Kvalitet uglja i hidrogeološke karakteristike ležišta "Deli i i Peljave - Tobut" kod Ugljevika

R. DIŠ Ž. LUKI, "IPIN" Institut za primijenjenu geologiju

i vodoinženjering, Bijeljina, Bosna i Hercegovina

V. S. N. V. K. VI, "IPIN" Institut za primijenjenu geologiju

i vodoinženjering, Bijeljina, Bosna i Hercegovina

DR. G. M. N. R. R. BR. N. VI, Univerzitet u Beogradu,

Rudarski fakultet, Beograd

SLAVIŠA Ž. LUKI, "IPIN" Institut za primijenjenu geologiju

i vodoinženjering, Bijeljina, Bosna i Hercegovina

DEJANA. PETROVI, "IPIN" Institut za primijenjenu geologiju

i vodoinženjering, Bijeljina, Bosna i Hercegovina

Stručni rad

UDC: 622.33.013(497.6)

DOI: 10.5937/tehnika1603389L

Geološka istraživanja ležišta uglja "Deli i i Peljave - Tobut", koje se nalazi u sjeveroistočnom dijelu Republike Srpske (BiH), dala su pozitivne rezultate u pogledu poznavanja geološke građe ugljene serije i kvalitativnih svojstava uglja. Produktivna ugljonosna serija pripada jezerskom donjem miocenu sa složenom geološko-tektonskom građom i litofacijalnom raznovrsnošću. U okviru ove serije konstatovana su dva ugljena sloja, stariji, Glavni ugljeni sloj razvijen je na istavom prostoru ležišta i glavni je nosilac rezervi uglja, dok je mlađi, Povlatni ugljeni sloj ograničenog razvoja. Ugalj iz ležišta "Deli i i Peljave - Tobut" ima promjenljiv sadržaj pepela koji prosječno iznosi 34,91% za Glavni i 44,58% za Povlatni ugljeni sloj, povišen sadržaj sumpora sa srednjom vrijednošću od 3,73% za Glavni i 2,73% za Povlatni ugljeni sloj i vlage prosečno 19,07% za Glavni i 18,26% za Povlatni ugljeni sloj. Prosečna vrednost donje toplote sagorevanja iznosi 11.671 kJ/kg za Glavni i 7.952 kJ/kg za Povlatni ugljeni sloj. Petrografska ispitivanja uglja pokazala su da ugalj ležišta "Deli i i Peljave - Tobut" ima visok sadržaj huminita, povišen sadržaj liptinita, nizak sadržaj inertinita i povišen sadržaj mineralnih materija. Densinit je dominantan maceral huminitne grupe, dok je ulminit zastupljen u nešto nižim procentima. Sadržaj ostalih macerala ove grupe je nizak.

Ključne riječi: kvalitet uglja, ležište "Deli i i Peljave - Tobut" (BiH), mrki ugalj, rezerve

1. UVOD

Ugalj predstavlja važan segment u sektoru energije i ekonomije Republike Srpske. Najveći dio uglja se koristi za proizvodnju električne energije. S druge strane u Republici Srpskoj postoje neiskorišteni značajni energetske potencijali, posebno kada su rezerve uglja u pitanju.

Zbog toga su potrebne nove investicije u sektor rudarstva i otvaranje novih rudnika, u zavisnosti od potrebe tržišta. Jedan od interesantnijih ugljonošnih basena u sjeveroistočnom dijelu Republike Srpske je

basen "Mezgraja – Tobut" [1] u okviru kojeg se nalazi ležište uglja "Deli i i Peljave-Tobut".

Ležišta uglja "Deli i i Peljave-Tobut" nalaze se u sjeveroistočnom dijelu Republike Srpske i Bosne i Hercegovine, par kilometara od Ugljevika (slika 1). Pripadaju području opština Ugljevik i Lopare i zahvataju površinu od oko 10 km² sa pružanjem u pravcu Z-I [2, 3].

Prva istraživanja uglja na ovom području, odvijala su se u periodu 1957-1964. godine [1, 2, 3]. U tom periodu izbušeno je 46 istražnih bušotina [1], od kojih 32 imaju podatke o litologiji. Rezultati o kvalitetu uglja ovih istražnih bušotina nisu saopćeni i nisu prikazana u radu.

Tokom 2011. godine preduzeće "Comsar Energy RS" je dobilo koncesiju na istraživanje ležišta "Deli i i Peljave - Tobut" [4]. Projektovana dopunska

Adresa autora: Radiša Luki, "IPIN" Institut za primijenjenu geologiju i vodoinženjering, Bijeljina, Vido-
vanska 48

Rad primljen: 12.11.2015.

Rad prihvaćen: 28.12.2015.

geološka istraživanja ovog prostora izvedena su u dvije faze [5, 6, 7, 8].

Terenska istraživanja i laboratorijska ispitivanja su imala su za cilj da se definišu resursi i rezerve uglja, njihov kvalitet, hidrogeološke i geomehanske

karakteristike ležišta, kao i ostali relevantni parametri neophodni za eksploataciju uglja i projektovanje kotlovskih postrojenja planirane termoelektrane.

Rezultati ovih istraživanja na ležištu "Deli i i Pelave - Tobut" prikazana su u ovom radu.

Slika 1 - Geografska pozicija ležišta uglja.

