

# PRIPREMA UGLJA U SRBIJI

## COAL PROCESSING IN SERBIA

Nebojša Kostović  
Rudarski institut Beograd

**Apstrakt:** U radu je dat pregledni prikaz pripreme uglja u Srbiji, uz kratak prikaz istorijata eksploatacije i pripreme uglja, kao i geološkog nastanka i klasifikacije ugljeva. Posebno su prikazani tehnološki procesi pripreme naših ugljeva, koji se obavljaju u 11 rudnika uglja sa površinskom, podzemnom i podvodnom eksploatacijom, zatim bilansi proizvodnje u svakom rudniku, uz prikaz tržišta i plasman uglja. Pored toga, u radu je dat i prikaz kadrovske strukture rudarskih inženjera u rudnicima uglja u Srbiji, a posebno inženjera pripreme mineralnih sirovina i perspektive angažovanja inženjera ove struke i u drugim oblastima tretmana uglja, koei su izvan oblasti direktne pripreme uglja.

**Ključne reči:** priprema uglja

**Abstract:** Paper presents the review of coal processing in Serbia, with short historical review about coals exploitation and processing in Serbia, coals geological genesis and coals classification. Tecnological processes of coal processing in 11 mines with surface, underground and underwater exploitation are separate presented, and also production balans, market and investment of coals. Beside this, paper presents the review of personnel structure of mining engineers in coal mines in Serbia, specially mineral processing engineers and also, paper presents these engineers engagement in the other fields of coals treatment out of field of direct coal processing.

**Key wards:** coal processing

### 1. UVOD

Značajne rezerve uglja u Srbiji predstavljaju stratešku energetska sirovinu na kojoj se i u narednim decenijama zasniva energetska razvoj Srbije. Otkopavanje uglja u Srbiji vrši se površinskom, podzemnom i podvodnom eksploatacijom, a u okviru svake od njih prisutna su i postrojenja za pripremu uglja.

Površinska eksploatacija vrši se od strane JP EPS u Kolubarskom i Kostolačkom basenu lignitskog uglja, uglavnom za snabdevanje termoelektarana koje proizvode 61.8% električne energije u Srbiji. Proizvodnja uglja na površinskim kopovima je stabilna i iznosi oko  $42 \times 10^6$  t uglja godišnje, a u narednom periodu će se povećavati u skladu sa izgradnjom novih termoenergetskih postrojenja.

Podzemna eksploatacija uglja vrši se u okviru JP PEU, koje trenutno obuhvata osam aktivnih rudnika i jedan rudnik koji je zatvoren devedesetih godina prošlog veka, ali vrši usluge izrade podzemnih prostorija za ostale rudnike. Do maja 2003. godine svi rudnici su bili pod rukovodstvom JP EPS, kada su izdvojeni u zasebno preduzeće. Ukupno se u rudnicima proizvodi 500.000 - 600.000 t godišnje uglja različitog kvaliteta, i to poluantracita, kamenog, mrkog, mlađeg mrkog i mrko-lignitskog uglja. PEU proizvodi ugalj u najvećoj meri za potrebe toplana, energana i široke potrošnje.

Podvodni rudnik uglja Kovin, specifičan po načinu otkopavanja, bio je u sastavu JP EPS do 2005. godine, kada je izdvojen u posebno preduzeće, a nedugo zatim i privatizovan. Rudnik godišnje proizvodi oko 150.000 t lignitskog uglja.

Način eksploatacije, različiti proizvodni kapaciteti rudnika, kao i različite vrste i kvaliteti uglja kao definitivnog proizvoda, a koji su vezani za pomenute načine eksploatacije, uslovljavaju i različite procese pripreme uglja.

## 2. ISTORIJAT

Otkopavanje uglja u Srbiji počinje u prvoj polovini XIX veka nakon oslobođenja od Turske, a u skladu sa bržim razvojem privrede. Prvi otvoren rudnik na teritoriji današnje Srbije bio je rudnik Vrdnik na Fruškoj gori, 1804. godine, čime je označen početak eksploatacije i pripreme uglja. Godine 1836. u selu Mliva kod Despotovca otvoren je prvi državni rudnik uglja, a godine 1846. i prvi privatni rudnik kamenog uglja Dobra na Dunavu. Na kraju XIX veka Srbija je imala 20 otvorenih rudnika uglja

Razvoj privrede uslovio je sve veću proizvodnju uglja, koja je pred Drugi svetski rat dostigla  $7 \times 10^6$  t godišnje. Nakon rata proizvodnja uglja u Jugoslaviji raste do 60-tih godina, kada nafta počinje da potiskuje ugalj iz upotrebe i dolazi do zatvaranja većeg broja rudnika. Nakon "naftnog šoka" 1975. godine, ugalj, kao sigurno fosilno gorivo, nalazi svoje mesto u energetsom razvoju. Tada počinje i intenzivnija gradnja termoelektrana u okviru površinskih kopova lignita, gde postoje i najveće rezerve uglja.

## 3. NASTANAK UGLJEVA NA PODRUČJU SRBIJE

Za nastanak ugljeva na području Srbije značajni su sledeći geološki periodi:

- kraj trijasa i početak jure (lijas) - period kada na prostoru istočne Srbije nastaju brojne pojave i ležišta kamenog uglja (Dobre, Boljetin, Porečka reka, Vrška čuka, Jerma); na više mesta dugi niz godina otkopavan je kameni ugalj, a danas se jedino otkopava poluantracit u rudniku Vrška čuka,
- gornja kreda- period kada nastaju ugljevi otkopavani u rudnicima Rtanj, Dobra sreća, Vlačko polje, Podvis, Okolište i Miranovac; danas su svi ovi rudnici zatvoreni,
- tercijer – neogen,
- oligocen - period kada nastaje Bogovinski ugljenosni prostor,
- miocen - period u kome nastaju Senjsko-resavska ležišta, Aleksinački rudnici, Zviški, Mlavski, Sokobanjski i drugi manji baseni i Ibarski rudnici kamenog uglja,
- pliocen - period u kome u okviru Velikomoravskog zaliva Panonskog mora nastaju Kostolačko ležište uglja i Kolubarsko ležište uglja; jezerska ležišta pliocenskog uglja čine Kosovski i Metohijski baseni.

