

IDEJNO REŠENJE VENTILACIJE RUDNIKA OMERLER B

Lilić Nikola¹, Čokorilo Vojin¹, Cvjetić Aleksandar¹, Milisavljević Vladimir¹

Sažetak: U ovom radu je opisano rešenje ventilacije rudnika Omerler B u ugljenom basenu Tuncbilek u regiji Kuthaya u centralnoj Turskoj, a koje je u vlasništvu kompanije TKI. Eksploatacija uglja u rudniku Omerler B će se vršiti sa dva širokočelna mehanizovana kompleksa, uz godišnju proizvodnju od oko 1,6 miliona tona rovnog uglja. Sistem ventilacije je definisan uz pomoć ventilacionog modela, razvijenog na osnovu prikupljenih podataka. U radu su prikazani rezultati analize ventilacije rudnika u cilju određivanja potrebnih dugoročnih uslova provetravanja rudnika Omerler B. Preporučeno je da se usvoji dijagonalni sistem ventilacije, a na osnovu rezultata modeliranja ventilacionih mreža različitih opcija. Takođe, razmotrene su različite promene konfiguracije ventilacione mreže i analizirani su njihovi rezultati.

Ključne reči: ventilacija rudnika, mehanizovano otkopavanje uglja širokim čelima

1. UVOD

Metodologija planiranja i projektovanja ventilacije rudnika u savremenoj rudarskoj teoriji i praksi, bitno se razlikuje od tradicionalnog pristupa. Savremeni pristup koristi sve pogodnosti računarskog hardvera i softvera koji stoje na raspolaganju rudarskim inženjerima. Programski paketi za simulaciju ventilacije rudnika su dobili ključnu ulogu u postupku planiranja i projektovanja ventilacije rudnika (McPherson 1993; Hartman 1997; Lilić et al. 1997, 2002).

Prva faza u navedenoj metodologiji projektovanja je akvizicija podataka. U savremenoj rudarskoj praksi se sprovode kompleksna i sveobuhvatna istraživanja ležišta mineralnih sirovina u cilju dobijanja što više informacija za planiranje i projektovanje tehnološkog sistema eksploatacije ležišta.

Planiranje sistema predstavlja uvod u proces projektovanja rudnika. U procesu planiranja identifikuju se ključne relacije i odnosi koji moraju biti uzeti u obzir u fazi projektovanja rudnika. Početni korak u procesu planiranja i projektovanja ventilacije rudnika je uspostavljanje osnovne ili početne mreže i odgovarajuće baze podataka vezane za baznu mrežu. Podaci za navedenu bazu podataka dobijaju se prikupljanjem podataka odnosno merenjem ventilacionih parametara. Proces projektovanja ventilacije se mora nastaviti kroz konstrukciju i izgradnju ventilacionog sistema rudnika kao i održavanje u cilju obezbeđivanja što većeg iskorišćenja sistema i njegove efikasnosti.