■ Ležište uglja Deli i-Peljave-Tobut

— Granica entiteta BiH

2. GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA

2.1 Litostratigrafski prikaz ležišta

U geološkoj građi ležišta mrkog uglja "Deli i i Pelave - Tobut" ušestvuju sedimenti eocena, donjeg miocena, donjeg i srednjeg miocena i kvartara [7].

Paleorelief donjomiocenskih sedimenata izgrađenju marinski sedimenti srednjeg i gornjeg eocena ($E_{2,3}$) koji su predstavljani pjesčarima i laporcima sa slojcima krečnjaka.

Jezerski donjomiocenski sedimenti sa ugljem leže diskordinatno preko eocenskih sedimenata. U okviru ovih sedimenata izdvojene su tri serije:

- Podinska klastična serija ($^1M_1^1$),
- Ugljonošna serija ($^2M_1^1$) i
- Povlatna serija ($^1M_{1,2}$).

Podinska donjomiocenska serija izgrađena je od konglomerata, grubozrnih konglomerata i pjesčara, šljunkovitih i pjeskovitih stijena. Ova serija se najčešće završava sa glinama sive, sivozelene i tamno-sive boje i predstavlja neposrednu podinu glavnog

ugljenog sloja. Debljina podinskih sedimenata je promjenljiva u širokom rasponu od nekoliko metara do oko 100 m.

Ugljonošna serija izgrađena je od dva ugljena sloja, starijeg - Glavnog i mlađeg - Povlatnog ugljenog sloja. Pored uglja koji je tamno braon boje i braon ogreba, konstatovano je prisustvo ugljevitih glina, glina, ugljevitih laporaca i laporaca. Krečnjaci u vidu završnog sloja ovog paketa, koji su karakteristični za ležište Bogutovo selo, se retko javljaju.

Glavni ugljeni sloj razvijen je na istovom prostoru i ležištu, dok je Povlatni ugljeni sloj razvijen u centralnom i istočnom dijelu ležišta, a lokalno i u drugim dijelovima ležišta. Izdanička zona predstavlja cijelu sjevernu i dijelom južnu granicu rasprostranjenja Glavnog ugljenog sloja, koja je usljed egzogenih procesa iskidanja i to više u sjevernom nego u južnom dijelu ležišta, dok istočna i zapadna granica ležišta izrasjedana. Debljina Glavnog ugljenog sloja varira i veća je u perifernim dijelovima basena, s tim da se ona, takođe, povećava idući od istočnog prema zapadnom dijelu basena, ali se pri tome smanjuje i ukupna

debljina istog uglja. Građa i debljina ugljenog sloja mijenjaju se, u manjoj mjeri, po pojedinim lokalitetima. Najveće promjene su u obodnim dijelovima, gdje su utvrđena brojna raslojavanja. Proslojci sedimenta u sloju konstatovani su i u centralnom dijelu ležišta, gdje se javljaju u vidu slojeva promjenjive debljine. Po pravilu sloj je tanji u dijelovima ležišta gdje nema proslojaka drugih sedimenta. Debljina sloja opada od istoka prema zapadu. Debljina Glavnog ugljenog sloja varira od 2,0 m do 45,0 m, a prosječna na debljina rovnog uglja iznosi 12,34 m (rovnog ugalj je ugalj debljine preko 0,3 m sa proslojcima jalovih sedimenta debljine do 0,3 m), dok je prosječna debljina istog uglja oko 11,9 m.

Povlatni ugljeni sloj u odnosu na glavni ugljeni sloj ima znatno manje rasprostranjenje, a izdvaja se kao svojom uglavnom promjenjive veličine. Konstatovan je, uglavnom, u istočnom dijelu ležišta i sjevernom dijelu ležišta, gdje se granica njegovog rasprostranjenja približava izdancima koje zoni Glavnog ugljenog sloja. Mjestimično se pojavljuje i u južnom dijelu ležišta. Debljina Povlatnog ugljenog sloja u ležištu kreće se od 0,40 m do 6,50 m, a prosječna debljina rovnog uglja u ovom sloju iznosi 2,23 m, dok je prosječna debljina istog uglja oko 2,06 m.

Povlatna serija Povlatnog ugljenog sloja izgrađena je od sivih kompaktnih laporaca, lapora, laporovitih glina i rijetko, pjeskova i pjeskara sa glinovito-laporovitim vezivom, podređeno i krečnjaka. Ovo je najmlađa i superpozicioni paket unutar slatkovodne serije miocenskih sedimenta. Njegova opšta karakteristika je nepostojanje uslova za tresetizaciju i formiranje uglja. Debljina ovog paketa sedimenta je promjenjiva, a najveća je u centralnom i zapadnom dijelu ležišta, gdje iznosi i do 150 m.

Kvartar je izgrađen od sedimenta korita, terasnih, deluvijalni i proluvijalni sedimenta.

2.2 Tektonika ležišta

Na osnovu istražnih radova, konstatovano je da ležište ima oblik sinklinale čija osa se pruža približno u pravcu istok - zapad. Centralni dio ležišta "Deli i Peljave - Tobut" je spušten na dubinu od oko 350 m. Centriklinalni pad slojeva je veoma dobro izražen. Veličina padnih uglova na oba krila sinklinale je približno ujednačena i kreće se od oko 20° za sjeverni dio ležišta do 31° za južni dio ležišta. Strm pad krila sinklinale postepeno se ublažava prema njenom središtu, gdje je približno horizontalan.

