

Original scientific paper

Originalan naučni rad

UDC: 620.17/.18:622.12]:55

DOI: 10.5825/afts.2012.0407.035M

DEFINISANJE MAKSIMALNOG KORAKA NAPREDOVANJA MEHANIZOVANE HIDRAULIČNE PODGRADE (MHP) ZA USLOVE RUDNIKA „STRMOSTEN“

Miljanović Jovo¹, Kokerić Slobodan², Rade Guberinić², Živojinović Miljanović Ivana³
Kovačević Žarko¹

¹ Rudarski fakultet Prijedor, E.mail: miljanovic.jovo@gmail.com

² JP PEU Resavica, RMU „Soko“ Sokobanja, E.mail: kokeric.sb@open.telekom.rs

³ Elektroprivreda Republike Srbije

REZIME

Interakcija jamskog masiva i mehanizovane hidraulične podgrade, predstavlja jedan od primarnih uslova uspešne primene MHP pri otkopavanju uglja posebno kada se radi o složenim uslovima eksploatacije ugljenih slojeva.

Izbor optimalne nosivosti podgrade kao i tipa i konstrukcije je još uvek jedno od najvažnijih pitanja a pouzdan izbor je moguće izvršiti samo na bazi osnovnog poznavanja geomehaničkih karakteristika radne sredine, kao i karakteristika mehanizovane hidraulične podgrade.

Obzirom da fizičko- mehanička svojstva stenskog masiva direktno utiču kako na izbor tipa i konstrukcije mehanizovane hidraulične podgrade tako i na veličinu koraka napredovanja MHP neophodno je izvršiti modeliranje stenskog masiva.

Glavne reči: *eksploatacija, uglj, mehanizovana hidraulična podgrada*

THE MAXIMUM STEP ADVANCEMENT DEFINING WITH MECHANIZED HYDRAULIC ROOF SUPPORTS (MHRS) WITHIN CONDITIONS OF MINE "STRMOSTEN"

ABSTRACT

Interaction between mass and mechanized hydraulic roof supports (MHRS) in underground exploitation is one of the primary conditions of (for) successful implementation of MHRS during coal especially when we have complex conditions in underground coal exploitation.

One of more important question about supporting is to choose optimal construction and the best type of MHRS and we can make right choose if we know geomechanical characteristic of massive and if we know all characteristic of MHRS.

Considering that the physical and mechanical properties of the rock mass have directly affects on the selection of the type and design of mechanized hydraulic roof supports and on his step size it is necessary to modeling rock mass where we have exploitation.

Key words: *exploitation, coal, mechanized hydraulic roof supports*

UVOD

Savremena proizvodnja uglja oslanja se sve više na rezultate specifičnog istraživačkog rada, naročito u oblasti izučavanja radne sredine i mehanike stena, tehnologije dezintegracije korisne supstance, operacionih istraživanja i ekonomsko-matematičkog modeliranja [1,2].

Veći stepen mehanizacije i primena tehnologija mehanizovanog otkopavanja zahteva veći stepen istraženosti ležišta i pouzdane podloge za projektovanje [3]. Automatska obrada podataka za ispitivanje i rešavanje problema adaptacije rudarsko-geoloških uslova i tehničkih karakteristika opreme za otkopavanje ima sve veći značaj naročito kod složenih strukturnih sistema [4,5,6].

U okviru ovog istraživanja definisan je uticaj okolnog masiva na podgradu tokom procesa otkopavanja, a potom je određen maksimalan korak napredovanja koji obezbeđuje stabilnost nepodgrađenom otkopnom prostoru ispred sekcija MHP a samo istraživanje je obavljeno na numeričkom modelu stenskog masiva i podgradne konstrukcije u postupku naponsko–deformacijske analize metodom konačnih elemenata.

Ovde takođe treba napomenuti da su istrživanja vršena u uslovima jame Strmosten kao i da se radi o ležištu sa složenim prirodno-geološkim uslovma i da je predviđena eksploatacija cele debljine ugljenog sloja u jednom zahvatu po principu vertikalne koncentracije.

