

Originalan naučni rad
Original scientific paper
UDC: 620.9:621.311.15
DOI: 10.5825/afts.2012.0407.073I

ANALITIČKI HIJERARHIJSKI POSTUPAK PROCJENE POGODNOSTI KREČNJAKA ZA ODSUMPORAVANJE U TERMOELEKTRANAMA

Isabegović Jasmin¹, Šabović Almir¹, Okanović Hasan¹

¹Rudarski institut Tuzla, E-mail: jasmin.isabegovic@yahoo.com

REZIME

U ovom radu je predstavljena metodologija odabira najpovoljnijih ležišta krečnjaka čija bi se sirovina koristila u procesu odsumporavanja u budućim termoenergetskim objektima u Bosni i Hercegovini. Višekriterijski postupak donošenja odluke je razvijen korištenjem analitičkog hijerarhijskog postupka ocjene (AHP). AHP je opsežan, logičan i strukturiran proces razmišljanja, i veoma koristan u rješavanju problema, koji imaju više kriterija koje treba uzeti u obzir. Proces donošenja odluke kao i korišteni kriteriji i subkriteriji predstavljeni su kroz primjere rađene u okviru različitih studija za nove blokove u termoelektranama Tuzla i Kakanj od strane Rudarskog instituta Tuzla.

Ključne riječi: *Analitički hijerarhijski postupak, odsumporavanje, krečnjak*

ANALYTIC HIERARCHY ASSESSMENT OF LIMESTONE FOR DESULPHURIZATION IN COAL POWER PLANTS

ABSTRACT

This paper presents method of assessment of the most suitable deposit of limestone whose materials can be used in the desulphurization process in the future coal power plants in Bosnia and Herzegovina. Multi criteria decision making procedure is developed using the analytic hierarchy process (AHP) of assessment. AHP is a comprehensive, logical and structured process of thinking, and very useful in solving problems that have multiple criteria that should be taken into account. Decision making process and the criteria used and sub-criteria are presented through an examples done within various studies for new power plant blocks in Tuzla and Kakanj by Mining institute Tuzla.

Key words: *Analytic Hierarchy Process, desulphurization, limestone*

UVOD

U Bosni i Hercegovini sa razvojem idejnih rješenja za nove termoenergetske objekte i prilagođavanje postojećih novim ekološkim normama ukazala se potreba za uvođenjem novih tehnoloških postupaka u procesu sagorijevanja uglja. Jedan od značajnijih je proces odsumporavanja u čijem procesu se kao sirovina koristi krečnjak u tačno određenoj količini i određenog kvaliteta što je uglavnom diktirano odabranom tehnologijom sagorijevanja odnosno kvalitetom uglja.

U okviru idejnih rješenja novih blokova u termoelektranama u Tuzli i Kaknju ukazala se potreba identifikacije ležišta krečnjaka koja zadovoljavaju specifične kriterije razmatrane tehnologije sagorijevanja te je za potrebe izrade odgovarajućih studija bilo neophodno kreirati odgovarajući hijerarhijski postupak ocjene na osnovu kojeg bi se izvršilo rangiranje i izvršio odabir najpovoljnijih ležišta krečnjaka. U daljem tekstu predstavljena je višekriterijski postupak donošenja odluke korištenjem analitičkog hijerarhijskog postupka (AHP) kroz primjere rađene za potrebe termoelektrana u Tuzli i Kaknju.

METODOLOGIJA

Metod koji se često koristi prilikom donošenja odluka o različitim pogodnostima je „Analytic Hierarchy Process“ (AHP) odnosno Analitički hijerarhijski postupak ocjene. AHP je opsežan, logičan i strukturiran proces razmišljanja, i veoma koristan u rješavanju problema, koji imaju više aspekata ili kriterija koje treba uzeti u obzir. Multi kriterijski način donošenja odluke (Multi Criteria Decision Making-MCDM) može biti izvršen korištenjem AHP metode.

