Tehno-ekonomska analiza bušačko-minerskih parametara u procesu eksploatacije na kamenolomu krečnjaka „Dobrnja“ kod Banje Luke

ŽARKO D. KOVAČEVIĆ, Univerzitet u Banjoj Luci,

Rudarski fakultet, Prijedor, Bosna i Hercegovina

VLADIMIR M. MALBAŠIĆ, Univerzitet u Banjoj Luci,

Rudarski fakultet, Prijedor, Bosna

MIODRAG Ž. ČELEBIĆ, Univerzitet u Banjoj Luci,

Rudarski fakultet, Prijedor, Bosna i Hercegovina

Stručni rad

UDC: 622.143:622.243.2

550.822.7

DOI: 10.5937/tehnika1703351K

Mada se značaj tehničkog aspekta u rudarstvu ne može zanemariti, usko fokusiranje samo na tehnička pitanja više nije dovoljno da bi se garantovao ekonomski uspjeh, čak i u najbogatijim rudnim tijelima. Tako rezultati ekonomske analize pojedinih tehnoloških faza eksploatacije predstavljaju važan parametar produktivnosti i ekonomičnosti čitavog procesa eksploatacije.

U ovom radu je predstavljen model ekonomske ocjene različitih varijanti bušenja i miniranja i analiziranje dobijenih rezultata sa uzimanjem u obzir svih troškova bušačko-minerskih radova koji se javljaju u procesu dobijanja određene granulacije mineralne sirovine. Nakon toga slijedi izbor tehnički i ekonomski optimalne varijante ove tehnološke operacije u procesu eksploatacije mineralne sirovine.

Ključne riječi: ekonomska ocjena, bušenje, miniranje, analiza

1. UVOD

U savremenom rudarstvu, u većini slučajeva, skoro da se ne može pravilno i racionalno organizovati dobijanje čvrstih mineralnih sirovina bez upotrebe eksploziva. Bušačko-minerski radovi su jedan od najuticajnijih faktora na ekonomičnost eksploatacije mineralnih sirovina jer se primjenom eksploziva u procesu dobijanja mineralnih sirovina stvaraju uslovi za primjenu ostalih savremenih rudarskih tehnika. [1]

Tehnološke faze bušenja i miniranja u procesu eksploatacije su vrlo bitne u konkretnom slučaju i predmetu analize ovog rada jer uspješnost i kapaciteti daljih tehnoloških faza uveliko zavise od granulacije odminiranog materijala (kapaciteti buldozera, utovarnih jedinica, kamiona te postrojenja za drobljenje i klasiiranje kamena).

Analizom fizičkih, mehaničkih i tehničkih osobina stijene koja čini radnu sredinu na PK „Dobrnja“ kod Banje Luke, i uz potrebu dodatnog analiziranja mogu-

ćih ekonomskih ušteda pri bušačko-minerskim radovima, urađena je analiza i proračunate vrijednosti troškova u mogućim načinima rada. [2]

2. DEFINISANJE PROBLEMA I CILJ RADA

Mada se značaj tehničkog aspekta ne može zanemariti, usko fokusiranje samo na tehnička pitanja više nije dovoljno da bi se garantovao ekonomski uspjeh, čak i u najbogatijim rudnim tijelima.

Ekonomске vještine i znanja su bitan partner tehničkim vještinama i znanjima na svakom koraku vršenja rudarskih procesa. Ekonomske rudarstva i industrijskih grana generalno se umnogome razlikuju od klasičnih ekonomskih ocjena u drugim oblastima, jer rudarstvo sadrži mnoge neizvjesnosti za razliku od nekih drugih industrijskih grana. Primarni zadatak ovog rada je označavanje ekonomske analize jedne tehnološke faze eksploatacije kao važnog parametra za učinkovitost i ekonomičnost čitavog procesa eksploatacije. Ekonomske analize se, dakle, mogu vršiti za različite faze procesa eksploatacije rudnika.

Procjena troškova i ekonomska analiza su danas sastavni dio procesa projektovanja i planiranja.

Osnovni cilj ovog rada je, dakle, provođenje ekonomske ocjene različitih varijanti bušenja i miniranja i analiziranje dobijenih rezultata te nakon toga slijedi

Adresa autora: Žarko Kovčević, Univerzitet u Banjoj Luci, Rudarski fakultet, Prijedor, Save Kovačevića bb, Bosna i Hercegovina

e-mail: zarko.kovacevic@rf.unibl.org

Rad primljen: 17.05.2017.