ISTRAŽIVANJE GEOMEHANIČKIH SVOJSTAVU RADNE SREDINE U JAMI „STRMOSTEN“ RMU „REMBAS“

Navedeno je da geomehničke karaktristike radne sredine imaju odlučujući uticaj za uspešan odabir, kako metode otkopavanja tako i na izbor tipa i konstrukcije mehanizovane hidraulične podgrade [7,8].

Rezultati geomehničkih istraživanja radne sredine odnose se na ugljeni sloj, neposrednu podinu koja se sastoji u najvećem delu ležišta, od podinskih peščara, glinski peščara i ugljevite gline kao i neposrednu krovinu ugljenog sloja koju sačinjavaju crveni permski pješčari. Cilj istraživanja je da bi se došlo do srednjih prosečnih vrednosti za sledeće parametere:

- zapreminska masa γ
- čvrstoća na pritisak..... τ_p
- čvrstoća na istezanje..... τ_i
- kohezija..... C
- ugao unutrašnjeg trenja..... ρ

KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA „STRMOSTEN“

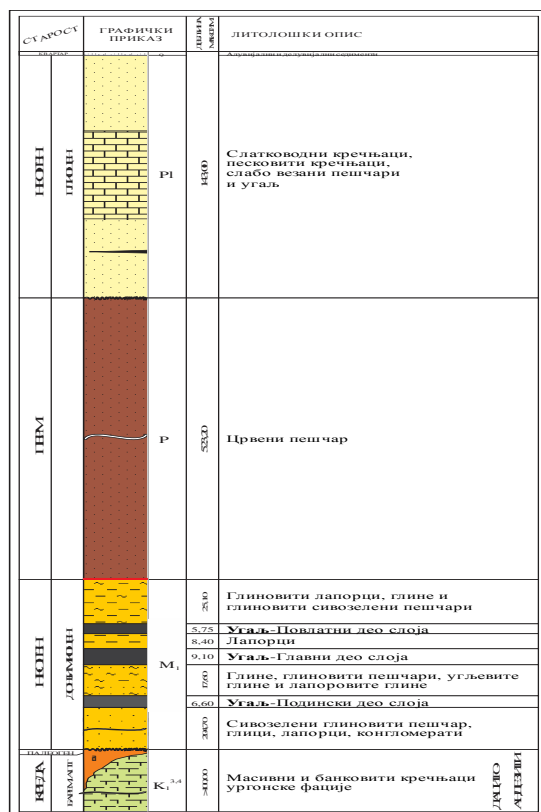
Ležište "Strmosten" kao i šira okolina izgrađeno je od stena različitog litološkog sastava. Ugljonosna miocenska serija uklještena je između krednih krečnjaka i dacita, koji čine paleoreljef, i crvenih peščara perma, koji su, delimično razarajući povlatu ugljenog sloja, navučeni preko njih [9].

Na osnovu rezultata geoloških istraživanja, utvrđeno je da ležište "Strmosten" grade litološki članovi, počev od površine terena, slika 1, [1].

REZULTATI ISPITIVANJA GEOMEHANIČKIH SVOJSTAVA UGLJENE SERIJE

Na osnovu podataka višegodišnjih istraživanja u ležištu Strmosten mogu se izdvojiti četiri inženjersko-geološke sredine, čije su prosečne vrijednosti fizičko-mehaničkih karakteristika date u tabeli 1.