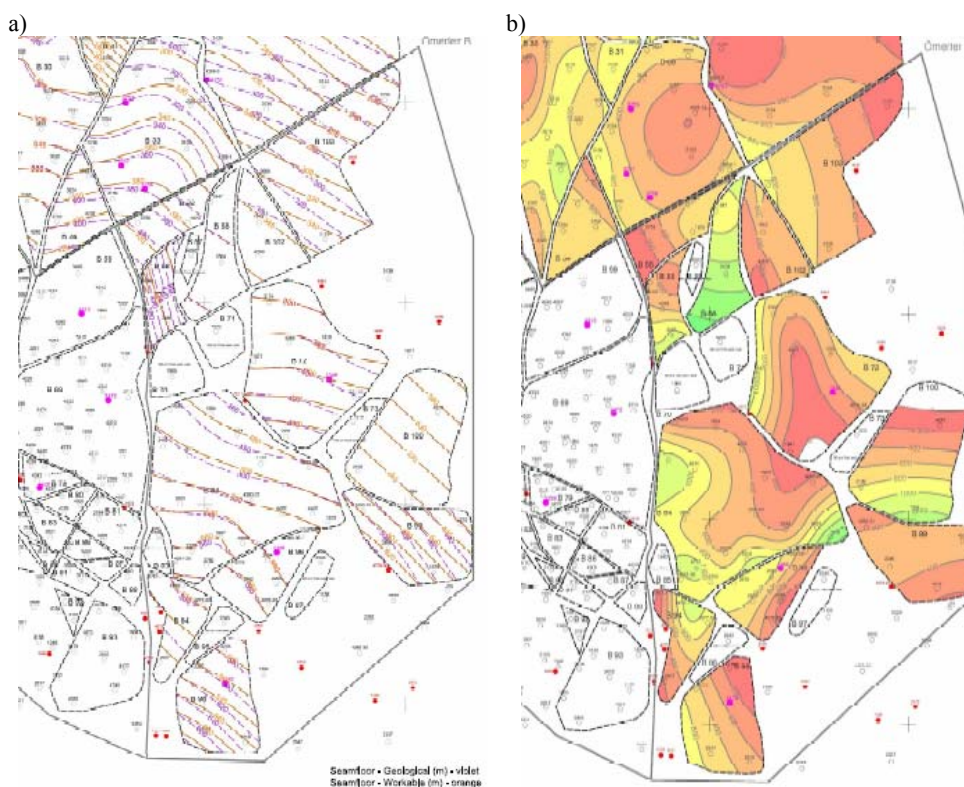
Poslednja faza u predloženom procesu projektovanja je ocena sistema i modifikacija. Svi parametri ventilacije rudnika dobijeni monitoringom moraju biti upoređeni sa projektovanim parametrima, a nakon identifikovanja razlika moraju se izvršiti određene izmene u procesu planiranja.

¹ University of Belgrade, Faculty of Minig and Geology, Dušina 7, 11000 Belgrade, Serbia,
E-mail: lilic@rgf.bg.ac.rs; cokorilo@rgf.bg.ac.rs; alex@rgf.bg.ac.rs; milisavljevic@rgf.bg.ac.rs

U poglavlju 2 ovog rada dat je prikaz rešenja eksploatacije u rudniku Omerler B. Predloženi koncept ventilacije rudnika Omerler B je opisan u poglavlju 3, a u poglavlju 4 su navedeni rezultati proračuna količine vazduha, potrebnog za ventilaciju rudnika. Analiza različitih scenarija ventilacije rudnika Omerler B je razmotrena u poglavlju 5, a u poslednjem poglavlju su data zaključna razmatranja.

2. OPIS IDEJNOG REŠENJA EKSPLOATACIJE

Tim stručnjaka sa Univerziteta u Beogradu, Rudarsko-geološkog fakulteta izradio je idejno rešenje podzemne eksploatacije uglja u ležištu Omerler B, koji je deo ugljenog basena Tuncbilek, a koji se nalazi u regiji Kuthaya u centralnoj Turskoj.



Slika 1 - Blokovi u ležištu Omerler B

a) geološka i eksploataciona podina ugljenog sloja, b) eksploataciona debljina sloja