### 3.1. KLASIFIKACIJA UGLJEVA

U svetu postoji više klasifikacija ugljeva od kojih su najpoznatije američka (ASTM), nemačka i britanska klasifikacija.

U našoj literaturi i praksi prisutna je genetska klasifikacija ugljeva, koja obuhvata nekoliko vrsta ugljeva: kameni ugljevi, mrki ugljevi i ligniti.

Kamen i ugljevi samo po nekim svojim osobinama spadaju u vrstu kamenih ugljeva. Oni sadrže visok sadržaj sumpora (4-8%) i visok sadržaj pepela (18-27%), pa im je upotrebljivost ograničena na termičke svrhe.

Mrke ugljeve karakteriše visok sadržaj pepela (12-35) i relativno visok sadržaj sumpora (0.9-3.8%).

Lignite karakteriše visok sadržaj vlage (34-56%), sadržaj pepela od 9-21% i sadržaj sumpora od 0.5-1%, a često i iznad 1%.

Opšta karakteristika svih naših ugljeva je relativno mala donja toplotna vrednost za svoje vrste, odnosno klase, sa izuzetkom nekih mrkih ugljeva.

#### 4. PRIPREMA UGLJA

Osnovni cilj procesa pripreme uglja je da obezbedi kvalitet uglja za specifične namene, i to:

- čišćenjem uglja od neorganskih komponenti,
- drobljenjem, klasiranjem ili istovremeno drobljenjem i klasiranjem,
- specijalnim postupcima (sušenje, koksovanje, švelovanje)

Procesi čišćenja uglja tokom eksploatacije uslovljena su sa tri primarna faktora: geološkim sastavom rudnog tela i tipom materijala u podini, povlati i proslojcima jalovine, debljinom sloja koji se eksploatiše i načinom eksploatacije.

Većina savremenih postrojenja za pripremu uglja u svetu tretira ugalj do krupnoće 100# (150  $\mu\text{m}$ ), a neka čiste kompletan rovni ugalj. Uobičajeno je da se ugalj klasira na dve ili tri klase krupnoće (četiri u postrojenjima gde se čisti sav rovni ugalj), i da se svaka klasa krupnoće posebno tretira. U skorijoj prošlosti rovni ugalj se najčešće klasirao i drobio do krupnoće 100% -150 (100) mm, dok je danas trend da se rovni ugalj svede na krupnoću 100% -37 mm. Usitnjavanje uglja do krupnoće 100% -37 mm obavlja se u rotornim drobilicama (sajzerima) u kojima ne dolazi do drobljenja sitnijeg uglja iz rovnog uglja, što omogućuje dalje tretiranje odgovarajućim postupcima samo dve klase krupnoće. U zavisnosti od načina eksploatacije i karakteristika uglja, količina jalovine kreće se od 5 do 15% maseno u odnosu na rovni ugalj.

Tipično, ugalj različitih klasa krupnoće zahteva i različite procese čišćenja. Čišćenje u teškoj sredini primenjuje se do krupnoće od 1 mm, i to u koritastim i bubnjastim uređajima za ugalj krupnoće do + 9 mm, a u ciklonima sa teškom sredinom do + 1 mm. Suspenzija se priprema sa magnetitom do potrebne gustine razdvajanja uglja od jalovine. Ovi procesi su efikasni, sa malim učešćem uglja u jalovini. Klasa krupnoće -1+0,15 mm tretira se u vodenoj sredini ciklonima (water-only cyclones), na spiralama i mašinama taložnicama sa posteljicom. Nakon procesa, ugalj se odvodnjava na visokofrekventnim sitima za odvodnjavanje.

Čišćenje uglja krupnoće - 0,15 mm vrši se flotiranjem, gde se kao kolektor koristi lož ulje, a kao penušač glikol ili metilizobutil karbinol. Alternativa flotaciji su spiralni koncentratori za fini ugalj do krupnoće +325# (44  $\mu\text{m}$ ). Odvodnjavanje uglja vrši se u zgušnjivačima uz dodavanje flokulanata (i koagulanata kada je veće prisustvo glina) i filtriranjem na tračnim vakuum filterima.

Shodno nameni uglja, kod nas se procesi čišćenja uglja primenjuju na mrkim, mrko-lignitskim, poluantracitskim i kamenim ugljevima, koji se dobijaju podzemnom eksploatacijom uglja, a primenjeni procesi i bilansi čišćenja prikazani su u sledećem poglavlju.

Ligniti iz površinskih kopova pripremaju se procesima drobljenja do krupnoće koja se zahteva za sagorevanje u termoelektranama, procesima drobljenja i klasiranja kod izdvajanja uglja za široku potrošnju na suvim separacijama u Kostolcu i drobiličnom postrojenju na PK Tamnava i postupcima gravitacijske koncentracije u suspenziji sa kvarcnim peskom u mokroj separaciji Kolubara, koja prethodi procesu sušenja po Flajsnorovom postupku.

Za osnovnu potrošnju lignitskog uglja u termoelektranama, na osnovu karakteristika uglja i količine pepela u njemu, posebno se projektuju kotlovi, jer ne postoje isti sa dobrim performansama za sve vrste ugljeva. Prilikom projektovanja, pored donje toplotne vrednosti za koju se kotao projektuje, definiše se i krupnoća (granulometrijski sastav uglja), koji će se sagorevati nakon mlevenja u ventilatorskim mlinovima, a što na kraju određuje i krupnoću na koju je ugalj potrebno izdrobiti u postrojenjima za pripremu.

