

INFORMACIJE B

BROJ 55—56



Dipl. ing. **Mira Mitrović**

**PRIKAZ OPITA SUSENJA LIGNITA IZ RUDNIKA »MOTRU«, RUMUNIJA PO
POSTUPKU »FLEISSNER« U INDUSTRIJSKOM POSTROJENJU ZA SUSENJE
UGLJA RUDARSKO-ENERGETSKO-HEMIJSKOG KOMBINATA,
KOSOVO, OBILIC JUGOSLAVIJA**

Izdavač

RUDARSKI INSTITUT — BEOGRAD

Glavni urednik

Prof. ing. VLADIMIR BULJAN

Redakcioni odbor

Ahčan dr ing. Rudolf, Antić dipl. ing. Milan, Blažek dipl. ing. Aleksandar, Čolić dipl. ing. Dragomir, Draškić doc. dr ing. Dragiša, Dular dipl. ing. Slavko, Gluščević prof. ing. Branko, Ivanović dipl. ing. Kosta, Kun dipl. ing. Janoš, Lešić prof. dr ing. Đura, Makar dipl. ing. Mišo, Malić prof. dr ing. Dragomir, Marković doc. dr ing. Stevan, Marunić dipl. ing. Đura, Milutinović prof. dr ing. Velimir, Mitrović dipl. ing. Dragoljub, Mitrović dipl. ing. Mira, Novaković dipl. ing. Ljubomir, Obradović dipl. ing. Petar, Perišić dr ing. Mirko, Simonović dipl. ing. Momčilo, Spasojević dipl. ing. Borislav, Stojanović prof. dr ing. Dragutin, Tomašić dr ing. Stjepan, Veličković prof. dr ing. Dušan, Vesović dipl. ing. Milan

BROJ 55—56

Dipl. ing. Mira Mitrović

**PRIKAZ OPITA SUŠENJA LIGNITA IZ RUDNIKA »MOTRU«, RUMUNIJA PO
POSTUPKU »FLEISSNER« U INDUSTRIJSKOM POSTROJENJU ZA SUŠENJE
UGLJA RUDARSKO-ENERGETSKO-HEMIJSKOG KOMBINATA,
KOSOVO, OBILIĆ JUGOSLAVIJA**

BEOGRAD, 1967.

S A D R Ž A J

Uvod	— — — — —	3
Uzorak za ispitivanje	— — — — —	3
Eksperimentalni rad	— — — — —	3
Opšti deo	— — — — —	3
Osobine tretiranog uglja klase $200+30\text{ mm}$	— — — — —	4
Tehnologija primjenjelog postupka sušenja	— — — — —	12
Osobine sušenog uglja	— — — — —	18
Osobine otpadne vode nastale u procesu sušenja	— — — — —	25
Tehnološki parametri procesa sušenja	—	26
Zaključak	— — — — —	28
Literatura	— — — — —	30

U V O D

U SR Rumuniji je u toku izgradnja objekata za valorizaciju niskokaloričnog lignita iz bazena „Motru” u svrhu dobijanja čvrstog komadnog goriva za široku potrošnju. Bazen Motru ima velika nalazišta lignita (sa niskim sadržajem sagorljivih materija), koja se pružaju duž istoimene reke i obuhvataju pogone: Horašti, Leurda, Ploština, Lupoaja, Rošinta i Samarinčići. Za izbor najekonomičnijeg postupka oplemenjivanja ovog uglja Ministarstvo rudarstva SR Rumunije je odlučilo da izvrši i opit sušenja po postupku „Fleissner” i da utvrdi mogućnost dobijanja čvrstog komadnog lignita sa sadržajem vlage od oko 20%. Pored toga, opit je trebalo da pruži i sve tehnološke podatke za ovu vrstu oplemenjivanja koji bi se mogli upoređiti sa parametrima procesa briketiranja lignita.

Izvršenje tog zadatka, na današnjem tehničkom nivou, povereno je Rudarskom institutu, Beograd, Bačajnički put 2 u okviru naučno-tehničke saradnje između SR Rumunije i SFR Jugoslavije, uz uslov da se opit sušenja obavi samo u postrojenju Rudarsko-energetsko-hemijskog kombinata „Kosovo” u Obiliću, vodeći pri tome računa o instalacijama i postojećim uslovima u postrojenju.

U vremenu od 22-og novembra do 6-og decembra 1967. god. obavljen je industrijski opit sušenja lignita „Motru” po postupku „Fleissner” u Obiliću i izvedeni su svi drugi potrebnii radovi vezani za ovaj zadatak.

Po želji Ministarstva rudarstva opitu su prisustvovala dva stručnjaka iz SR Rumunije i stručnjaci firme „Alpine” Beč, Austrija.

Proizvedeni sušeni lignit je otpremljen u SR Rumuniju na dalja ispitivanja i primenu.

Sva hitna laboratorijska ispitivanja izvršena su u laboratoriji Istraživačkog centra REHK, Kosovo.

Detaljna laboratorijska ispitivanja osobina rovnog i sušenog uglja kao i utvrđivanje kvaliteta otpadne vode, nastale u procesu sušenja, obavljena su u toku meseca decembra u Rudarskom institutu, Beograd.

UZCRAK ZA ISPITIVANJE

Iz bazena „Motru” dopremljen je u Obilić za ova istraživanja reprezentativni srednji uzorak lignita, krupnoće — 400 + 0 mm.

Za opit je uzeto 13 vagona uglja. Usled nepovoljne granulacije (dosta krupnih klasa) ugalj je pretvodno izdrobljen i odsejan na situ prečnika otvora (\varnothing) od 30 mm. Drobljenje je izvedeno ručno, pomoći piju, jer nisu postojale druge tehničke mogućnosti. Nakon prosejavanja dobijeno je:

155 t (62%) uglja, klase — 200 + 30 mm

95 t (38%) uglja, klase — 30 + 0 mm

Krupan ugalj veličine zrna — 200 + 30 mm je utovaren u bunkere iznad autoklava u postrojenju za sušenje lignita u Obiliću i upotrebljen je za opit sušenja.

EKSPERIMENTALNI RAD

Opšti deo

Postupci za sušenje uglja sa visokim sadržajem vlage, koji se primenjuju u industriji, mogu se podeliti u dve grupe. U prvu grupu spadaju procesi po kojima se ugalj suši na atmosferskom pritisku.

U drugu grupu svrstavaju se procesi sušenja koji se odvijaju na povišenom pritisku. Izbor procesa sušenja za neki ugalj zavisi od fizičko-hemijskih osobina uglja i dalje primene sušenog proizvoda.

Sušenje uglja pod atmosferskim pritiskom se može, zavisno od načina zagrevanja, vršiti direktnim i indirektnim zagrevanjem uglja pomoću sagorelih gasova ili vodenom parom. Glavna karakteristika procesa sušenja pod atmosferskim pritiskom je raspadanje uglja budući da se zagrevanje uglja vrši od površine ka sredini. Iz zagrejanog dela uglja vlaga se odstranjuje u vidu pare, koja ekspanzijom vrši pritisak na zidove kapilara, što izaziva prskanje zagrejanog dela uglja. Usled odstranjenja vlage iz uglja nastaje smanjenje volumena (kontrakcija) onog dela uglja iz koga je odstranjena vlaga. Radi toga se stvaraju pukotine na dodirnoj površini sušenog i nesušenog dela uglja. Proces prskanja i raspadanja traje sve do tloc dok toploča ne prodre do centra komada uglja. Da bi se izbegla ova pojava raspadanja uglja, vršeni su bezbrojni istraživački radovi i traženi su adekvatni tehnološki postupci. Rešenje za ovaj problem je dao profesor H. Fleissner (Beč, Austrija) u svome postupku sušenja uglja pod povišenim pritiskom (15 do 30 atü).

Po ovom postupku zagreva se ugalj, veličine oraha ili komada, do potrebe temperature, a da se pri tome vlaga ne odstranjuje u vidu pare. Promenom viskoziteta vode, usled pritiska, odstranjuje se jedan deo vlage iz uglja (oko 30%) kao voda u tečnom obliku. Zagrevanje uglja se produžuje, pod pritiskom, sve dole dok se u sredini komada uglja ne postigne željena temperatura (temperatura vaporizacije vlage). Svako dalje zagrevanje je nepotrebno. Posle toga se vrši otpuštanje pare iz autoklava i to ima za posledicu odvajanje jednog dela vlage iz uglja u vidu pare. Izdvajanje ovoga dela vlage iz uglja, iako u vidu pare, ne izaziva razaranje kapilara u uglju, budući da se struktura uglja usled pritiska izmenila u izvesnoj meri. Razoren su samo sitne kapilare, a ostale su mikro-kapilare. Time je glavna faza procesa sušenja uglja završena.

Količina preostale vlage u uglju, nakon tretiranja po postupku „Fleissner”, zavisi od viličine primjenjenog pritiska u ovome postupku i još uvek je visoka. I ovaj deo vlage se može dalje, prema potrebi, smanjivati bilo u autoklavima ili izvan ovih. U autoklavima se smanjivanje vlage vrši pomoću vakuumiranja. Izvan autoklava može se ovaj deo vlage smanjiti dosušivanjem toplim vazduhom ili toplim sagorelim gasovima u specijalnim uredajima. Proces daljeg dosušivanja ne izaziva raspadanje uglja. Faza dosušivanja iziskuje utrošak dodatne topoteke.

Sušenje uglja po postupku „Fleissner” omogućuje dobijanje komadnog goriva veće čvrstoće (usled

kontrakcije) koje ostaje u komadu i ne prima vlagu u dodiru sa atmosferilijama.

Proces sušenja po postupku „Fleissner” se odvija diskontinuirano. Ciklus sušenja traje 160 do 200 minuta. Obično su u procesu sušenja povezana u grupu dva ili četiri autoklava. Proces se sastoji iz sledećih faza: punjenje autoklava ugljem, predgrevanje uglja u autoklavima, izlaganje uglja dejstvu sveže zasićene pare, otpuštanje pritiska iz autoklava, eventualno vakuumiranje i pražnjenje autoklava. Zapremine autoklava u izgrađenim postrojenjima u svetu iznose od 15 do 43 m³. Postupak se u poslednje vreme usavršava, a u postrojenjima se uvodi i delimična automatizacija.

Postrojenja za sušenje uglja po postupku „Fleissner”-a su izgrađena i danas rade u Austriji, Mađarskoj, Rumuniji i Jugoslaviji. U postrojenjima se proizvodi iz mladih ugljeva čvrsto komadno gorivo koje se ne raspada pri lagerovanju. Primena ovog goriva je na tržištu raznovrsna i upotrebljava se za sagorevanje u domaćinstvu, za proizvodnju gasa, za redukciju u metalurgiji, za proizvodnju polukoksa i dr.

Osobine tretiranog uglja klase — 200 +30 mm

Za utvrđivanje osobina tretiranog uglja, krupnoće — 200+30 mm, uzet je reprezentativni srednji uzorak u težini od 4 t. Uzorak je uzet na taj način što su iz svake 2,5 t uglja uzimani srednji uzorci koji su na kraju uzorkovanja sjedinjeni u jedan. Uzimanje i formiranje ovoga uzorka je izvršeno na koti + 31 m u postrojenju za sušenje lignita Kosovo, skidanjem uglja sa transportne trake kojom se pune bunkeri postavljeni iznad autoklava.

Rezultati izvršenih ispitivanja pokazuju kako sledi:

Makroskopski opis (tretirani ugalj)

Ugalj krupnoće — 200 + 30 mm ima otvoreno mrku boju. Mikroskopski se zapaža veći sadržaj drvenastog tkiva (sa strukturom i karakterističnom svetlomrkom bojom), što su potvrđila i mikroskopska ispitivanja. Ugalj je trakast sa jasno izraženim smenjivanjem barskog i drvnastog uglja (ovaj poslednji se javlja u tanjim proslojcima i predstavljen je struktturnim ksilitom). Prelom je nepravilan. Na vazduhu se raspada i zadobija tamniju boju. Reakcija sa HNO₄ nije uvek burna usled znatne prisutnosti glinovite komponente. Ogreb na porcelanskoj pločici je svetlomrke boje. Kod većih proslojaka ksilita zapažena je njegova izrazita slojevitost upravno na ravan sedimentacije. Na vazduhu zadobija brojne pukotine i prsline, koje su pretežno u ravni

sedimentacije. S obzirom na niži stepen gelifikacije (manja zastupljenost dopljeritskog uglja), ispitivani ksilit ima veoma malu mehaničku stabilnost.

Ugalj je prožet sledećim mineralnim materijama: glina, piritske impregnacije, retko markasit i karbonatne materije.

Epigenetsku mineralizaciju u uglju čini glinovita supstanca i ugljeviti škriljac. Proslojci gline i ugljevitog škriljca su ujednačene debljine koja najčešće iznosi od 5–10 mm. Zapažaju se rede i proslojci čija debljina prelazi veličinu 1 cm. Epigenetska mineralizacija se često javlja i u vidu sočiva. Kal-citske tvorevine se zapažaju znatno rede u odnosu na glinovitu materiju. Javljuju se u vidu vrlo malih sočiva i kao prevlake po ravnima deljivosti uglja.

Jalovi pratioci koji su singenetski prorasli ovim ugljem su takođe predstavljeni glinom i piritom. Veličina impregnacija vrlo varira. Glinovita materija se javlja u vidu veoma sitnih impregnacija i pretežno je koncentrisana u humusnom detritusu nižeg stepena gelifikacije (tekstodetrit).

I medijatna i elementarna analiza (tretirani ugalj)

U tablici 1 dati su podaci o imedijatnoj i elementarnoj analizi ravnog uglja, klase — 200 + 30 mm

Rovni ugalj, krupnoće — 200 + 30 mm, ima: 46,25% vlage, 13,76% pepela, 39,99% sagorljivih materija i donju toplotnu vrednost određenu u kalorimetru, u veličini od 2095 kcal/kg. Higro vlaga u ovom uglju iznosi 18,0%. Ugalj sadrži 2,04% ukupnog sumpora (na 105°C) pri čemu sagorljivi Sumpor iznosi 0,43% (105°C). Čista ugljena supstanca (bez vlage, bez pepela) ima: 60,58% isparljivih materija, 39,42 C-fixa, 68,47% ugljenika, 5,25% vodonika, 0,58% sagorljivog sumpora i 25,70% azota i kiseonika.

Kriva sagorevanja tretiranog uglja od 105° do 800° u intervalu od 50°C (vidi krivu na slici 1).

U tablici 2 sredeni su podaci o sagorevanju uglja, krupnoće — 200 + 30 mm, a grafički prikaz ovih je dat u slici 1.