Rad prihvaćen: 31.05.2017.

odabir tehnički i ekonomski optimalne varijante ove tehnološke operacije u procesu eksploatacije mineralne sirovine. Ekonomska ocjena mora biti zasnovana na modelu koji će uzimati u obzir sve troškove bušačko-minerskih radova koji se javljaju u procesu dobijanja mineralne sirovine određene granulacije. [3]

Dijagrami zavisnosti troškova bušenja od prečnika bušenja i vrsti stijenske mase su prikazani na slikama 1 i 2.

Slika 1- Dijagrami troškova bušenja u zavisnosti od prečnika (manji prečnik) bušotine i vrste stijene [4]

Slika 2- Dijagrami troškova bušenja u zavisnosti od prečnika bušotine (veći prečnik) i vrste stijene [4]

Ležište tehničkog građevinskog kamena–krečnjaka „Dobrnja“ kod Banje Luke nalazi se na sjevernim padinama planine Manjače.

Tabela 1. Bilansne rezerve tehničkog građevinskog kamena

Kategorija	Rezerve metoda profila v (m ³)	Rezerve metoda blokova v (m ³)	Razlika u proračunu (%)
A+B+C ₁	4 511 910	4 571 578	1,32

Isitivanjem fizičko–mehaničkih karakteristika krečnjaka dobijeni su sledeći parametri radne sredine: čvrstoća na pritisak u suvom stanju (127,5 Mpa), poroznost (1–3,4 %), upijanje vode (0,27 %) i zapreminska masa (2,67 gr/cm³).

Na PK „Dobrnja“ će biti primjenjen ciklični diskontinualni sistem eksploatacije.

Na izbor sistema eksploatacije veliki uticaj imaju: struktura mehanizacije, oblik i moćnost pružanja i zalijeganja ležišta, lokacije i zapremine odlagališta i dr. Otkopavanje se vrši u međuetazama visine 10 metara do postizanja pune visine etaže od 20 metara.

3. TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA BUŠAČKO-MINERSKIH PARAMETARA

Rudarstvo bi trebalo da bude, prije svega, fokusirano na tehničke aspekte dobijanja rude i efikasnost njenog prerađivanja. Ali pored vještine u rješavanju tehničkih pitanja, ne može se prenebregnuti činjenica da usko gledanje samo na tehnička rješenja ne garantuje uspješno poslovanje, čak i kod najbogatijih rudnih ležišta.

Ekonomske i tehničke vještine se prožimaju u svakoj fazi eksploatacije i još od početnih bušačko-minerskih radova neophodno je razmišljati na ekonomičan način. To ne znači da se mora vršiti ekonomska optimizacija načina izvođenja rudarskih radova već se podrazumijeva i usvajanje najekonomičnijeg načina ostvarenja rudarskih projekata. Uz to, neophodno je i ekonomski racionalno evaluirati – procjenjivati rudarske projekte. [5]

Ekonomija u rudarstvu je jedinstvena, jer se svi ekonomski aspekti rudarske eksploatacije ne mogu primjenjivati u drugim granama. U procesu proizvodnje sredstva za rad se konstantno fizički troše ili tehnološki zastarjavaju usljed pojave novih savremenijih i produktivnijih. Tim trošenjem se smanjuje njihova radna sposobnost kao i njihova novčana vrijednost. Novčanu vrijednost tog reproduktivnog trošenja nazivamo amortizacijom čija visina zavisi od stepena tehničke opremljenosti, s jedne strane, i intenziteta trošenja i vijeka trajanja, s druge strane. Pored troškova amortizacije u troškove sredstva za rad ulaze i troškovi tekućeg i investicionog održavanja.

Slika 3 - Tri osnovna tipa „ponašanja“ troškova u rudarstvu

Procentualno učešće pojedinih vrsta troškova u rudnicima, u ukupnom zbiru, prema nekim istraživačima iznosi:

- troškovi bušenja 5%,
- troškovi miniranja 10%,
- troškovi utovara 12%,
- troškovi transporta 36%,
- troškovi pomoćnih operacija 17%,
- troškovi upravljanja i kontrole 6%,
- drugi troškovi 12%. [1]

Za donošenje niza poslovnih odluka neophodno je imati valjane informacije o troškovima. Prilikom donošenja poslovnih odluka veoma je važno znati šta se dobija, a šta gubi opredjeljivanjem za određeno rješenje.