#### 4.1. PRIPREMA UGLJA U RUDNICIMA SA PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM

U rudnicima sa podzemnom eksploatacijom proizvodi se dugi niz godina između 500.000 - 600.000 t uglja godišnje. Tokom poslednjih 10 godina dolazilo je do variranja u proizvodnji pojedinih rudnika uglja, shodno specifičnoj situaciji sa pripremnim radovima i eksploatacijom uglja, ali pogoni za preradu uglja uglavnom daju raspodelu po proizvodima kako je prikazano u bilansima datim u nastavku. Prikazani bilansi su iz 2001. godine, odnosno godine za koju je autor imao kompletne podatke.

##### RMU Bogovina

Postojeći proces pripreme rovnog uglja u Bogovini sastoji se iz sledećih faza :

- rovni ugalj, koji se kamionima doprema sa Istočnog polja, trakom se transportuje do kalibarskog rešeta otvora 60 mm; iz klase +60 mm vrši se ručno izdvajanje čistog uglja (ukoliko ga ima), dok ostatak predstavlja krupnu jalovinu
- prosev rešeta -60 mm, odlazi u bunker, odakle se dozira vibracionim dodavačem na traku i transportuje na suvo prosejavanje na vibraciono sito, otvora 8 mm, smešteno u staroj separaciji
- prosev sita, sitan ugalj klase krupnoće -8+0 mm, predstavlja sirovinu za plasman u toplanama, koja se transportnom trakom usmerava do betonskog bunkera, odakle se pune kamioni ili se, u slučaju otežanog plasmata, ugalj sa sredine trake uklanja plugom i sipa na plato, a zatim odvozi na deponiju sitnog uglja
- odsev sita, klasa krupnoće -60+8 mm, usmerava se u postrojenje "Parnaby", gde se podvrgava mokrom postupku čišćenja u autogenoj suspenziji; proizvodi čišćenja uglja u autogenoj suspenziji su: ČU -60+30 mm, ČU -30+0.5 mm, jalovina -60+0 i otpadni mulj.

Tabela 1 - Bilans proizvodnje rudnika uglja Bogovina

Proizvodi	M, t	W, %	p, %	p <sub>b.v.</sub> , %	DTV, GJ/t
Rovni ugalj	67167	26.00	34.85	47.09	8.67
Ručno biran komad +60 mm	50	26.00	10.00	13.51	17.51
Jalovina +60 mm	4509	27.80	60.00	83.10	1.73
ČU kocka -60+30 mm	1169	27.00	10.86	14.88	16.93
ČU orah i grah -30+8 mm	4582	29.60	16.78	23.84	13.75
Sejani -8+0 mm	40470	27.60	22.18	30.63	12.56
Jalovina i mulj	18038	27.80	60.00	83.10	1.73

##### RMU Rembas

Tehnološki proces čišćenja uglja "Rembas" sastoji se iz sledećih faza:

- RU, krupnoće -400+0 mm, drobljenjem se usitnjava do krupnoće 100%-150 mm, a zatim se suvo prosejava na situ otvora 15 mm
- Izdvojeni sitan ugalj, klase krupnoće -15+0 mm, odvodi se na sito otvora 8 mm, gde se suvim prosejavanjem dobijaju klase krupnoće -15+8 mm i -8+0 mm (energetski ugalj)
- Suvo odsejan ugalj, klase krupnoće -150+15 mm, podvrgava se čišćenju u suspenziji magnetita u bubnjastom separatoru "Wemco"; čišćenjem se dobijaju 3 proizvoda: čist ugalj, međuproizvod i jalovina

- Čist ugalj se spaja sa međuproizvodom, a zatim, posle otkapavanja i pranja, klasira na komercijalne sortimane: komad, kocka, orah i grah

Tabela 2 - Bilans proizvodnje rudnika uglja Rembas

Proizvodi	M, t	W, %	p, %	p <sub>b.v.</sub> , %	DTV, GJ/t
Rovni ugalj	216534	12.90	40.40	46.39	11.00
-15+8 mm	14364	12.9	28.60	32.83	14.70
-8+0 mm energetski ugalj	133129	11.3	37.17	41.92	12.93
ČU Komad	7675	16.6	7.11	8.52	20.75
ČU kocka	9735	15.2	8.41	9.91	20.36
ČU orah+grah	4895	15.1	14.12	16.62	18.53
prah -0.5 mm	1387	50	27.45	54.90	3.66
Jalovina	45349	15	69.37	81.61	0.60

### Rudnik antracita Vrška Čuka

Postojeći tehnološki proces čišćenja uglja “Vrška Čuka” sastoji se od sledećih faza:

- Rovni ugalj, klase krupnoće -150+0 mm, odvodi se na suvo prosejavanje na sito otvora 30 mm; odsev sita, klasa krupnoće +30 mm usitnjava se drobljenjem do 100%-30 mm, nakon čega se spaja sa prosevom istog sita, klasom krupnoće -30+0 mm
- Ugalj krupnoće -30+0 mm smešta se u bunker iz koga se kontrolisano otprema na čišćenje u suspenziji magnetita u uređaju “Bassambre”
- Proizvodi čišćenja su: ČU -30+0.5 mm, koji odlazi u bunker odakle se dalje otprema potrošačima, jalovina -30+0.5 mm, koja se odvodi na jalovište i mulj -0.5 mm
- Mulj, klase krupnoće -0.5+0 mm, dobijen na situ ispred korita “Bassambre” odvodi se u taložnik, gde se posle taloženja, kao čvrsta faza vadi iz taložnika, suši na platou i prodaje kao “ciglarski”

