

Vpliv zračenja visoko produktivnega odkopa na zračilno območje Premogovnika Velenje

Influence of air conditioning at high productive mining field in ventilation area of the Velenje Coal Mine

BORIS SALOBIR^{1,2,*}

¹Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo, Aškerčeva cesta 12, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

²PROTOS Inženirski biro, d. o. o., Cesta III, št. 26, SI-3320 Velenje, Slovenija

*Korespondenčni avtor. E-mail: protos@siol.net

Received: January 13, 2009

Accepted: February 10, 2009

Izveček: Pri vključevanju novih odkopnih polj v sistem prezračevanja jame Premogovnika Velenje moramo dobro poznati obstoječi sistem in osnovne zakonitosti jamskega zračenja, posebej če vključujemo odkope z izjemno veliko proizvodnjo. Visoko produktivni odkop, kakor tak odkop imenujemo, se v dolžini, večji od dvesto metrov, uporablja prvič. Zaradi povečane dolžine odkopnega čela je treba uvesti dodatne varnostne ukrepe in poostren nadzor klimatskih razmer v vseh fazah gradnje in obratovanja odkopa in jih preverjati tudi za nadaljnje odkope. Pri projektiranju visoko produktivnih odkopov se izboljšajo razmere pri delu in zračenje v smislu zmanjšanja hitrosti zraka, povečanja svetlega preseka prog, kontinuirnega opazovanja emisij nevarnih plinov in zmanjšanja nevarnosti za požare.

Abstract: When new faces are incorporated into the ventilation system of the Coal mine Velenje, good knowledge of the existing ventilation and legalization will be welcome. Highly production face has been used for the first time in such, over than two hundred meters, length. As faces become longer, extra safety measures must be introduced and better control of the climatic conditions in all places of the face finalization. Also, such faces have to be continually checked for future operations.

Planning highly productive excavation, the working conditions, especially in the area of ventilation, has been improved. Working conditions have become better, that is, lower air velocity, profile conditions, continual observation of emissions of dangerous gases and less danger of fire.

The calculations show that it is possible to simultaneously incorporate two such highly productive excavations so that they would not affect the ventilation system of a coalmine.

Ključne besede: rudarstvo, zračenje, klimatizacija, programiranje zračanja

Key words: mining, ventilation, air conditioning, network simulation program

UVOD

Z jamskim zračenjem zagotavljamo rudarjem zdravo ozračje, varnost pred eksplozijo in pojavi škodljivega prahu ter primerne delovne razmere med napredovanjem jamskih del ob upoštevanju odkopnih metod in fizičnih naporov delavcev pri delu. Za ohranjanje konkurenčnosti in zviševanje produktivnosti v Premogovniku Velenje največ pozornosti namenjajo izboljšavam na področju tehnologije odkopavanja in vpeljavi visoko produktivnih odkopov (VPO). Zračenje visoko produktivnega odkopa bi lahko bila težava zaradi svoje dolžine in drugih zračilnih parametrov, ki na to vplivajo, zato je treba vse parametre temeljito preveriti in simulirati način zračenja in vpliv vključevanja v zračilni sistem jame.

PREZRAČEVANJE PRIPRAVSKIH DELOVIŠČ

Priprava visoko produktivnega odkopa se prične z izdelavo pripravljalnih jamskih prog ali pripravskih delovišč, ki se po svoji zasnovi ne odmikajo od ustaljenega sistema izdelave za druge odkope. Pri izračunu potrebne količine zraka, ki jo moramo dovajati k ventilatorju na pripravskih deloviščih, upoštevamo izgube, ki nastanejo pri prehodu zraka skozi zračilne cevi. V izračunu upoštevamo 5-odstotno izgubo zraka na dolžini 100 m zračilnih cevi. To pomeni, da končni vrednosti količine zraka na delovišču prištejemo tisto, ki je posledica izgub in je odvisna od dolžine zračilnih cevi. S tem dobimo začetno količino zraka, ki jo moramo dovajati k ventilatorju.