Izrazita nabiranja u obodnim dijelovima ležišta, vezana su za stvaranje njegovog sinklinalnog oblika. Usled pritiska na bokovima nastale su i veoma oštre plikativne strukture. One su uvijek manjih razmjera, te pripadaju redu sekundarnih nabora.

Pri formiranju današnjeg strukturnog sklopa basena veoma važnu ulogu su odigrali rasjedi. Na osnovu pravca pružanja moguće je u prostoru ležišta izdvojiti više grupa rasjeda.

U prvu grupu rasjeda spadaju rasjedi s pravcem pružanja sjeverosjeverozapad-jugjugoistok. Ovo je najzastupljenija grupa rasjeda, i njihov uticaj na strukturu ležišta je najveći. Iz ove grupe rasjeda najmarkantniji su rasjedi u centralnom dijelu ležišta, sa opštom tendencijom spuštavanja blokova prema zapadu i jugozapadu.

U ovom dijelu ležišta je ujedno dostignuta i najveća dubina do glavnog ugljenog sloja (oko 350 m). Rasjedne površine ovih rasjeda, pravca pružanja SSZ - JJI obično su nagnute prema zapadu, pod uglom 50-70°. Veličina skokova iznosi u pojedinim dijelovima i do 100 m, tako da su jezerske naslage stepenasto spuštene prema centru basena. Izgleda da se sličan proces, sa obrnuto orijentisanim pravcima rasjednih površina, odigrao i u zapadnom dijelu ležišta, jer se najdublji dio glavnog ugljenog sloja nalazi u dolini rijeke Janje, koja predstavlja središnji dio basena. Glavne rasjede svih pravaca obično prati niz manjih rasjeda sa vertikalnom komponentom kretanja koja je promjenljiva, ali u prosjeku iznosi oko 10 m.

Drugu grupu rasjeda čine rasjedi pravca pružanja sjever-jug. Ovo nije tako brojna grupa rasjeda kao prethodna, ali sa stanovišta okonturivanja ležišta je značajna, jer istovremeno granicu revira Deli i predstavlja jedan ovakav transversalni rasjed. Vertikalna komponenta ovog kretanja u južnom dijelu ležišta dostiže i 100 m.

Treću grupu rasjeda, čine rasjedi pružanja sjeverozapad-jugjugoistok. Ovoj grupi rasjeda pripada i rasjed u jugozapadnom dijelu terena, koji ujedno predstavlja jugozapadnu granicu ležišta "Deli i Peljave - Tobut". Vertikalna komponenta ovog rasjeda kreće se i preko 100 m, a zalijeganje mu je prema SSI, pod uglom od oko 70°. Ovaj rasjed prati nekoliko manjih rasjeda prema centru ležišta.

Međusobnim presjecanjem ovih rasjeda različitih pravca pružanja, koji su u istočnom i zapadnom dijelu basena stvorili strukturu, koja se približava tipičnoj parketnoj strukturi. Slično je poremećen i eocenski fliš u podlozi, pošto su svi veći rasjedi, koji su nastali prilikom formiranja osnovnih kontura basena, aktivirani i poslije odlaganja jezerskih naslaga. To objašnjava u potpunosti sklad u poremećaju pojedinih blokova u radialnom smislu, kao i raskidanja sa istosmjernim pomjeranjem granica stratigrafskih članova različitih starosti.

Svi konstatovani rasjedi su gravitacionog tipa, jer je uvijek dolazilo do manjeg ili većeg spuštavanja blokova. Reversni rasjedi nisu nigdje konstatovani.

3. UZORCI I METODE

Prema projektu detalnih geoloških istraživanja ležišta "Deli i i Peljave - Tobut" [5], urađena su metodom vertikalnih presjeka u okviru kojih je izvedeno ukupno 169 bušotina ukupne dužine 16.781,20 metara. Istražno bušenje premaeno je kontinuiranim kartiranjem i oprobavanjem jezgra. Osim bušotina urađeno je jedno vertikalno istražno okno prema nika 1400 mm.

Hidrogeološkim ispitivanjem je bio zahvaćen prostor itavog ležišta, a na određenom broju bušotina vršeno je ispitivanje filtracionih svojstava stijenskih masa.

Određivanje kvaliteta uglja obuhvatala su tehniku i elementarnu analizu uglja, određivanje hemijskog sastava i termotehničkih osobina pepela, zapreminske mase, sadržaja hlora, meljivost uglja, takupaljenja uglja i petrografska ispitivanja uglja na pojedinačnim i kompozitnim probama iz cijelog ugljenog sloja (tabela 1).

Tabela 1. Pregled urađenih analiza u ležištu "Deli i i Peljave-Tobut"

Tip analize	Broj proba
Tehnička analiza uglja	658
Elementarna analiza	658
Određivanje zapreminske mase	552
Određivanje sadržaja hlora	186
Analize hemijskog sastava pepela	173
Termotehničke analize pepela	173
Takupaljenja uglja	35
Meljivost uglja	33
Petrografska ispitivanja uglja	58

Laboratorijska ispitivanja kvaliteta uglja, osim petrografskih ispitivanja rađena su u laboratoriji "Inspekt – RGH" d.d., Sarajevo, u Kaknju, koja je akreditovana prema BAS EN ISO/IEC 17025. Petrografska ispitivanja uglja za prvu fazu rađena su u laboratorijama "GEO-MINIS" d.o.o. u Beogradu i Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu.

