom, vodosnabdevanjem ili građevinarstvom. Pored toga, razmatrana su i neka čisto naučna geološka pitanja.

Osnovne teme savetovanja bile su: „Mesto i uloga geologije u daljem privrednom razvoju naše zemlje", „Problematika geoloških kadrova" i „Projektovanje geoloških radova", zatim su u posebnim sekcijama razmatrani: metodika istraživanja ruda hroma, tercijarni magmatizam Di-

*) Ing. Dušanka Stojsavljević — ing. Vera Đokić,
Zavod za tehnološku preradu mineralnih sirovina Rudarskog instituta, Beograd.

**) Ing. Ljubomir Novaković,
upravnik Biroa za termotehniku, Rudarski institut, Beograd,

Ing. Borislav Marković,
Zavod za tehnološku preradu mineralnih sirovina, Rudarski institut, Beograd.

narida i sa njim genetski vezana olovo-cinkovo-molebdensko-antimonska metalogenija, geologija ležišta nafte u FNRJ, projektovanje inženjersko-geoloških i hidrogeoloških radova, pitanja u vezi sa geologijom i hidrogeologijom karsta itd.

Razmatrajući potrebu projektovanja geoloških radova istaknuto je da se geologija, kao privredna grana, mora pokoravati istim pravilima o planiranju i projektovanju radova, kao i sve druge grane privrede. Ujedno su i predložene detaljnije šeme za izrade projekata geoloških radova.

Sekcija, koja je razrađivala metodiku istraživanja ruda hroma, razmotrila je ovaj problem u svoj njegovoj kompleksnosti: polazeći od uslova postanka hromitskih ruda i njihovog načina pojavljivanja, procenjena je upotrebljivost i korisnost pojedinih geoloških, geofizičkih, geohemijskih, strukturno-petroloških i rudarsko-geoloških metoda ispitivanja i istraživanja tih ruda. Ujedno je izvršena i procena raznih mogućnosti oplemenjivanja niskokvalitetnih ruda hroma.

U sekciji „Tercijarni magmatizam Dinarida i sa njim genetski vezana Pb-Zn-Mo-Sb-metalogenija", posle prikaza stena i rudnih pojava, produkata ovog magmatizma, naročito je bila obraćena pažnja na najnovije metode prospekcije, ispitivanja i istraživanja rudnih ležišta olova, cinka, molibdena i gvožđa (magnetitske rude) geohemijskim i geofizičkim metodama.

Obrađujući geologiju ležišta nafte u našoj zemlji dat je prikaz i najnoviji rezultati istraživanja i eksploatacije nafte u FNR Jugoslaviji, a naročito u Vojvodini.

Osim navedenih problema iz primenjene geologije, koji su obrađivani na plenarnim zasedanjima ili na sekcijama, na ovom savetovanju izložen je i niz najnovijih naučnih rezultata naših i stranih geologa. Ukupno je na savetovanju održano 5 referata na plenarnim i oko 100 referata na sekcijskim zasedanjima.

U cilju povezivanja usmenih izlaganja na savetovanju sa geološkom situacijom na terenu, održane su i 4 geološke ekskurzije:

— na ležišta hromita u Makedoniji i na Kosmetu,
— na Kopaonik i u rudnike Bela Stena, Korlaće, Trepča i Kižnica,
— u istočnu Srbiju i
— na inženjersko-geološke i hidrogeološke fenomene i HE-objekte u zapadnoj Srbiji i istočnoj Crnoj Gori. Pri svim ovim ekskurzijama, a naročito u prvim dvema, došla je do izražaja u punoj meri veoma uska saradnja između naših rudarskih i geoloških inženjera kroz izvanrednu susretljivost i pomoć koju su nam pružili Rudarski basen na hrom „Raduša", „Magnohrom", Rudnici i topionice olova i cinka „Trepča" i Rudnici olova i cinka „Ajvalija".

Dr ing. Stevan Karamata
prof. Rudarsko-geološkog fakulteta, Beograd

Pitanja i odgovori

Kakva bušača mehanizacija veće pokretljivosti i kapaciteta bušenja postoji u svetu?

Mehanizacija bušenja na teškim terenima znatno je napredovala poslednjih godina. Kompanija Gardner-Denver iz Ilinoisa proizvela je guseničnu rotacionu i istovremeno perkusionu univerzalnu bušaću mašinu za pristup i na najtežim terenima. Mašina je opremljena za bušenja horizontalnih, kosih i vertikalnih bušotina.

U novija mehanička sredstva za terenska bušenja spada i traktorska bušilica marke Halifax Tool Co, Ltd, takođe guseničnog hoda, bušilica na točkovima „Hands-England oilfield equipment Ltd itd.". Pored ovih postoji još više drugih proizvođača pokretnih bušaćih mašina.