Tablica 1

I medijatna i elementarna analiza tretiranog uglja, klase — 200 + 30 mm

		Ukupna vlaga	Higro vlaga	Bez vlage	Bez vlage i pepela
Vлага	%	46,25	18,00	—	—
Pcp eo	%	13,76	20,99	25,61	—
Sumpor uk.	%	1,10	1,67	2,04	—
Sumpor u pepelu	%	0,87	1,32	1,61	—
Sumpor sagorljiv	%	0,23	0,35	0,43	0,58
Koks	%	29,52	45,03	54,93	39,42
C-fix	%	15,76	24,04	29,32	39,42
Isparljivo	%	24,23	36,97	45,07	60,58
Sagorljivo	%	39,99	61,01	74,39	100,00
Kalorična vrednost:					
gornja kcal/kg		2188	3795	4628	6221
donja kcal/kg		2095	3514	4417	5938
Ugljenik	%	27,38	41,77	50,94	68,47
Vodonik	%	2,10	3,20	3,91	5,25
Sumpor sagorljivi	%	0,23	0,35	0,43	0,58
Azot + kiseonik	%	10,28	15,97	19,11	25,70

Tablica 2

Sagorevanje tretiranog uglja, klasa — 200 + 30 mm,
od 105⁰ C do 800⁰C u intervalu od 50⁰C

Temperatura u peći °C	Ostatak žarenjem %	
	vlažno	na 105 ⁰
100	53,75	100,0
150	52,67	98,0
200	50,63	94,2
250	36,60	68,1
300	27,04	50,3
350	20,58	38,3
400	17,20	32,0
450	15,59	29,0
500	14,51	27,0
550	13,92	25,9
600	13,76	25,6
650	13,76	25,6
700	13,76	25,6
800	13,76	25,6

Ukupna vлага = 46,25%

Tablica 3

Hemijkska analiza pepela tretiranog uglja,
klasa — 200 + 30 mm

Sastojci	%
SiO ₂	33,25
Fe ₂ O ₃	11,18
Al ₂ O ₃	18,86
CaO	16,60
MgO	3,26
SO ₃	14,73
P ₂ O ₅	0,40
TiO ₂	0,36
Na ₂ O	0,34
K ₂ O	1,19
Reakcija	jako kisela

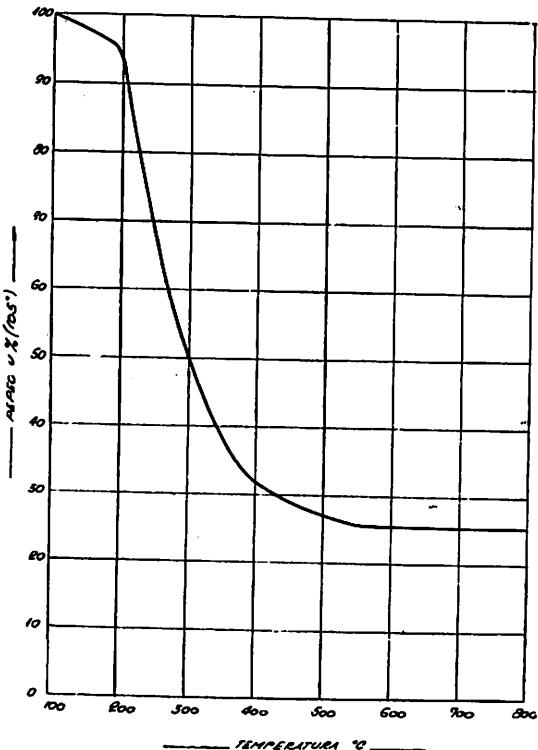
Topljivost pepela (oksidaciona atmosfera):

Početak sinterovanja	960 ⁰ C
Tačka omešavanja	1180 ⁰ C
Tačka polulopte	1355 ⁰ C
Tačka razlivanja	1365 ⁰ C

Rezultati sagorevanja tretiranog uglja, krupnoće — 200 + 30 mm, od 105⁰ do 800⁰C u intervalu od 50⁰C pokazuju da ugađ sagori na temperaturi od 60⁰C i da se sadržaj pepela (25,6% na 105⁰) u procesu daljeg sagorevanja do 800⁰C ne menja.

Hemijkska analiza i topljivost pepela iz tretiranog uglja

U tablici 3 sredjeni su podaci o hemijskoj analizi i topljivosti pepela iz tretiranog uglja.



Sl. 1 — Kriva sagorevanja tretiranog uglja od 105⁰ do 800⁰C u intervalu od 50⁰C (klasa — 200 + 30 mm)

Sadržaj SiO₂ u pepelu tretiranog uglja iznosi 33,25%. Zbir SiO₂ i Al₂O₃ je 52,11%. Sastav pepela je jako kiseo. Pepeo počinje da se sinteruje u oksidacionoj atmosferi na temperaturi od 960⁰, a omešava se na temperaturi od 1180⁰. U toku daljeg sagrevanja pepela, pod istim uslovima, na temperaturi od 1355⁰ stvara se polulopta i razlivanje otopljenih mase nastupa kod temperature od 1365⁰.

Granulometrijski sastav tretiranog uglja

U tablici 4 sredeni su podaci o granulometrijskom sastavu tretiranog uglja i sadržaju pepela u pojedinih klasama krupnoće.

Iz izloženih rezultata se vidi da je sadržaj pepela u tretiranom uglju prilično ravnomerno raspoređen i da raste od krupnijih komada ka sitnijim (24,1% do 37,06% na 105°). U krupnim klasama — 200+30 mm sadržaj pepela iznosi 25,31% na 105°C. Ugljena materija koja podleže raspadanju i trošnosti je lošeg kvaliteta i kod ovoga lignita sadrži od 32,07 do 37,06% pepela na 105°. Učešće nastalih proizvoda habanja (podzrna — 30 + 0 mm) iznosi u tretiranom uglju 4,6%.

Što se tiče granulometrijskog sastava tretiranog uglja može se reći, da je za proces sušenja upotrebljen dosta krupan ugalj.

Iz tablice 5 se vidi da tretirani ugalj ima:

50,7% klase — 200 + 120 mm
36,7% klase — 120 + 60 mm
8,0% klase — 60 + 30 mm
4,6% klase — 30 + 0 mm

Usipne težine i specifična težina tretiranog uglja

U tablici 5 prikazani su podaci o učešću pojedinih klasa krupnoće u tretiranom uglju, sadržaju vlage

i pepela u ovim klasama i usipnim težinama pojedinih klasa. Takođe je data i specifična težina tretiranog uglja.

Iz rezultata prikazanih u tablici 5 se vidi da je sadržaj ukupne vlage veći u krupnjim komadima nego u sitnjim i da iznosi od 48,1% do 40,97%. Usipna težina pojedinih klasa tretiranog uglja se kreće od 0,546 t/m³ do 0,702 t/m³. Prosečna usipna težina tretiranog uglja iznosi 0,659 t/m³. Specifična težina tretiranog uglja je jednaka 1,266 g/cm³.

Indeks „Micum“ za tretirani ugalj

Utvrđivanje testa „Micum“ za tretirani ugalj je izvedeno na sledećim klasama:

— 120 + 80 (sadrži: 50% klase — 120 + 100 mm
50% klase — 100 + 80 mm)

— 80 + 60 mm

— 60 + 40 mm (sadrži: 50% klase — 60 + 50 mm
50% klase — 50 + 40 mm)

Ovaj parametar je određen po „DIN“ normama br. 23081. U bubanj, propisanih dimenzija, šaržirano je po 50 kg srednjeg uzorka svake klase uglja i izloženo obrtanju bubenja. Vreme obrtanja je iznosilo 4 minuta, a bubanj se okreće 25 puta na 1 minut. Posle 4 minuta okretanja, sadržaj doboša je

Tablica 4

Granulometrijski sastav tretiranog uglja, klasa — 200 + 30 mm

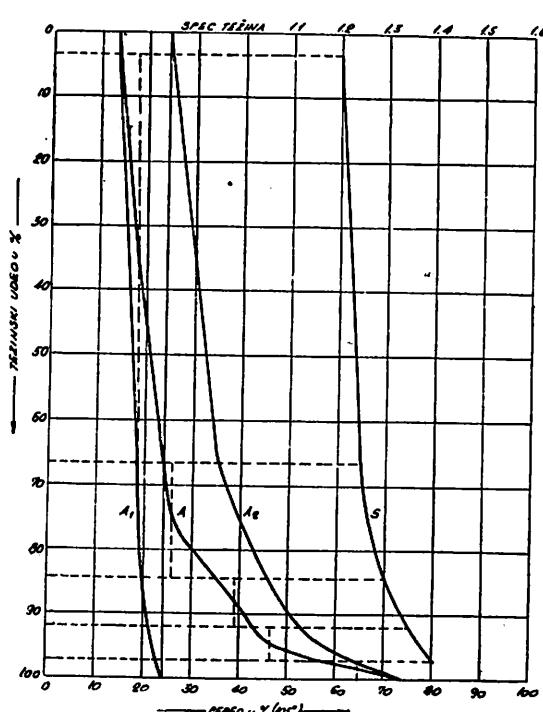
Veličina zrna u mm	T (težina) u %	P (105°) u %	TP	$\sum TP \downarrow$	$\sum T \downarrow$	$\frac{\sum TP}{\sum T} \downarrow$	$\sum TP \uparrow$	$\sum T \uparrow$	$\frac{\sum TP}{\sum T} \uparrow$
—	—	—	—	—	—	—	2561,937	100,0	25,61
— 200 + 150	25,3	24,10	609,730	609,730	25,3	24,10	1952,207	74,7	26,13
— 150 + 120	25,4	25,06	636,524	1246,254	50,7	24,58	1315,683	49,3	26,68
— 120 + 100	17,5	25,78	451,150	1697,404	68,2	24,89	864,533	31,8	27,18
— 100 + 80	10,9	26,67	290,703	1988,107	79,1	25,13	573,830	20,9	27,45
— 80 + 60	8,3	25,44	211,152	2199,259	87,4	25,16	362,678	12,6	28,78
— 60 + 50	2,7	25,87	69,849	2269,108	90,1	25,18	292,829	9,9	29,57
— 50 + 40	2,7	28,20	76,140	2345,248	92,8	25,27	216,689	7,2	30,09
— 40 + 30	2,6	26,59	69,134	2414,382	95,4	25,31	147,555	4,6	32,07
— 30 + 20	1,1	27,41	30,151	2444,533	96,5	25,33	117,404	3,5	33,54
— 20 + 10	1,1	28,45	31,295	2475,828	97,6	25,36	86,109	2,4	35,37
— 10 + 6	0,5	31,39	15,695	2491,523	98,1	25,40	70,414	1,9	37,06
— 6 + 0	1,9	37,06	70,414	2561,937	100,0	25,61	—	—	—

Tablica 5

Usipne težine i specifična težina tretiranog uglja, klasa — 200 + 30 mm

Veličina zrna		Udeo	Vлага	Pepeo	Usipna težina	Pepeo (105°)		
mm	kg	%	%	%	t/m³	%		
— 200	+	150	264,80	25,3	45,51	13,13	0,690	24,10
— 150	+	120	266,80	25,4	48,12	13,00	0,677	25,06
— 120	+	100	184,25	17,5	46,53	13,78	0,652	25,78
— 100	+	80	114,65	10,9	45,49	14,54	0,652	26,67
— 80	+	60	87,75	8,3	45,90	13,76	0,614	25,44
— 60	+	50	28,20	2,7	45,90	14,00	0,591	25,87
— 50	+	40	28,30	2,7	45,94	15,24	0,602	28,20
— 40	+	30	27,80	2,6	44,78	14,68	0,588	26,59
— 30	+	20	11,90	1,1	44,51	15,21	0,647	27,41
— 20	+	10	11,95	1,1	44,51	15,81	0,564	28,45
— 10	+	6	5,40	0,5	42,87	17,93	0,546	31,39
— 6	+	0	19,85	1,9	40,97	21,87	0,702	37,06
		1051,65	100,0	46,25	13,76	0,659	25,61	

Specifična težina = 1.266 g/cm³



Sl. 2 — Krive čišćenja rovnog uglja iz rudnika »Motru«, Rumunija (klasa krupnoće — 250+120 mm)

A — kriva graničnih slojeva; A₁ — kriva sadržaja pepela u čistom uglju; A₂ — kriva sadržaja pepela u jalovini; S — kriva specifičnih težina

ispravnjen i prosejan na situ sa prečnikom otvora (\varnothing) od 40 mm. U tablici 6 prikazani su rezultati o čvrstoći tretiranog uglja.

Tablica 6

Čvrstoća tretiranog uglja, klasa — 200 + 30 mm

Veličina zrna	Udeo %	
	klasa + 40 mm	klasa — 40 mm
— 120 + 80 mm	61,6	38,4
— 80 + 60 mm	76,3	23,7
— 60 + 40 mm	67,0	33,0

Rezultati prikazani u tablici 6 pokazuju da tretirani ugalj ima osobine, u pogledu trošnosti, koje ga svrstavaju između čvrstih i lako drobljivih ugljeva.

Analiza pliva — tone (tretirani ugalj)

Klasa — 250 + 120 mm; klasa — 120 + 60 mm; klasa — 60 + 30 mm

U tablici 7, 8 i 9 izloženi su rezultati analize pliva — tone tretiranog uglja, klase — 250 + 30 mm. Ovi rezultati su prikazani i grafički krivama po Henry-Reinhardt-u u slici br. 2, 3 i 4. Analiza je izvršena u rastvoru organskih hemijskih jedinjenja spec. težina: 1,15; 1,20; 1,25; 1,30; 1,35; 1,40 i 1,48.

Tablica 7

Analiza pliva — tone tretiranog uglja, klasa — 250 + 120 mm

Specifična težina	Težina T % (105 ⁰)	Pepeo P % (105 ⁰)	TP	$\sum_{TP\downarrow}$	$\sum_{T\downarrow}$	$\frac{\sum_{TP}}{\sum T}$ ↓	$\sum_{TP\uparrow}$	$\sum_{T\uparrow}$	$\frac{\sum_{TP}}{\sum T}$ ↑
—	—	—	—	—	—	—	2409,02	100,00	24,1
1,15 — 1,20	3,41	13,7	46,72	46,72	3,41	13,7	2362,30	96,59	24,4
1,20 — 1,25	63,19	17,7	1184,46	1231,18	66,60	18,5	1177,84	33,40	35,2
1,25 — 1,30	17,77	25,8	458,47	1689,65	84,37	20,0	719,37	15,63	46,0
1,30 — 1,35	7,58	39,2	297,14	1986,79	91,95	21,6	422,23	8,05	52,5
1,35 — 1,40	5,33	46,2	246,25	2233,04	97,28	22,9	175,98	2,72	64,7
1,40 — 1,48	2,72	64,7	175,98	2409,02	100,00	24,1	—	—	—

Tablica 8

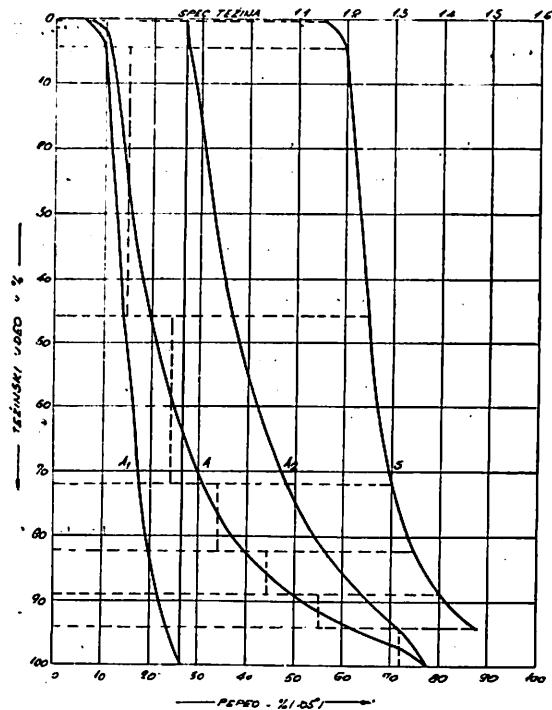
Analiza pliva — tone tretiranog uglja, klasa — 120 + 60 mm