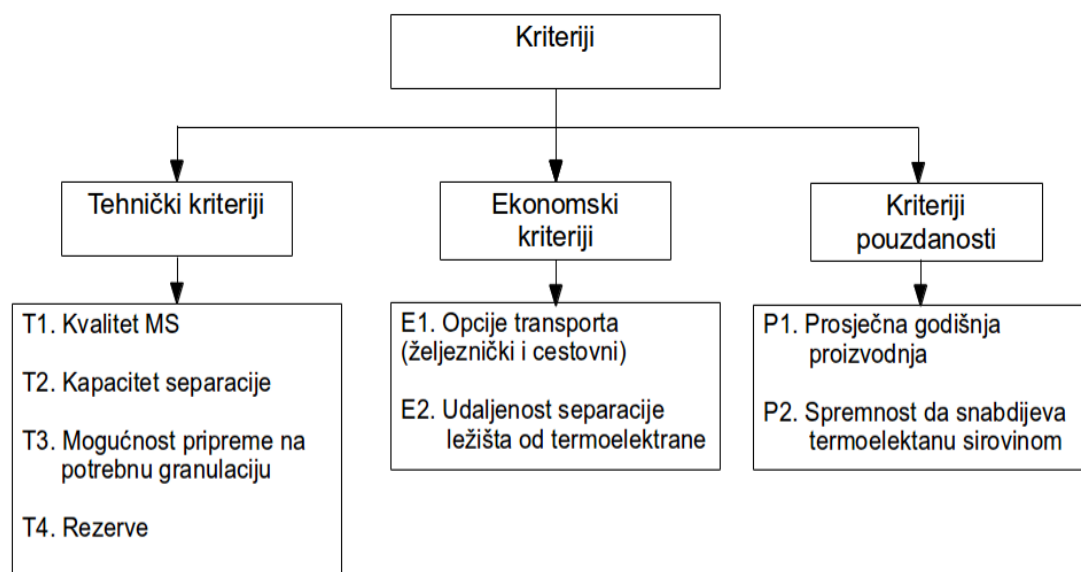
Prilikom postupka ocjene ležišta krečnjaka za mogućnost korištenja u procesu odsumporavanja korištena su tri kriterija: tehnički, ekonomski i kriterij pouzdanosti koji su dalje podjeljeni na više subkriterija. Tehnički subkriteriji su uglavnom diktirani ograničenjima koje postavlja razmatrana tehnologija sagorijevanja odnosno odsumporavanja u slučaju termoelektrana Tuzla i Kakanj to su:

- “CIRCULATING FLUIDIZED BED” TECHNOLOGY (CFB tehnologija)
- “PULVERIZED COAL” FIRING TECHNOLOGY (PC tehnologija)

Kod kotlova sa PC tehnologijom jedinica za odsumporavanje je neophodna za reduciranje sumpor dioksida dok kod CFB kotlova krečnjak dodaje direktno u kotao i reducira sumpor dioksid tokom samog procesa sagorijevanja.

Kod AHP bilo je neophodno poznavanje problema tehnološkog postupka da bi se identifikovali kriteriji i subkriteriji, koji moraju biti istraženi za svako od ležišta krečnjaka.

Osnovni kriteriji za svaku od tehnologija su podjeljeni na tehničke, ekonomske i kriterije pouzdanosti, koji su dalje podjeljeni na više subkriterija kako je to prikazano na slijedećoj shemi, slika 1.



Slika 1. Shema osnovnih kriterija i subkriterija
Picture 1 Illustration of basic criteria and subcriteria

Imajući u vidu da različite tehnologije sagorjevanja postavljaju različite zahtjeve u pogledu ispunjenja tehničkih kriterija u tabelama 1 i 2, dati su granični uslovi vezeni za kvalitet krečnjaka za CFB i PC tehnologiju sagorjevanja.