Potrebno depresijo zraka izračunamo po naslednji enačbi:

$$h_{sk} = \sum h_{li} + \sum h_{kri} = \sum \frac{R_{100} \cdot l_i \cdot Q_i^2}{100} + \sum n \cdot \xi \cdot \left(\frac{Q_i}{F_i} \right) \cdot \frac{\rho}{2} \quad (1)$$

kjer pomeni:

h_{sk} /Pa	skupna depresija
$\sum h_{li}$ /Pa	vsota kompresij uporov v 100-metrskih odsekih ravnih zračilnih cevi
$\sum h_{kri}$ /Pa	vsota kompresij uporov krivin v posameznih 100-metrskih odsekih zračilnih cevi
R_{100} /(N s ² /m ⁸)	upornost 100-metrskega odseka ravnih zračilnih cevi
l_i /m	100-metrski odsek ravnih zračilnih cevi
Q_i /(m ³ /s)	potrebna količina zraka v posameznem 100-metrskem odseku zračilnih cevi
n	število krivin v posameznem 100-metrskem odseku zračilnih cevi
ξ	koeficient upornosti krivin
F_i /m ²	prezračilnih cevi

Za prezračevanje pripravskih delovišč visoko produktivnega odkopa uporabljamo dva tipa aksialnih ventilatorjev pri različnih naklonih lopatic in načinih vezave. Zračenje teh odsekov nima posebnosti, ki bi se razlikovale od dosedanjih izkušenj v Premogovniku Velenje. Za prezračevanje zadošča pretok zraka $V = 280 \text{ m}^3/\text{min}$ in depresija $h_{sk} = 2988 \text{ Pa}$ na ventilator.

PREZRAČEVANJE MED ODKOPAVANJEM

Med visoko produktivnim odkopavanjem vzpostavimo pretočno zračenje. Pri gradnji visoko produktivnega odkopa, posebej pri njegovi veliki dolžini, ki je lahko tudi do 210 m (plošča G2/b), se zaradi povečanja odkopnih

dolžin pojavijo težave s prezračevanjem, ki se kažejo v naraščanju količin škodljivih in nevarnih snovi, v slabšanju rudarsko-geoloških razmer za delo in v negativnih vplivih na trajnost in obstojnost pretočnih prerezov zračilnih poti. Težava lahko nastane, kadar bi se odkopne višine povečale nad višino horizontalne koncentracije.

Zato je treba preverjati ekshalacijo škodljivih plinov CH₄ in CO, ekshalacijo premogovega prahu, možnosti ogrevov in požarov, konvergence podpornih elementov, velikost profilov in zasedenost zračilnih poti ter hitrost zraka in upornost zračilnih poti. Potrebno količino zraka na odkopu izračunamo na podlagi:

- povprečnega koeficienta izdatnosti

plina $q_{pov}(\text{CH}_4)$ iz razrušenega premoga in

- povprečne količine dnevno razrušenega premoga P_{pov} .

Ti dve količini določimo na podlagi podatkov, dobljenih na najbližjem, v podobnih razmerah ležečem odkopu. Upoštevati moramo večje ekshalacije plinov zaradi napredka na večji dolžini odkopa. Za izračun povprečne potrebne količine zraka uporabimo obrazec:

$$Q_{pov} = \frac{P_{pov} \cdot q_{pov} \cdot 100}{A_k \cdot 1440} \quad (2)$$

kjer pomenijo:

$Q_{pov}/(\text{m}^3/\text{s})$	povprečna potrebna količina zraka na odkopu
$P_{pov}/(\text{t}/\text{d})$	povprečna količina razrušenega premoga na dan ($P_{pov} = S \cdot b \cdot \gamma$)
S/m^2	prerez odkopa
b/m	dnevni napredek odkopa
$\gamma/(\text{t}/\text{m}^3)$	specifična masa premoga
$q_{pov}/(\text{m}^3/\text{t})$	povprečni koeficient izdatnosti plina za CH_4
$A_k/\%$	dovoljena koncentracija plina iz nahajališča za CH_4
1440	faktor pretvorbe ur dneva v minute

Izračunana količina zraka, ki je $Q_{pov} = 1498 \text{ m}^3/\text{min}$, je orientacijska, saj na izdatnost plinov lahko vplivajo tudi drugi faktorji, kot sta hitrost napredovanja delovišča in višina rušenja premoga. Zato dopuščamo možnost

zračenja tudi z drugačno količino zraka od izračunane, vendar mora spremenjena količina zraka ustrezati dovoljeni koncentraciji CH_4 in CO_2 , ki je največ 1,5 % na odkopu, ter dovoljeni hitrosti zraka preko odkopa, ki ne sme preseigati $v_{\max} = 5 \text{ m/s}$, po zadnjih spremembah tudi 8 m/s.