Tabela 3 - Bilans proizvodnje rudnika uglja Vrška Čuka

Proizvodi	M, t	W, %	p, %	p <sub>b.v.</sub> , %	DTV, GJ/t
Rovni ugalj	18946	1.90	28.83	29.39	21.90
“mleveni” RU -30 mm	9891	1.90	27.00	27.52	23.08
ČU -30+0.5 mm	2075	2.80	10.39	13.78	28.18
mulj -0.5 mm	3473	12.50	17.05	19.48	22.68
Jalovina -30+0.5	3211	2.80	52.05	53.55	13.42

### Rudnik mrko-lignitskog uglja “Štavalj”

Rudnik uglja “Štavalj” u svom sastavu ima staru klasirnicu uglja i novo “Parnaby” postrojenje za čišćenje uglja u kojima se obavlja sledeći proces pripreme uglja:

- Rovni ugalj, klase krupnoće -250+0 mm, suvo se prosejava na situ otvora 60 mm u staroj klasirnici, gde se dobijaju dve klase krupnoće: +60 mm i -60+0 mm
- Klasa +60 mm odlazi na ručno odabiranje, gde se izdvajaju: ČU, sortiman komad +60 mm, i jalovina +60 mm
- Klasa krupnoće -60+0 mm odlazi u bunker odakle se ugalj kontrolisano otprema u postrojenje za čišćenje uglja “Parnaby”; postupkom čišćenja uglja u autogenoj suspenziji dobijaju se sledeći proizvodi: čist ugalj, koji se klasira na sitima u cilju izdvajanja

komercijalnih sortimana ČU kocka -60+30 mm, ČU orah -30+15 mm, ČU sitni -15+0.25 mm, zatim jalovina -60 mm i mulj -0.25+0 mm

Tabela 4 - Bilans proizvodnje rudnika uglja Štavalj

Proizvodi	M, t	W, %	p, %	p <sub>b.v.</sub> , %	DTV, GJ/t
Rovni ugalj	98339	30.47	22.19	31.92	10.13
ČU komad, +60 mm	12793	30.00	10.00	14.29	13.50
J +60 mm	3099	25.00	45.00	60.00	5.40
ČU kocka -60+30 mm	16207	31.00	10.70	15.51	12.85
ČU orah -30+15 mm	1810	32.00	11.70	17.51	12.30
ČU sitni -15+0.25 mm	26917	33.00	13.00	19.40	11.78
Jalovina -60 i mulj	37513	35.00	35.00	53.85	5.25

#### Rudnik kamrenog uglja "Ibar"

Tehnološki proces prerade uglja "Ibar" sastoji se u sledećem:

- RU, klase krupnoće -150+0 mm, dovozi se žičarom i istovara u posebne bunke, a zatim se mokro prosejava na situ otvora 10 mm na: krupnu klasu (-150+10 mm) i sitnu klasu (-10+0 mm)
- Krupne klase se čiste u koncentratoru "Drew-boy", u suspenziji magnetita, gustine oko 1.6 kg/dm<sup>3</sup>, gde se dobijaju čist ugalj -150+10 mm kao definitivni proizvod i međuproizvod sa jalovinom; međuproizvod sa jalovinom se u drugom stupnju takođe čisti u koncentratoru "Drew-boy", ali na gustini 1.95 kg/dm<sup>3</sup>, gde se dobija definitivna jalovina, dok se lak proizvod posle drobljenja vraća na mokro prosejavanje na situ, otvora 10 mm
- Čist ugalj -150+10 mm drobi se i klasira na sortimane: kocka -60+30 mm i orah -30+10 mm
- Jalovina -150+10 mm odvodi se u zaseban bunker
- Sitne klase uglja, krupnoće -10+0 mm, podvrgavaju se sekundarnom mokrom prosejavanju, gde se izdvajaju klase krupnoće -10+0.5 mm i -0.5+0 mm (mulj)
- Klasa -10+0.5 mm čisti se u teškoj sredini, dvostepeno u uređajima Turpinson; u prvom stepenu na gustini deljenja 1.7 do 1.8 kg/dm<sup>3</sup>, a u drugom na gustini 2.1 kg/dm<sup>3</sup>, tako da se dobijaju 3 proizvoda: čist ugalj ("industrijski"), međuproizvod ("kotlovac") i jalovina

Tabela 5 - Bilans proizvodnje rudnika uglja Ibar

Proizvodi	M, t	W, %	p, %	p <sub>b.v.</sub> , %	DTV, GJ/t	S, %
Rovni ugalj	68021	6.00	57.8	61.48	10.50	od 4 - 5
J -150+10 mm	14864	6.00	78.00	82.98	3.25	
ČU kocka -60+30 mm	2972	6.00	27.00	28.72	22.5	oko 5
ČU orah -30+15 mm	6521	7.00	28.00	30.11	21.50	
ČU ind. -10+0.5 mm	4652	8.00	22.00	23.91	22.50	oko 3
MP kotlovac	7712	8.00	52.00	56.52	12.00	
J -10+0.5 mm	7343	6.00	78.00	82.98	3.25	
mulj -0.5 mm	28902	21.00	53.00	67.09	6.40	

#### Rudnik mrkog uglja "Soko"

Tehnološki proces klasiranja i čišćenja u rudniku mrkog uglja "Soko" sastoji se u sledećem:

- RU, klase krupnoće -250+0 mm, istresa se iz vagoneta viperom u bunker, odakle se trakama odvodi na kalibarsko rešeto, otvora 60 mm
- Odsev kalibarskog rešeta, klasa krupnoće -250+60 mm, odlazi na ručno odabiranje jalovine, a sortiman čistog uglja komad se odvodi u bunkere komadnog uglja
- Prosev kalibarskog rešeta, klasa -60+0 mm, odlazi na dvoetažno sito, otvora 30 i 15 mm
- Klasa krupnoće -60+30 mm transportnom trakom, na kojoj se vrši ručno odabiranje jalovine, odlazi do bunkera koji prihvata čisti ugalj sortimana kocka
- Klase krupnoće -30+15 mm i -15+0 mm odlaze u Parnaby proces čišćenja u autogenoj suspenziji
- Jalovina se skuplja u bunkeru jalovine, odakle se kamionima odvodi na jalovište
- U okviru klasirnice postoji sistem traka ispod bunkera komercijalnog uglja, za utovar sortimana u kamione