Prilikom nabavke nove opreme obično se prvo pravi kalkulacija o visini investicionih ulaganja. Troškovi tekućeg održavanja i operativni troškovi se obično nedovoljno tačno procjenjuju, mada su oni u većini slučajeva značajniji od visine početnog ulaganja ako se posmatra radni vijek mašina. Razlog za to je često dosta složenija metodologija koja se koristi za procjenu ovih troškova.

Osnova za takvu ekonomsku analizu je uspostavljanje funkcionalne veze između tehnoloških faktora i troškova, koji po svojoj strukturi mogu biti fiksni i varijabilni (promjenljivi), a mogu se svrstati u tri grupe:

- troškovi nabavke mehanizacije (investicioni ili kapitalni troškovi),
- troškovi vlasništva (posjedovanja) mehanizacije (amortizacija),
- troškovi rada mehanizacije (operativni troškovi: troškovi energije, ulja, maziva, guma, održavanja, radne snage i dr.).

Pod pojmom „radna sredina“ se podrazumijeva stijenska masa u kojoj se izvode određene rudarske operacije. Stijenska masa može biti različitog postanka (eruptivnog, sedimentnog ili metamorfnog) i može imati različite fizičke, hemijske i tehničke osobine koje su od izrazitog značaja za proračun parametara bušenja i miniranja.

Bušenje minskih bušotina je postupak izrade cilindričnih šupljina u stijenskoj masi i mineralnoj sirovini u koje se stavlja određena količina eksploziva radi miniranja.

Kako bi se izbjegla mogućnost pojave većih količina negabaritnih komada na PK „Dobrnja“ koriste se najčešće primjenjivani prečnici bušenja na kamenolomima od 89 ili 105 mm. Za uporednu tehno-ekonomsku analizu uzećemo u obzir dvije bušilice „ROC F6“ i „ROC F7“ njihove radne parametre te izvršiti analizu dobijenih troškova i učinaka.

U tabeli 2. dat je pregled ukupnih kapitalnih i operativnih troškova rada obe bušilice sa svim normativima utroška sredstava.

Potrebno je naglasiti da je procjena troškova vršena prema trenutnim tržišnim cijenama koje iznose:

- gorivo 2,25 KM/l,
- ulja i maziva 5,85 KM/kg,
- bušaće krune 195 KM/komad,
- bušaće šipke 292,5 KM/komad.

Pod pojmom „miniranje“ se podrazumijeva korišćenje razornog dejstva eksploziva, koje se u rudarstvu upotrebljava za razaranje stijena pri izvođenju rudarskih radova pod zemljom i na površini.

Korišćenjem eksploziva, uz angažovanje mehanizacije i radne snage, postizemo veliku produktivnost na dobijanju mineralne sirovine i danas se u svijetu izvođenjem minerskih radova dobijaju desetine milijardi tona rude, kamena i ostalih mineralnih sirovina.

Tabela 2. Pregled kapitalnih i operativnih troškova rada na bušenju [3]

	ROC F6	ROC F7
Kapitalni troškovi		
Nabavna cijena	526500 KM	624000 KM
Operativni troškovi		
Amortizaciona stopa	5%	5%
Potrošnja goriva	14 l/h	18 l/h
Brzina bušenja kroz krečnjak	18 m/h	24 m/h
Potrošnja ulja i maziva	0,0003 kg/m ³	0,0003 kg/m ³
Bruto plata radnika na bušilici	1500 KM/mjesec	1500 KM/mjesec
Potrošnja krune	0,000067 kom/m ³	0,00006 kom/m ³
Potrošnja šipke	0,000033 kom/m ³	0,000027 kom/m ³
Radni vijek	50 000 ef. sati	50 000 ef. sati
Ukupni troškovi		
KM/m ³	0,28	0,29
KM/m	3,96	4,18

U ovom radu su razmatrane varijante sa različitim prečnicima bušenja i različite kombinacije eksploziva kao osnovnih i pomoćnih punjenja. Na osnovu dobijenih rezultata i analize istih možemo odrediti optimalnu kombinaciju eksploziva, a nakon toga i geometriju minskih bušotina i minskih polja, te konstrukciju eksplozivnog punjenja u bušotini.