KONTROLNI IZRAČUN ZRAČENJA

Izračun kontrolnih parametrov zračenja izdelamo za tri stanja:

- stanje pred vključitvijo visoko produktivnega odkopa (VPO);
- stanje po vključitvi VPO in pred razširitvijo na polno dolžino in kapaciteto proizvodnje;
- stanje po vključitvi na polno dolžino in pri polni kapaciteti proizvodnje.

Po vključitvi VPO se bodo spremenili vsi parametri zračenja v jami: ekvivalentna odprtina, izračunana upornost jame, skupna depresija zračilnega kroga, obratovalna točka ventilatorja, ker je vpliv samo na en ventilator, količina zraka ter njegova hitrost. Ekvivalentna odprtina jame se zmanjša, prav tako koeficient regulacije.

Ob razširitvi VPO na polno dolžino odkopa (210 m) se pokažejo prave razsežnosti, torej povečanje vseh parametrov v primerjavi s tistimi, izračunanimi takoj po vključitvi odkopa.

V primeru kontinuirne proizvodnje se lahko, ob potrebi po še večji proizvodnji, en odkop izključi iz ventilacijskega sistema, drugi pa vključi, kar pomeni, da je obremenitev glavnega ventilatorja praktično enaka, če upoštevamo sistemsko odkopavanje odkopnega polja.

Ekshalacije plinov CH_4 in CO_2

Ekshalacije plinov CH_4 in CO_2 upoštevamo primerjalno glede na najbližji podobni odkop in tudi v smislu podaljšanja odkopa kot tudi razrušenja premoga iz stropnega dela odkopa. Pričakujemo lahko občasne povečane ekshalacije jamskih plinov.

Ekshalacija premogovega prahu

Dviganje premogovega prahu je vezano na hitrost zračilnega toka preko delovišča in velikost največjih delcev, ki jih ta tok še lahko dvigne oziroma nosi s seboj. Ker je ob dvigu premogovega prahu izpostavljena velika dolžina odkopa, lahko prah povzroča precejšnje neprijetnosti in kopičenje na turbulentnih mestih, zato je treba hitrost zraka manjšati in naj ne preseže $v_{\max} = 4,6 \text{ m/s}$.

Možnost ogrevov in požarov

Pri izdelavi visoko produktivnega odkopa je potrebna previdnost zaradi možnosti nastanka eksogenih požarov. Pri delu je treba dosledno upoštevati delovnovarstveni načrt za preprečevanje

požarov. Na območju odkopa ni velike verjetnosti za endogene požare, saj je količina zraka in hitrost na delovišču dovolj velika, da preprečuje nastanek le-teh.

Konvergenca podpornih elementov

Zaradi povečanih pritiskov in deformacij v zgornjem delu podpornih elementov, ki so posledica velike dolžine visoko produktivnega odkopnega čela, nastajajo premiki oziroma konvergenca v podpornih elementih podzemnih objektov. Te lahko povzročijo veliko zasedenost profila, kar povzroči spremembo zračilnih parametrov.

Velikost profilov in zasedenost zračilnih poti

Velikost profilov podzemnih prostorov in zasedenost zračilnih poti – tokovodnikov vplivata na zadovoljivost prezračevanja pri zagotavljanju ustreznih delovnih razmer. Za reguliranje ustrezne klime in delovnih razmer sta ta dva parametra ključnega pomena. Pri gradnji visoko produktivnega odkopa uporabimo povečan profil s svetlim prerezom $S = 17,26 \text{ m}^2$.

Pri predpostavljeni zasedenosti profila do 35 % pomeni, da je omogočen pretok zraka skozi zračilne veje s svetlim premerom: $S = 17,26 \cdot 0,65 = 11,2 \text{ m}^2$.