- Kompleks crvenih permских peščara,
- Ugljeni sloj sa povlatom,
- Podinski kompleks i
- Paleoreljef



Slika 1. Litološki stub ležišta Strmosten

Figure 1 Lithological column reservoir Strmosten

Tabela 1. Prosečne vrednosti fizičko-mehaničkih svojstava uglja i pratećih stena iz ležišta Strmosten (1998)

Table 1 Average values of physical and mechanical properties of coal and associated rocks from the tray Strmosten (1998)

Vrsta stena	Zapremin. masa γ (gr/cm ³)	Čvrstoća na pritisak σ_c (daN/cm ²)	Čvrstoća na istezanje σ_t (daN/cm ²)	Kohez. c (daN/cm ²)	Ugao unutraš. trenja φ (°)
Ugalj	1,33	245,33	31,46	111,50	38°
Crveni peščar	2,57	652,00	51,23	122,70	56°47'
Podinski peščar	2,31	134,20	15,00	28,80	50°36'
Glinoviti peščar	2,42	97,00	11,50	28,80	50°
Ugljevita glina	2,21	47,78	-	-	52°

NAPONSKO DEFORMACIONO STANJE- MODEL STENSKOG MASIVA

Na modelu stenskog masiva od interesa za ovo istraživanje prisutni su sledeći litološki članovi: crveni peščar, podinski peščar, laporac i ugalj. Na osnovu istraživanja fizičko-mehaničkih svojstava monolita utvrđene su sledeće obračunske vrednosti, tabela 2, [1].

Tabela 2. Računske vrednosti fizičko-mehaničkih karakteristika litoloških članova u ležištu Strmosten
Table 2 Numerical values of physical and mechanical characteristics of the reservoir lithological members Strmosten

Litološki član	Zapreminska težina (t/m ³)	Čvrstoća na pritisak (MPa)	Modul elastičnosti (MPa)	Poasonov koeficijent (-)
Crveni peščar	2.57	65.20	38600	0.25
Podinski peščar	2.31	13.42	6300	0.33
Laporac	1.92	31.00	3200	0.36
Ugalj	1.33	24.53	2700	0.38

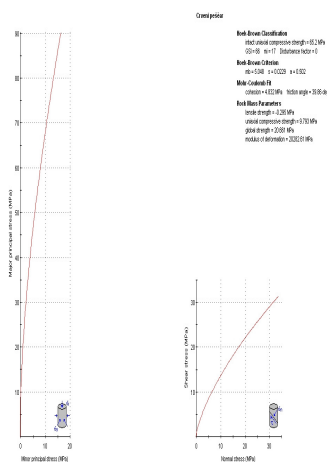
Korišćena je metoda konačnih elemenata i elastoidealnoplastični model za stenski masiv. Korišćen je Hoek-Brown-ov materijal [9].

Obrada ulaznih podataka i priprema parametara stenskog masiva za model konačnih elemenata urađena je programom RocData V.3.013, Rocscience Inc. Toronto.

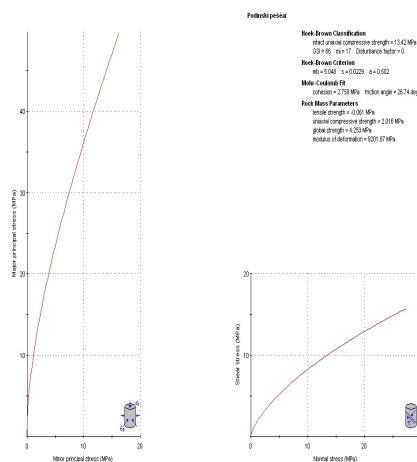
Grafički prikaz određivanja parametara stenskog masiva za navedene litološke članove dat je na slikama 2, 3, 4 i 5. Zbirni podaci o parametrima modela konačnih elemenata, prisutnih litoloških članova dat je u tabeli 3.

Tabela 3 Parametri modela konačnih elemenata litoloških članova u ležištu Strmosten
Table 3 The parameters of the finite element model of lithologic members in the reservoir Strmosten