Tabela 1. Zahtjevani kvalitet krečnjaka za CFB tehnologiju sagorjevanja
Table 1 Required quality of limestone for CFB technology of combustion

CFB TEHNOLOGIJA SAGORIJEVANJA		
Sastav	Prosječna vrijednost	
CaCO ₃	%	92
MgCO ₃	%	2
H ₂ O	%	0,1
Inertno	%	5,9
FW indeks	-	3,5
Gustoća nasipanja	kg/m ³	1300

Tabela 2. Zahtjevani kvalitet krečnjaka za PC tehnologiju sagorjevanja
Table 2 Required quality of limestone for PC technology of combustion

PC TEHNOLOGIJA SAGORIJEVANJA		
Sastav	Granične vrijednosti	
CaCO ₃	%	Min. 96,0
MgCO ₃	%	Maks. 3,0
SiO ₂	%	Maks. 2,0
Al ₂ O ₃	%	Maks. 0,5
Hcl	%	Maks. 3,0
Fe ₂ O ₃	%	Maks. 0,1
Vlaga	%	Maks. 0,5

Iz tabela je vidljivo da je kvalitet krečnjaka neophodan za PC tehnologiju definisan graničnim vrijednostima (minimumima i maksimumima) koje je vrlo lako u okviru ocjene definisati kao eliminatorne u pogledu ispunjenja zahtjevanog kvaliteta. Kvalitet kod CFB tehnologije definisan je prosječnim vrijednostima zbog čega je, prilikom postupka definisanja graničnih vrijednosti koje bi se u okviru analitičkog procesa ocjene koristile kao eliminatorne, neophodno uzeti u obzir i određeno dozvoljeno odstupanje od poznate zadate srednje vrijednosti razmatranog parametra u ležištu. Ovo odstupanje je razmatrano statističkim metodama na osnovu kojih su dobivene vrijednosti standardne devijacije i varijacije.

Za osnovu se uzela normalna raspodjela i raspon garantovanih vrijednosti koje se često koriste u rudarstvu za procjenu kvaliteta mineralne sirovine. Tako je za zadate srednje vrijednosti usvojena korekcija u vidu $\pm\sigma$ (\pm jedna standardna devijacija) koja je procjenjena za svaki od razmatranih parametara. Ovo je bilo neophodno da bi se navedeni kriteriji prosječnih vrijednosti u postupku ocjene mogli tretirati kao eliminatorni.

U okviru mogućnosti prerade mineralne sirovine bitno je naglasiti da je granulometrijski sastav sirovine – krečnjaka, takođe jasno definisan, tabela 3 i 4.

Tabela 3. Zahtjevana granulometrija krečnjaka kod PC tehnologiju sagorijevanja
Table 3. Required granulometry of limestone in PC technology of combustion

PC tehnologija			
Granulometrijski sastav	Iznad 0,125 mm	Iznad 0,063 mm	0,022 – 0,033 mm
	max. 1 (%)	max. 10 (%)	-

Tabela 4. Zahtjevana granulometrija krečnjaka za CFB tehnologiju sagorijevanja
Table 4. Required granulometry of limestone for CFB technology of combustion

CFB tehnologija		
Granične vrijednosti	Jedinica	Granulacija
100	µm	Ispod 700
90	µm	Ispod 250
60	µm	Ispod 150
40	µm	Ispod 120
20	µm	Ispod 80
10	µm	Ispod 50

Prilikom razmatranja potrebnih količina mineralne sirovine neophodno je bilo razmatrati rezerve ležišta sa stanovišta ukupnih potreba za period od 40 godina (planirani životni vijek termoenergetskih objekata) kao i proizvodnih kapaciteta kamenoloma. Pri tome je bitno naglasiti da CFB tehnologija zahtjeva daleko veće količine krečnjaka u odnosu na PC tehnologiju.¹

Vrijednost svakog od subkriterija za pojedinačno ležište dobivena je na osnovu ocjene ispunjenosti postavljenih graničnih uslova kako je to dato u tabeli 5.