Tabela 2. Parametri kvaliteta uglja ležišta „Deli i i Peljave-Tobut“.

Parametar	Glavni ugljeni sloj			Povlatni ugljeni sloj		
	Srednja vrijednost	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Srednja vrijednost	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Vlaga, %	19,07	5,76	34,61	18,26	4,66	27,99
Pepeo, %	34,91	9,29	66,69	44,58	22,76	68,23
Sumpor ukupni, %	3,73	1,37	6,63	2,73	1,15	5,19
Sumpor u pepelu, %	1,00	0,19	3,21	0,98	0,40	2,05
Sumpor sagorljiv, %	2,69	0,41	6,33	1,75	0,37	4,52
Koks, %	53,33	16,63	75,05	56,30	44,86	75,39
C-fix, %	18,80	1,89	55,42	11,81	0,98	24,52

4. REZULTATI

4.1 Kvalitet uglja

Ispitivanja kvaliteta [7, 8] pokazala su da uglaj ležišta "Deli i i Peljave - Tobut" odgovara ugljevima niskog ranga, mat mrkim ugljevima [9], odnosno lignitima [10].

Sadržaj ukupne vlage je relativno nizak i varira od 4,66% do 27,99%, prosečno 18,26% u Povlatnom sloju i od 5,76% do 34,61%, prosečno 19,07% u Glavnom ugljenom sloju (tabela 2). Generalno posmatrano vrednosti ovog parametra u Glavnom ugljenom sloju rastu od centra ka severoistoku i jugu (slika 2). Sadržaj pepela varira u širokom rasponu od 22,76% do 69,34% u Povlatnom sloju i od 9,29% do 69,25% u Glavnom ugljenom sloju (slika 3).

Srednja vrednost u Povlatnom sloju iznosi 44,58%, a u Glavnom 34,91%. Sadržaj ukupnog sumpora je relativno visok, a prosečna vrednost za Povlatni sloj iznosi 2,73%, a kreće se od 1,15% do 5,19%. Sadržaj sagorljivog sumpora kreće se od 0,39 do 4,52%, sa srednjom vrednošću od 1,75%, dok se sadržaj sumpora u pepelu kreće od 0,40 do 2,05%, prosečno 1,00%. Srednja vrednost ukupnog sumpora u Glavnom ugljenom sloju iznosi 3,73%, a kreće se od 1,37% do 6,63% i generalno raste od centra ka severoistoku i jugu (slika 4).

Sadržaj sagorljivog sumpora kreće se od 0,41 do 6,33%, sa srednjom vrednošću od 2,69%, dok se sadržaj sumpora u pepelu kreće od 0,19 do 3,21%, prosečno 1,00%. Sadržaj isparljivih materija (volatila) varira od 12,69% do 34,76% u Povlatnom sloju i od 3,55% do 39,69% u Glavnom ugljenom sloju. Srednja vrednost za Povlatni sloj iznosi 23,23% i 27,19% za Glavni sloj. Donja toplota sagorevanja uglja (DTS) varira u širokom rasponu od 2.060 kJ/kg do 15,128 kJ/kg, prosečno 7,952 kJ/kg u Povlatnom sloju. U Glavnom ugljenom sloju DTS varira od 4.289 kJ/kg do 21,374 kJ/kg (slika 5), prosečno 11,671 kJ/kg. Zapreminska masa uglja kreće se od 1,30 kg/dm³ do 1,58 kg/dm³, prosečno 1,39 kg/dm³ u Povlatnom sloju i od 1,04 kg/dm³ do 1,82, prosečno 1,39 kg/dm³ u Glavnom ugljenom sloju.

Parametar	Glavni ugljeni sloj			Povlatni ugljeni sloj		
	Srednja vrijednost	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Srednja vrijednost	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Sagorljive materije, %	45,97	19,42	71,82	35,02	18,46	55,60
Volatili, %	27,19	3,55	39,69	23,23	12,69	34,76
Gornja toplota sagorjevanja, kJ/kg	12644	4861	22286	8743	4579	16257
Donja toplota sagorjevanja, kJ/kg	11671	4289	21374	7952	3785	15128
Ugljenik, %	29,60	2,43	53,52	21,36	6,35	37,90
Vodonik, %	2,59	0,91	4,30	1,91	0,88	11,11
Azot, %	0,60	0,24	0,93	0,56	0,30	0,85
Kisik, %	9,42	4,40	14,58	8,50	4,93	13,78
Hlor, %	0,02	0,01	0,71	0,04	0,01	0,11
Zapreminska masa, kg/dm ³	1,39	1,04	1,82	1,392	1,30	1,58

Slika 2 - Kartografisanje sadržaja vlage u rovnom uglu u glavnom ugljenom sloju

Slika 3 - Kartografisanje sadržaja pepela u rovnom uglu u glavnom ugljenom sloju

Slika 4 - Kartografisanje sadržaja ukupnog sumpora u rovnom uglu u glavnom ugljenom sloju

Slika 5 - Kartografisanje donje toplotne vrijednosti rovnog uglja u glavnom ugljenom sloju

Pepeo uglja Glavnog ugljenog sloja, ležišta "Delici i Peljave - Tobut" ima blago kiseli karakter što je posljedica povišenog sadržaja SiO_2 i Al_2O_3 (tabela 3). Nešto više vrijednost SiO_2 u pepelu ima uglaj

Povlatnog ugljenog sloja. Sadržaj CaO i MgO je viši u Glavnom ugljenom sloju nego u Povlatnom ugljenom sloju, vjerovatno zbog prisustva proslojaka laporaca u uglju.