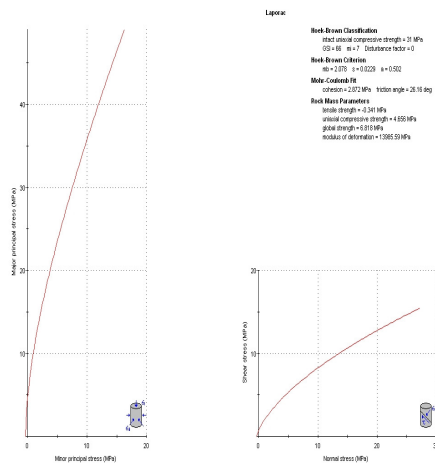
	Zapremin. težina (t/m ³)	Čvrstoća na pritisak (MPa)	Modul elastič. (MPa)	Poasonov koefic. (-)	mb (-)	s (-)
Crveni peščar	2.57	65.20	38600	0.25	5.048	0.0229
Podinski peščar	2.31	13.42	6300	0.33	5.048	0.0229
Laporac	1.92	31.00	3200	0.36	2.078	0.0229
Ugalj	1.33	24.53	2700	0.38	2.969	0.0229



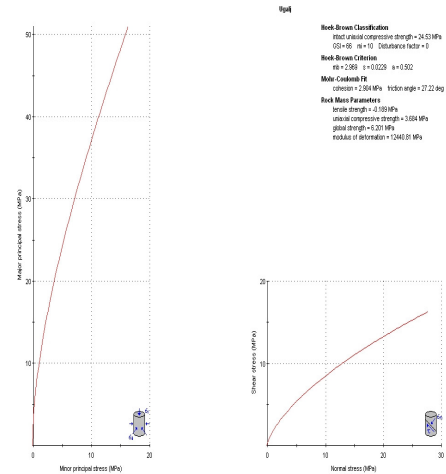
Slika 2. Određivanje parametara stenskog masiva za crveni peščar
Figure 2 Determination of rock mass parameters of red sandstone



Slika 3. Određivanje parametara stenskog masiva za podinski peščar
Figure 3 Determination of rock mass parameters of the footwall sandstone



Slika 4. Određivanje parametara stenskog masiva za laporac
Figure 4 Determination of rock mass parameters of marl



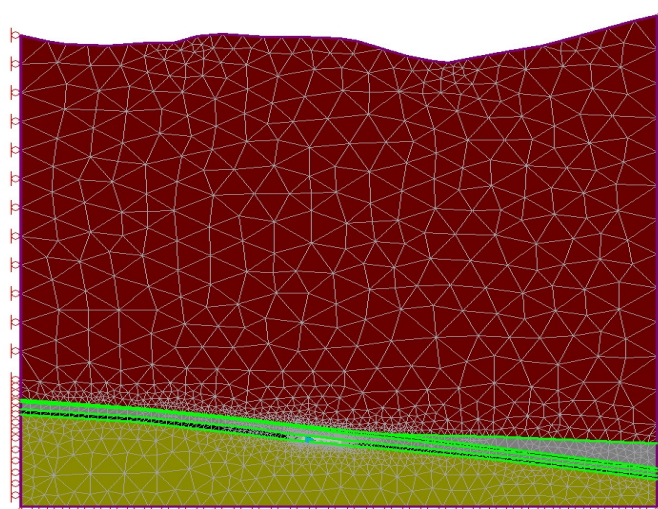
Slika 5. Određivanje parametara stenskog masiva za uglj
Figure 5 Determination of rock mass parameters of coal

NAPONSKO DEFORMACIONA ANALIZA UZ PRIMENU METODE KONAČNIH ELEMENATA

Na osnovu karakterističnog profila konstruisan je model konačnih elemenata, slika 6. Korišćeno je ravno stanje deformacija i integracija je obavljena Gausovom eliminacijom. Modelirana je celokupna oblast do površine terena i gravitaciono naponsko polje [9].

Gornja ivica modela koja predstavlja površinu terena je slobodna, leva i desna strana modela ima sprečeno pomeranje levo-desno i slobodno pomeranje po vertikali, a donja ivica modela ima sprečeno pomeranje gore-dole i slobodno pomeranje levo-desno.

Modelirano je otkopavanje u drugom ugljenom sloju, pri čemu je na dnu otkopa ostavljena neotkopana ploča uglja debljine 0.2 metra a otkopna visina bez natkopnog dela sloja je 3.8 metara. Debljina natkopnog dela ugljenog sloja koji se dobija točenjem na čelni transporter iznosi 2,0-2,5m [1].