Specifična težina	Težina T % (105 ⁰)	Pepeo P % (105 ⁰)	TP	$\sum_{TP\downarrow}$	$\sum_{T\downarrow}$	$\frac{\sum_{TP}}{\sum T}$ ↓	$\sum_{TP\uparrow}$	$\sum_{T\uparrow}$	$\frac{\sum_{TP}}{\sum T}$ ↑
—	—	—	—	—	—	—	2580,60	100,00	25,8
— 1,15	0,23	9,4	2,16	2,16	0,23	9,4	2578,44	99,77	25,8
1,15 — 1,20	4,92	11,3	55,60	57,76	5,15	11,2	2522,84	94,85	26,6
1,20 — 1,25	47,56	16,8	799,01	856,77	52,71	16,3	1723,83	47,29	36,4
1,25 — 1,30	25,86	25,5	659,43	1516,20	78,57	19,3	1064,40	21,43	49,6
1,30 — 1,35	7,54	36,7	276,72	1792,92	86,11	20,8	787,68	13,89	56,7
1,35 — 1,40	4,87	47,1	229,38	2022,30	90,98	22,2	558,30	9,02	61,9
1,40 — 1,48	6,08	57,3	348,38	2370,68	97,06	24,4	209,92	2,94	71,4
+ 1,48	2,94	71,4	209,92	2580,60	100,00	25,8	—	—	—

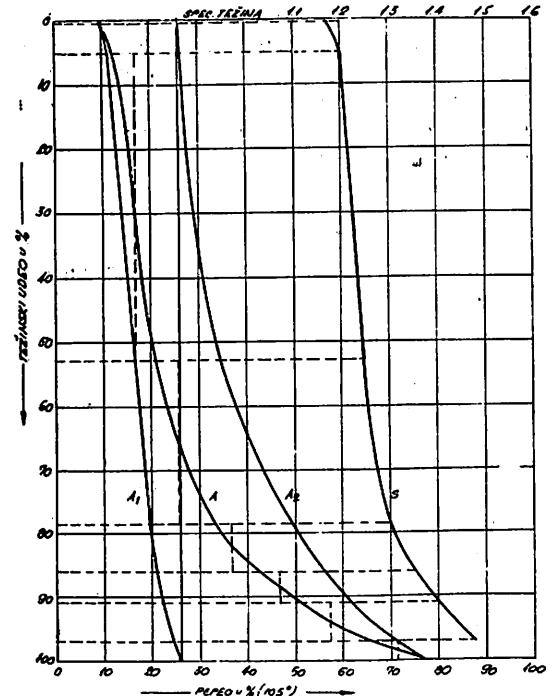
Tablica 9

Analiza pliva — tone tretiranog uglja, klasa — 60 + 30 mm

Specifična težina	Težina T % (105 ⁰)	Pepeo P % (105 ⁰)	TP	$\sum_{TP\downarrow}$	$\sum_{T\downarrow}$	$\frac{\sum_{TP}}{\sum T}$ ↓	$\sum_{TP\uparrow}$	$\sum_{T\uparrow}$	$\frac{\sum_{TP}}{\sum T}$ ↑
—	—	—	—	—	—	—	2649,57	100,00	26,5
— 1,15	0,34	5,7	1,94	1,94	0,34	5,7	2647,63	99,66	26,6
1,15 — 1,20	4,05	10,5	42,53	44,47	4,39	10,1	2605,10	95,61	27,2
1,20 — 1,25	41,35	14,9	616,11	660,58	45,74	14,4	1988,99	54,26	36,6
1,25 — 1,30	26,21	24,2	634,28	1294,86	71,95	18,0	1354,71	28,05	48,3
1,30 — 1,35	10,34	34,1	352,59	1647,45	82,29	19,6	1002,12	17,71	56,5
1,35 — 1,40	6,65	44,2	293,93	1941,38	88,94	21,8	708,19	11,06	64,0
1,40 — 1,48	5,18	55,1	285,42	2226,80	94,12	23,6	422,77	5,88	71,9
+ 1,48	5,88	71,9	422,77	2649,57	100,00	26,5	—	—	—



Sl. 3 — Krive čišćenja rovnog uglja iz rudnika „Motru“, Rumunija (klaša krupnoće $-120+60$ mm)
 A — kriva graničnih slojeva; A₁ — kriva sadržaja pepela u čistom uglju; A₂ — kriva sadržaja pepela u jalovini;
 S — kriva specifičnih težina.



Sl. 4 — Krive čišćenja rovnog uglja iz rudnika „Motru“, Rumunija (klaša krupnoće $-60+30$ mm)
 A — kriva graničnih slojeva; A₁ — kriva sadržaja pepela u čistom uglju; A₂ — kriva sadržaja pepela u jalovini;
 S — kriva specifičnih težina.

Rezultati analiza pliva — tone tretiranog uzorka pokazuju da je ugalj „Motru“ vrlo prorastao mineralnim materijama tj. da ima jaku epigenetsku i singehtsku mineralizaciju koja je, uglavnom, predstavljena glinovitom supstancicom, ugljevitim škriljem, karbonatnim materijama i piritom.

Cista ugljena supstanca sa niskim sadržajem pepela se javlja u vrlo maloj količini (0,34%) — u klasi $-60 + 30$ mm na spec. tež. 1,15 — i sadrži 5,7% pepela na 105°. Glavna količina uglja (kod sve tri ispitivane klase: $-250 + 120$ mm; $-120 + 60$ mm; $-60 + 30$ mm) se nalazi u frakciji specifične težine 1,20 do 1,30 i ima oko 20% pepela (105°). Frakciju, koja se iz ovog uglja izdvaja na spec. težini većoj od 1,40, čine mineralne primeće odnosno čista jalovina koja sadrži 62—65% pepela na 105°. Iz zaključka za analize pliva — tone vidi se da je čista jalovina u uglju „Motru“ koncentrisana u krupnijim komadima (klasa $-120 + 60$; klasi $+ 120$ mm) i da u tretiranom uzorku uglja iznosi 5,6%.

Analize pliva — tone ukazuju na činjenicu da se iz ispitivanog uglja „Motru“ krupnoće $-250 + 30$ mm ne može dobiti postupcima mehaničke pripreme čist proizvod sa niskim sadržajem pepela.

Zaključak za analize pliva — tone:

Klasa $-250 + 120$ mm

Proizvod	Spec. tež.	Udeo %	Udeo na rovni ugalj %	Pepo % (105°)
Čist ugalj	$-1,40$	97,28	49,3	22,9
Jalovina	$+1,40$	2,72	1,4	64,7
		100,00	50,7	24,1

Klasa $-120 + 60$ mm

Proizvod	Spec. tež.	Udeo %	Udeo na rovni ugalj %	Pepo % (105°)
Čist ugalj	$-1,40$	90,98	33,4	22,2
Jalovina	$+1,40$	9,02	3,3	61,9
		100,00	36,7	25,8

Klasa $-60 + 30$ mm

Proizvod	Spec. tež.	Udeo %	Udeo na rovni ugalj %	Pepo % (105°)
Čist ugalj	$-1,40$	88,94	7,1	21,8
Jalovina	$+1,40$	11,06	0,9	64,0
		100,00	8,0	26,5

Petrografski sastav tretiranog uglja

Petrografski sastav tretiranog uglja ispitana je na reprezentativnom srednjem uzorku klase — 200 + 30 mm.

Usled značne količine glinovite materije u humusnom detritusu nižeg stepena gelifikacije i povećanog sadržaja ksilita uzorci uglja nisu bili najpodesniji za izradu mikropetrografskeih preparata. Gubitkom grube vlage ugalj bubre i raspada se pokazujući sklonost ka usitnjavanju.

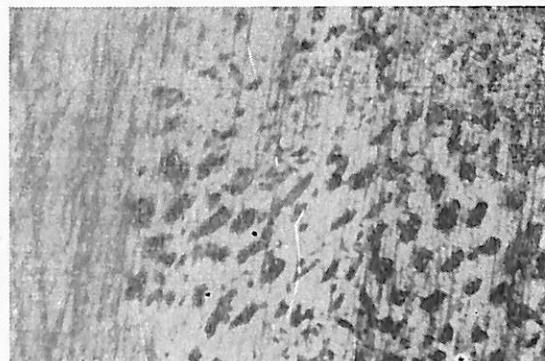
Mikroskopskim ispitivanjem pojedinih preparata uglja utvrđeno je da je uglijena materija najvećim delom (preko 50%) izgrađena od humusnog detritusa nižeg stepena gelifikacije (tekstodetrit). Ovaj detritus izgrađen je od manje ili više promenjenih biljnog delova. Pretežno se javlja tekstinit i gelinit, dok su suberinit i kutinit u jako podređenim procentualnim vrednostima. Zapaženo je da se fuzinit javlja srazmerno ređe u odnosu na ostale ksilitske sastojke.

Humusni detritus (tekstogelit, sl. 5) pokazuje tipičnu nehomogenu strukturu i različiti stepen gelifikacije. Stepen gelifikacije i stepen refleksije su u tesnoj vezi sa sadržajem gelinita. Svi sastojci su sitni, što nam donekle ukazuje na dobru sortiranost biljnog materijala.

Pored tekstinita, tekstodetrit izgrađuju još i proslojci i manja sočiva suberinita (sl. 6), sočiva deformisanog fuzinita (sl. 7), sklerotinit (sl. 8) i rezinit.



Sl. 6 — Proslojek tekstita i suberinita u tekstodetritu.
Prop. svetl. pov. 125 x.



Sl. 7 — Sočivo fuzita u gelodetritu. Odb., svetl. pov. 200 x.



Sl. 5 — Humusni detritus nižeg stepena gelifikacije (tekstodetrit) sa kutinitom, gelinitom i liptinitom.
Prop. svetl., pov. 125 x.



Sl. 8 — Gelinit, sklerotinit i tekstinit u tekstodetritu.
Odb. svetl. pov. 200 x.

Sadržaj pojedinih mikrolitotipova i macerala dat je u tablici 10.

Pored tekstodetrita u ispitivanom uglju javlja se i gelodetrit (humusni detritus višeg stepena gelifikacije), koji pokazuje znatnu kompaktnost, veći stepen refleksije i sadrži manje neorganskih singenetskih primesa. Za ovaj mikrolitotip karakteristična je pojava pukotina i tragova oksidacije, što je u tesnoj vezi sa povećanim sadržajem gelinita.

Tablica 10

Sadržaj pojedinih mikrolitotipova i macerala u tretiranom uglju klase — 200 + 30 mm

Humusni detritus v. stepena (geloderit)	12%
Humusni detritus nižeg stepena (tekstodetrit)	55%
Gelit	9%
Tekstit (ksilit)	18%
Pirit	2%
Glinaj	4%
Sadržaj pepela u uglju iznosi	25,6 % (105°)

Pojave fuzita su kvantitativno bezznačajne. Iz podataka kvalitativno-kvantitativne petrografske analize uglja iz rudnika „Motru” zapaža se i znatan ideo tekstita i gelita (kao mikrolitotipova). Pojave mikroznastog gelita, homogenog gelita i prelazi između tekstita i fuzita su zapažene na pojedinim komadima uglja.

S obzirom na povećan sadržaj tekstita u ugljenoj materiji, zapažene su i veće pojave ksantorezinata i melanorezinata.

U pogledu sadržaja neorganskih materija može se reći da je ugljena materija relativno čista. Čistu ugljenu materiju predstavljaju pretežno gelodetrit i tekstit (ksilit) različitog stepena gelifikacije. Sadržaj pepela u čistom uglju iznosi 5,7% na 105°. Pirtske singenetske impregnacije se javljaju u manjim količinama. Obično se javljaju usamljena pirtska zrna sveroidalnog oblika (do 0,15 mm). Glinovita materija je u izvesnim preparatima česta i veoma intimno je srasla sa organskom materijom.

Iz mikroskopskog ispitivanja srednjih uzoraka tretiranog uglja iz rudnika „Motru” mogu se izvesti sledeći zaključci:

- ispitivani ugalj prema svojim makroskopskim i mikroskopskim osobinama spada u grupu lignita pretežno barskog tipa i to nižeg stepena karbonifikacije;
- glavnu masu čini humusni detritus nižeg stepena gelifikacije (tekstodetrit) koji je u pojedinim slu-

čajevima veoma intimno prožet glinovitom materijom (singenetske impregnacije);

- ksilitска komponenta je takođe kvantitativno značajna;
- ugljena materija, sudeći po rezultatima mikroskopskih ispitivanja, ima nizak sadržaj fuzita;
- sadržaj rezinta je od značaja, tako da treba očekivati prinose tera i montan voska;
- sadržaj pirla je minimalan, dok je prisustvo glinovite komponente kvantitativno značajnije;
- u sitnijim frakcijama uglja, s obzirom na njegovu mehaničku nestabilnost i sklonost ka usitnjavanju, prevlađuju čestice ksilita, gelita i tekstodetrita.

Tehnologija primjenjenog postupka sušenja

Opit sušenja lignita iz rudnika „Motru”, Rumunija, krupnoće — 200 + 30 mm po postupku „Fleissner” je izvršen u postrojenju za sušenje lignita „Kosovo” u Obiliću na dan 2. XII 1967. god. u vremenu od 7⁴⁶ do 14⁴⁶ časova.

Postrojenje za sušenje lignita po postupku „Fleissner” izgradila je u Obiliću austrijska firma „Alpine”, Zeltweg i pustila u rad u toku 1966. godine. Kapacitet postrojenja je 600.000 t sušenog uglja godišnje. Postrojenje ima 12 autoklava. Zapremina jednog autoklava iznosi 42,07 m³. U postrojenju se radi sa zasićenom parom pritiska od oko 30 atū. Dosušivanje lignita se vrši toplim vazduhom u bunkerima za dosušivanje (vidi sliku 9).

Opit sušenja lignita „Motru” je izveden po tehnološkom procesu i uslovima koji se primenjuju za proizvodnju sušenog lignita „Kosovo”.