Tabela 5. Ocjena kriterija
Table 5. Assessment of criteria

Ispunjenost uslova (n)	Definicija
0	Eliminatorni kriterij nije ispunjen
1	Kriterij je ispunjen
2	Kriterij je ispunjen sa značajnom sigurnošću
3	Kriterij je ispunjen višestruko

Svakom od navedenih subkriterija dodan je i težinski faktor te je na taj način dobivena konačna ocjena ležišta sa aspekta potencijalnog snabdjevača, tabeli 6.

¹ Na primjer, za blok u TE Kakanj kod CFB tehnologije potrebno je obezbjediti oko 11 miliona tona krečnjaka dok je za isti kapacitet bloka kod PC tehnologije potrebno svega oko 3 miliona tona krečnjaka.

Tabela 6. Težinski faktor subkriterija i eliminatorni kriteriji
 Table 6 Weight factor of subcriteria and elimination criterias

Subkriterij	Težinski faktor	Eliminativni kriterij
T1	0,35	DA
T2	0,1	NE
T3	0,01	NE
T4	0,25	DA
E1	0,02	NE
E2	0,15	NE
P1	0,12	NE
P2	0	DA

Subkriterij i pripadajući težinski faktor je razložen na sve elemente koji grade razmatrani subkriterij. Npr. tehnički subkriterij T1 čiji težinski faktor iznosi 0,35 je razložen na kriterije kvaliteta koji su prikazani u tabelama 1 i 2.

Ukoliko je neki od eliminativnih subkriterija ocjenjen ocjenom nula (0) krajnji rezultat predmetnog ležišta se automatski prikazuje kao nula (0).

Konačna ocjena potencijalnog snabdjevača dobivena je primjenom formule:

$$S_{tot} = \sum S_k \times z_k$$

gdje je:

S_{tot} – ukupna ocjena lokacije

S_k – ocjena lokacije po kriteriju k

z_k – težinski faktor kriterija k

Po završetku postupka evaluacije, lokacije su sortirane s obzirom na konačnu ocjenu.

ANALITIČKI POSTUPAK OCJENE ZA DEFINISANE KRITERIJE

Tehnički kriteriji (T)

T1. Kvalitet krečnjaka

U okviru subkriterija T1 obrađeni su svi elementi iz tabele br. 1 odnosno br. 2. a težinski faktor (0,35) je raspoređen između njih. Ukoliko bilo koji od kriterija kvaliteta nije ispunjen ležište je eliminirano iz dalje analize.

T2. Kapacitet separacije

U zavisnosti od potreba bloka termoelektrane izvršena je minimalna procjena potencijalne proizvodnje na osnovu kapaciteta separacije od 2000 radnih sati godišnje za svako od analiziranih ležišta.

T3. Mogućnost pripreme mineralne sirovine na potrebnu granulaciju

S obzirom da, niti jedan od razmatranih kamenoloma ne posjeduje mlinove neophodne za postizanje potrebne granulacije definisane tehnološkim postupkom odsumporavanja, svi kamenolomi imaju isti

status kod ocjene. Imajući u vidu da je u okviru idejnih rješenja predviđena mogućnost nabavke i instalacija postrojenja za preradu u krugu novog bloka termoelektrane ovaj kriterij nije uzet kao eliminatorni.

T4. Ukupne rezerve ležišta

Ukupne rezerve su razmatrane za period planiranog radnog vijeka blokova (40 godina) uzimajući u obzir planirane količine potrošnje krečnjaka u tonama po satu za 6500 radnih sati termoelektrane godišnje. Za ocjenu ovog kriterija, u obzir su uzete eksploatacione rezerve umanjene za količine koje se planiraju eksploatirati do godine početka rada blokova (2018 god.). Ovaj kriterij je razmatran kao eliminatorni samo u slučaju da je povećanje rezervi krečnjaka u narednom periodu malo vjerovatno.