V dosedanji praksi v premogovniku so se uporabljali profili jamskih prog, ki so ob predpostavljeni zasedenosti omogočali svetli profil pribl. 8 m^2 .

Hitrost zraka in upornost

Hitrost zraka in upornost zračilne veje sta parametra, ki pokažeta ustreznost izračunane ali izmerjene vrednosti za določen zračilni sistem jamskih prostorov. Hitrost zraka je določena s pravilnikom in sme biti na odkopu do 5 m/s, izjemoma 8 m/s. Upornost zraka se pri pretoku povečuje zaradi ovir v tokovodniku in zasedenosti profila, kar povzročajo vgrajene naprave ter ljudje in zožitve jamskega prostora. Prevelika hitrost povzroča prekomerno dvigovanje premogovega prahu, prepah na delovišču in znižanje efektivne temperature na delovišču pod dovoljeno vrednost. Zaradi povečanja profila in zmanjšanja zasedenosti se pretok zraka na VPO zmanjša. Iz tega izhaja, da zmanjšanje pretoka izboljšuje zračenje na visoko produktivnem odkopu. Hitrost na VPO je v primerjavi s hitrostjo pri drugih odkopih višja za pribl. 0,3 m/s. Kadar se zmanjša pretok, se posledično zmanjša tudi hitrost zraka. Njeno zmanjšanje izboljšuje zračenje in delovne razmere na visoko produktivnem odkopu.

Upornost R na visoko produktivnem odkopu se je v primerjavi z upornostjo na drugih odkopih povečala za pribl. od od $0,41 \text{ N s}^2/\text{m}^8$ do $0,60 \text{ N s}^2/\text{m}^8$.

VKLJUČEVANJE V SISTEM ZRAČENJA

Pri vključevanju VPO v sistem zrače-

nja v Premogovniku Velenje je treba zagotoviti zadostno količino in pretok zraka za vse zaposlene rudarje ter preprečiti nevarne pojave. Pri vključevanju novega odkopnega polja v kompleksen sistem prezračevanja jame se za izračun glavnih kazalcev jamske klime uporabi barometriška metoda, ki se simulira z računalniškim programom ZRAK. S programom ZRAK se ugotovi upornostni faktor (R, R_{100}) zračilnega tokovodnika in določi skupni padec tlaka zračilne veje. Program omogoča simulacijo različnih stanj in izračune zračilnih parametrov v skladu s I. in II. Kirchoffovim zakonom, z Atkinsonovo enačbo in s Hardy-Crossovo iteracijsko metodo.

Podatki o vozliščih in zračilnih vejah

Pri podatkih o zračilnih vejah ločimo obvezne in neobvezne podatke zračilnih vej. Obvezni podatki zračilnih vej so: oznaka zračilne veje, dolžina vozlišča od točke do točke, kota vozlišča, presek proge, hitrost zraka in pretok zraka.