Tehnološki proces sušenja u postrojenju u Obiliću se sastoji u sledećem:

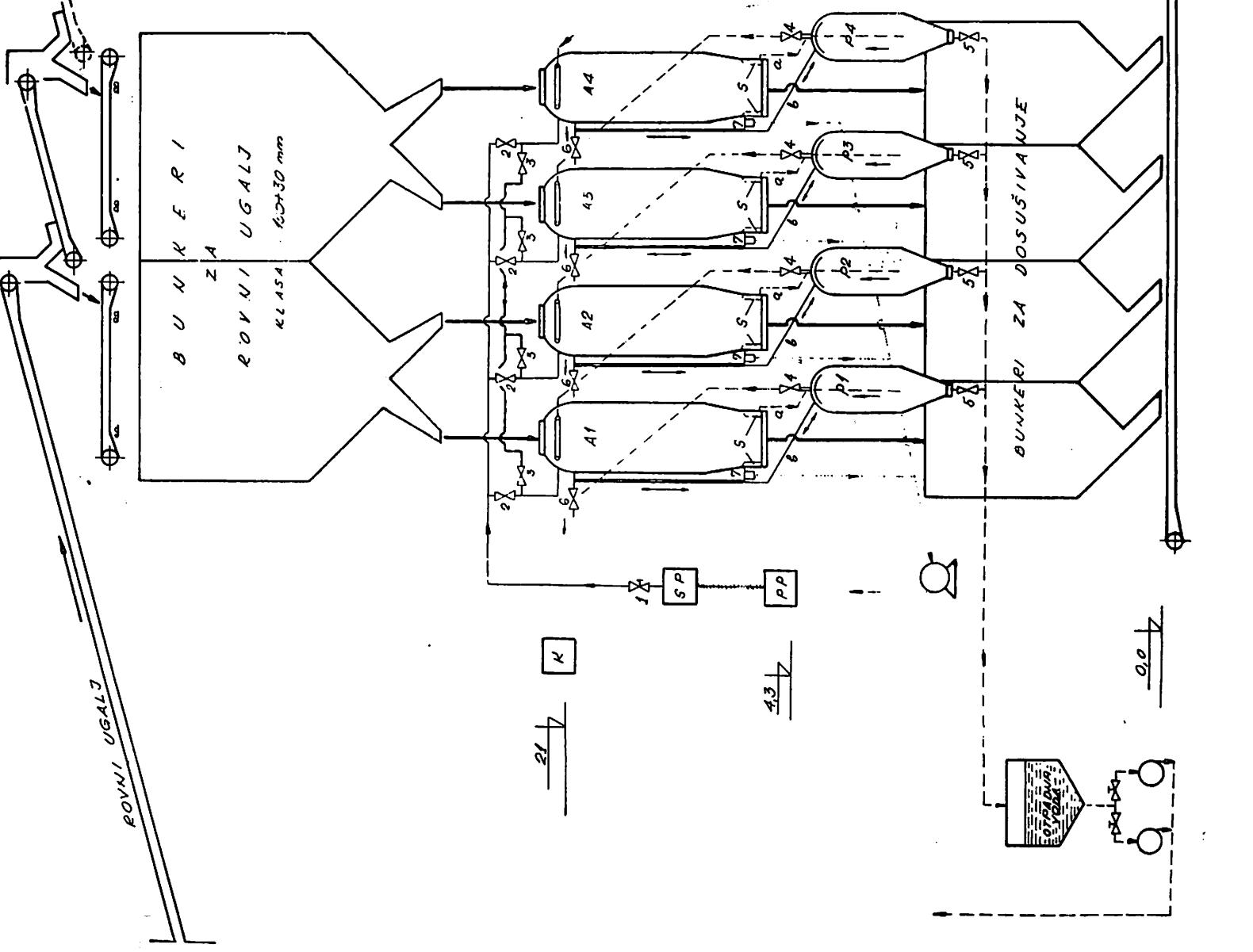
Rovni ugalj klase — 150 + 30 mm se dovodi pomoću transportne trake i uskladištava u bunkere iznad autoklava. Iz bunkera ugalj dospeva u autoklave (3 grupe po 4 komada — ukupno 12 autoklava). Svaka 4 autoklava čine tehnološku jedinicu (celinu).

U autoklavima se ugalj preliva toploim vodom iz susednog autoklava, pri tome se predgrejava i uz isplakivanje glinovitih delova se i čisti. Vrlo nečista voda, kojom se preliva ugalj, odvodi se u rezervoar za muljnu vodu.

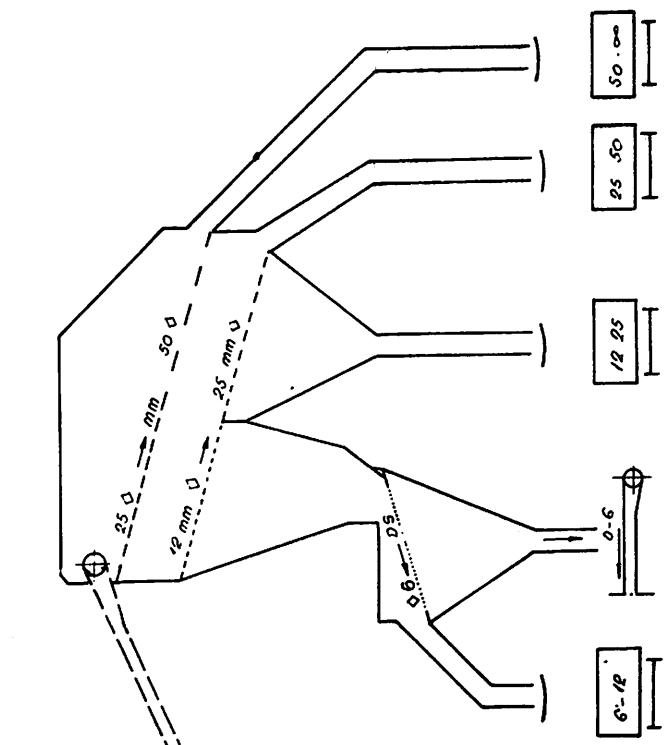
Prvo predgrejavanje traje 20 minuta. Na ovo se nadovezuje drugo predgrejavanje koje se izvodi parom koja je ispuštena iz autoklava u kome je završen proces. Ugalj se kod toga zagrevaju od oko 80° na 160° i na ovoj temperaturi počinje da izlučuje svoju koloidalno vezanu vodu i ugljen dioksid. Drugo predgrejavanje traje, takođe, 20 minuta. Pritisak u autoklavu se na kraju predgrejavanja penje na oko 4 — 6 atū.

LEGENDA

- 1 — VOD ZA ODVOD VODE
 2 — VOD ZA IZJADUĆE PRITISKA
 3 — KOMANDA ZA HIDRAULIKU
 4 — PROIZVODIĆA PARE
 5 — SMANJEVUĆE PARE
 6 — AUTOKLAVI
 7 — POSUDE (PRIKUĆNE)
 8 — SITA
 9 — PARE SA VISOKIM PRITISKOM
 10 — HIDRAULICNI ZASUNI
 11 — PARE
 12 — VRELA VODA
 13 — VOD ZA PREBACIVANJE PARE
 14 — VOD ZA OTPUTSTVANJE PARE
 15 — VRELA VODA



Sl. 9 — Šema tehnološkog procesa susenja lignita u Rudarsko-energetsko-hemiskom kombinatu 'Kosovo' — Obilić.



Kada je ova faza procesa završena uvodi se zasićena para sa pritiskom od 30 atū i sa oko 236°C. Ugalj se dalje zagreva i proces istiskivanja vode i izluživanja CO₂ dolazi do punog toka. Vreme dejstva sveže zasićene pare na ugalj iznosi 60 minuta. Na kraju faze dejstva sveže pare i veći komadi uglja su takođe sasvim ugrejani i skoro primili temperaturu zasićene pare. Izlužena voda se sakuplja u sudu priključenom autoklavu, ugljen dioksid se odvodi i izdvaja preko krova pomoću ventilatora za otpadne pare. Faza sveže pare se završava zatvaranjem ventila za svežu paru i otvaranjem jednog ventila za otpuštanje. Otpuštena para se vodi u sledeći autoklav, pri čemu se pritisak izjednačava kod oko 4–6 atū. Pri tome ispari, zavisno od odgovarajuće razlike temperature, najveći deo još nađene preostale vode u ugaju.

Ta faza procesa, nazvana prvo otpuštanje, iziskuje ponovo 20 minuta. Na kraju ove faze, topla voda, sakupljena u priključnoj posudi, odvodi se pomoću ulazne cevi u jedan susedni autoklav, napunjeno takođe rovnim ugaljem. Temperatura i pritisak opadaju dalje pri čemu se ponovo izlužuje jedan deo vode iz ugalja u obliku pare. Neznatan ostatak pritiska iščezava pomoću ventila za izdvavanje koji se na kraju „drugog otpuštanja“ otvara potpuno a otpadna voda, zaostala u priključnoj posudi, se odvodi u rezervoar za muljnu vodu.

Pražnjenjem sušenog ugalja u bunker za sušeni ugalj (za dosušivanje) označava se zapravo kraj procesa dehidratacije ugalja pomoću pare.

Za ovo je potrebno:

na punjenje autoklava rovnim ugaljem	10'
na prvo predgrejavanje	20'
na drugo predgrejavanje	20'
na tretiranje svežom parom	60'
na prvo otpuštanje	20'
na drugo otpuštanje	20'
na pražnjenje autoklava	10'
ukupno	160'

U bunkeru za sušeni ugalj dehidratisani (parom sušeni) ugalj se podvrgava još procesu za dosušivanje (sterilovanje pare) koji se ostvaruje pomoću uduvavanja toplog vazduha (100°C).

Pri tom se nastale otpadne pare izduvavaju preko krova pomoću ventilatora za otpadnu paru. Dosušivanje traje prema potrebi.

Izdvojena otpadna voda, nastala iz vode sadržane u ugalju i kondenzata pare, odvodi se pomoću muljne pumpe van prostorijenja za sušenje.

Lignit „Motru“, krupnoće — 200 + 30 mm, koji je imao visoko učešće krupnih komada (—200 + 120 mm) 50,7% sušen je 2. XII 1967. god., odmah nakon sušenja lignita „Kosovo“ u 4 autoklava grupe I (vidi sliku 10). Ciklus sušenja u autoklavima je trajao 160 minuta, kako je već ranije opisan, a izveden je uz pritisak zasićene pare od 30,2 atū (31,2 at).

Za vreme procesa sušenja registrovani su u postrojenju na koti + 21,0 m i 4,3 m sledeći podaci:

- visina pritiska pare
- temperatura pare
- temperatura pare u autoklavima

Merenja izvršena na koti + 21,0 m su data na slikama 11 i 12.

Prikaz merenja izvedenih na koti + 4,3 m dat je na slikama 13 i 13a.

Posle sušenja u autoklavima ugalj „Motru“ je podvrgnut procesu dosušivanja u „bunkerima za dosušivanje“. Dosušivanje je trajalo 140' a vršeno je toplim vazduhom ($t = 95^{\circ}\text{C}$).

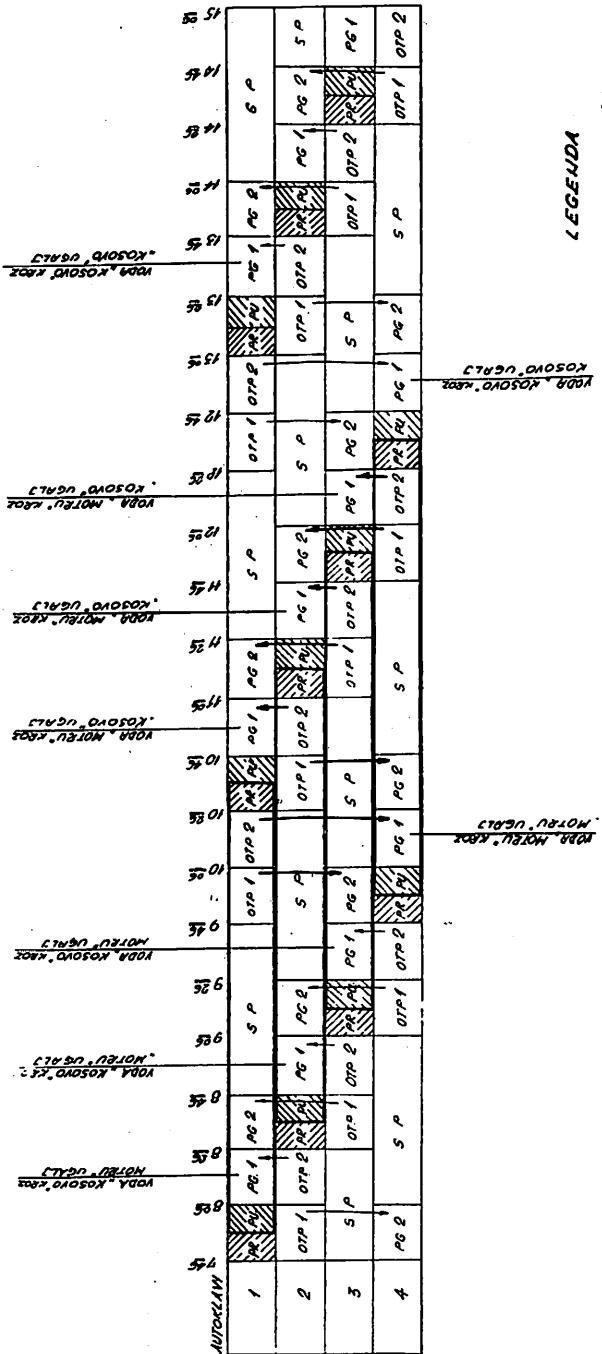
U toku procesa sušenja i dosušivanja registrovani su svi tehnički parametri potrebni za projektovanje (potrošnja pare, količina toplog vazduha, količina otpadne vode i dr.).

Nakon dosušivanja ugalj je podvrgnut prosejavanju u finalne proizvode u postrojenju REHK, Kosovo na isti način kako se klasira sušeni ugalj „Kosovo“ (vidi sliku 9).

Za utvrđivanje osobina sušenog ugalja uzeti su reprezentativni srednji uzorci u postrojenju za sušenje ugalja na koti 0,00 (posle dosušivanja) i u postrojenju za klasiranje sušenog ugalja (nakon prosejavanja). Na koti 0,00 uzimani su pojedinačni srednji uzorci sa transportne trake ispod bunkera za dosušivanje. Na kraju uzorkovanja pojedinačni uzorci su sjedinjeni i od ovih je formiran jedan uzorak u težini oko 700 kg. Krupnoća reprezentativnog uzorka sušenog ugalja je iznosila —170+0 mm. U postrojenju za klasiranje sušenog ugalja uzeti su reprezentativni uzorci za dobijene finalne proizvode i to:

- klasa + 50 mm
- klasa — 50 + 25 mm
- klasa — 25 + 12 mm
- klasa — 12 + 6 mm
- klasa — 6 + 0 mm

Za ispitivanje kvaliteta otpadne vode uzeta su u 10²⁶ dva reprezentativna srednja uzorka.