Tabela 6 – Bilans proizvodnje rudnika uglja Soko

Proizvodi	M, t	W, %	p, %	p <sub>b.v.</sub> , %	DTV, GJ/t
Rovni ugalj	95774	21.26	21.11	26.80	14.80
ČU +60 mm	6382	20.22	7.61	9.54	19.20
J +30 mm	4700	8.00	70.84	77.00	4.08
-60+30 mm	14988	21.69	12.20	15.58	18.22
-30+15 mm	48300	21.47	17.08	21.76	17.15
-15+0 mm	21404	22.54	24.87	32.11	13.69

U međuvremenu, 2006. godine izgrađeno je Parnaby postrojenje za čišćenje uglja klase -60 mm iz kojeg se izdvaja oko 65% čistog uglja sortimana kocka, orah i grah, DTV od 17.20 do 20.24 GJ/t.

#### Rudnik mrkog uglja "Jasenovac"

Tehnološki proces pripreme uglja u rudniku "Jasenovac" obavlja se jednostavnim postupcima, a sastoji se u sledećem:

- Sa izvoznog transportera rudnika, RU preko kosog transportera dospeva u bunker
- Iz bunkera se RU prazni lančanim transporterom, koji ima perforirano dno okruglih otvora 60, 20 i 10 mm
- Iz klase +60 mm se ručnim odabiranjem jalovine, izdvaja sortiman čistog uglja komad
- Klase krupnoće -60+20 mm, -20+10 mm i -10+0 mm odvajaju se u zasebne ćelije bunkera
- Otprema sortimana vrši se kamionima

Tablica 7 - Bilans proizvodnje rudnika uglja Jasenovac

Proizvodi	M, t	W, %	p, %	p <sub>b.v.</sub> , %	DTV, GJ/t
Rovni ugalj	74000	22.36	28.53	36.75	11.71
ČU +60 mm, komad	9804	20.14	12.69	15.89	18.99
J +60 mm	12060	20.00	48.00	60.00	6.50
-60+20 mm, kocka	5040	22.07	17.32	22.23	14.98
-20+10 mm, grah	2966	22.64	21.78	28.15	11.57
-10+ 0 mm, sitni	44130	23.70	29.50	38.66	9.67

## Rudnik lignita "Lubnica"

Tehnološki proces klasiranja uključuje sledeće faze:

- Rovni ugalj, krupnoće -250+0 mm, iz bunkera se odvodi na rolen-rost, gde se dobijaju dve klase krupnoće: -250+60 mm i -60+0 mm
- Klasa -250+60 mm odlazi na ručno odabiranje u cilju izdvajanja ČU, sortimana komad -250+60 mm, i jalovine, krupnoće -250+60 mm
- Klasa -60 mm odlazi na prosejavanje, na sitima otvora 15 i 30 mm, gde se dobijaju tri klase krupnoće: -60+30 mm, -30+15 mm i -15+0 mm
- Klasa krupnoće -60+30 mm odlazi na ručno odabiranje, gde se izdvaja ČU, sortiman kocka -60+30 mm, i jalovina, krupnoće -60+30 mm
- Sortimani se smeštaju u bunkere odakle se transportuju železnicom ili kamionima

Tabela 8 - Bilans proizvodnje rudnika uglja Lubnica

Proizvodi	M, t	W, %	p, %	p <sub>b.v.</sub> , %	DTV, GJ/t
Rovni ugalj	54643	30.72	23.55	33.99	11.06
ČU komad +60 mm	12559	34.50	7.75	11.83	14.5
Kocka -60+30 mm	11472	32.70	13.66	20.30	13.50
J +30 mm	3395	25.00	55.00	73.33	2.90
Orah -30+15 mm	13701	30.2	28.00	40.11	9.85
Sitan -15+0 mm	13516	26.6	37.00	50.41	8.20
Komercijalni asortimani	51428	-	-	-	-

### **4.1.1. TRŽIŠTE I PLASMAN UGLJA**

Najveći potrošač uglja proizvedenog u rudnicima JP PEU je TE Morava koja prima kompletnu proizvodnju Ibarskih rudnika, a pored toga i manje količine iz rudnika Bogovina, Rembas i Jasenovac. Veći potrošači su i toplane-energane u Kragujevcu, Boru, Kruševcu, a zatim kotlarnice većeg broja škola i bolnica. Ugalj iz Vrške Čuke prodaje se cementari HOLCIM. Manje količine odlaze na prodaju domaćinstvima.

Široka potrošnja uglja u Srbiji znatno je veća od proizvodnje uglja za ovu namenu, pa je samo u toku prošle godine uvezeno oko 1,5 milion tona uglja. Pored koksa, koji se uvozi za potrebe industrije, i kvalitetnijeg uglja, koje koriste cementare, uvozi se i ugalj za domaćinstva. Najviše se uvozi ugalj iz Ukrajine i Bosne i Hercegovine.

### **4.1.2. TEHNIČKA OPREMLJENOST I KADROVSKA STRUKTURA**

Kako postojeći pogoni za pripremu uglja imaju kapacitete za veću proizvodnju, u njima ne postoje planovi za izgradnju novih jedinica, posebno iz razloga što se pojedinim rudnicima prognozira zatvaranje u narednih 10 godina. Tako rudnik Bogovina nije imao sopstvenu proizvodnju u prethodne 2 godine, već se u njegovom Parnaby postrojenju tretirao ugalj iz rudnika Lubnica. Poslednje izgrađeno postrojenje je Parnaby postrojenje u rudniku Soko 2006. godine.