Tabela 3. Hemijski sastav pepela uglja ležišta "Delici i Peljave-Tobut" (%)

Parametar	Glavni ugljeni sloj			Povlatni ugljeni sloj		
	Srednja vrijednost	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Srednja vrijednost	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
SiO_2	39,30	16,12	57,71	39,39	31,33	56,26
Fe_2O_3	19,86	9,58	38,60	11,88	9,98	18,06
Al_2O_3	14,96	8,23	42,71	13,71	10,84	20,98
CaO	8,77	2,31	36,82	7,99	2,31	14,99

Parametar	Glavni ugljeni sloj			Povlatni ugljeni sloj		
	Srednja vrijednost	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Srednja vrijednost	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
MgO	3,22	1,00	7,99	2,64	1,36	4,80
SO ₃	9,86	1,43	29,99	8,23	2,44	15,90
TiO ₂	0,43	0,35	0,50	0,41	0,40	0,50
Na ₂ O	1,09	0,25	2,59	0,98	0,78	1,62
K ₂ O	1,30	0,42	2,55	1,10	0,76	1,84

Termotehničke osobine pepela uglja određene su na 61 uzoraku Glavnog sloja i 9 uzoraka Povlatnog sloja. Termotehničke osobine pepela su direktno povezane sa njegovim hemijskim sastavom. Relativno visoka vrijednost tačke razlivanja pepela uglja kod oba ugljena sloja (tabela 4) je u saglasnosti sa hemijskim sastavom pepela i sadržajem SiO₂ i Al₂O₃ u pepelu uglja.

Tabela 4. Termotehničke karakteristike pepela uglja ležišta „Deli i i Peljave-Tobut“ (°C)

Parametar	Glavni ugljeni sloj	Povlatni ugljeni sloj
Tačka omekšavanja	1198,09	1053,53
Tačka polulopte	1238,75	1087,99
Tačka razlivanja	1270,49	1112,98

Petrografska ispitivanja uglja rađena su samo za Glavni ugljeni sloj, na ukupno 63 uzoraka od čega 58 uzoraka iz istraţnih bušotina [11] i na uzorcima iz istraţnog okna [12]. Dominantni minerali huminitne grupe u leţištu "Deli i i Peljave-Tobut" su drţim izm u 16,7-44,3 zap.%, prosejno 32,33 zap. % (tabela 5). Srednji su drţulminit iznosi 24,24,0 zap.%, vrh d 16,5 d 41,1 zap.%. U niskim koncentracijama vaju se, tekstinit (0,4-4,8, prosejno 1,91 zap.%) i glinit (0,8-6,2 zap.% prosejno 2,67 zap.%), dok je sadržaj antrinita nešto viši (0,2-3,7 zap.%, prosejno 7,26 zap.%). U šliptinit kreće se od 6,7 do 20,2 zap.%, sa prosejnom vrednošću od 11,21 zap.%, dok je u ešeritinit niski krš d 0,2-3,1 zap.%, prosejno 1,3 zap.%. Dominantnih minerala klastičnog i više prisustva pirita od 3,9 do 23,7 zap.%, prosejno 8,4 zap.% i glin od 0,4 do 16,9 zap.%, prosejno 5,9 zap.%, k i niz k s drţ k r b n t , prosejno 1,6 zap.%.

Petrografska ispitivanja uglja, su pokazala da ugal iz leţišta "Deli i i Peljave -Tobut" pripada humusnim ugljevima niţeg stepena karbonifikacije, odnosno niţe rangiranim mrkim ugljevima. Razlike u petrografskom sastavu ukazuju na varijacije vodenog stuba u tresetnoj movari tokom formiranja ugljenih slojeva.

Tabela 5. Prosejne vrednosti petrografskog sastava uglja ležišta „Deli i i Peljave-Tobut“

Macerali i minerali (zap.%)	Glavni ugljeni sloj		
	Srednja vrijednost	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
ktinit	1,6	0,4	4,8
Ulminit	26,2	16,5	41,1
trinit	4,7	0,2	30,7
Dnsinit	33,0	15,7	45,7
G linit	2,9	0,8	6,2
K r p huminit	4,9	1,5	14
HU INI I	72,6	58,9	83,1
Sp rinit	4,3	0,9	12,4
Kutinit	0,4	-	1,3
R zinit	1,4	0,5	3,2
Sub rinit	1,0	0,1	5,6
lginit	0,2	-	0,5
Lipt d trinit	2,4	0,2	5,5
LIP INI I	9,6	2,8	20,2
Fuzinit	0,2	-	0,6
S mifuzinit	0,2	-	0,8
krinit	0,1	-	0,2
Funginit	0,7	0,1	2,9
In r t d trinit	0,3	-	0,8
IN R INI I	1,1	0,2	3,1
UKUPN UG Lj	83,3	66,9	94,3
Glin	6,3	0,4	16,9
Pirit	8,7	2,5	23,8
K r b n ti	1,6	0,1	6,6
st l	0,1	-	0,4
IN R LN RI	16,7	5,7	33,1

Ugljeni slojevi ugljenih slojeva najviše im dijelom u estvovali su etinari (gimnosperme) sa manjom ili većom zastupljenošću angiospermi. Raspadanje

humusnih materija u alkalnoj sredini dovelo je do stvaranja densinita tj, barskog uglja, sa manjim ili ve im prisustvom sporinita i rezinita.