Ing. Ž. Cvetković

Obaveštenja

Odjel za montanistika Univerziteta u Ljubljani

Četrdeset godina predstavlja u životu jedne visoke škole možda kratak, ali zato veoma interesantan put razvoja. Već krajem 1918. godine počeli su prvi pregovori tadašnje slovenačke inteligencije, koja je tražila visoku školu na svom jeziku. Dugotrajan i uporan rad rodio je prvim, iako skromnim plodom — oktobra 1918. godine počelo je upisivanje u prvi semestar Tehničkog fakulteta, koji je odmah u početku imao rudarski, građevinarski, mašinsko-elektro i geodetski odjel. Godine 1923. prvi diplomirani studenti napuštaju svoju „alma mater" sa diplomom inženjera rudarstva. Petorica prvih inženjera, koji su svoje znanje dobili na maternjem jeziku, priključilo se dosada 720 inženjera. Do 1939. godine bio je rudarski odjel u Ljubljani jedini na čitavom Balkanu, pa je zbog toga preuzeo i veliki broj bugarskih studenata, koji više nisu želeli da studiraju u Nemačkoj ili Austriji.

Godine 1939. priključio se rudarstvu i metalurški odsek, pre tri godine geološki odsek i ove godine odsek za nemetale. Tako je rudarstvo postalo jedna celovita institucija sa rudarskim, metalurškim, geološkim odsekom i odsekom za nemetale. Ovakav razvoj i izvesna tradicija imali su svoj odjek i u inostranstvu. Odjel za mon-

tanistiku održava stalne veze sa inostranim fakultetima u Clausthalu, Leobenu, Freibergu i Nancy-ju. Profesori Ljubljanskog fakulteta predaju na pomenutim visokim školama, a njihovi dolaze kao gosti — predavači u Ljubljanu. Ovakva afirmacija ove rudarske škole dala je snažan impuls svima, da se založe za dalje razvijanje najstarije škole rudarstva i metalurgije u državi.

Intencije saveznih i republičkih sekretarijata za nauku i kulturu uticale su na potpunu reformu školovanja na visokim školama i univerzitetima NR Slovenije. Uvedeno je dvostepeno školovanje i usmeravanje kod nekih odseka u drugom, a kod nekih već u prvom stepenu. Zbog raznolikosti programa, daćemo kratak pregled za svaki odsek posebno.

Rudarski odsek. — Studiranje na rudarskom odseku traje ukupno 4 godine odnosno 8 semestara. Prvi stepen u trajanju od 6 semestara predstavlja jedinstvenu celinu opšte rudarske tehnike. Studenti proučavaju pored osnovnih, teoretskih predmeta, sve stručne predmete iz rudarstva, pripreme mineralnih sirovina, mašinstva, elektrotehnike i merništva. Naravno, da je zbog kratkog vremena program skraćen i prilagođen ciljevima apsolvenata prvog stepena. U drugom stepenu, koji traje tri semestra, uvedeno je usmeravanje. Na rudarskom odseku imamo tri smera: proizvodno-mašinski, priprema mineralnih sirovina i obogaćivanje i geološko mernički smer. Apsolventi jednog od tih smerova, dobijaju izvesnu specijalizaciju, već prema izboru grupe odnosno predmeta. U pripremi je i treći stupanj, koji bi trajao oko dve godine te još više specijalizirao apsolvente, koji bi dobili naziv magister ili specijalist.

Metalurški odsek. — Metalurgija je, takođe, uvela dvostepeni studij, ali za razliku od rudarstva, svaki stepen traje četiri semestra. Apsolventi prvog stepena upoznaju se pored osnovnih predmeta, sa nekim opštim tehnološkim predmetima i metalografijom. U drugom stepenu slede, pored nekih teoretskih predmeta na višem stepenu, glavni stručni predmeti, koji obuhvataju crnu i obojenu metalurgiju, ekonomiku kao i svu potrebnu nauku o metalima. Metalurški odsek pripremio je za školsku godinu 1962/63. treći stepen, za koji već danas imaju interesente, pretežno u privredi.

Geološki odsek. — Poslednje godine priključena je montanistici još i geologija. Trebalo je dati jaču poentu inženjerskoj geologiji, dakle geolozima, koji uz rudara na rudniku odgovaraju za istrage i pravilnu eksploataciju. Da bi se ipak održao i klasični filozofski smjer, uvedeno je već na prvom stupnju, koji traje 4 do 5 semestara usmeravanje u tri grupe: praktična geologija, paleontologija i mineralogija sa petrografijom. Isti smerovi sadržani su i u drugom stepenu.