VPLIV VISOKO PRODUKTIVNEGA ODKOPA NA CELOTNO OBMOČJE

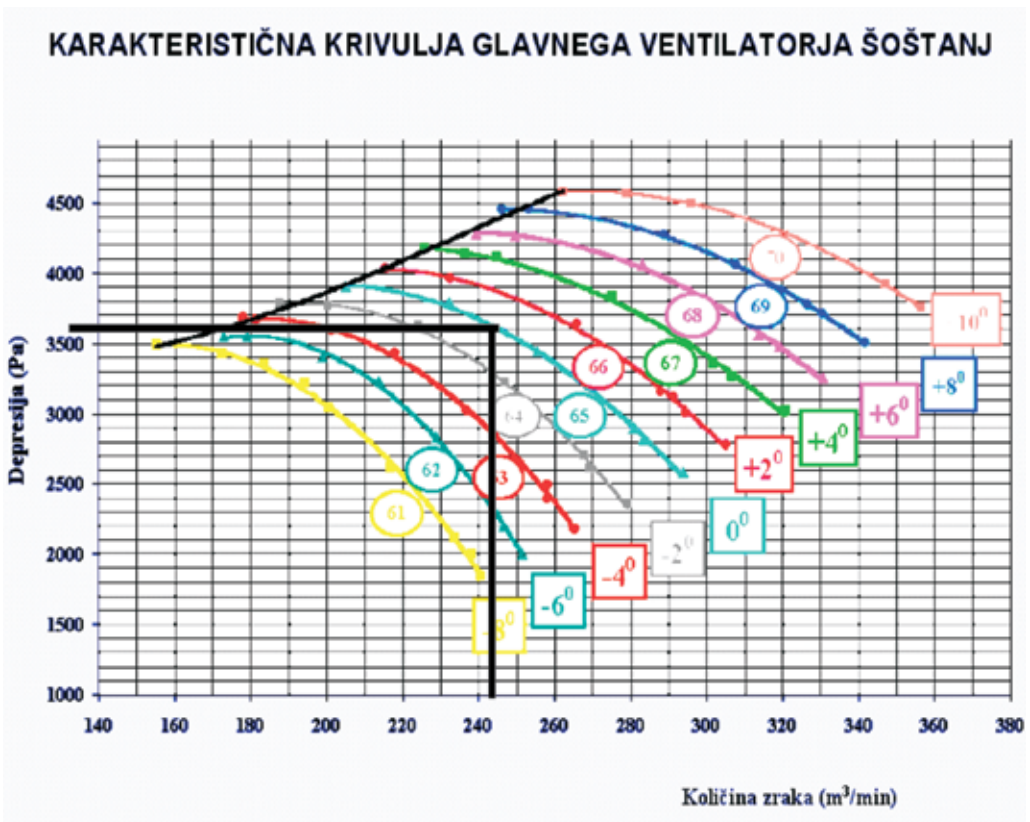
Za vpliv visoko produktivnega odkopa na celotno zračilno območje so na karakterističnem grafu glavnega ventilatorja Šoštanj pomembna tri stanja:

Stanje pred vključitvijo visoko produktivnega odkopa

Odčitani podatki so: $h = 3659,0967$ Pa, $Q = 253,1$ m³/s .

Odčitana obratovalna točka 1: naklon lopatic $\alpha = 0^\circ$

Odčitek je izveden tako, da se na abscisi odčita količina zraka [m³/min], na ordinati pa depresija [Pa]. Kjer se liniji sekata, izberemo najbližjo krivuljo delovanja ventilatorja pod karakterističnim naklonom lopatic.