Izuzetno visok sadržaj pirita [11] ukazuje da je ugalj iz bušotine DPT-28 (uzorci DPT-28/3 i DPT-28/4, sa dubine od preko 220 m) stvaran u izrazito redukcionoj sredini. Na žalost visok sadržaj pirita, kao i liptinita svakako e nepovoljno uticati na tehnološke karakteristike uglja, naro ito na sagorevanje u termoelektranama.

Rezultati analiza sadržaja karbonata u uglju su pokazali, da sadržaj karbonata u rovnom uglju prose no iznosi 6,1%, a varira od 4,8 do 7,2%. Povišeni sadržaja karbonata u uglju je najve im delom vezan za proslojke laporovitih sedimenata u njemu.

Meljivost uglja iz peljavskog basena ura ena je Hardgreovom metodom, koja daje relativnu meljivost ili lako u mljevenja uglja u pore enju sa standardnim ugljem iji je indeks meljivosti 100. Sprovedena ispitivanja ukazala su da ugalj iz ležišta „Deli i i Peljave - Tobut“ indeks meljivosti uglja varira od 49,04 do 70,66 °Hg, sa srednjom vrednoš u od 57,5 °Hg. Vrednost ovog parametra je dobra i u skladu sa petrografskim sastavom uglja. Sadržaj tekstina, koji nepovoljno uti e na ovaj parametar, je nizak, a densinita i ulminita visok. Tako e, sadržaj teško meljivih ksilita (mimificiranog i trakastog) je nizak [12] i bitno ne uti e na indeks meljivosti.

4.2. Hidrogeološke karakteristike ležišta

Stijenske mase, koje u estvuju u geološkoj gra i istraživanog podru ja prema svojoj hidrogeološkoj funkciji svrstane su u hidrogeološke kolektore, hidrogeološke izolatore i hidrogeološke komplekse.

Najve i dio istraživanog terena izgra uju gline, glinoviti lapori, lapori, laporovite gline i lapori koji predstavljaju hidrogeološke izolatore.

Stijene hidrogeološki kolektori su uglavnom intergranularne poroznosti, predstavljene kvartarnim aluvijalnim i terasnim sedimentima dobre do slabe vodopropusnosti i proluvijalnim zaglinjenim drobinama i pijeskovima loše vodopropusnosti rije nih tokova Janje, Tobutske rijeke, Triješnice i Pel ave. Osim navedenih javljaju se i hidrogeološki kolektori pukotinsko-kavernozne poroznosti dobre vodopropusnosti, a predstavljene su organogenim kre njacima. Ovi slojevi nemaju kontinuirano rasprostranjenje i nisu velike debljine na prostoru ležišta.

U kategoriju stijena hidrogeoloških kompleksa sa pretežnom funkcijom hidrogeoloških izolatora spadaju stijenske mase glavnog ugljenog sloja, osim u dijelovima gdje se javljaju proslojci pijeskovia laporovitih i lapora pjeskovitih koji imaju funkciju hidrogeoloških kolektora slabe vodopropusnosti. Na osnovu rezultata

dosadašnjih hidrogeoloških istraživanja, koja su vršena na ležištu "Deli i i Peljave - Tobut", može se konstatovati da su hidrogeološke karakteristike ležišta dosta povoljne, što e pozitivno uticati na ekonomnost njegove eksploatacije.

Glavni uzrok zavodjenosti površinskog kopa su atmosferske padavine (koje su sezonskog karaktera), a što se ti e podzemnih voda, one se javljaju u kvartarnim aluvijalnim i terasnim naslagama rijeke Janje, dok su manje zna ajne akumulacije podzemnih voda iz organogenih kre njaka, pijeskovia i laporovitih pijeskovia prevashodno zbog male mo nosti i rasprostranjenja. Ove vode e se drenirati u kop u vidu izvora male izdašnosti, curenja ili difuznog izbijanja na zasjecima kosina ili bermama pojedinih etaža. Evakuacija i regulisanje nivoa vode, koja se sa površinskog kopa sliva u vodosabirnik, može se vršiti koriš enje mobilnih pumpnih postrojenja, što e omogu iti izvo enje rudarskih radova i na najnižim etažama.

4.3 Resursi i rezerve uglja

Resursi i rezerve uglja u ležištu „Deli i i Peljave - Tobut“, kod Ugljevika za Povlatni i Glavni ugljeni sloja sra unati su na osnovu podataka svih izvedenih istražnih radova [7]. Kod Glavnog ugljenog sloja kao osnovni metod, koriš en je metod najbližeg reona, dok je kod Povlatnog ugljenog sloja osnovni metod prora una rezervi bio metod geoloških blokova [13] iji su rezultati prikazani u tabeli 6.