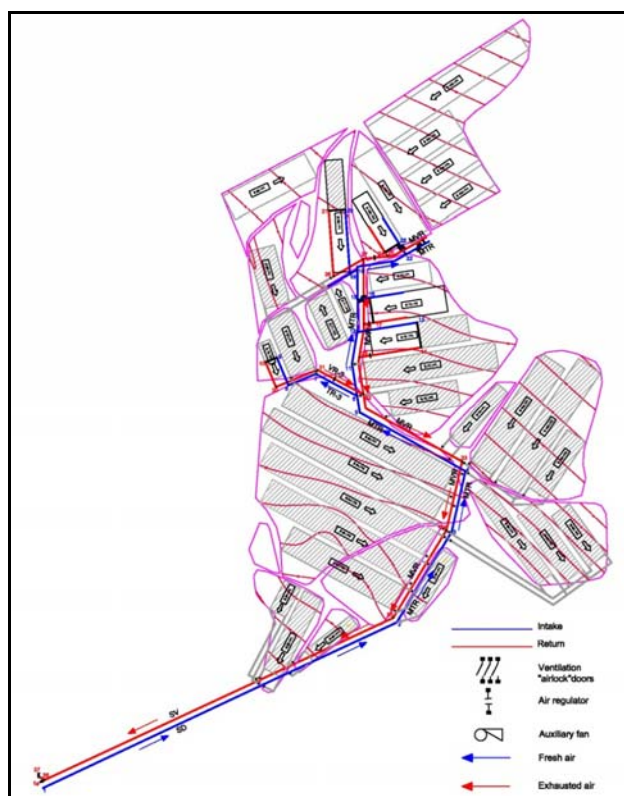
Eksploatacija uglja je projektovana prema metodi odstupnog širokog čela. Najveći deo rezervi, 18,86 od 19,64 miliona tona, će se otkopati po metodi mehanizovanog širokog čela sa zarušavanjem krovinskog uglja (LTCC). Preostali deo rezervi će se otkopati polu-mehanizovanom metodom, zasnovanoj na tehnologiji bušačko-minerskih radova i pojedinačnim stupcima. Ovakav pristup je preporučen

zbog malih rezervi u ležištu Omerler B i zahteva za što većim iskorišćenjem rezervi uglja. Pored ovoga, a zbog raseda, mehanizovano otkopavanje nije moguće u malim blokovima (B70, B71, B73, B94 i B102, prikazanim na slici 1).

Navedena ograničenja onemogućila su optimizaciju kompletnog procesa otkopavanja, kao i rešenje otvaranja rudnika imajući u vidu relativno kratak vek eksploatacije od 12 godina. U ovom radu je opisan koncept ventilacije rudnika Omerler B, uzimajući u obzir navedena ograničenja.

3. KONCEPT VENTILACIJE RUDNIKA

U skladu sa predloženim konceptom eksploatacije i pripreme ležišta Omerler B, ventilacija će se organizovati na način prikazan na slici 2. Ventilacija rudarskih radova na eksploataciji uglja će se vršiti kombinovanim načinom, protočnim provetravanjem uz separatan provetravanje radilišta na izradi podzemnih prostorija.



Slika 2 - Koncept ventilacije rudnika Ömerler B

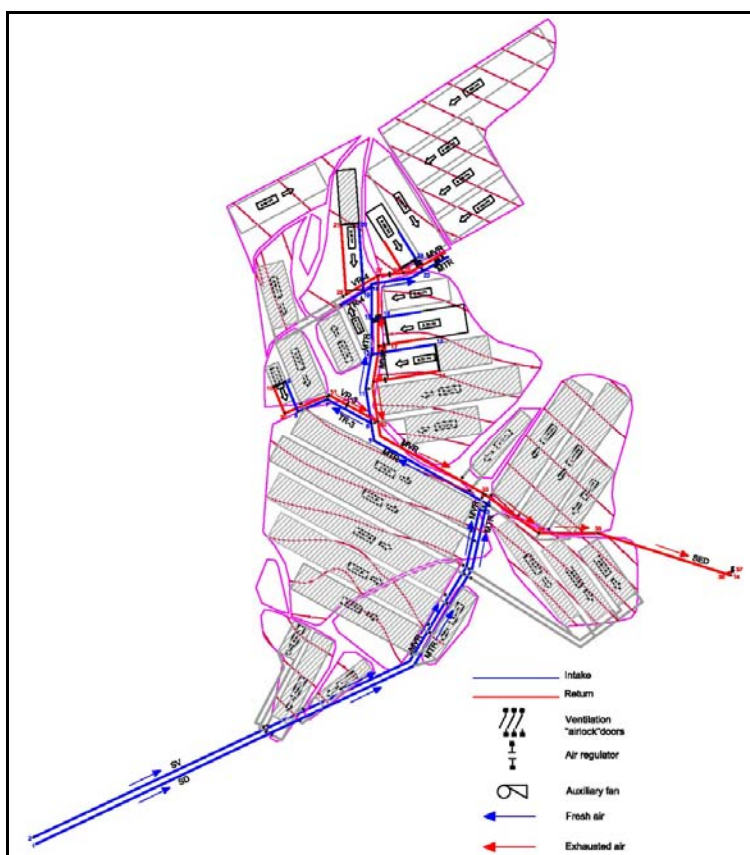
Koncept ventilacije je urađen na osnovu standarda za gasonosne rudnike. Na slici 2 prikazani su tokovi sveže i povratne struje vazduha. Takođe, može se videti da je koncept zasnovan na depresionom sistem ventilacije, pa je shodno tome, tok glavne