Javno preduzeće za podzemnu eksploataciju uglja zapošljava oko 4200 zaposlenih, od kojih su 120 inženjeri uglavnom rudarske struke. Zaposleno je 12 rudarskih inženjera smera za pripremu mineralnih sirovina, tako da je u svakom pogonu za preradu zaposlen najčešće po jedan inženjer ovog usmerenja.



### 4.1.3. PERSPEKTIVE

I pored lošeg stanja u kojem proizvodnja uglja podzemnom eksploatacijom opstaje uz pomoć državnih subvencija, postoje određene perspektive za blisku budućnost, pa pominjemo samo neke od njih.

Sa aspekta rudnih rezervi, rudnik Štavalj ima najbolju perspektivu za razvoj, sa mogućnošću gradnje TE snage do 700 MW, a što bi sa aspekta pripreme mineralnih sirovina značilo potrebu za izgradnjom drobiličnog postrojenja. Energetska situacija u zemlji i potreba za što ravnomernijim razvojem po regionima, ukazuju da će doći do realizacije ovakvog programa.

U svetu se eksploatacija rudnika uglja vrši na osnovu zahteva tržišta i ekonomske opravdanosti proizvodnje, uvažavajući stroga ekološka ograničenja, koja kod nas gotovo ne postoje. Kako će u bliskoj budućnosti doći do zatvaranja nekih od sada aktivnih rudnika, isti će se morati zatvoriti poštujući određenu proceduru. Tokom eksploatacije pored svih naših rudnika nastala su brojna haldišta i deponije sitnog uglja koji nije mogao biti plasiran tokom eksploatacije. Veoma korisno bi bilo da se u okviru zatvaranja tih rudnika izvrši sanacija haldišta sa značajnijim sadržajem uglja, a za šta se sredstva mogu obezbediti iz stranih donacija.

### 4.2. PRIPREMA UGLJA U RUDNICIMA SA POVRŠINSKOM EKSPLOATACIJOM

Površinska eksploatacija lignita vrši se u dva rudarska basena – Kolubarskom i Kostolačkom rudnom basenu. Osnovna namena lignitskog uglja niske toplotne vrednosti je za sagorevanje u termoelektranama, a postrojenja za pripremu imaju ulogu da ogromnu količinu uglja dovedu na krupnoću 100% – 40 mm, koju zahteva proces u termoelektranama. U okviru eksploatacija izdvaja se i određena količina uglja za široku potrošnju.

#### **Rudarski basen “Kolubara”**

Rudarski basen Kolubara proizvodiće u narednom periodu oko 36 miliona tona uglja godišnje. Kolubara trenutno snabdeva ugljem TE Nikola Tesla A, ukupne snage 1640 MW, TE Nikola Tesla B, ukupne snage 1236 MW, TE Kolubara A, ukupne snage 245 MW, kao i toplanu u Velikim Crljenima, a predviđeno je da u narednom periodu snabdeva TE Kolubara B, snage do 700 MW, i TE Nikola Tesla B-3, snage do 800 MW. Uporedo sa izgradnjom novih blokova doći će do gašenja manjih blokova u TE Kolubara A i TE Nikola Tesla A.

Na PK Tamnava u drobiličnom postrojenju kapaciteta 4 x 1250 t/h prerađuje se 12 miliona t/god., gde se ugalj u jednom stepenu drobi od ggk 600 mm do ggk 30 mm i kompletno utovara u železničke vagone i otprema prema TE Nikola Tesla A i B. Dodavanjem dve linije drobljenja, kapaciteta 2 x 1250 t/h proizvodnja će se povećati na 17 miliona t/god i omogućiti snabdevanje TE Kolubara B. Na drobiličnom postrojenju, ispred deponije rovnog uglja, ugrađen je rolen rost na kojem se može izdvojiti komadni ugalj, klase krupnoće -600+80 mm za široku potrošnju.

U postrojenju suve separacije u Vreocima, koje se sastoji iz tri faze, ukupnog kapaciteta 4000 t/h, prerađuje se 16 miliona tona uglja, gde se ugalj drobi do ggk 30 mm, utovara u železničke vagone i otprema prema TE Nikola Tesla A i B i TE Kolubara A. U prvoj fazi, kapaciteta 700 t/h u drobilicama sa nazubljenim valjcima ugalj se drobi u dva stepena od ggk 400 mm do krupnoće 100% - 30 mm. U postrojenju postoji mogućnost izdvajanja komadnog uglja klase -400+120 mm za široku potrošnju. Druga faza, kapaciteta 1300 t/h, sastoji se od jednostepenog drobljenja u čekićnoj drobilici do kupnoće ggk 30 mm. Treća faza, kapaciteta 2000 t/h sastoji se od dvostepenog klasiranja, gde se u prvom stepenu izdvaja klasa krupnoće – 30+0 mm za termoelektrane, a klasa krupnoće -400+30 mm vodi u drugi stepen na sito

otvora 150 mm. Sa sita se izdvaja komadni ugalj za široku potrošnju, klase krupnoće - 400+150 mm, a podrešetni proizvod -150+30 mm drobi u čekićnoj drobilici do ggk 30 mm i spaja sa prosevom prvog stepena klasiranja.

U postrojenju mokre separaciji čisti se ugalj za sušaru kapaciteta 855.000 t/god.