LEGENDA

PUNČENJE	- PU
PREDRZEVANJE	- PG - 1
PREDRZEVANJE	- PG - 0
SNEŽA PRAVA	- SP
OPNUŠTAVJE	- OP - 1
OPNUŠTAVJE	- OP - 2
AKCIJUVENTE	- AK



OPNUŠTAVJE	- OP - 1
OPNUŠTAVJE	- OP - 2
AKCIJUVENTE	- AK

REHABILITACIJE VODA KOSOVO Q00

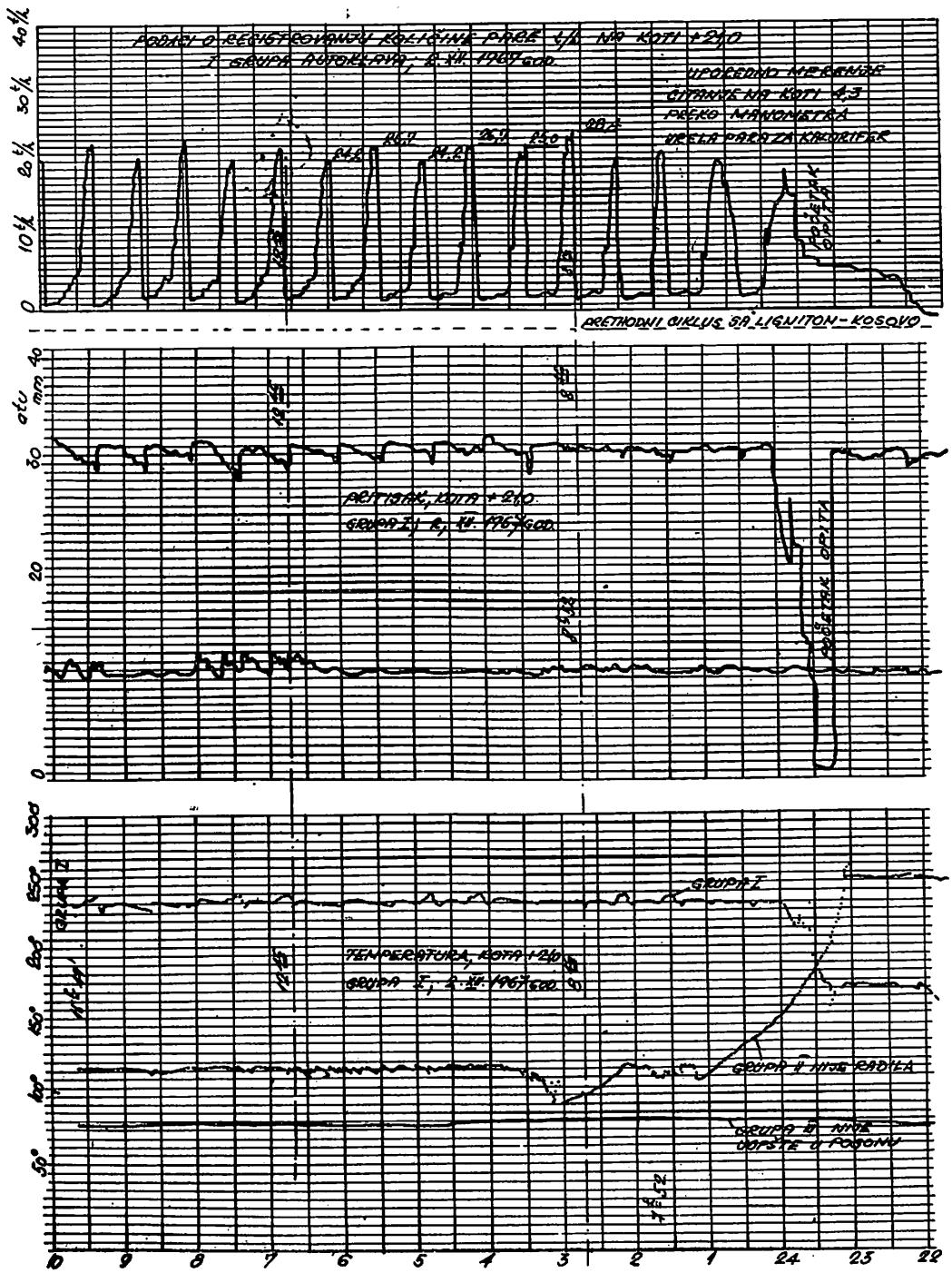
BUNZER 1 10,5 - 140 - 12,45

BUNZER 2 11,5 - 140 - 13,35

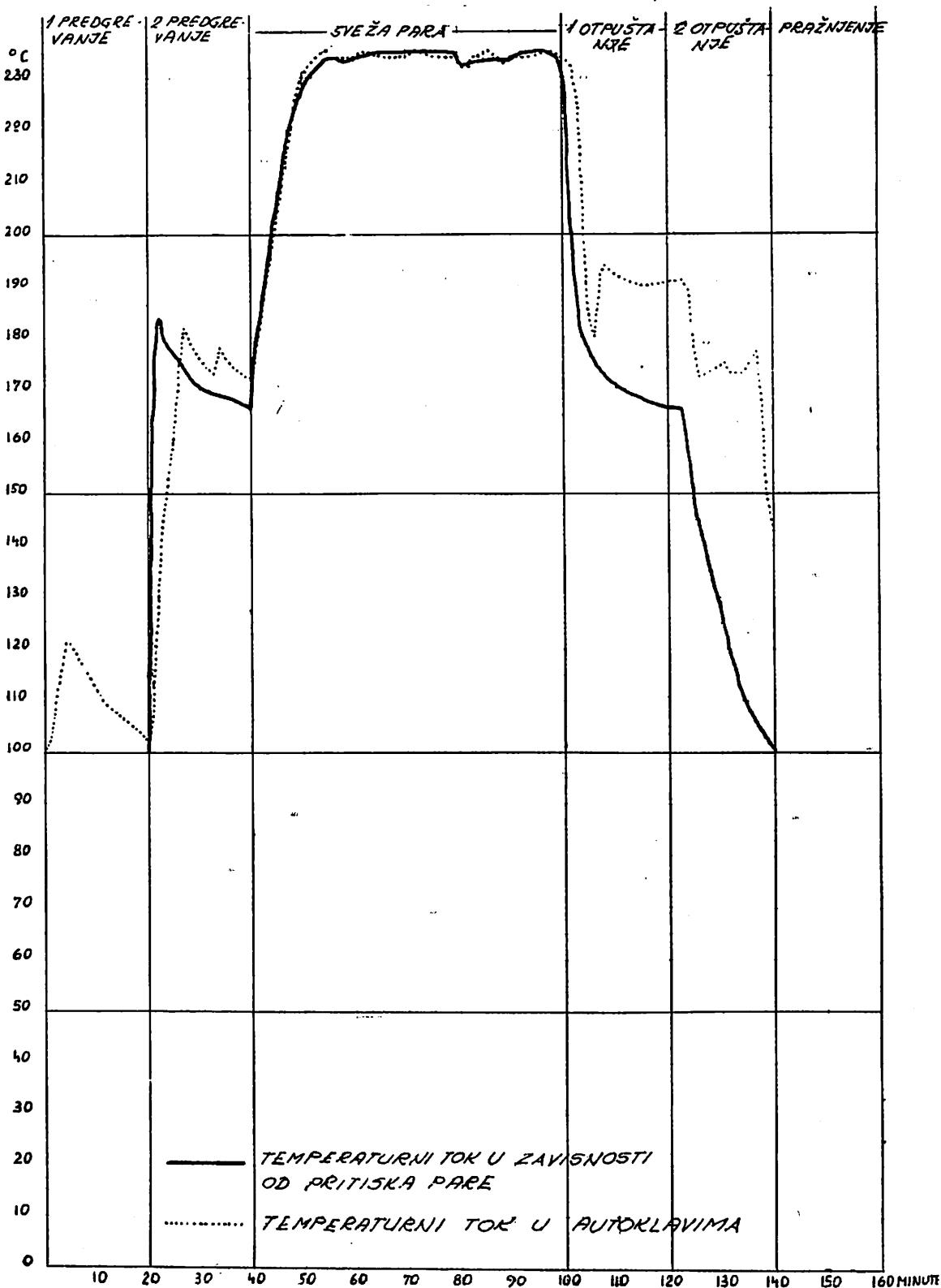
BUNZER 3 11,5 - 140 - 14,65

BUNZER 4 12,5 - 140 - 14,45

Sl. 10 — Tok optira sušenja lignita „Motru“, Rumunija, klase –200+30 mm po postupku „Fleissner“ — 2. XII 1967. god.



Sl. 11 — Opit sušenja lignita »Motru«, Rumunija, klase $-200+30$ mm po postupku »Fleissner«. Merenje pritiska i temperature kota + 21,0 na dan 2. XII 1967. godine.

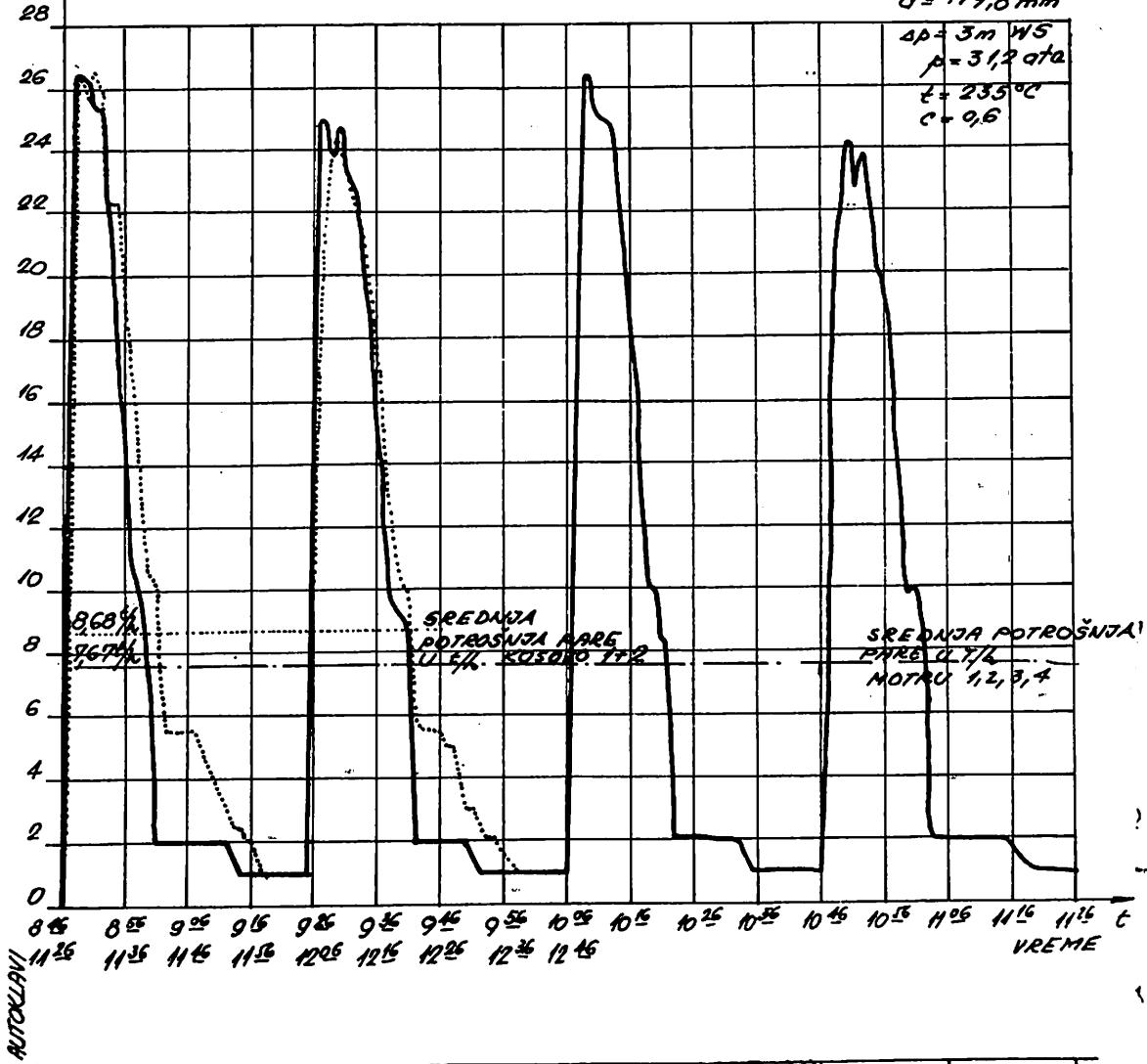


Sl. 12 — Temperaturni tok u autoclavima za vreme opita sa ugljem »Motru« u REHK, Kosovo (30 atü, ciklus: 16 minuta, 2. XII 1967. godine).

POTROŠNJA
PARE U t/h

OČITAVANJE PREKO MANOMETRA, KOTA 4,3
FABR. N° WSW 15/345777, TIP MAZ 3R

$D = 254,4 \text{ mm}$
 $d = 179,8 \text{ mm}$



Sl. 13 — Merenje količine pare na dan 2. XII 1967. godine.

Opit sušenja lignita „Motru“ je izveden bez ikačivih smetnji. Tehnološki proces je za vreme opita bio regularan.

Osobine sušenog uglja

Uzorak iz postrojenja za sušenje (kota 0,00; klasa — 170 + 0 mm)

Ovaj uzorak je uziman u vremenu od 12⁴⁶ do 14⁴⁶ časova, odnosno od početka pražnjenja bunkera br. 1 (vidi sliku 10) pa do momenta kada je ispraznen, i bunkera br. 4 za dosušivanje (sušenog) uglja. Pojedinačni manji — srednji uzorci sušenog uglja su uzimani u kraćim vremenskim razmacima sa transportne trake ispod bunkera za dosušivanje. Od svih ovih uzoraka formiran je jedan reprezentativni uzorak, koji je mešanjem i četvrtanjem sveden na težinu od oko 700 kg. Na tako dobijenom reprezentativnom uzorku izvršena su sva programom predviđena ispitivanja.

— Imedijatna i elementarna analiza sušenog uglja, klase — 170 + 0 mm. — U tablici 11 dati su podaci o imedijatnoj i elementarnej analizi sušenog uglja, klase — 170 + 0 mm.

Sušeni ugalj, krupnoće — 170 + 0 mm, ima: 21,8% vlage, 19,62% pepela, 58,58% sagorljivih materija i donju toplotnu vrednost, određenu u kalorimetru u veličini od 3509 kcal/kg. Higro vlaga u ovom uglju

	"MOTRU"				"KOSOVO"	
	AUTOKLAV 1	AUTOKLAV 2	AUTOKLAV 3	AUTOKLAV 4	AUTOKLAV 1	AUTOKLAV 2
ECITAVANJA	291,7	307,2	315,1	319,2	351,0	350,1
VREME U MIN	39	41	40	40	39	41
$\Sigma \frac{E}{t}$	7,48	7,73	7,87	7,98	8,99	8,54
RAZLIKA BROJCA	7,9	8,1	8,8	8,9	9,7	9,4
VREME U MIN	39	41	40	40	39	41
$\Sigma \frac{E}{t} \cdot 60,0,6$	7,29	7,11	7,92	8,01	8,95	8,25
$\Sigma \frac{E}{t}$	14,97	14,84	15,79	15,99	17,94	16,99
SEČENJE POGREŠNOSTA	61,59	8 - 7,67%			34,93	4 - 8,68%
UKUPNA POGREŠNOST	9,67	42 - 5,10%			8,68	50 - 5,98%

UKUPNA POTROŠNJA ZA DINAMIČKI PERIOD

	"MOTRU"				"KOSOVO"	
	AUTOKLAV 1	AUTOKLAV 2	AUTOKLAV 3	AUTOKLAV 4	AUTOKLAV 1	AUTOKLAV 2
ECITAVANJA	254,7	284,7	281,6	284,2	354,85	332,85
VREME U MIN	43	47	47	48	49	47
$\Sigma \frac{E}{t}$	15,98	16,74	16,56	15,79	12,58	12,91
UKUPNA POGREŠNOST	4,24	4,74	4,60	4,74	5,57	5,54
DRUGI POGREŠNI PODACI O MATERIJALU					10,44	4 - 4,60%
						11,11 - 6,55

Sl. 13a — Obračun količine pare; opit »Motru« p — 30,2 atü (31,2 atu).

iznosi 11,0%. Ugalj sadrži 2,05% ukupnog sumpora (na 105°C) pri čemu sagorljivi sumpor iznosi 0,43% (105°C). Čista ugljena supstanca (bez vlage, bez pepela) ima 58,89% isparljivih materija, 41,11% C-fix-a, 70,39% ugljenika, 5,40% vodonika, 0,57% sagorljivog sumpora i 23,64% azota i kiseonika.