povratne struje uzlazni, ka površini. Predloženi sistem se može klasifikovati kao centralni ventilacioni sistem, čije su prednosti brzo formiranje protočnog provetravanja i smanjeni investicioni troškovi.

Međutim, nedostaci centralnog ventilacionog sistema su sledeći:

- dugački ventilacioni putevi;
- velike razlike pritisaka, po pojedinim rudarskim fazama uz granice ležišta ili pri eksploataciji u blizini prostorija otvaranja;
- veća mogućnost gubitaka vazduha i složenije mere u prevenciji gubitaka;
- veća depresija;
- veći operativni troškovi ventilacije.

Predložena je opcija koja podrazumeva izradu glavne ventilacione prostorije iz pravca jugo-istoka (slika 3), i to tokom proizvodnje uglja u blokovima B84 i B99. U ovom slučaju bi položaj glavnog ventilatora omogućio formiranje dijagonalnog sistema ventilacije.



Slika 3 - Koncept ventilacije sa glavnom ventilacionom prostorijom u pravcu jugo-istoka

Prednosti ovog rešenja su:

- proporcionalno konstantne razlike ventilacionih pritisaka u dužem periodu eksploatacije, ili uz manje oscilacije. Ovo će imati veliki značaj u pogledu bezbednosti i troškova;
- manje apsolutne vrednosti potrebnog pritiska-depresije;
- značajno manja verovatnoća gubitaka vazduha;
- lakše upravljanje distribucijom vazduha i manji broj potrebnih regulatora protoka;
- lakša izolacija delova rudnika, u skladu sa potrebama;
- smanjeni operativni troškovi ventilacije.

Navedeno rešenje dobija na značaju pošto će rudnik ostvarivati proizvodnju u metanskom režimu, a posebno imajući u vidu da iskustva stečena u rudniku Omerler A ukazuju da je ugaj sklon samoupali.

4. POTREBNA KOLIČINA VAZDUHA ZA VENTILACIJU RUDNIKA

Potrebna količina vazduha za jedno mehanizovano široko čelo je proračunata na osnovu sledećih kriterijuma (MSHA, 2011.): intenziteta emisije prašine na otkopnom radilištu i minimalne dozvoljene brzine vetrene struje potrebne za odnošenje gasova i prašine.

Potrebna količina vazduha, prema kriterijumu emisije prašine se može odrediti na osnovu:

$$Q_{LW} = \frac{I}{n_{risk} - n_o} \cdot k_v \quad (1)$$

gde su:

Q_{LW} - potrebna količina vazduha za provetravanje širokog čela [m^3/min],

I - intenzitet emisije prašine [mg/min],

n_{risk} - koncentracija prašine prema nivou rizika [mg/m^3] (Ediz et al. 2001, 2006),

Klasa rizika	Koncentracija respiratorne prašine [mg/m^3]
I	0 - 2,5
II	2,6 - 6
III	6,1 - 10
IV	> 10

n_o - koncentracija prašine u struji svežeg vazduha [mg/m^3],

k_v - koeficijent varijacije emisije prašine, ($k_v = 1,1 - 1,3$).

Vrednost specifične emisije prašine mora biti manji od 2 g/t, kako bi rizik bio u drugoj klasi rizika, a što odgovara vrednostima koje se preporučuju u referentnoj literaturi i rudarskoj praksi. Ovakav pristup je usvojen pošto ne postoje podaci o emisiji prašine I za različite uslove i stene koji se odnose na rudnik Omerler B. Intenzitet emisije prašine na otkopnim radilištima mehanizovanih širokih čela će biti 4,7 g/min.