Odsek za nemetale. — Snažan razvoj industrije nemetala, velike mogućnosti proširenja sirovinske baze nemetala i njihove prerade uslovio je formiranje novog odseka za nemetale. Već pre nekoliko godina osjećala se potreba za specifičnim kadrovima, koji bi poznavali proizvodnju, a bili ibi istovremeno tehnolozi. U prelaznom periodu dozvolili smo, da apsolventi prvog stepena rudarstva i metalurgije mogu produžiti u trećoj godini nemetala. Paralelno s tim, počela je sa radom i prva godina sa potpuno novim programom i bez stepena. Studije traju 4 godine i obuhvataju pored teoretskih predmeta, rudarske predmete (rudarstvo, pripremu sirovina, transport), metalurške predmete i specijalne predmete iz oblasti nemetala: tehnologija nemetala, hemija silikata, ispitivanje sirovina i produkata. Tako je stvoren potpuno nov oblik inženjera sa produbljenim tehnološkim znanjem iz oblasti nemetala.

Iz ovog kratkog pregleda vidi se snažan razvoj montanistike u Ljubljani, koja se iz prvih početaka sa čistim rudarstvom proširila na metalurgiju, geologiju i konačno na nemetale. Tako su obuhvaćene sve grane delatnosti naše bazične industrije: istrage, otkopavanje, prerade i dobijanje finalnih produkata.

Dr ing. Drago Ocepek
starešina Odjela za montanistiku u Ljubljani

strojna tovarna trbovlje

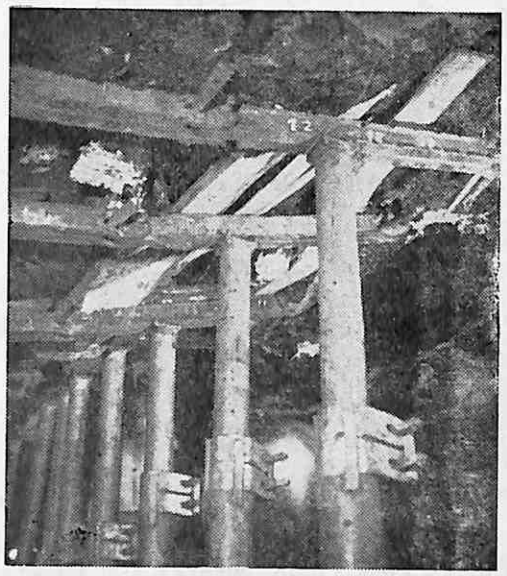
Telefon 80-106 • Telegram: STROJ TRBOVLJE

FABRIKA RUDARSKIH MAŠINA I TRANSPORTNIH UREĐAJA

OBAVEŠTAVAMO SVE INTERESENTE O

NOVIM PROIZVODIMA STT

U 1962. GODINI POČELA JE SERIJSKA PROIZVODNJA NOVIH MAŠINA:

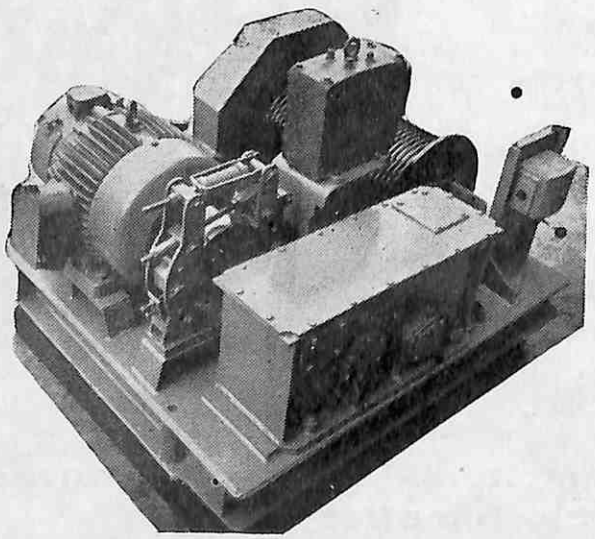


ZA RUDARSTVO:

- Dvolančani grabuljasti transporteri širene 620 mm, dužine 120 m, kapaciteta 200 t/h
- Reverzirni jednolančani grabuljasti transporteri svih dužina i kapaciteta od 20 do 120 t/h
- Čelične grede bez papuča sa ugrađenim klinovima

ZA GRAĐEVINARSTVO:

- Elektromotorni vitlovi za daljinsko ukopčavanje i magnetno kočenje za vučne sile 2—5 t.