Tablica 11

Imedijatna i elementarna analiza sušenog uglja, klase — 170 + 0 mm

	Ukupna vlaga	Higro vlaga	Bez vlage	Bez vlage i pepela
Vlaga	%	21,80	11,0	—
Pepeo	%	19,62	22,33	25,09
Sumpor uk.	%	1,60	1,82	2,05
Sumpor u pepelu	%	1,27	1,44	1,62
Sumpor sagorljiv	%	0,33	0,38	0,43
Koks	%	43,70	49,73	55,88
C-fix	%	24,08	27,40	30,79
Isparljivo	%	34,50	39,27	44,12
Sagorljivo	%	58,58	66,66	74,91
Kalorična vrednost:				
gornja kcal/kg		3811	4337	4874
donja kcal/kg		3509	4060	4655
Ugljenik	%	41,23	46,92	52,72
Vodonik	%	3,17	3,61	4,05
Sumpor sagorljiv	%	0,33	0,38	0,43
Azot + kiseonik	%	13,85	15,76	17,71
				100,00

— Kriva sagorevanja sušenog uglja, klase — 170 + 0 mm od 105° do 800°C u intervalu od 50°C (vidi krivu na slici 14). — U tablici 12 sredeni su podaci o sagorevanju sušenog uglja, klase — 170 + 0 mm, a njihov grafički prikaz je dat na slici 14.

Tablica 12

Sagorevanje sušenog uglja klase — 170 + 0 mm od 105° do 800°C u intervalu od 50°C

Temperatura u peći °C	Ostatak žarenjem %	Vlažno na 105°
100	78,20	100,0
150	77,42	99,0
200	75,62	96,7
250	45,98	58,8
300	35,66	45,6
350	29,56	37,8
400	25,18	32,2
450	22,91	29,3
500	20,57	26,3
550	19,86	25,4
600	19,63	25,0
650	19,55	25,0
700	19,55	25,0
750	19,55	25,0
800	19,55	25,0

Ukupna vлага % 21,8

Tablica 13

Hemijska analiza pepela sušenog uglja, klasa — 170+0 mm

Sastojci	%
SiO ₂	31,84
Fe ₂ O ₃	12,38
Al ₂ O ₃	16,38
CaO	17,80
MgO	4,00
SO ₃	15,14
P ₂ O ₅	0,36
TiO ₂	0,38
Na ₂ O	0,33
K ₂ O	1,12
Reakcija	jako kisela

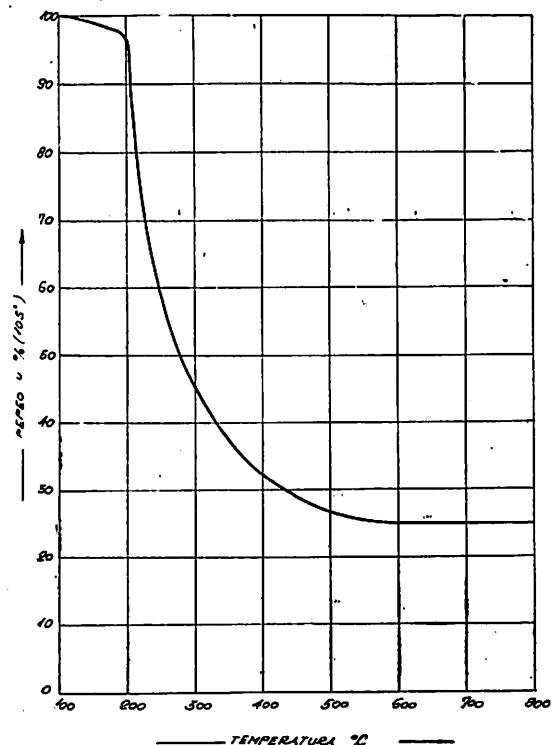
Topljivost pepela:
(oksidaciona atmosfera)

Početak sinterovanja	950°
Tačka omekšavanja	1190°
Tačka polulopte	1340°
Tačka razlivanja	1360°

Rezultati sagorevanja sušenog uglja, krupnoće — 170+0 mm, od 105° do 800° (u intervalu od 50°C) pokazuju da ugalj sagori na temperaturi od 600° i da se sadržaj pepela (25,0% na 105°) u procesu daljeg sagorevanja do 800° ne menja.

— Hemijska analiza i topljivost pepela iz sušenog uglja (klase — 170+0 mm).

— U tablici 13 sredeni su podaci o hemijskoj analizi i topljivosti pepela iz sušenog uglja, klase — 170+0 mm.



Sl. 14 — Kriva sagorevanja sušenog uglja od 105° do 800°C u intervalu od 50°C (klase — 170 + 0 mm).

Sadržaj SiO₂ u pepelu sušenog uglja, klase — 170+0 mm, iznosi 31,84%. Zbir SiO₂ i Al₂O₃ je 48,22%. Sastav pepela je jako kiseo. Pepeo počinje da se sinteruje u oksidacionoj atmosferi na temperaturi od 950°, a omekšava na temperaturi od 1190°. U toku daljeg zagrevanja pepela, pod istim uslovima, na temperaturi od 1340° stvara se polulopta i razlivanje otopljenе mase nastupa kod temperature od 1360°.

— Granulometrijski sastav sušenog uglja, klase — 170+0 mm. U tablici 14 i 14a

sredeni su podaci o granulometrijskom sastavu sušenog uglja i sadržaju pepela u pojedinim klasama krupnoće.

Iz dobijenih rezultata se vidi da je sadržaj pepela u sušenom uglju ravnomerne raspoređen u klasama od $-170+$ do 80 mm i da se kreće oko 20,0% na 105°. Udeo ovih klasa iznosi oko 10%. Izuzetak čini komad + 150 mm koji je zastupljen u sušenom uglju sa svega 4,37%. Kod ovoga ne treba gubiti izvida, da je u autoklavu odnosno u proces sušenja unet rovni ugalj koji je sadržao oko 50,7% krupnih komada veličine $-200 + 120$ mm, a da je posle sušenja dobijeno svega 15,07% krupnog uglja veličine $-170+120$ mm. U pogledu sadržaja pepela za ove klase treba naglasiti da je pepeo u rovnem uglju iznosio pre sušenja 24,6% na 105° i da se posle sušenja smanjio na 19,3% (105°).

Kod sušenog uglja, čija je veličina zrna manja od 80 mm, raste sadržaj pepela, sa smanjenjem veličine zrna, od 22,0 do 40,3% na 105°. Što se tiče udele po jedinim klasa u ovom proizvodu ne postoje velika odstupanja i u proseku deo iznosi oko 8%. Najlošiji kvalitet ima sitna klasa $-6 + 0$ mm, jer su se u sitnjim zrnima koncentrisali proizvodi hananja i mineralne primese.

Rezultati prikazani u tablici 14a pokazuju da se sadržaj pepela u sitnom sušenom uglju, klase $-6 + 0$ mm, kreće od 31,0 do 50,0% na 105° i da je udeo najsitnijih frakcija $-0,5 + 0$ mm zastupljen u ovome sa 32,6%.

— Usipne težine i specifična težina sušenog uglja, klasa $-170+0$ mm. — U tablici 15 prikazani su podaci o učešću pojedinih klasa

Tablica 14

Granulometrijski sastav sušenog uglja, klasa $-170 + 0$ mm

Veličina zrna mm	T težina %	P (105°) pepeo %	TP	$\sum TP\downarrow$	$\sum T\downarrow$	$\frac{\sum TP}{\sum T}\downarrow$	$\sum TP\uparrow$	$\sum T\uparrow$	$\frac{\sum TP}{\sum T}\uparrow$	
— 170 +	150	4,37	18,9	82,593	82,593	4,37	18,9	2509,979	100,0	25,09
— 150 +	120	10,70	19,6	209,720	292,313	15,07	19,3	2427,386	95,63	25,4
— 120 +	100	10,41	20,0	208,200	500,513	25,48	19,6	2217,666	84,93	26,1
— 100 +	80	12,12	20,6	249,672	750,185	37,60	20,0	2009,466	74,52	26,9
— 80 +	60	10,79	22,0	237,380	987,565	48,39	20,4	1759,794	62,40	28,2
— 60 +	50	6,29	22,3	140,267	1127,832	54,68	20,6	1522,414	51,60	29,5
— 50 +	40	5,51	23,2	127,832	1255,664	60,19	20,9	1382,147	45,32	30,4
— 40 +	30	9,11	24,9	226,839	1482,503	69,30	21,4	1254,315	39,81	31,5
— 30 +	20	5,91	25,2	148,932	1631,425	75,21	21,6	1027,476	30,70	33,4
— 20 +	10	8,67	30,9	267,903	1899,338	83,88	22,6	871,544	24,79	35,1
— 10 +	6	7,09	34,8	246,732	2146,070	90,97	23,6	603,641	16,12	37,4
— 6 +	0	9,03	40,3	363,909	2509,979	100,00	25,09	363,809	9,03	40,3

Tablica 14a

Granulometrijski sastav sušenog uglja, klasa $-6 + 0$ mm

Veličina zrna mm	Težina T %	Pepeo P (105°) %	TP	$\sum TP\downarrow$	$\sum T\downarrow$	$\frac{\sum TP}{\sum T}\downarrow$	$\sum TP\uparrow$	$\sum T\uparrow$	$\frac{\sum TP}{\sum T}\uparrow$	
— 6 +	4	1,6	31,00	49,60	49,60	1,6	31,0	4026,01	100,0	40,3
— 4 +	2	20,3	35,1	712,53	762,13	21,9	34,8	3976,41	98,4	40,4
— 2 +	1	25,2	38,5	970,20	1732,33	47,1	36,7	3263,88	78,1	41,8
— 1 +	0,5	20,3	42,4	860,72	2593,05	67,4	38,4	2293,68	52,9	43,3
— 0,5 +	0,3	12,0	42,5	510,00	3103,05	79,4	39,1	1432,96	32,6	44,0
— 0,3 +	0,1	15,9	44,0	696,60	3799,65	95,3	39,8	922,96	20,6	44,8
— 0,1 +	0,075	1,8	45,2	81,36	3881,01	97,1	40,0	226,36	4,7	48,2
— 0,075		2,9	50,0	145,00	4026,01	100,0	40,3	145,00	2,9	50,0

Tablica 15

Usipne težine i specifična težina sušenog uglja klase — 170 + 0 mm

Veličina zrna mm	Udeo kg	%	Vлага %	Pepeo %	Usipna težina t/m ³	Pepeo (105°C) %
— 170 + 150	30,45	4,37	23,2	14,51		18,9
— 150 + 120	74,65	10,70	22,8	15,13		19,6
— 120 + 100	72,60	10,41	22,6	15,48		20,0
— 100 + 80	84,50	12,12	22,5	15,96	0,582	20,6
— 80 + 60	75,20	10,79	22,3	17,09		22,0
— 60 + 50	43,85	6,29	22,0	17,39		22,3
— 50 + 40	38,45	5,51	21,8	18,14		23,2
— 40 + 30	63,45	9,11	21,8	19,47	0,600	24,9
— 30 + 20	41,25	5,91	21,1	19,88	..	25,2
— 20 + 10	60,45	8,67	20,8	24,47	0,615	30,9
— 10 + 6	49,45	7,09	20,8	27,56	0,674	34,8
— 6 + 0	62,95	9,03	20,8	31,92	0,742	40,3
	697,25	100,00	21,8	19,62	0,610	25,09

Specifična težina = 1,410 g/cm³

krupnoće u sušenom uglju, o sadržaju vlage i pepela u ovim klasama i usipnim težinama pojedinih klasa. Takođe je data i specifična težina sušenog uglja.

Iz rezultata izloženih u tablici 15 se vidi da je sadržaj ukupne vlage veći u krupnjim komadima nego u sitnjim i da iznosi 23,2% do 20,8%. Usipna težina pojedinih klasa sušenog uglja se kreće od 0,582 t/m³ do 0,742 t/m³, odnosno najveća je kod sitnih klasa — 6 + 0 mm. Prosječna usipna težina za klasu — 170 + 0 mm iznosi 0,610 t/m³. Specifična težina sušenog uglja klase — 170 + 0 mm je jednaka 1,410 g/cm³.

— Indeks „Micum” za sušeni ugalj klase — 170 + 0 mm. — Utvrđivanje testa „Micum” za sušeni ugalj je izvedeno na sledećim klasama:

- 120 + 80 mm (sadrži: 50% klase — 120 + 100 mm
50% klase — 100 + 80 mm)
- 80 + 60 mm
- 60 + 40 mm (sadrži: 50% klase — 60 + 50 mm
50% klase — 50 + 40 mm)

Ovaj parametar je određen po „DIN” normama br. 23081. Metoda rada je već opisana u poglavljiju za tretirani rovni ugalj. U tablici 16 prikazani su rezultati o čvrstoći sušenog uglja, nakon 4 min. obrtaja u uređaju bubanj i odsejavanja na situ Ø 40 mm.

Rezultati izloženi u tablici 16 pokazuju da sušeni ugalj ima takve osobine u pogledu trošnosti da ga ove svrstavaju u drobljive ugljeve.

Tablica 16

Čvrstoća sušenog uglja, klase — 120 + 40 mm

Veličina zrna mm	Udeo %	
	klasa + 40 mm	klasa — 40 mm
— 120 + 80	51,1	48,9
— 80 + 60	52,1	47,9
— 60 + 40	41,5	58,5

— Stabilnost i trošnost uglja posle sušenja (obračunato po „ASTM STANDARD-D 440-49”). — Parametar za stabilnost zrna uglja posle procesa sušenja po postupku „Fleissner” je obračunat po „ASTM STANDARD-D 440-49“. U tu svrhu upotrebljeni su rezultati granulometrijskog sastava rovnog uglja, klase —200 +30 mm pre sušenja i rezultati granulometrijskog sastava sušenog uglja, klase —170 +0 mm. U tablici 17 prikazani su obračunati i dobijeni rezultati.

Iz rezultata izloženih u tablici 17 se vidi da ugalj „Motru” ima, posle sušenja po procesu „Fleissner”, za parametar „stabilnost” vrednost od 55,08% a za trošnost 44,92%.

Ovi podaci ukazuju na činjenicu da je u procesu sušenja primenjen suviše krupan ugalj i visok radni pritisak pare.