Na osnovu navedenog, potrebna količina vazduha za provetravanje jednog širokog čela će biti:

$$Q_{LW} = \frac{4700}{4,3 - 0,2} \cdot 1,1 = 1260,9 \text{ m}^3/\text{min} = 21 \text{ m}^3/\text{s}$$

Potrebna količina vazduha za provetravanje polu-mehanizovanog širokog čela je proračunata na osnovu sledećih kriterijuma: intenziteta emisije prašine na otkopnom radilištu, minimalne brzine vetrene struje potrebne za odnošenje gasova i prašine i maksimalne količine eksploziva pri jednom miniranju.

Kriterijum minimalne brzine vazduha obuhvata minimalnu brzinu potrebnu za ostvarivanje turbulentnog strujanja vazduha, a kako bi se sprečilo uslojavanje gasova i stvaranje zona bez provetravanja. Usvojena je preporučena brzina vetrene struje od 1,5 m/s – brzina potrebna za iznošenje respiratornih čestica (1 - 2 m/s, NIOSH IC 9465, 2003).

Prema kriterijumu minimalne brzine, količina vazduha za jedno polu-mehanizovano čelo će biti:

$$Q_{LW} = A \cdot w_{\min} = 6,0 \cdot 1,5 = 9 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ukupna količina vazduha potrebna za provetravanje rudnika Omerler B treba da bude dovoljna za provetravanje dva mehanizovana široka čela, jedno polu-mehanizovano široko čelo, 4 radilišta na pripremi širokih čela i 2 radilišta na izradi podzemnih prostorija, odnosno:

Mehanizovana široka čela	$2 \cdot 21 \text{ m}^3/\text{s} = 42 \text{ m}^3/\text{s}$
Polu-mehanizovana široka čela	$9 \text{ m}^3/\text{s}$
Radilišta na pripremi širokih čela	$(4,5 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1,3) \cdot 4 = 23,4 \text{ m}^3/\text{s}$
Radilišta na izradi podzemnih prostorija	$(4,5 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1,3) \cdot 2 = 11,7 \text{ m}^3/\text{s}$
Gubici vazduha na ulazu	$(3\% \text{ ukupne količine}) \cdot 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$
UKUPNO	$Q_{\text{tot}} = 88,6 \text{ m}^3/\text{s}$

5. ANALIZA PROJEKTOVANIH SCENARIJA

Prvi scenario koji je razmatran radi definisanja ventilacionih parametara rudnika Omerler B je eksploatacija mehanizovanim širokim čelom u panelima B72/P3 i B58/P1, zajedno sa eksploatacijom polu-mehanizovanim čelom B70/P2 i aktivnim radilištima na pripremi panela B72/P2, B102/P2 i radilištima na izradi prostorija otvaranja na koti 347 m (slika 2).

Rezultati proračuna aerodinamičnih otpora pojedinih ogranaka ventilacione mreže su prikazani na slici 4, u obliku kanonske šeme ventilacije scenarija 1. Aerodinamički otpori podzemnih prostorija su proračunati na osnovu sledećeg izraza:

$$R = k \cdot (L \cdot U / A^3) \quad (2)$$

gde su:

R - aerodinamički otpor [Ns^2/m^8];

k - koeficijent aerodinamičkog trenja [kg/m^3], (Hartman 1997, McPherson 1993);

L - dužina podzemne prostorije [m];

U - obim podzemne prostorije [m];

A - površina poprečnog preseka podzemne prostorije [m^2].