Tabela 6. Resursi i rezerve ugl a u ležištu Deli i i Pel ave - Tobut

Kategorija	RESURSI I REZERVE (t)		
	BILANSNE	VANBILANSNE	UKUPNE
A	12.025.977	372.194	12.398.171
B	70.451.500	1.794.395	72.245.896
C ₁	27.922.163	4.618.089	32.540.252
A+B+C ₁	110.399.640	6.784.678	117.184.319
C ₂			24.476.709
A+B+C ₁ +C ₂			141.661.028

Klasifikacija i kategorizacija resursa i rezervi je izvršena prema domaćem zakonodavstvu [14] i nije u skladu sa međunarodnim klasifikacijama resursa i rezervi mineralnih sirovina. U vanbilansne rezerve uglja svrstane su:

- rezerve uglja Glavnog ugljenog sloja ija debljina je manja od 1,5 metara,
- rezerve uglja u zaštitnom pojasu pored magistralnog puta Bijeljina - Tuzla (40 m), prema Zakonu o javnim putevima (Sl. Glasnik RS 16/10, član 51.) u dijelu predvi enom za površinsku eksploataciju,
- rezerve uglja Povlatnog ugljenog sloja, koje se nalaze izvan granica rudnog tijela glavnog ugljenog sloja predvi enog za površinsku eksploataciju.

Resursi uglja (C2 kategorija) iznose oko 24 miliona, a rezerve (A+B+C₁ kategorija) oko 117 miliona tona uglja. Bilansne rezerve iznose oko 110 miliona tona.

5. ZAKLJUČAK

Ležišta uglja "Delić i Peljave - Tobut" nalaze se u sjeveroistočnom dijelu Republike Srpske i Bosne i Hercegovine, par kilometara od Ugljevika i zahvataju površinu od oko 10 km² sa pružanjem u pravcu Z-I.

Širi prostor ležišta izgrađuju sedimenti eocenske, miocenske i kvartarne starosti. Produktivna ugljena serija pripada donjem miocenu sa složenom geološko-tektonskom građom i litofacijalnom raznovršnošću.

Glavni, stariji ugljeni sloj, koji predstavlja glavni nosilac rezervi, razvijen je na velikom prostoru ležišta. Ima oblik sinklinale koja je deformisana rasedima pružanja S-J i ZSZ-IJ. Debljina Glavnog ugljenog sloja varira od 2,0 m do 45,0 m. Prosečna debljina rovnog uglja iznosi 12,34 m. Ugljeni sloj se raslojava u nekoliko banaka različite debljine, pri čemu broj i debljina proslojaka jako variraju. Povlatni ugljeni sloj leži konkordantno preko laporovite serije i ograničenog je rasprostranjenja. Debljina Povlatnog ugljenog sloja varira od 0,37 m do 8,11 m, prosečno 2,39 m. Debljina rovnog uglja varira od 0,40 m do 6,50 m. Prosečna debljina uglja u ovom sloju iznosi 2,23 m.

Ugalj glavnog ugljenog sloja je tamnocrne do crne boje, mrkog ogreba i pripada humusnim ugljevima nižeg stepena karbonifikacije. Skoro na svim istražnim radovima zapaženo je već prisustvo barskog trakastog litotipa različite debljine. Na osnovu petrografskih analiza u ispitivanim uzorcima uglja, konstatovano je, da je ugalj nastao u alkalnijoj, oksidnoj do izrazito redukcionoj sredini. Razlike u petrografskom sastavu ukazuju na varijacije vodenog stuba u tresetnoj zoni tokom formiranja ugljenih slojeva. U građi ugljenih slojeva najčešće u dijelom uestvovali su četinari (gimnosperme) sa manjom ili većom zastupljenošću u angiospermi.

Ugalj iz ležišta "Delić i Peljave - Tobut" ima promjenljiv sadržaj pepela, povišen sadržaj sumpora i vlage. Nešto viši kvalitet uglja (višu toplotu sagorjevanja i niži sadržaj pepela) konstatovan je u južnom i sjevernom dijelu ležišta u odnosu na centralni i zapadni dio ležišta. Kvalitet uglja varira kako lateralno tako i vertikalno. Prema perifernim dijelovima ležišta (izdana kim zonama) i višim dijelovima glavnog ugljenog sloja raste toplota sagorjevanja a opada sadržaj pepela. Dok je obrnuto slučaj sa povećanjem dubine sloja, gdje dolazi do raslojavanja Glavnog sloja, povećava se prisustvo proslojaka pratećih sedimenata, opada toplota sagorjevanja, a raste sadržaj pepela. Povlatni ugljeni sloj za razliku od glavnog nema kontinuirano razvi-

na cijelom području ležišta. U odnosu na glavni ugljeni sloj ima nižu toplotnu vrijednost u prosjeku, 8353 kJ/kg, dok su ostali parametri slični ili nešto niži.

Visok sadržaj pepela u pojedinim delovima ležišta, kao i visok sadržaj pirita i liptinita nepovoljno utiče na tehnološke karakteristike uglja, naročito na sagorevanje u termoelektranama. Možda bi procesi ispuštanja uglja pre sagorevanja mogli dobrim delom da reše problem visokog pepela i sumpora u uglju, ali treba videti u kojoj mjeri bi uticali na cenu koštanja uglja i struje.