— Kvalitet pojedinih klasa sušenog uglja. — U tablici 18 sredeni su podaci o imedijatnoj

Stabilnost i trošnost ugleja posle sušenja

Tablica 17

Br.	Pre sušenja			Srednji			Poste sušenja							
	Ostatak na situ mm Ø	Prolaz kroz sito mm Ø	Težina kg	otvor sita mm	Faktor	Produkt 4x6 S	Ostatak na situ mm Ø	Prolaz kroz sito mm Ø	Težina kg	%	Strednji otvor sita mm Ø	Faktor	Produkt 11 x 13 s	
1	150	200	264,8	25,3	175	1	25,30	150	200	30,45	4,37	175	1	4,37
2	120	150	266,8	25,4	135	0,77	19,53	120	150	74,65	10,70	135	0,77	8,24
3	100	120	184,25	17,5	110	0,63	11,03	100	120	72,60	10,41	110	0,63	6,56
4	80	100	114,65	10,9	90	0,51	5,56	80	100	84,50	12,12	90	0,51	6,18
5	60	80	87,75	8,3	70	0,40	3,32	60	80	75,20	10,79	70	0,40	4,31
6	50	60	28,20	2,7	55	0,32	0,86	50	60	43,85	6,29	55	0,32	2,01
7	40	50	28,30	2,7	45	0,26	0,70	40	50	38,45	5,51	45	0,26	1,43
8	30	40	27,8	2,6	35	0,20	0,50	30	40	63,45	9,11	35	0,20	1,82
9	20	30	11,9	1,1	25	0,14	0,15	20	30	41,25	5,91	25	0,14	0,53
10	10	20	11,95	1,1	15	0,086	0,03	10	20	60,45	8,67	15	0,086	0,75
11	6	10	5,4	0,5	8	0,046	0,92	6	10	49,45	7,09	8	0,046	0,33
12	0	6	19,85	1,9	3	0,017	0,03	0	6	62,95	9,03	3	0,017	0,15
			1051,65	100,00	S = 7	Σ 67,12		697,25	100,00	s = 1,14	= 36,98			

Faktor = postojeći srednji prečnik zrna podcijen najvećim srednjim prečnikom

$$\text{Stabilnost zrna } (\%) = \frac{100 \cdot s}{S} = 55,08$$

$$\text{Trošnost zrna } \% = 100 - \text{stabilnost zrna} = 100 - 55,08 = 44,92 \%$$

Imedijatne i elementarne analize pojedinih klasa sušenog ugja

Tablica 18

	Klase + 60 min				Klase — 60 + 30 min				Klase — 30 + 0 min				
	Ukupna vlaga	Higro vlaga	Bez vlage i pepela	Bez vlage	Ukupna vlaga	Higro vlaga	Bez vlage i pepela	Bez vlage	Ukupna vlaga	Higro vlaga	Bez vlage i pepela	Bez vlage	
Vлага	0,0	22,50	11,00	—	—	21,80	11,0	—	—	20,74	9,50	—	—
Pepeo	0,0	15,82	18,17	20,41	—	18,48	21,03	23,63	—	26,51	30,27	33,45	—
Sumpor ukupan	0,0	1,72	1,97	2,22	—	1,58	1,80	2,02	—	1,39	1,59	1,76	—
Sumpor u pepelu	0,0	1,29	1,48	1,67	—	1,29	1,47	1,65	—	1,16	1,32	1,47	—
Sumpor sagorljiv	0,0	0,43	0,49	0,55	0,69	0,28	0,33	0,37	0,48	0,23	0,27	0,29	0,43
Koks	0,0	41,82	48,02	53,96	42,15	43,15	49,11	55,18	41,32	47,24	53,94	59,60	39,30
C-fix	0,0	26,00	29,85	33,55	42,15	24,67	28,08	31,55	41,32	20,73	23,67	26,15	39,30
Isparljivo	0,0	35,68	40,98	46,04	57,85	36,05	39,89	44,82	58,68	32,02	36,56	40,40	60,70
Sagorljivo	0,0	61,68	70,83	79,59	100,00	60,72	67,37	76,37	100,00	52,75	60,23	66,55	100,00
Kalorična vrednost:													
gornja kcal/kg	4029	4626	5165	6489	3944	4489	4992	6537	3410	3894	4303	6465	
donja kcal/kg	3716	4355	4935	6200	3634	3951	4764	6238	3126	3654	4102	6163	
Ugljenik	0,0	42,66	48,99	55,05	69,16	42,11	47,93	53,85	70,51	36,73	41,94	46,34	69,63
Vodonik	0,0	3,30	3,79	4,26	5,35	3,31	3,76	4,23	5,53	2,96	3,38	3,73	5,60
Sumpor sagorljiv	0,0	0,43	0,49	0,55	0,69	0,28	0,33	0,37	0,48	0,23	0,27	0,29	0,43
Azot + kiseonik	0,0	15,29	17,56	19,73	24,80	14,02	15,95	17,92	23,48	12,83	14,64	16,19	24,34

i elementarnoj analizi sušenog uglja klase + 60 mm, — 60 + 30 mm; i — 30 + 0 mm, a u tablici 19 izloženi su podaci o osobinama pepela ovih klasa.

Sušeni ugalj, krupnoće + 60 mm, ima 22,5% vlage, 15,83% pepela, 61,68% sagorljivih materija i donju topotnu vrednost, određenu u kalorimetru, u veličini od 3716 kcal/kg. Higro vlaga u ovom uglju iznosi 11,0%. Ugalj sadrži 2,22% ukupnog sumpora (na 105°) pri čemu sagorljivi sumpor iznosi 0,55% na 105°. Čista ugljena supstanca (bez vlage, bez pepela) ima 57,85% isparljivih materija, 42,15% C-fix-a, 69,10% ugljenika, 5,35% vodonika, 0,69% sagorljivog sumpora i 24,80% azota i kiseonika.

Sadržaj SiO_2 u pepelu sušenog uglja klase + 60 mm iznosi 26,10%. Zbir SiO_2 i Al_2O_3 je 40,15%. Sastav pepela je kiselog karaktera. Pepeo počinje da se sinteruje u oksidacionoj atmosferi na temperaturi od 970°, a omešava se na temperaturi od 1180°. U toku daljeg zagrevanja pepela u oksidacionoj atmosferi na temperaturi od 1320° stvara se tzv. polulopta i razlivanje otopljenе mase nastupa kod temperature od 1310°.

Sušeni ugalj, klase — 60 + 30 mm, ima 21,8% vlage, 18,48% pepela, 60,72% sagorljivih materija i donju topotnu moć, određenu u kalorimetru, u vrednosti od 3634 kcal/kg. Higro vlaga u ovom uglju iznosi 11,0%. Ugalj sadrži 2,02% ukupnog sumpora (na 105°) pri čemu sagorljivi sumpor iznosi 0,37% (105°). Čista ugljena supstanca (bez vlage, bez pe-

pela) ima 41,32% C-fix-a, 58,68% isparljivih materija, 70,51% ugljenika, 5,53% vodonika, 0,48% sagorljivog sumpora i 23,48% azota i kiseonika.

Sadržaj SiO_2 u pepelu sušenog uglja, klase — 60 + 30 mm, iznosi 30,50%. Zbir SiO_2 i Al_2O_3 je 47,00%. Sastav pepela je kiseo. Pepeo počinje da se sinteruje u oksidacionoj atmosferi na temperaturi od 980°, a omešava se na temperaturi od 1180°. U toku daljeg zagrevanja pepela, pod istim uslovima, na temperaturi od 1320° stvara se polulopta i razlivanje otopljenе mase nastupa kod temperature od 1335°.

Sušeni ugalj, krupnoće — 30 + 0 mm, ima 20,74% vlage, 26,51% pepela, 52,75% sagorljivih materija i donju topotnu moć, određenu u kalorimetru, u veličini od 3126 kcal/kg. Higro vlaga u ovom uglju iznosi 9,50%. Ugalj sadrži 1,76% ukupnog sumpora (na 105°) pri čemu sagorljivi sumpor iznosi 0,29% na 105°. Čista ugljena supstanca (bez vlage, bez pepela) ima 39,3% C-fix-a, 60,70% isparljivih materija, 69,63% ugljenika, 5,60% vodonika, 0,43% sagorljivog sumpora i 24,34% azota i kiseonika.

Sadržaj SiO_2 u pepelu sušenog uglja, klase — 30 + 0 mm, iznosi 39,11%. Zbir SiO_2 i Al_2O_3 je 59,28%. Sastav pepela je jako kiseo. Pepeo počinje da se sinteruje u oksidacionoj atmosferi na temperaturi od 950°, a omešava se na temperaturi od 1180°. U toku daljeg zagrevanja pepela, pod istim uslovima, na temperaturi od 1360° stvara se polulopta i razlivanje otopljenе mase nastupa kod temperature od 1380°.

Hemijska analiza i topljivost pepela iz pojedinih klasa sušenog uglja

Tablica 19

Sastojci	Klase + 60 mm %	Klase — 60 + 30 mm %	Klase — 30 + 0 mm %
SiO_2	26,10	30,50	39,11
Fe_2O_3	13,97	11,58	11,38
Al_2O_3	14,05	16,50	20,17
CaO	19,90	18,50	13,80
MgO	4,46	4,00	3,15
SO_3	19,48	16,47	10,00
P_2O_5	0,59	0,66	0,46
TiO_2	0,39	0,36	0,39
Na_2O	0,29	0,32	0,38
K_2O	0,98	1,05	1,30
Reakcija	kisela	kisela	jako kisela
Topljivost pepela: (oksidaciona atmosfera)			
Početak sinterovanja	970°	960°	950°
Tačka omešavanja	1190°	1180°	1180°
Tačka polulopte	1300°	1320°	1360°
Tačka razlivanja	1310°	1335°	1380°

Uzorci iz postrojenja za klasiranje sušenog uglja

Ovi uzorci su uzeti u postrojenju za klasiranje sušenog uglja nakon prosejavanja odnosno za vreme utovara finalnih proizvoda u vagone. Za ispitivanje su uzeti uzorci sledećih klasa: +50 mm, -50+25 mm, -25+12 mm -12+6 mm i -6+0 mm.

U tablici 20 prikazani su rezultati granulometrijskog sastava i kvaliteta sušenog uglja, klase - 170+0 mm posle prosejavanja u industrijskom postrojenju REHK, Kosovo.

Iz rezultata prikazanih u tablici 20 se vidi da je usled transporta i prosejavanja nastala izvesna degradacija klase sušenog uglja u odnosu na granulometrijski sastav sušenog uglja uzetog u postrojenju za sušenje na koti 0,0%. Prema ovim podacima može se zaključiti, da se udeo krupne klase + 50 mm smanjio sa 54,68% na 44,26%, a da je udeo klase - 50+25 mm ostao približno isti 20,53% — 20,87%. Količina klase - 25+12 mm iznosi na koti 0,0 8,67%, a posle prosejavanja se povećala na 19,91%. Sto se tiče klase - 12+0 mm može se reći, da se je udeo ovoga proizvoda smanjio od 16,1% na 14,96% usled gubitaka najsitnijih klasa uglja u procesu transporta i prosejavanja.

Iz imedijatnih analiza finalnih proizvoda se vidi, da sušeni ugalj „Motru” ima, zavisno od krupnoće 22,53 do 20,84% ukupne vlage, 13,0 do 31,9% pepela i donju toplotnu vrednost od 3874 kcal/kg do 2688 kcal/kg. Najviše vlage, najmanje pepela i najveću kaloričnu vrednost imaju krupne klase. Najlošiji kvalitet ima sitan ugalj klase -6+0 mm i u ovome se koncentrišu svi proizvodi habanja koji sadrže dosta pepela.

Sitne klase sušenog uglja (-12+6 mm i -6+0 mm čiji donji toplotni efekat iznosi 3292—2688 kcal/kg, mogu se usled lošeg kvaliteta koristiti za sagorevanje.

nje u termoelektranama. Sto se tiče sadržaja vlage u sušenom uglju treba naglasiti, da se vlaga u toku daljeg transporta uglja smanjuje usled gubitka zastale pare. Ovi gubici su vezani za atmosferske uslove odnosno veći su u letnjem, a manji u zimskom periodu.

Osobine otpadne vode nastale u procesu sušenja

U toku izvođenja industrijskog opita sušenja uzeta su dva reprezentativna srednja uzorka otpadne vode. Uzorci su uzeti u 10,26 h tj. nakon faze drugog otpuštanja iz autoklava 1, odnosno posle prvog pregravanja uglja „Motru” u autoklavu 4. Ukupna količina uzorka otpadne vode je bila 80 l. Uzorci su uzeti iz sabirnog rezervoara za otpadnu vodu i iz cevovoda kroz koji se otpadna voda pumpom izbacivala na poljanu (vidi sliku 10).

Izvršena ispitivanja su dala sledeće rezultate:

Količina otpadne vode:

istisnuta voda	33,76 m ³
kondenzatna voda	20,40 m ³ (gubici)
ukupna izmerena količina	49,2 m ³
ili 0,665 m ³ otpadne vode na 1 t sušenog uglja	

Kvalitet otpadne vode:

boja	tamno mrka
mutnoća	neprozirna
miris neprijatan, karakterističan za vodu nastalu sušenjem lignita po postupku „Fleissner”	

temperatura	87°C
pH-vrednost	7,3
sadržaj čvrstih čestica (10 ⁵⁰)	1804 mg/l
pepeo u čvrstim česticama (10 ⁵⁰)	58,14%

Tablica 20

Granulometrijski sastav i kvalitet sušenog uglja klase -170+0 mm (kod utovara u vagone)

Veličina zrna mm	Udeo %	Vлага %	Pepeo %	Sagorljive materije %	Kalor. vrednost kcal/kg	Pepeo % (10 ⁵⁰)
				gornja	donja	
+ 50	44,26	22,53	13,09	64,38	4204	3874 16,9
-50 + 25	20,87	21,82	16,81	61,37	4003	3694 21,5
-25 + 12	19,91	20,96	18,97	60,07	3895	3590 24,0
-12 + 6	3,93	20,51	24,48	55,01	3575	3292 30,8
- 6 + 0	11,03	20,84	31,90	47,26	2972	2688 40,3
	100,00	21,8	17,51	60,69	3950	3653 22,4

— Granulometrijski sastav čvrstih čestica

Veličina zrna mm	Udeo %	Σ Udeo %	Pepeo % (105°)
+ 0,15	0,08	0,08	
-0,15 + 0,10	0,10	0,18	
-0,10 + 0,090	0,50	0,68	
-0,090 + 0,075	1,39	2,07	
-0,075 + 0,060	0,96	3,03	
- 0,060	96,97	100,00	
	100,00	58,14	

Ukupni suvi ostatak (105°)	3970 mg/l
Suvi ostatak uparavanjem filtrata (105°)	2166 mg/l
Gubitak žarenjem suvog ostatka (600—650°), dobijenog uparavanjem filtrata	1121 mg/l
Ostatak žarenja suvog ostatka (600—650°), dobijenog uparavanjem filtrata	1045 mg/l

— Sadržaj katjona i anjona u filtratu otpadne vode:

Ca	141,5 mg/l
Mg	16,4 „
Na	185,0 „
K	8,0 „
Fe	2,0 „
HCO ₃	213,5 „
CO ₃	—
OH	—
SO ₄	360,0 „
Cl	61,6 „
SiO ₂	136,1 „
Al ₂ O ₃	4,0 „
P	trag

Ukupni fenoli	200 mg/l
Isparljivi fenoli	50 mg/l
H ₂ S	nema
CO ₂ slobodni	50 mg/l
Isparljivi amonijak	36 mg/l
Vezani amonijak	26 mg/l
Ukupni amonijak	62 mg/l
Ukupni azot	52 mg/l
Isparljive organske kiseline	410 mg/l
Huminske kiseline	350 mg/l
Katran	nema
Ulje	nema
Aldehidi	60 mg/l
Ketohi (aceton)	29 mg/l

Utrošak kalijumpermanganata	4716 mg/l
Materije koje se bromuju	1278 mg/l
Stepen oksidacije	849 mg O ₂ /l
Rastvorni kiseonik	nema
Biohemidska potrošnja kiseonika (BPK ₅)	508 mg O ₂ /l
Sadržaj čvrstih čestica u vodi uzetoj iz odvodne cevi	3974 mg/l
Sadržaj pepela u čvrstim česticama vode koja je uzeća iz odvodne cevi	44,6% (105°C)

Tehnološki parametri procesa sušenja

Proces sušenja uglja „Motru” odvijao se za vreme opita kako je već opisano. Ciklus sušenja je trajao 160'. Kvalitet pare je bio: t = 235°C, p = 30,2 atū (31,2 ata). Vreme dosušivanja uglja je bilo 140'. Opit je izveden u 4 autoklavu.