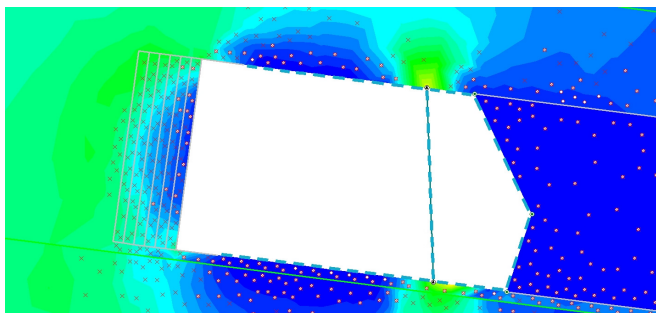


Slika 6. Model konačnih elemenata sa konturnim uslovima
Figure 6 Finite element model with boundary conditions

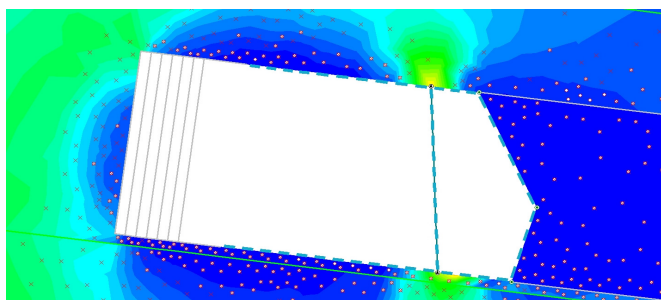
DEFINISANJE MAKSIMALNOG KORAKA NAPREDOVANJA MEHANIZOVANE HIDRAULIČNE PODGRADE (MHP)

U okviru ovog istraživanja definisan je uticaj okolnog masiva na podgradu tokom procesa otkopavanja, a potom je određen maksimalan korak napredovanja koji obezbeđuje stabilnost nepodgrađenom otkopnom prostoru ispred sekcija mehanizovane hidraulične podgrade [1].

U ovom slučaju, maksimalni korak napredovanja određen je iz uslova stabilnosti nepodgrađene krovne ploče ispred štitne podgrade. Sa slika 7 i 8 jasno se vidi da do loma krovne ploče dolazi već kod minimalnog modeliranog koraka napredovanja od 0.8 metara.

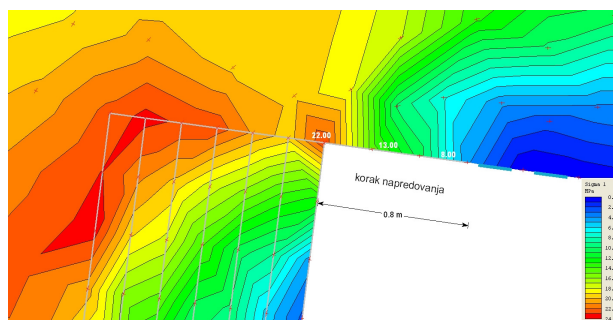


Slika 7. Prikaz zona loma – plastifikacije- za korak napredovanja od 0.8 m
Figure 7 Showing fracture zones - for plasticization-step progression of 0.8 m

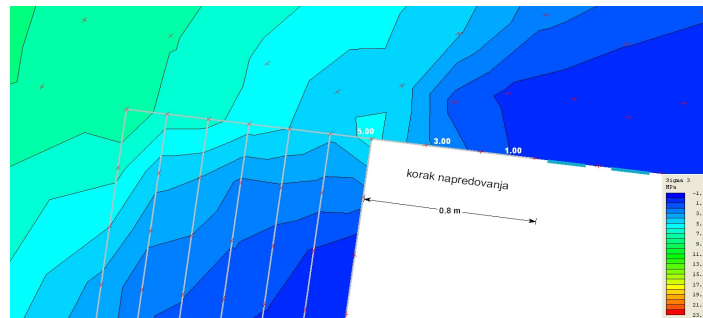


Slika 8. Prikaz zona loma – plastifikacije za korak napredovanja od 2.0 m
Figure 8 Showing fracture zones - for laminating step progression of 2.0 m

Posle loma uglja u krovnoj ploči slomljeni komadi će ostati na svom mestu zbog naponskog stanja krovne ploče slike 9 i 10. Kod početnog koraka napredovanja od 0.8 metara i minimalni i maksimalni glavni naponi imaju pozitivne vrednosti, taj nepodgrađeni deo konstrukcije otkopa je opterećen na pritisak te je konstrukcija stabilna [1].