Ekonomski kriterij (E)

E1. Opcije transporta

Transport mineralne sirovine od separacije do termoelektrane izvodljiv je željezničkim i cestovnim saobraćajem ali samo rijetko na lokacijama ležišta/separacije postoji mogućnosti utovara direktno na željeznicu.

E2. Udaljenost ležišta od termoelektrane u km

Ocjena je izvršena na osnovu udaljenosti separacije ležišta od termoelektrane i to na način da je sa maksimalnom vrijednošću ocjenjeno ležište koje je najbliže dok se ocjena ostalih ležišta zasnivala na odnosu najbližeg ležišta i razmatranog ležišta.

Kriterij pouzdanosti (P)

P1. Prosječna godišnja proizvodnja

Kriterij pouzdanosti je razmatran sa aspekta prosječne godišnje proizvodnje, kao i obima proizvodnje u odnosu na potrebe za mineralnom sirovinom (krečnjakom) bloka termoelektrane.

P2. Spremnost subjekta da snabdijeva TE sirovinom

Ovaj kriterij je isključivo tretiran kao eliminatorni (bez težinskog elementa). Naime određeni privredni subjekti zbog zadovoljenja vlastitih potreba prerade nisu izrazili spremnost da snabdijevaju termolekranu sa sirovinom što ih je eliminiralo iz analize potencijalnih snabdjevača.

REZULTATI OCJENE

Za blok 7 Termoelektrane "Tuzla" koji je razmatran samo za PC tehnologiju koja je usvojena u okviru idejnog rješenja dobiveni su slijedeći rezultati [1], dati u tabeli 7.

Tabela 7. Konačna ocjena potencijalnih ležišta krečnjaka za PC tehnologiju, blok 7 TE "Tuzla"
Table 7 Final assesment of potential deposits of limestone for PC technology, block 7 of Power plant "Tuzla"

R.br.	LEŽIŠTE	S_{tot}	Rang
1.	D.potok - Bijela rijeka, Srebrenik	245,00	1
2.	Vijenac kod Lukavca	220,00	2
3.	Oštro-Brdo , Živinice	185,00	3
4.	Sklop - Malešići, Gračanica	164,00	4

5.	Drijenča, Gračanica	114,00	5
6.	Stupari	0	eliminiran
7.	Orlova klisura, Tinja - Potpeć	0	eliminiran
8.	Gradina, Srebrenik	0	eliminiran
9.	Bučje - Kotornica, kod Đurđevika	0	eliminiran
10.	Drenik, Srebrenik	0	eliminiran
11.	Hrastić kod Stupara	0	eliminiran

Za blok 8 Termoelektrane “Kakanj” nije usvojena jedna tehnologija sagorijevanja te je ocjena urađena i za PC i za CFB tehnologiju sagorijevanja a rezultati su dati u tabelama 8 i 9 [2].

Tabela 8. Konačna ocjena ležišta krečnjaka za CFB tehnologiju blok 8 TE “Kakanj”
Table 8 Final assessment of limestone deposits for block 8 of Power plant “Kakanj”

R.b.	Ležište	Poena	Rang	Razlog eliminacije
1.	“Borovačke stijene”, Kakanj	200	1	-
2.	“Stijene”, Vareš	194	2	-
3.	“Vrela i Lučenica”, Kreševo	160	3	-
4.	“Ribnica”, Kakanj	0	eliminiran	rezerve
5.	“Rijeka Rača”, Visojevići	0	eliminiran	rezerve
6.	“Misoča”, Ilijaš	0	eliminiran	kvalitet
7.	“Široke stijene”, Zenica	0	eliminiran	rezerve i kvalitet
8.	“Boljkovići – Lepenica”, Kiseljak	0	eliminiran	kvalitet
9.	“Sokolica”, Zavidovići	0	eliminiran	rezerve i kvalitet
10.	“Nedići”, Breza	0	eliminiran	rezerve i kvalitet
11.	“Medvid Sutulija” Busovača	0	eliminiran	kvalitet
12.	“Krivodol-Morava”, Breza	0	eliminiran	rezerve i kvalitet