Depresije podzemnih prostorija su proračunate na osnovu sledećeg izraza:

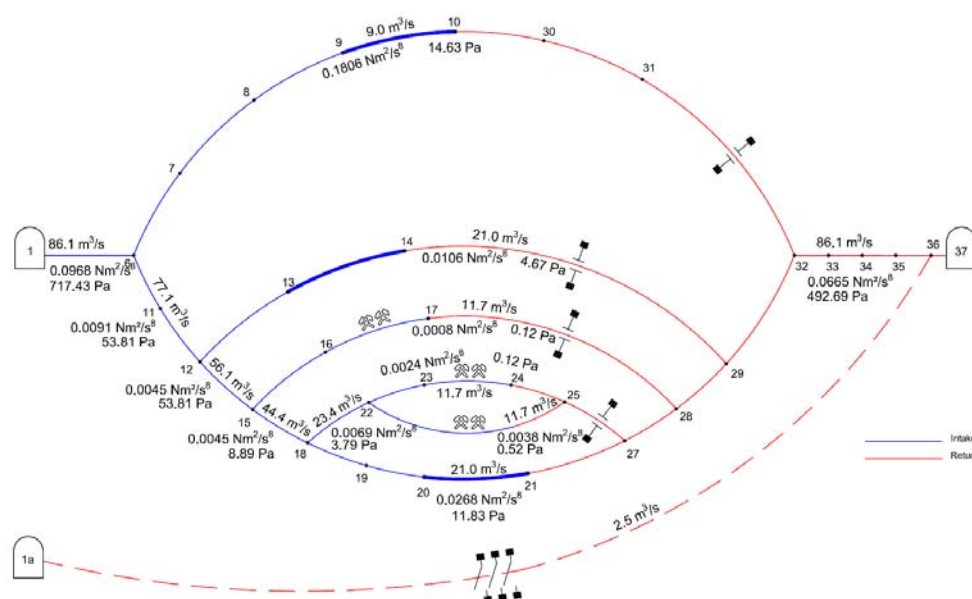
$$h = R \cdot Q^2 \quad (3)$$

gde su:

h - depresija podzemne prostorije [Pa];

Q - zapremina vazduha koji protiče kroz podzemnu prostoriju [m^3/s].

Raspodela depresija po čvornim tačkama ventilacione mreže je prikazana na slici 4.



Slika 4 - Kanonska šema ventilacije - scenario 1

Radi zahteva za formiranjem kontrolisane distribucije vazduha u ventilacionoj mreži, koja je prikazana na slici 2, potrebno je da se u ograncima 25 - 27, 17 - 28, 14 - 29 i 31 - 32 ugrade regulatori protoka (slika 4). Otpori regulatora protoka, padovi pritiska i površine otvora su dati u tabeli 1. Regulator protoka u ogranku 24 - 25 nije potreban zbog malog uticaja na distribuciju vazduha i dovoljne rezerve vazduha u glavnoj vazdušnoj struji.

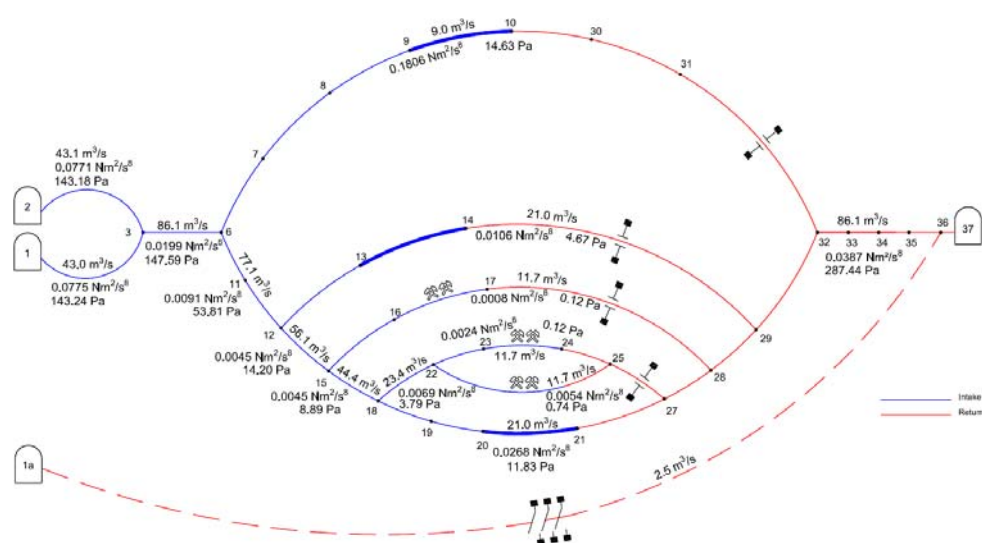
Tabela 1 - Parametri regulatora protoka - scenario 1