Analizom dobijenih bušačko-minerskih parametara možemo zaključiti da je računski najpovoljnija varijanta miniranja sa bušenjem minskih bušotina prečnika 105 mm i korišćenje praškastih eksploziva kao glavnog punjenja i AN-FO eksploziva kao pomoćnog punjenja u bušotini sa aspekta kapaciteta i specifične potrošnje količine eksploziva po jedinici mase odminiranog stijenskog materijala.

Tabela 3. Bušačko-minerski parametri [2]

	Jed. mjera	Miniranje s prečnikom minskih bušotina od 89 mm, visina etaže 20,0 m		Miniranje s prečnikom minskih bušotina od 105 mm, visina etaže 20,0 m	
Glavno punjenje		"AN-FO"	praškasti	"AN-FO"	praškasti
Pomoćno punjenje		emulzija	"AN-FO"	emulzija	"AN-FO"
W	m	3,0	3,5	3,6	4,0
a	m	3,0	3,5	3,6	4,0
b	m	3,0	3,5	3,6	4,0
m		1,0	1,0	1,0	1,0
L _{bušotine}	m	21,18	22,33	22,36	22,48
L _{probušenja}	m	0,9	1,05	1,08	1,2
L _{gl.punjenje}	m	17,5	3,37	18,0	4,0
L _{pom.punjenje}	m	0,68	15,46	0,76	14,48
L _{čepa}	m	3,0	3,5	3,6	4,0
Q _{gl.}	kg	100,65	17,84	144,1	26,62
Q _{pom.}	kg	4,0	89,0	4,0	115,84
Q _{ukupno}	kg	104,65	106,84	148,1	142,46
usporenje	ms	20,0	20,0	20,0	20,0
količina	m ³	180,0	245,0	259,0	320,0
q	kg/m ³	0,581	0,436	0,572	0,446
kapacitet	m ³ /m	8,11	10,97	11,58	14,23

4. REKAPITULACIJA DOBIJENIH REZULTATA

Ekonomska ocjena je vršena na osnovu prosječnih cijena troškova bušenja minskih bušotina, cijena eksploziva i cijena sredstava za iniciranje. Cijene bušenja

minskih bušotina su dobijene iz kalkulacije kapitalnih i operativnih troškova same operacije. U tabeli 4. prikazani su svi troškovi bušenja i miniranja i izvršena ekonomska ocjena izbora najpovoljnije varijante miniranja.

Tabela 4. Ekonomska ocjena varijanti miniranja sa bušenjem minskih bušotina garniturom "ROC F6" [3]

		Miniranje s prečnikom minskih bušotina od 89 mm, visina etaže 20,0 m		Miniranje s prečnikom minskih bušotina od 105 mm, visina etaže 20,0 m	
Glavno punjenje		"AN-FO"	praškasti	"AN-FO"	praškasti
Pomoćno punjenje		emulzija	AN-FO	emulzija	AN-FO
L _{bušotine}	m	21,18	22,33	22,36	22,48
Q _{glavno}	kg	100,65	17,84	144,1	26,62
Q _{pomoćno}	kg	4,0	89,0	4,0	115,84
količina	m ³	180,0	245,0	259,0	320,0
Troškovi bušenja	KM/m ³	0,45	0,34	0,31	0,28
Troškovi eksploziva	KM/m ³	0,78	0,65	0,76	0,67
Troškovi iniciranja					
Det. štapin	KM/m ³	0,12	0,09	0,09	0,072
Usporivač	KM/komad				
Σ	KM/m ³	1,35	1,08	1,16	1,022

Tabela 5. Ekonomska ocjena varijanti miniranja sa bušenjem minskih bušotina garniturom "ROC F7" [3]

		Miniranje s prečnikom minskih bušotina od 89 mm, visina etaže 20,0 m		Miniranje s prečnikom minskih bušotina od 105 mm, visina etaže 20,0 m	
Glavno punjenje		"AN-FO"	praškasti	"AN-FO"	praškasti
Pomoćno punjenje		emulzija	AN-FO	emulzija	AN-FO
Lbušotine	m	21,18	22,33	22,36	22,48
Qglavno	kg	100,65	17,84	144,1	26,62
Qpomoćno	kg	4,0	89,0	4,0	115,84
količina	m ³	180,0	245,0	259,0	320,0
Troškovi bušenja	KM/m ³	0,46	0,33	0,30	0,29
Troškovi eksploziva	KM/m ³	0,78	0,65	0,76	0,67
Troškovi iniciranja		0,12	0,09	0,09	0,072
Det. štapin	KM/m ³				
Usporivač	KM/komad				
Σ	KM/m ³	1,34	1,07	1,15	1,032