Indeks meljivosti uglja je dobar i u skladu sa petrografskim sastavom uglja, jer ugalj ležišta "Delić i Peljave - Tobut" ima nizak sadržaj tekstinita, odnosno teško meljivih ksilita koji nepovoljno utiče na ovaj parametar.

Najviše akumuliranih podzemnih voda vezano je za kvartarne aluvijalne i terasne naslage rijeke Janje. Znatno manje akumulacije podzemnih voda formirane su u stijenama hidrogeološkog kompleksa, koji je predstavljen isključivo hidrogeološkim izolatorima izuzev dijelova u kojima se javljaju proslojci zaglinjenih i laporovitih pijeskova. Akumulacije podzemnih voda u ovim stijenama su rijetke i relativno malog rasprostranjenja, a njihovo prihranjivanje se vrši na račun infiltracije padavina.

LITERATURA

- [1] Ilić S, Studija geoloških odnosa u ugljenim basenima SI Majevice, s naročitim osvrtom na geološko-ekonomski značaj ležišta mrkog uglja, Geološki glasnik, k.4. posebno izdanje, Sarajevo, st. 108-110, 1965.
- [2] Nikolić P, Dimitrijević D, Ugalj Jugoslavije, Geologija i proizvodno razvojni potencijal ležišta i rudnika, DP „Pronalazaštvo“, Beograd, st. 278-281, 1990.
- [3] Ilić S, Mineralne sirovine Bosne i Hercegovine, Prvi tom, ležišta uglja i ležišta nemetala, Geoinženjering. Sarajevo, st. 77-90, 1976.
- [4] Novaković V, Lukić R, Vasić M, Grujić R, Studija ekonomske opravdanosti samoinicijativnog zahtjeva za koncesiju na istraživanje ležišta uglja "Delić i Peljave - Tobut" kod Ugljevika, DOO IPIN, Bijelina, st. 7-8, 2011.
- [5] Lukić R, Novaković V, Projekat dopunskih detaljnih geoloških istraživanja ležišta uglja "Delić i Peljave - Tobut" kod Ugljevika, DOO "IPIN" Bijelina, st. 25-45, 2011.
- [6] Lukić R, Novaković V, Izveštaj o izvedenim geološkim istraživanjima ležišta uglja "Delić i Peljave -

- Tobut" kod Ugljevika (I faza istraživanja), DOO "IPIN" Bijelina, st. 61-68, 2012.
- [7] Luki R, Novaković V, Izveštaj o izvedenim geološkim istraživanjima ležišta uglja "Delici i Peljave - Tobut" kod Ugljevika (II faza istraživanja), DOO "IPIN" Bijelina, st. 73-87, 2012.
- [8] Luki R, Novaković V, Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi uglja u ležištu "Delici i Peljave - Tobut", kod Ugljevika, DOO "IPIN" Bijelina, st. 72-108, 2015.
- [9] Ercegovac M, Životić D, Kostić A, Genetic-Industrial Classification of Brown Coals in Serbia. International Journal of Coal Geology 68, pp 39-56, 2006.
- [10] ISO 11760: Classification of coal. International Organization for Standardization, Switzerland, 9 pp, 2005.
- [11] Životić D, Izveštaj petrografskog sastava uglja iz bušotina ležišta „Delici i Peljave-Tobut“ kod Ugljevika. Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, 7 st, 2012.
- [12] Životić D, Izveštaj o petrografskim ispitivanjima uglja i masenog sadržaja ksilita pet uzoraka iz rudarskog istražnog okna na ležištu uglja „Delici i Peljave - Tobut“ kod Ugljevika. Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, 10 st, 2015.
- [13] Blečić N, Milovanović D, Metode proračuna rudnih rezervi, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 1999.
- [14] Pravilnikom o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima. Službeni glasnik Republike Srpske broj 92/14, Banja Luka, 2014.

SUMMARY

THE QUALITY OF COAL AND HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS IN DEPOSIT "DELI I AND PELJAVE-TOBUT" NEAR UGLJEVIK

Geological study of "Delici and Peljave - Tobut" coal deposit, located in north-eastern part of the Republic of Srpska (B&H), has given a new insight into geological structure of coal-bearing series and quality of coal. Coal-bearing series was formed in a lower Miocene lake and has complex geological-tectonic structure and litho-facial diversity. Two coal seam are identified within this series - the older one, so-called the Main coal seam (developed throughout the deposit; with major coal reserves) and the younger one - Upper coal seam, which is of a restricted areal extent. Coal from this deposit has a variable ash content - 34.91% on average in the Main seam and 44.58% on average in the Upper seam. This coal has an average sulfur content of 3.73% in the Main seam and 2.73% in the Upper seam. An average moisture content is 19.07% in the Main seam and 18.26% in the Upper seam. An average lower heating value is 111.671 kJ/kg for the Main seam and 7.952 kJ/kg for the Upper seam. Petrographic study of coal have shown that the coal of this deposit has high content of huminite, increased content of liptinite, low content of inertinite and increased content of mineral matter. Densinite is a dominant maceral of huminite group, while ulminite is less abundant. The content of other macerals of this group is low.

Key words: coal quality, "Delici and Peljave - Tobut" (B&H) deposit, brown coal, reserves