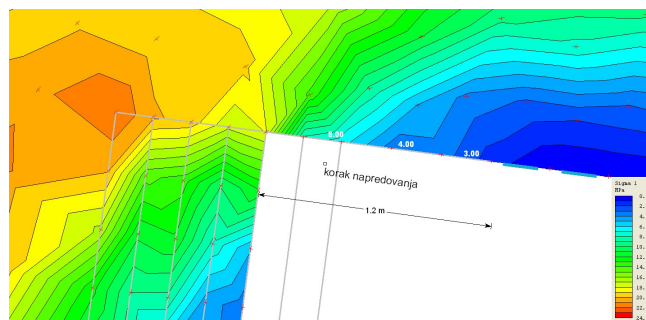
Slika 9. Maksimalni glavni naponi u nepodgrađenomdelu krovne ploče za korak napredovanja od 0.8 m
Figure 9 The maximum principal stresses in the unprotected part of the roof panel for step progression of 0.8 m



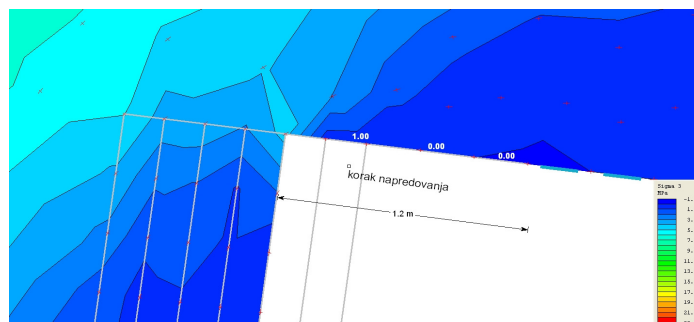
Slika 10. Minimalni glavni naponi u nepodgrađenom delu krovne ploče za korak napredovanja od 0.8 m
Figure 10 Minimum principal stresses in the unprotected part of the roff panel for step progression of 0.8 m

Kod koraka napredovanja od 1,2 metara slike 90 i 91. distribucija glavnih napona u nepodgrađenom delu krovne ploče se menja.

Maksimalni glavni naponi sa minimalnih 8MPa padaju na samo 3 MPa slike 11, minimalni glavni naponi sa minimalne vrednosti od 1 MPa padaju na nulu slika 12, pa bi sa daljnim povećanjem koraka napredovanja nepodgrađeni deo konstrukcije otkopa umesto na pritisak bio opterećen na istezanje, a što bi sasvim sigurno izazvalo zarušavanje krovnog uglja ispred podgrade [1].



Slika 11. Maksimalni glavni naponi u nepodgrađenom delu krovne ploče za korak napredovanja od 1.2 m
Figure 11 The maximum principal stresses in the unprotected part of the roof panel for step progression of 1.2 m



Slika 12. Minimalni glavni naponi u nepodgrađenom delu krovne ploče za korak napredovanja od 1.2 m
Figure 12 Minimum principal stresses in the unprotected part of the roff panel for step progression of 1.2 m

ZAKLJUČAK

Na izbor racionalnih sistema otkopavanja u rudnicima uglj odlučujući uticaj imaju prisutni prirodno-geološki uslovi eksploatacije. Kako se na prirodno-geološke uslove ne može direktno uticati to tehničko-tehnološka rešenja procesa otkopavanja moraju biti adaptivna sa prirodno-geološkim uslovima.