- Udarno čeljusne drobilice za drobljenje najtvrđeg materijala kao bazalt, porfir kapaciteta do 60 m^3/h
- Granulatori za drobljenje na određenu frankciju kapaciteta do 40 t/h
- Lančani prevozni transporteri za transport različitog materijala u skladištima i za utovarivanje

---

ZA SVA PITANJA KOMERCIJALNOG I TEHNIČKOG ZNAČAJA OBRATITE SE NA:

KOMERCIJALNA SLUŽBA STROJNE TOVARNE TRBOVLJE - Tel. 80-106

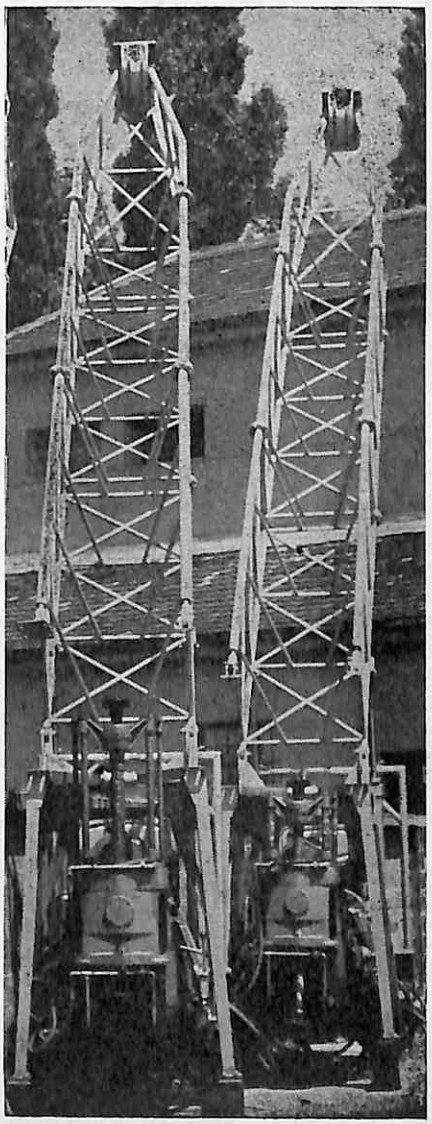
„GEOMAŠINA“

FABRIKA BUŠAĆIH MAŠINA I PRIBORA — ZEMUN,
BATAJNIČKI DRUM 10 km.
TELEFON: 607-924
607-922

PROIZVODI:

Bušilice za jamska i površinska bušenja

do dubine od 150 — 700 m., za šva rudarsko-geološka istraživanja; svi komandni uređaji su hidraulični i omogućavaju lake i brze manevre; mogućnost bušenja pod uglom od 0-360°; vrlo lako se demontiraju i pogodne su za transport; po želji naručioca mogu se agregatirati na prikolici ili saoniku;



ZA SVE BUŠILICE OBEZBEĐUJEMO
ODGOVARAJUĆI PRIBOR ŠVEDSKOG STANDARDA

Hidraulične podgrade

Upotrebljavaju se za podgrađivanje hodnika u rudnicima; lako se postavljaju u radni položaj; imaju veliku moć nosivosti i omogućuju veliku bezbednost pri radu.

Potkopne krune za ugalj ∅ 42 mm.

Upotrebljavaju se za bušenje u uglju za otpucavanje; naročito dobre rezultate su pokazale kod bušenja lignita, ali se isto tako sa uspehom primenjuju i kod mrkih ugljeva i treseta.

Udarne krune za kamen

Upotrebljavaju se za bušenje tvrdih stena i ruda; napravljene su od specijalnog čelika sa ugrađenim tvrdim metalom, što im omogućava dug vek trajanja i veliki radni učinak.

Filter cevi izrađene po DI-4922

Upotrebljavaju se za eksploataciju vode iz bušotina; zaštićene su specijalnim antikorozivnim sredstvima, što im omogućava dugo trajanje; isporučuju se sa mostičavim i svetlim prorezima.

ZA SVE MAŠINE DAJEMO GARANCIJU OD 6 MESECI.

Sve naše proizvode isporučujemo preko »RUDARA« — Beograd, Kolarčeva 1/IV i »RUDARA« — Zagreb, Tomašićeva 6.

Štampa: „Branko Đonović" — Beograd

TEHNIČKI REDAKTOR I KOREKTOR: M. MARKOVIĆ I M. PETROVIĆ — NASLOVNA STRANA: A. KATUNARIĆ — SLIKA NA NASLOVNOJ STRANI: FLOTACIJA (SNIMLJENO U RUDARSKOM INSTITUTU, BEOGRAD) — FOTO: S. RISTIĆ