Analizom dobijenih rezultata troškova koje imamo po jedinici mase dobijenog materijala možemo zaključiti da je i po ekonomskoj ocjeni najpovoljnija varijanta miniranja sa upotrebom prašastih eksploziva kao glavnog punjenja i "AN-FO" eksploziva kao pomoćnog punjenja uz odabranu visinu etaže od 20 m i prečnik bušenja od 105 mm uz primjenu bušaće garniture "ROC F6".

5. ZAKLJUČAK

Iz rezultata analize urađene u ovom završnom radu je moguće donijeti sledeće zaključke:

1. Radna sredina, odnosno stijenski materijal u kojem se vrši bušenje i miniranje ima presudan značaj pri definisanju parametara po kojima će se vršiti radovi ove tehnološke faze bušenja i miniranja koja je veoma bitna i sa tehničke i sa ekonomske strane.

3. Uticaj efekata bušenja i miniranja na rad opreme i mašina u drugim tehnološkim fazama eksploatacije—utovar, transport i priprema (drobljenje i klasiranje), je veliki jer se na osnovu radnih i proizvodnih osobina te opreme dimenzionišu bušački i minerski parametri. [2]

4. Kroz analizu specifične potrošnje eksploziva i geometrije minskog polja vidljivo je da upotreba većih prečnika bušenja može pri masovnim miniranjima da dovede do povoljnijih efekata bušačko-minerskih radova.

U radu je izabrana računski najpovoljnija kombinacija eksploziva u punjenju, te izvršena ekonomska ocjena svake od ponuđenih varijanti miniranja, sa

definisanjem i svih ostalih bušačko-minerskih parametara.

U današnjim uslovima tržišta, stanja industrije minerala u svijetu i planova razvoja i realizacije površinske eksploatacije u dužem vremenskom periodu neophodno je maksimalno operacionalno i racionalno organizovati masovnu proizvodnju. Da bi se kompletirao rad na ekonomskom analiziranju i ocjeni ove tehnološke faze u procesu eksploatacije bilo bi neophodno oformiti matematički model koji bi uzimao u obzir sve uticajne faktore na ekonomičnost samog procesa bušenja i miniranja.

Takav model bi bio sveobuhvatan i po promjeni bilo koje ulazne vrijednosti dalje bi došlo do varijacije svih ostalih podataka, ili bi varirao sve izlazne podatke u zavisnosti od zahtjeva proizvođača – granulacije proizvoda.

LITERATURA

- [1] Purčić N. *Bušenje i miniranje*, Beograd, 1991.
- [2] Malbašić V, *Glavni rudarski projekat eksploatacije tehničkog građevinskog kamena—krečnjaka na PK - „Dobrnja” kod Banje Luke*, Prijedor, 2008.
- [3] Kovačević Ž, *Završni rad II ciklusa studija: Analiza tehnno-ekonomske opravdanosti korišćenja različitih eksploziva pri proračunu bušačko-minerskih parametara*, Prijedor, 2014.
- [4] RUNGE I, *Mining economics and strategy*, SME, 2002.
- [5] Torries F, *Procjene mineralnih projekata: aplikacije i zablude*, 2004.

SUMMARY

TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF DRILING AND BLASTING PARAMETERS IN THE PROCESS OF EXCAVATION IN THE LIMESTONE QUARRY "DOBRNJA" NEAR BANJA LUKA

Although the significance of the technical aspects of the mining industry can not be ignored, narrow focus only on technical issues is no longer enough to guarantee economic success, even in the richest ore bodies. On this way results of the economic analysis of particular technological stages of exploitation are an important parameter of productivity and efficiency of the whole exploitation process.

This paper presents a model of the economic evaluation of different variants of drilling and blasting, and analyzing the results obtained with the consideration of all the cost of drilling and blasting operation defined in the process of specific grain size production. This is followed by the selection of technically and economically optimal variant of this technological operations in the mineral raw materials exploitation.

Key words: *economy, drilling, blasting, analysis*