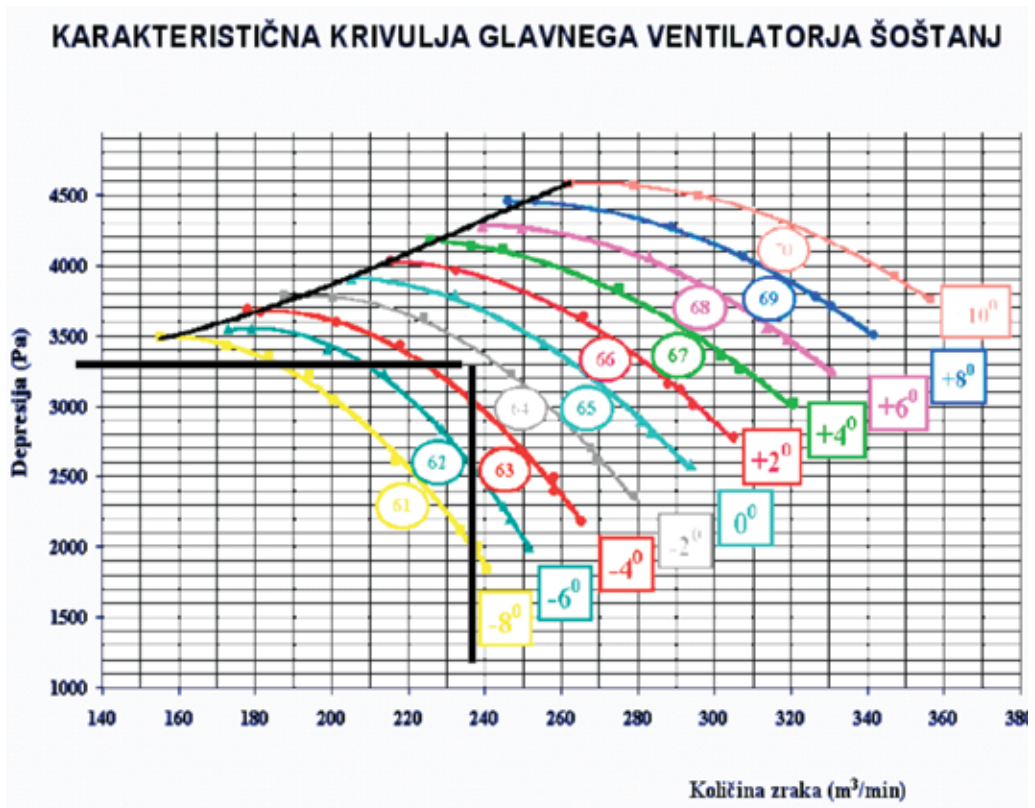


Slika 1: Karakteristična krivulja glavnega ventilatorja Šoštanj in njegova obratovalna točka v času pred vključitvijo visoko produktivnega odkopa

Stanje po vključitvi in pred doseganjem polne proizvodnje odkopa

Odčitani podatki so: $h = 3171,43040$ Pa, $Q = 241,68$ m³/s

Odčitana obratovalna točka 2: naklon lopatic $\acute{\alpha} = -2^{\circ}$

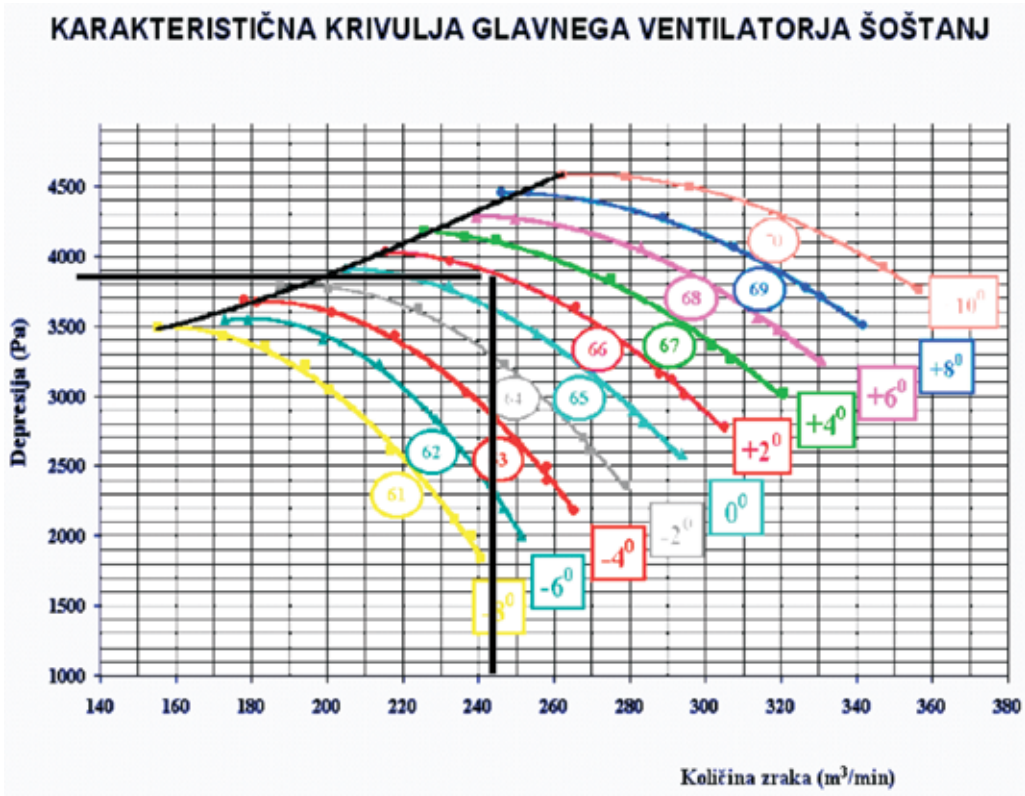


Slika 2: Karakteristična krivulja glavnega ventilatorja Šoštanj in njegova obratovalna točka v času po vključitvi odkopa in pred razširitvijo na celotno dolžino