Grana	R_r [Ns^2/m^8]	h_r [Pa]	A_r [m^2]
24 - 25	0,0040	0,55	11,96
25 - 27	0,0352	19,30	5,32
17 - 28	0,1410	19,30	2,89
14 - 29	0,0438	19,30	4,85
31 - 32	1,6098	130,39	0,91

Kao što je već rečeno, montaža glavnog ventilatora u glavnu vetrenu prostoriju iz pravca jugo-istoka će omogućiti dijagonalni sistem ventilacije. Sledeći analizirani slučaj je

eksploatacija mehanizovanim širokim čelima u panelima B72/P3 i B58/P1, sa jednim aktivnim polu-mehanizovanim čelom B70/P2 i radilištima na pripremi panela B72/P2, B102/P2 i izradi prostorija otvaranja na koti k+224 m i sa glavnim ventilatorom u prostoriji izlazne vetrene struje u pravcu jugo-istoka (slika 3).

Kanonska šema ventilacije za analizirani scenario 2 je prikazana na slici 5. Proračun ventilacione mreže je urađen prema opisanoj metodologiji, a rezultati su, takođe, prikazani na slici 5.



Slika 5 - Kanonska šema ventilacije - scenario 2

Raspodela depresija po čvornim tačkama ventilacione mreže je prikazana na slici 5.

Radi zahteva za formiranjem kontrolisane distribucije vazduha u ventilacionoj mreži potrebno je da se u ograncima 25 - 27, 17 - 28, 14 - 29 i 31 - 32 (slika 5) ugrade regulatori protoka. Otpori regulatora protoka, padovi pritiska i površine otvora su dati u tabeli 2. Regulator protoka u ogranku 24 - 25 nije potreban zbog malog uticaja na distribuciju vazduha i dovoljne rezerve vazduha u glavnoj vazdušnoj struji.

Tabela 2 - Parametri regulatora protoka - scenario 2

Grana	R_r [Ns ² /m ⁸]	h_r [Pa]	A_r [m ²]
24 - 25	0,0056	0,77	10,72
25 - 27	0,0349	19,09	5,34
17 - 28	0,1394	19,09	2,91
14 - 29	0,0433	19,09	4,88
31 - 32	5,1584	417,83	0,52

Na osnovu aerodinamičnih otpora i depresija podzemnih prostorija može se zaključiti da statička depresija rudnika iznosi $h_{st} = 1359,01$ Pa, prema datoj šemi za

scenario 1 i projektovanoj količini vazduha od 88,6 m³/s. Za slučaj scenarija 2, statička depresija iznosi $h_{st} = 727,16$ Pa.

Za ova dva slučaja, ekvivalentni otvor jame će biti:

$$A_1 = 1,19 \cdot \frac{Q_{tot}}{\sqrt{h_{st}}} = 1,19 \cdot \frac{88,6}{\sqrt{1359,01}} = 2,9 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 1,19 \cdot \frac{Q_{tot}}{\sqrt{h_{st}}} = 1,19 \cdot \frac{88,6}{\sqrt{727,16}} = 3,9 \text{ m}^2$$

Na osnovu vrednosti ekvivalentnog otvora jame, može se zaključiti da su projektovani ventilacioni sistemi veoma pogodni za provetravanje.

Koncept ventilacije opisan u ovom radu ima parametre ventilacije navedene u tabeli 3.