Tehnološki proces pripreme lignita u mokroj separaciji i sušari "Kolubara" u Vreocima sastoji se u sledećem:

- Rovni ugalj sa polja "B" i polja "D", posle drobljenja se upućuje na suvo prosejavanje, gde se izdvaja ugalj -30(38)+0 mm za potrebe TE Kolubara A, a ugalj -150+30(38) mm odlazi na čišćenje
- Čišćenje uglja se vrši u uređajima Drew-boy, gde se u suspenziji vode i kvarcnog peska izdvajaju čist ugalj i jalovina, na gustini deljenja od 1.30 kg/dm<sup>3</sup>
- Izdvojeni čisti ugalj se otkapava i ispire na sitima, a zatim transportnim trakama otprema ka sušari
- Jalovina se, posle otkapavanja, odvodi u bunker jalovine
- Prani ugalj se iz separacije doprema do bunkera sušare, odakle se pune autoklavi
- Sušenje uglja se obavlja prema postupku Fleissner, u 4 grupe autoklava
- Osušeni ugalj se ispušta u bunker, odakle se trakama odvodi na klasiranje (suvo prosejavanje) u klasirnicu koja se nalazi nad kolosecima
- Kratkom trakom i razdelnom sipkom, hrane se dva dvoetažna vibraciona sita, koja daju 5 sortimana sušenog uglja: komad -150+60 mm, kocka -60+30 mm, orah -30+15 mm, grah -15+5 mm i prah -5+0 mm
- Svi sortimani se smeštaju u bunke, odakle se vrši dalji transport železnicom i kamionima
- Otpadna voda mokre separacije odvodi se kanalom prema taložnicima, dok se otpadna voda sušare cevovodom odvodi do betonskih taložnika, gde se vrši taloženje čvrste faze mulja ("kek"), dok se preliv ovih taložnika spaja sa otpadnom vodom mokre separacije

Tabela 9 - Bilansi proizvodnje mokre separacije i sušare

Proizvodi	M, t	W, %	p, %	p b.v., %	DTV, GJ/t
Ugalj za pranje -150+30 mm	928149	50.9	12.1	24.64	7.95
Prani ugalj -150+30 mm	844714	54.2	6.5	14.19	8.65
Jalovina	140510	40.0	36.9	61.50	3.61
Upijena voda u procesu	57075	100.0	-	-	-
Ugalj za sušenje -150+30 mm	844714	54.2	6.5	14.19	8.65
Sušeni komad	157964	26.0	7.1	9.60	17.23
Sušena kocka	131636	26.0	7.2	9.73	17.19
Sušeni orah	105309	27.2	8.0	10.99	16.63
Sušeni grah	78982	27.0	8.5	11.64	16.52
Sušeni prah	52654	29.1	11.5	16.22	15.17
Ukupno sušeni	526545	26.5	7.8	10.61	16.88
"Kek" iz mulja suš.	16895	70.0	7.8	26.00	3.56

Dugoročnim programom razvoja RB Kolubara planirana je izgradnja pete grupe autoklava u okviru postojećeg pogona sušare, čime će se proizvodnja sušenog uglja povećati na 1 milion tona godišnje. U tom slučaju u mokru separaciju će se upućivati oko 5 miliona tona rovnog uglja. Suvim prosejavanjem će se izdvajati oko 2,25 miliona tona energetskog uglja -30 mm, a 2,75 miliona tona uglja upućivati na čišćenje gde će se dobiti oko 1,83 miliona tona pranog uglja za proces sušenja.

## **Rudarski basen “Kostolac”**

Rudarski basen Kostolac proizvodiće u narednom periodu oko 9 miliona tona uglja godišnje za snabdevanje ugljem TE Kostolac A, ukupne snage 310 MW, i TE Kostolac B, ukupne snage 692 MW. Planirana je izgradnja bloka TE Kostolac B3, snage do 700 MW, kada bi kapacitet rudnika morao da se poveća do 12 miliona tona uglja godišnje.

Sa PK Drmno prema bunkerima drobilnog postrojenja TE Kostolac B upućuje se ukupna količina od 9 miliona tona uglja, klase krupnoće -600+0 mm. Od toga se oko 6 miliona tona uglja godišnje drobi u drobilnom postrojenju TE Kostolac B u jednom stepenu drobljenja u čekićnim drobilicama do 100% -40 mm i upućuje u termoelektranu ili odlaže na deponiju uglja. Za izdvajanje komadnog uglja za široku potrošnju postavljen je rolen rost sa otvorom od 80 mm. Odsev rolen rosta odlazi u separaciju, gde se vrši dodatno prosejavanje i izdvajanje komadnog uglja.

Preostalih oko 2,5 miliona tona uglja se trakastim transporterima odvozi ka TE Kostolac A direktno na drobljenje u jednom stepenu do ggk 40 mm i odlaganje na polarnu deponiju uglja u krugu termoelektrane.

### **4.2.1. TEHNIČKA OPREMLJENOST I KADROVSKA STRUKTURA**

Postrojenja za preradu uglja u okviru rudnika sa površinskom eksploatacijom su dugi niz godina u radu. Postrojenja rade sa velikim proizvodnim kapacitetima. Procesi koji se u njima odvijaju su jednostavni, ali uloga da povežu neravnomerne kapacitete eksploatacije i manje efektivno radno vreme rudnika sa stabilnom i kontinualnom potrošnjom uglja u termoelektranama, daju im posebnu važnost, naročito ako je sve kombinovano sa utovarom u železničke kompozicije i otpremom na više desetina kilometara u svim vremenskim uslovima. Procese u opisanim postrojenjima vode rudarski inženjeri, usmerenja pripreme mineralnih sirovina, i po tom pitanju su svi pogoni kadrovski popunjeni.

Što se tiče tehničke opremljenosti, mora se naglasiti da se drobljenje uglja u drobilnom postrojenju u TE Kostolac odvija uz određene probleme i da izdrobljeni ugalj ima znatno veću krupnoću od zahtevane, a što se odražava na rad termoelektrane. Jedan stepen drobljenja u čekićnoj drobilici, kod koje dolazi do neravnomernog trošenja čekića je nedovoljan, tako da će buduće povećanje kapaciteta pratiti i promena tehnološke šeme u drobljenju. Najverovatnije će se umesto postojećih drobilica ugraditi primarni i sekundarni sajzeri, i time osigurati potrebna krupnoća izdrobljenog uglja.