Obračun tehnoških parametara procesa sušenja:

V l a g a u t r e t i r a n o m r o v n o m u g l j u

Sadržaj ukupne vlage u tretiranom uglju utvrđen je na osnovu ispitivanja više uzoraka uglja i iznosi 46,3%.

V l a g a u s u š e n o m u g l j u

Prosečan sadržaj vlage u sušenom uglju je izračunat na osnovu sadržaja vlage u pojedinim finalnim sušenim proizvodima kod utovara u vagone i učešća ovih u sušenom uglju i iznosi 21,8%.

O b r a c u n k o l i c i n e s u š e n o g u g l j a

Količina sušenog uglja obračunata je po sledećoj formuli:

$$Su \% = Tu \% \cdot \frac{100 - A}{100 - B} \cdot \frac{1}{1,03}$$

pri čemu je:

Su = sušeni ugalj — iznos %

Tu = tretirani ugalj (šarža) = 100 %

A = vlaga u tretiranom uglju %

B = vlaga u sušenom uglju %

1,03 = gubitak supstance tretiranog uglja kroz otprašivanje, sa parom u procesu dosušivanja kroz ugljenisanje (ispuštanje gasova) i kroz mulj u otpadnoj vodi (čvrste čestice + rastvorljivi delovi).

$$Su \% = \frac{100}{1,03} \cdot \frac{100 - 46,3}{100 - 21,8} = 66,7 \%$$

Prikaz težina dobijenog sušenog uglja

Utvorena količina sušenog uglja	72,32 t
Uzorak za ispitivanje u postrojenju (kota: 0,00)	1,00 t
Uzorak za ispitivanje kod utovara	0,68 t

Ukupno proizvedeno sušenog uglja 74,00 t

Obracun kolicine tretiranog rovnog uglja, klasa — 200 + 30 mm

Količina rovnog uglja šaržiranog u autoklave obračunata je po sledećoj formuli:

$$Ru = Su \cdot \left(\frac{100 - B}{100 - A} \right) \cdot 1,03$$

pri čemu je

Ru = rovni ugalj (šarža u autoklave)

Su = sušeni ugalj — količina izražena u t

$$(Su = 74 \text{ t})$$

A = vлага u tretiranom rovnom uglju (A = 46,3%)

B = vлага u sušenom uglju (B = 21,8%)

1,03 = faktor za gubitke

$$Ru = 74 \cdot \left(\frac{100 - 21,8}{100 - 46,3} \right) \cdot 1,03 = 110,990 \text{ t}$$

Obracun kolicine šaržiranog rovnog uglja u autoklave

Napunjena su 4 autoklava rovnim ugljem u težini od oko 110,990 t. To znači da je u jedan autoklav šaržirano 27,75 t rovnog uglja.

Obracun kolicine sušenog uglja po jednom autoklavu

Šaržirana su 4 autoklava rovnim ugljem. Dobijeno je ukupno 74,00 t sušenog uglja. To znači da je po jednom autoklavu dobijeno:

$$\frac{74,00 \text{ t}}{4} = 18,5 \text{ t sušenog uglja}$$

Obracun kolicine vode istisnute iz uglja

Količina vode, istisnute iz uglja, se obračunava po formuli:

$$V = Su (t) \cdot \frac{A - B}{100 - A}$$

pri čemu je:

V = količina vode, istisnute iz uglja u t

Su = količina dobijenog sušenog uglja u t

(Su = 74,00 t)

A = sadržaj vlage u tretiranom rovnom uglju u %

(A = 46,3%)

B = sadržaj vlage u sušenom uglju u %

(B = 21,8%)

$$V = 74,00 \left(\frac{46,3 - 21,8}{100 - 46,3} \right) = \frac{1813}{53,7} = 33,76 \text{ t}$$

$$V = 33,76 \text{ t istisnute vode iz uglja}$$

Obracun kolicine kondenzatne vode

Utvrđena je srednja potrošnja pare od 7,67 t/h pri čemu je primanje sveže pare trajalo 160 minuta. Iz togā proizilazi za opit ukupna potrošnja pare od 20,40 t. Budući da se jedan deo pare gubi kroz izdavanje, a jedan zajedno sa CO₂, to je odgovarajuća količina kondenzata manja za ove gubitke od upotrebljene količine pare.

Obracun ukupne kolicine otpadne vode

Ukupna količina otpadne vode se sastoji iz:

istisnute vode iz uglja

i

kondenzatne vode

U rezervoaru za otpadnu vodu izmerena je pomoću plovka za svaki autoklav količina otpadne vode od 12,3 m³, što predstavlja ukupnu količinu otpadne vode od 12,3 × 4 (autoklava) = 49,2 m³. Obracunata količina otpadne vode (33,76 m³ otpadne vode izdvojene iz uglja + 20,40 m³ kondenzatne vode) od ukupno 54,16 m³ je jasno veća od izmerene 49,2 m³, jer se u ovoj količini sadrže već navedeni gubici.

Prema tome, ukupna količina otpadne vode iznosi za 4 autoklava 49,2 m³. U toku jednočasovnog rada sa 4 autoklava kod ovog uglja nastaje 18,45 m³/h otpadne vode. Po jednoj toni sušenog uglja (rad sa 4 autoklava) dobijeno je 0,665 m³ otpadne vode.

Obracun utroška pare po toni istisnute vode

Ovaj parametar se obračunava iz utrošene količine pare za sušenje i iz količine vode izdvojene iz uglja i glasi:

$$\frac{20,40 \text{ t pare}}{33,76 \text{ t vode izdvojene iz uglja}} = 0,604 \text{ tj.}$$

$$0,604 \text{ kg pare po kg vode izdvojene iz uglja}$$

Potrebna toplota po toni istisnute vode

Toplota pare od 30 atū iznosi 670,1 kcal/kg. Utrošenom količinom pare od 0,604 kg/kg iz uglja istisnute vode utroši se 404,7 kcal. Prema tome, potrošnja toplote iznosi

404,7 kcal/kg iz uglja istisnute vode.

Potrošnja pare po toni sušenog uglja

Ukupna potrošnja pare za 74,0 t sušenog uglja je bila 20,40 t. Prema tome, utrošeno je

0,275 t pare/t sušenog uglja

Za proces dosušivanja uglja koji je izведен u specijalnim bunkerima utrošeno je:

14.400 m³/h vazduha čija je temperatura iznosila 95°C.

Pri tome je bilo 21.600 m³/h vazduha sa otpadnim parama. Potrošnja pare za ugalj iz 4 autoklava (grupa I), odnosno za dobijanje toplog vazduha za dosušivanje uglja u bunkerima, je iznosila 0,8 t/h.

Potrošnja električne energije

Količina utrošene električne energije, prema ugrađenim brojilima, za period od dva ciklusa sušenja za vreme opita iznosi

4,0 kWh/t sušenog uglja

Sadržaj čvrstih čestica u otpadnoj vodi

Budući da je za opit sušenja uglja „Motru” postrojenje u REHK, Kosovo bilo dobro očišćeno; posebno vodovi i uređaji za otpadnu vodu, to su i dobijeni rezultati za sadržaj čvrstih čestica od 1,8 do 3,97 g/l sasvim realni.

Međutim, ovde treba naglasiti da se ovaj podatak menja zavisno od kvalitetu tretiranog uglja i pratileca uglja (mineralnih primesa). U REHK, Kosovo se ovaj parametar kreće od 4 do 12 g/l otpadne vode. Ovu činjenicu treba imati u vidu kod projektovanja postrojenja za čišćenje otpadnih voda.

ZAKLJUČAK

Rezultati izvedenih ispitivanja pokazuju:

— da ugalj rudnika „Motru” prema svojim osobinama spada u grupu lignita pretežno barskog tipa

i nižeg stepena karbonifikacije i da ima 46,25% vlage, 13,76% pepela i donju toplotnu moć 2095 kcal/kg,

— da je granulometrijski sastav tretiranog uglja bio dosta nepovoljan za sušenje, jer je sadržao dosta krupnog uglja i da je kvalitet šaržiranog uglja u autoklavu bio:

Veličina zrna mm	Udeo %	Vлага %	Pepeo %	Pepeo (105°) %	Donja kal. vrednost kcal/kg na vlagu
—200+120	50,7	46,8	13,07	24,58	2130
—120+60	36,7	46,0	13,99	25,9	2080
—60+30	8,0	45,5	14,66	26,9	2050
—30+0	4,6	42,8	18,34	32,07	1980
—200+0	100,0	46,25	13,76	25,61	2095

— da je tretirani ugalj shodno analizama pliva-tone tako prorastao mineralnim primesama da se iz njega ne može dobiti postupcima mehaničke pripreme, niti čist proizvod sa niskim sadržajem pepela niti veća količina čiste jalovine,

— da lignit „Motru” ima posle sušenja krupnoću cd —170+0 mm,

— da sušeni lignit klase —170+0 mm sadrži 21,8% vlage i 19,62% pepela i da ima donju kaloričnu vrednost od 3509 kcal/kg, odnosno sledeće osobine:

Veličina zrna mm	Udeo %	Vлага %	Pepeo %	Pepeo (105°) %	Donja kal. vrednost kcal/kg
+ 60	42,39	22,5	15,82	20,41	3716
—60 + 30	20,91	21,8	18,48	23,63	3634
—30 + 0	30,70	20,74	26,51	33,45	3126
100,00		21,8	19,62	25,09	3509

— da vrednost za „stabilnost” zrna sušenog uglja klase — 170+0 mm iznosi 55,08% a za trošnost 44,92% (ovi parametri su obračunati po „ASTM STANDARD-D 44-49”),

— da sušeni ugalj, klase — 170 + 0 mm, ima posle klasiranja na utovaru u vagone sledeće osobine:

Veličina zrna mm	Udeo %	Vлага %	Pepeo %	Pepeo (1050)%	Donja kal. kcal/kg na vlagu
+ 50	44,26	22,53	13,09	16,9	3874
-50 + 25	20,87	21,82	16,81	21,5	3694
-25 + 12	19,91	20,96	18,97	24,0	3590
-12 + 6	3,93	20,51	24,48	30,8	3292
- 6 + 0	11,03	20,84	31,90	40,3	2688
	100,00	21,8	17,51	22,4	3653

— da otpadna voda koja je nastala u procesu sušenja ima:

pH vrednost	7,3
Sadržaj čvrstih čestica (1050)	1804—3974 mg/1×
Pepeo u čvrstim česticama (1050)	58,14 % — 44,6 %
Krupnoču čvrstih čestica	0,15 + 0 mm
Ukupnih fenola	200 mg/l
Isparljivih fenola	50 mg/l
Ukupni amonijak	62 mg/l
Ukupni azot	52 mg/l
Ugljen dioksid (slobodni)	50 mg/l
Isparljive organske kiseline	410 mg/l
Huminske kiseline	350 mg/l
Utrošak kalijumpermanganata	4716 mg/l
Rastvorni kiseonik	nema
Biohemijušku potrošnju kiseonika (BPK ₅)	508 mg O ₂ /l

— da su kod izvedenog opita sušenja utvrđeni sledeći tehnološki parametri:

Vлага u tretiranom rovnom uglju	46,3 %
Vлага u sušenom uglju	21,8 %
Količina sušenog uglja (u odnosu na šaržirani rovni ugalj)	66,7 %
Šarža rovnog uglja u 1 autoklavu	27,75 t
Količina sušenog uglja po 1 autoklavu	18,5 t
Količina istisnute vode iz tretiranog uglja	33,76 t
Količina kondenzatne vode	20,4 t
Ukupna količina otpadne vode (po obračunu uključiv gubitke)	54,16 t
Izmerena, ukupna količina otpadne vode	49,2 m ³

Količina otpadne vode po 1 t sušenog uglja iznosi	0,665 m ³
Potrošnja pare po kg iz uglja istisnute vode	0,604 kg

*) Kod projektovanja postrojenja za čišćenje otpadnih voda treba uzeti veću vrednost, jer se ova menja zavisno od količine mineralnih pratileaca uglja.

Potrebna toplota po kg iz uglja istisnute vode	404,7 kcal
Ukupna potrošnja pare po 1 t sušenog uglja	0,275 t
Potrošnja električne energije po 1 t sušenog uglja	4,0 kwh

Na osnovu svega izloženog može se zaključiti:

- da se za oplemenjivanje lignita „Motru” može primeniti postupak „Fleissner”,
- da se pomoću pritiska zasićene pare od oko 30 atū i uz ciklus sušenja od 160°, kao i uz dosušivanje od 140°, može sniziti sadržaj vlage u lignitu „Motru” od 46,3% na 21,8% odnosno povećati u proseku donja toplotna moć od 2095 na 3509 kcal/kg,
- da je granulometrijski sastav dobijenog sušenog uglja zadovoljavajući, iako je u autoklavu šaržiran vrlo nepovoljan granulometrijski sastav rovnog uglja tj. šaržiran je vrlo krupan ugalj,
- da se tretiranjem rovnog uglja odgovarajuće krupnoće mogu dobiti znatno bolji rezultati (poznata je činjenica da se krupnoća uglja može sačuvati po procesu „Fleissner”, ako se suše klase uglja čija gornja granična krupnoća iznosi maksimalno 120 mm),
- da strukturne osobine lignita „Motru” zahtevaju u procesu sušenja po „Fleissner”-u odgovarajuće predgrevanje i radni pritisak niži od 30 atū (ne treba gubiti izvida činjenicu da je stabilnost komada sušenog uglja usko vezana za sadržaj preostale vlage u ovim kao i za stepen sraslosti uglja sa mineralnim materijama),
- da otpadna voda koja nastaje u ovom procesu u količini od 0,665 m³/t sušenog ugla ima takve osobine da se pre puštanja u rečne tokove mora obavezno podvrgnuti procesu čišćenja,
- da se potrošnja električne energije od 4,0 kwh/t sušenog uglja i potrošnja pare od 0,275 t/t sušenog uglja (odnosno 404,7 kcal/kg iz uglja istisnute vode) kreću u granicama koje odgovaraju procesu sušenja uglja po postupku „Fleissner”,
- da se, posle sušenja uglja „Motru”, u daljem tretmanu sušenog uglja (pražnjenje autoklava, pražnjenje bunkera za dosušivanje, transport, klasiranje, utovar itd.) stvara u postrojenju vrlo sitna prašina iz uglja, kao proizvod habanja i da istu treba otkloniti shodno postojećim zakonskim propisima.

Literatura

- Fleissner, H., 1927: Die Trocknung der Brennstoffe und die österreichische Kohlenwirtschaft Sparwirtschaft, Heft 10.
- Fleissner, H., 1927: Veredelung und Trocknung der Braunkohle. — Montan Rundschau 10-14.
- Huck, G., Karweil, J., 1955: Rhysikalisch-chemische Probleme der Inkohlung — Brennstoffchemie, Band 36, Heft 1/2.
- Janusch, A., Hacker, H., 1966: Sušenje lignita Kosova po postupku Fleissner, tehnologija i uređaji. — Referat održan na Saveto-vanju o površinskim kopovima, Priština, Jugoslavija.
- Popović, B., 1958: Izveštaj o ispitivanju lignita iz basena Kolubara. — Dokumentacija Rudarskog instituta, Beograd — Zemun, Batajnički put 2.
- Rammler, E., Alberti, H. J., 1962: Technologie und Chemie der Braunkohlenverwertung. — VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig.
- Rosin, P., 1929; Die Fleissner-Trocknung der lignitischen Braunkohle — Braunkohle, No 23.