Tabela 3 - Parametri ventilacione mreže

Parametri ventilacione mreže	Jedinica	Scenario 1	Scenario 2
Ukupna količina vazduha	m ³ /s	88,6	88,6
Ukupni otpor ventilacione mreže rudnika	Ns ² /m ⁸	0,0926	0,0926
Statički pritisak ventilacije	Pa	1359,01	727,16
Ekvivalentni otvor rudnika	m ²	2,9	3,9
Dinamički pritisak ventilacije	Pa	477,7	477,70
Ukupni pritisak ventilacije	Pa	1836,7	1204,87
Snaga glavnog ventilatora	kW	150,6	98,8 ~ 100

Prema opisanim konceptima ventilacije (scenario 1 i scenario 2) predloženo je rešenje sa kosom prostorijom u pravcu jugo-istoka, kao glavnom ventilacionom prostorijom, na čijem će se ulazu montirati glavni ventilator. Prednosti ovog rešenja su veća bezbednost zbog nižeg ukupnog statičkog pritiska u ventilacionoj mreži, a što predstavlja povoljniju situaciju u smislu rizika od samoupale uglja. Takođe, ovo rešenje podrazumeva da se sveža vetrena struja vodi kroz dve ulazne prostorije, čime se poboljšava kvalitet vazduha za provetravanje otkopnih radilišta (osnovni transport je u jednoj od dve prostorije, pri čemu je druga prostorija slobodna).

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljeno idejno rešenje i analiza ventilacije rudnika uglja Omerler B. Planirana proizvodnja u rudniku Omerler B je 1,6 miliona t rovnog uglja godišnje, pri čemu će se ova količina otkopavati sa dva mehanizovana i jednim polumehanizovanim širokim čelom. U radu su predstavljena moguća rešenja ventilacije rudnika u cilju određivanja potrebnih dugoročnih uslova provetravanja rudnika Omerler B.

Na osnovu rezultata modeliranja i obavljene analize dva scenarija, preporučeno je dijagonalni sistem ventilacije rudnika. Predloženo rešenje, sa glavnom ventilacionom prostorijom u pravcu jugo-istoka na čijem bi se ulazu nalazio glavni ventilator koji bi obezbedio depresiono provetravanje, ima prednost u smislu veće bezbednosti zbog niže ukupne statičke depresije u ventilacionoj mreži. Ovaj aspekt

posebno dobija na značaju ako se ima u vidu rizik od samoupale uglja. Takođe, prednost ovog rešenja ogleda se i u činjenici da se sveža vetrena struja vodi kroz dve prostorije, čime se poboljšava kvalitet vazduha za provetranje otkopnih radilišta.

ZAHVALNICA

Rezultati opisani u ovom radu su nastali tokom istraživanja na projektu "Istraživanje mogućnosti primene AT (Advanced Technology) viseće podgrade u rudnicima u cilju povećanja bezbednosti rada i efikasnosti proizvodnje" (TR33025). Realizaciju ovog projekta finansira Ministarstvo obrazovanja, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] EDIZ, İ.G. et al. (2001) GLİ Tunçbilek-Ömerler Bölgesinde Mekanize Üretimde Toz Sorunu. In: *Türkiye 17 Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi-TUMAKS*, pp.169-176.
- [2] EDIZ, İ.G. et al. (2006) Application of retreating and caving longwall (top coal caving) method for coal production at GLE Turkey. *Mining Technology*, Vol.115, No.2.
- [3] FRED, N. and KISSELL, E. (2003) *Handbook for Dust Control in Mining*. National Institute for Occupational Safety and Health, Information Circular 9465.
- [4] HARTMAN, H.L. et al. (1997) *Mine Ventilation and Air Conditioning*. John Wiley & Sons, Inc.
- [5] LILIĆ, N. et al. (1997) Ventex: An Expert System for Mine Ventilation Systems Analysis. *Mining Technology*, Vol.79, No.915, pp.295-302.
- [6] LILIĆ, N. et al. (2002) A Knowledge-Based Approach to Mine Ventilation Planning. *Yugoslav Mining Practice, Mineral Resources Engineering*, Vol.11, No.4, pp.361-382.
- [7] McPHERSON, M.J. (1993) *Subsurface Ventilation and Environmental Engineering*. Chapman & Hall.
- [8] MINE SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION (MSHA) (2011) *Code of Federal Regulations, Air quality, 30 CFR § 75.325*.
<http://www.msha.gov/30cfr/75.325.htm>