### **4.2.2. PERSPEKTIVE**

Postrojenja za pripremu uglja na površinskim kopovima imaju sigurnu budućnost. U narednom periodu njihova uloga se može proširiti uvođenjem sistema za kontinualno praćenje i ujednačavanje kvaliteta uglja, zavisno od toga da li će se homogenizacija vršiti na kopu, ili na deponijama uglja. Takođe je moguće da se donese odluka za gradnju novog pogona za sušenje uglja sa PK Tamnava. Iako taj objekat neki nazivaju Flaisner 2, moraće se razmišljati i o energetski efikasnijim mehaničko-termičkim postupcima sušenja uglja.

Ipak, sa aspekta pripreme mineralnih sirovina posebno je važno da se struka na vreme uključi u procese koji su indirektno vezani za ugalj površinskih kopova, a koji se sagoreva u termoelektranama. Obzirom da je kvalitet ugljeva nizak, prilikom sagorevanja u termoelektranama nastaje 5-7 miliona tona pepela godišnje. Korišćenje pepela kao jeftine sekundarne sirovine predstavlja veliki potencijal koji se, za razliku od mnogih drugih zemalja, u Srbiji veoma malo koristi. Klasifikacija pepela i zahtevi za kvalitetet pepela, predmet su

evropskih standarda, koji praktično važe i kod nas. Da bi se ispunili zahtevi standarda najčešće je potrebno uvesti procese mlevenja i klasiranja.

U vezi sa prethodnim, zbog sadržaja sumpora u uglju, svim našim termoelektranama predstoji sukcesivno uvođenje procesa odsumporavanja dimnih gasova, kako bi se smanjila emisija sumpordioksida u vazduhu. Odsumporavanje će se vršiti sa suspenzijom krečnjaka koji je potrebno izdrobiti i samleti do potrebne krupnoće.

Kako dalji tretman pepela kao sekundarne sirovine i procesi odsumporavanja uključuju postupke i procese pripreme mineralnih sirovina, posebno mlevenja i klasiranja, koje u potpunosti poznaju inženjeri naše struke, ovo otvara nove mogućnosti njihovog angažovanja.

### **4.3. PRIPREMA UGLJA U RUDNIKU KOVIN**

Rudnik uglja Kovin nalazi se u radu od 1990 god. i projektovan je za kapacitet od 300.000 t/god., ali je uglavnom imao proizvodnju od oko 150.000 t/god. rovnog uglja. Rudnik je karakterističan po tome što se u njemu vrši podvodna eksploatacija uglja. Ugalj, iskopan plovnim rotornim bagerom, usisava se i hidraulički transportuje pomoću 3 centrifugalne pumpe (od kojih su najčešće u radu dve redno spregnute) cevovodom prečnika 900 mm do vibracionog sita sa 4 prosevne površine otvora 60, 30, 15 i 5 mm. Svaka pumpa ima elektromotor snage 3 MW. Ukupno se na plovnom objektu nalaze elektropotrošači instalisane snage 11MW. Prosev poslednje etaže sita, klase krupnoće -5+0 mm, ispušta se u takozvanu taložnicu.

Nakon privatizacije, novi vlasnik je investirao u nabavku modularnog postrojenja za čišćenje uglja klase krupnoće -100+0 mm u teškoj sredini, gde se kao suspenzoid koristi magnetit. Čišćenje sitnog uglja iz taložnice vrši se u ciklonima za tešku sredinu koji su deo modularnog postrojenja. Postrojenje ima kapacitet od 40 t/h i prvenstveno čisti ugalj koji je ispušten u taložnicu, čime se prazne zapunjene kasete i pripremaju za budući rad.

Kako se radi o privatnom vlasniku, a izvršena privatizacija je ocenjena kao neuspešna i kao takva je dospela i do suda, nemoguće je bilo prikupiti konkretnije podatke o kadrovskoj strukturi i planovima za budućnost rudnika.

### **5.0. ZAKLJUČAK**

Razvoj energetike u doglednoj budućnosti biće zasnovan na eksploataciji lignitskih ugljeva, što potvrđuju i raspisani tenderi za izgradnju novih blokova na TE Nikola Tesla-B i Kolubara B, a novi blok u Kostolcu predmet je ekonomskog sporazuma sa Republikom Kinom. Shodno tome postoje perspektive za stalno angažovanje inženjera pripreme mineralnih sirovina u pogonima za pripremu uglja dobijenog površinskom eksploatacijom. Kod rudnika sa podzemnom eksploatacijom situacija je od rudnika do rudnika različita, tako da će se manji broj rudnika verovatno zatvoriti, kako ne bi predstavljao balast rudnicima koji mogu uspešno raditi. Ekološki zahtevi otvaraju nove mogućnosti za angažovanje struke pripreme mineralnih sirovina, jer procesi koji će se uvesti na našim termoelektranama u Srbiji do sada nisu prisutni.

***Napomena:** Ovaj rad je realizovan u okviru predviđenih aktivnosti na projektu TR 33029 koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije*

## LITERATURA

- [1] Ed. Joseph W. Leonard III, Byron C. Hardinge: Coal preparation, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc., Littleton, Colorado, 1991.
- [2] Dr Predrag Nikolić, dr Dimitrije Dimitrijević: Ugalj Jugoslavije, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1991.
- [3] Dr Bernd Vels: Environmental and Techno-economic Assesment of PEU Resavica, august 2008.
- [4] Dugoročni razvoj RB Kolubara do 2020. godine, EPS, 2000.
- [5] Engineering and Design Manual, Coal Refuse Disposal Facilities, Second Edition, US Department of Labor, may 2009.