Za definisanje uticaja prirodno-geoloških uslova koriste se informacije, parametri i podaci ispitivanja, a stanje napona i deformacija određuju se metodama matematičkog modeliranja primenom metoda konačnih elemenata.

Ovim istraživanjem definisan je uticaj okolnog masiva na podgradu tokom procesa otkopavanja, a potom je određen maksimalan korak napredovanja koji obezbeđuje stabilnost nepodgrađenom otkopnom prostoru ispred štita a istraživanja su vršena za ležište uglja jame Strmosten sa izuzetno složenim prirodno-geološkim uslovima.

Tokom procesa mehanizovanog širokočelnog otkopavanja uglja, mehanizovana hidraulična podgrada je u neprestanoj interakciji sa okolnim stenskim masivom. Metoda otkopavanja podrazumeva kontinualno zarušavanje natkopnog masiva iza podgrade, i stabilan otkopni prostor ispred štitne grede tokom dezintegracije uglja rezanjem i posle toga sve dok se sekcije ne pomere i obezbedi otkopani prostor.

Utvrđeno je da kod koraka napredovanja od 1,2 metra, u nepodgrađenom delu krovne ploče maksimalni glavni naponi sa minimalnih 8 MPa padaju na samo 3 MPa, minimalni glavni naponi sa minimalne vrednosti od 1 Mpa padaju na nulu, pa bi sa daljnjim povećanjem koraka napredovanja nepodgrađeni deo konstrukcije MHP umesto na pritisak bio opterećen na istezanje, što bi sasvim sigurno izazvalo zarušavanje krovnog uglja ispred podgrade.

Zarušavanje krovine izazvalo bi niz tehničkih problema koji se ogledaju u sledećem:

- ugrožavanje bezbednosti zaposlenih radnika,
- otežanom premeštanju sekcija mehanizovane hidraulične podgrade,
- angažovanje dodatne opreme i osoblja,
- deformacija kostrukcije i sklopova na opremi,

LITERATURA

- [1] Miljanović, J. (2010). Metodika izbora tipa i konstrukcije mehanizovane hidraulične podgrade za uslove eksploatacije ležišta uglja u Srbiji". Beograd. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološki fakultet Beograd.
- [2] Stjepanović, M. (2002). Strateški pristup planiranju razvoja i proizvodnje mineralnih sirovina u oblasti rudarstva Srbije. Bor. Rudarski radovi br. 1.
- [3] Čokorilo, V., Miljanović, J., Bogdanović, D., Denić, M. (2001). Razvoj podzemne eksploatacije u svetu. Bor. Rudarski radovi, br. 1.
- [4] Miljanović, J. (2001). Uticajni faktori na realizaciju proizvodnje uglja u rudnicima uglja sa podzemnom eksploatacijom republike Srbije. Bor. Rudarski radovi br. 1.
- [5] Ivković, M. (2001). Strategija razvoja rudnika uglja sa podzemnom eksploatacijom u Srbiji u uslovima prestrukturiranja. Bor. Rudarski radovi br. 1.
- [6] Ignjatović, M. (2007). Prestrukturiranje podzemne eksploatacije uglja u Srbijor. Rudarski radovi br. 2.
- [7] Ivković, M., Ljubojev, M., Perendić, S. (2001). Istraživanje uslova radne sredine u cilju uvođenja metode mehanizovanog otkopavanja I ugljenog sloja u jami Rudnika „Lubnica“. Bor. Rudarski radovi br. 1.
- [8] Ljubojev, M., Popović, R., Ivković, M. (2001). Deformisanje stenskog masiva i sleganje površine terena uzrokovani podzemnom eksploatacijom mineralnih sirovina. Bor. Rudarski radovi br. 1.
- [9] Torbica, S., Čokorilo, V., Milisavljević, V., Miljanović, J. (2009). Studija upravljanja stenskim masivom u ležištu "Strmosten" pri otkopavanju uglja mehanizovanim kompleksom. Beograd. Rudarsko-geološki fakultet Beograd.