Tabela 9. Konačna ocjena ležišta krečnjaka za PC tehnologiju, blok 8TE “Kakanj”
Table 9 Final assessment of limestone deposits for PC technology, block 8 of Power plant “Kakanj”

R.b.	Ležište	Poena	Rang	Razlog eliminacije
1.	“Borovačke stijene”, Kakanj	266	1	-
2.	“Vrela i Lučenica”, Kreševo	216	2	-
3.	“Boljkovići – Lepenica”, Kiseljak	126	3	-
4.	“Ribnica”, Kakanj	0	eliminiran	kvalitet
5.	“Stijene”, Vareš	0	eliminiran	kvalitet
6.	“Široke stijene”, Zenica	0	eliminiran	kvalitet
7.	“Rijeka Rača”, Visojevići	0	eliminiran	kvalitet

8.	“Krivodol-Morava”, Breza	0	eliminiran	kvalitet
9.	“Nedići”, Breza	0	eliminiran	kvalitet
10.	“Misoča”, Ilijaš	0	eliminiran	kvalitet
11.	“Medvid Sutulija” Busovača	0	eliminiran	kvalitet
12.	“Sokolica”, Zavidovići	0	eliminiran	kvalitet

ZAKLJUČAK

Izradom predmetnih studija analitički hijerarhijski postupak se pokazao kao koristan metod za rješavanje kompliciranih i kompleksnih problema rangiranja podobnosti lokacija krečnjaka koji bi se koristio za odsumporavanje u novim termoenergetskim objektima.

U okviru kreiranog analitičkog postupka uspostavljeni su kriteriji i njihova težinska vrijednost tako da je bilo moguće rangiranje ležišta krečnjaka prema ograničenjima CFB i PC tehnologije sagorijevanja u termoelektranama “Tuzla” i “Kakanj” .

Razvojem predmetnog postupka višekriterijske analize omogućeno je rangiranje ležišta krečnjaka i usmjeravanje budućih istraživanja na grupu od 4 ležišta za potrebe Termoelektrane “Kakanj” odnosno 5 ležišta za Termoelektranu “Tuzla”.

Zahvaljujući razvijenom postupku ocjene bilo je moguće smanjiti broj potencijalnih snabdijevača sirovinom na razumnu mjeru što je omogućilo ekonomski razumno planiranje daljih detaljnih istraživanja sirovine-krečnjaka naročito kvaliteta koje diktiraju pojedine tehnologije sagorijevanja.

Takođe, omogućeno je definisanje investicionih troškova i izrada ekonomskih analiza koje su sastavni dio projektne dokumentacije novih termoenergetskih objekata.

Dalja detaljna istraživanja vezana za rezerve i naročito kvalitet mineralne sirovine su neophodna da bi se odgovarajućim statističkim postupcima sa potrebnom sigurnošću potvrdila pogodnost sirovine za odabranu tehnologiju sagorijevanja odnosno odsumporavanja.

Razvijenu metodu ocjene je moguće koristiti i za druge studijske analize kod izrade investicione dokumentacije za termoenergetske objekte uz odgovarajuća prilagođavanja vezana za specifičnosti okruženja u kojem bi se objekat gradio.

LITERATURA

- [1] Elaborat o snabdijevanju krečnjakom novog bloka 7 - 450 MW u TE „Tuzla“. (2011). Tuzla. Rudarski institut Tuzla.
- [2] Elaborat o mogućnostima obezbjeđenja količine i kvaliteta krečnjaka u skladu sa idejnim projektom TE Kakanj blok 8. (2012). Tuzla. Rudarski institut Tuzla.