Stanje ob doseganju polne proizvodnje odkopa

Odčitani podatki so: $h = 3776,82133$ Pa, $Q = 247,08$ m³/s

Odčitana obratovalna točka 3: naklon lopatic $\acute{\alpha} = +2^\circ$



Slika 3: Karakteristična krivulja glavnega ventilatorja Šoštanj in obratovalna točka v času doseganja polne proizvodnje

Stanje se je v tem primeru spremenilo tako, da sta se povečala depresija in pretok zraka. Če se pri odkopavanju VPO ne poveča profil vstopne in izstopne proge ter profil odkopa, se pogoji prezračevanja odkopnega polja poslabšajo zaradi potrebne večje količine zraka glede na večje ekshalacije plinov, kar je treba upoštevati.

Glede na spremenjeno stanje pri razširitvi se je obratovalna točka spremenila na takšen način, da se je naklon lopatic spreminjal od $\acute{\alpha} = -2^\circ$ do $+2^\circ$. Pri tem so ostale še rezerve za spremembo naklona lopatic do $\acute{\alpha} = +8^\circ$. To pomeni, da je na danem obsegu zračenja in zmogljivosti ventilatorja zadovoljivo velika rezerva, ki omogoča na danem

območju obratovanje še enega takšnega odkopa enakih razsežnosti.

POVZETEK

Pri projektiranju visoko produktivnih odkopov so se v smislu zračenja in zaradi upoštevanja predvidenih sprememb zračilnih parametrov teoretično izboljšali pogoji za delo.

Zmanjšala se je hitrost zraka, povečan je svetli presek tokovodnikov, izvaja se kontinuirno opazovanje emisij nevarnih plinov, v večji meri je preprečeno dvigovanje prahu in zmanjšale so se nevarnosti za požare. Zaradi povečanja varnosti in velike ekshalacije metana pa so izjemoma dovoljene večje hitrosti zraka, kar v praksi slabša pogoje za delo rudarjev.

Vpliv visoko produktivnega odkopa je zaenkrat vezan samo na en ventilator, to je tisti v zračilni postaji v Šoštanju, zato moramo morebitno vključevanje več odkopov locirati tako, da bo vsak vplival na samo en ventilator, glede na sistem prezračevanja velenjske jame.

Visoko produktivne odkope je možno vključevati v velenjsko jamo ob upoštevanju v članku naštetih pogojev. Kljub prvotni hipotezi o poslabšanju zračilnih razmer zaradi dolžine odkopa in večje ekshalacije plinov ter možnosti ogrevov izračuni kažejo, da je mogoče vključiti hkrati dva takšna visoko produktivna odkopa, ne da bi bistveno

vplivala na zračilni sistem premogovnika, lahko pa tudi več, odvisno od sistema razpeljave zraka.

VIRI

- AHČAN, R. (1985): Racionalno vodenje zraka v pogojih eksploatacije v Rudniku lignita Velenje. *Rudarsko metalurški zbornik*, Vol. 32, No. 2–3, pp. 289–299.
- ORLIČNIK, R. (2008): Zračenje visoko produktivnega odkopa. Diplomsko delo. Mentor doc. dr. Boris Salobir, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo, Ljubljana.
- SALOBIR, B. (2004): Optimiranje delovanja glavnega ventilatorja v odvisnosti od izmerjenih parametrov, program raziskovalne naloge. Premogovnik Velenje, d. d., in Protos inženirski biro, d. o. o., Velenje.
- SALOBIR B., ŽIBERT, Z., ZALOŽNIK, Z., BIŠČIČ, A. (2005): Optimiranje delovanja glavnega ventilatorja v odvisnosti od izmerjenih parametrov, raziskovalna študija, št. PRO-PV-RS-1/2004. Premogovnik Velenje, d. d., in Protos inženirski biro, d. o. o., Velenje.
- TEPLY, E.(1971): Proračun regulacije rudniških vjetrenih mreža. *Rudarsko metalurški zbornik*, Vol. 1971, No. 1, pp. 11–29.
- ŽIBERT, Z.(2006): Določitev zračilnih parametrov po barometrični metodi, magistrsko delo. Mentor doc. dr. Boris Salobir, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo, Ljubljana.