

Optimiranje delovanja glavnih ventilatorjev v času mirovanja jame

Optimisation of mine ventilators operation in conditions of stagnation the pit

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: December 01, 2008

Accepted: March 04, 2009

Izvelek: Optimiranje zračenja je postopek, ki obsega predvsem analizo opravljenih meritev v primerjavi z doslej izvedenimi. Pomembno je poznati vse delovne parametre delovanja ventilatorjev in izdatnost plinov v kritičnem območju – v odkopnem polju jame. Nujna je izvedba simulacije zračenja z zmanjševanjem delovanja ventilatorjev do take mere, da začne koncentracija ekshaliranih plinov v odkopnem polju jame naraščati. Ob tem določimo optimalni način razredčenja nevarnih plinov pred začetkom delovnega procesa odkopavanja premoga.

Glavna naloga optimizacije je, da ugotovimo najugodnejši način zmanjševanja delovanja glavnih ventilatorjev v Pesju in v Šoštanju. S tem bi se v dela prostih dneh zmanjšala poraba električne energije za zračenje, hkrati pa bi bilo zagotovljeno ustrezno prezračevanje jamskih prostorov in razplinitvev pred zagonom proizvodnje.

Abstract: Optimal ventilation is a procedure which includes the analysis of measurements done in comparison with the known ones. It is important to know all ventilator operational parameters measured in the most critical sectors in the mine, with stationary as well as manual meters. It is necessary to simulate the ventilator reduced operation up to the point when the concentration of mine gases starts to

increase, and then determine the optimal way of degassing for safety working process.

The main task of the optimalization is to determine the best way of reduced ventilator operation in the Pesje and Šoštanj Pits in order to reduce electricity consumption during the days off and then higher ventilation load to degas the face before the work on it begins.

Ključne besede: rudarstvo, jamsko pridobivanje, zračenje, optimiranje
Key words: mining, underground lignite exploitation, ventilation, optimisation

UVOD

Prezračevanje v jamah velenjskega premogovnika obratuje nenehno in s stalnimi kapacitetami. Zračilni sistem poganjata dva ventilatorja, in sicer ventilator v Šoštanju s 15 000 m³ zraka v minuti in ventilator v Pesju z 8 000 m³ zraka v minuti. Zračenje, vezano na ventilator v zračilni postaji Pesje, deluje po sistemu diagonalnega zračenja, zračenje dela jame, ki je vezan na ventilator v Šoštanju, pa deluje v enem delu po sistemu diagonalnega, v drugem pa po sistemu centralnega zračenja. Zaradi potrebe po razplinjenju odprtega dela premogovnega sloja, to je zaradi zmanjševanja koncentracije nevarnih plinov, deluje sistem tudi v dela prostih dneh, kar povzroča veliko porabo energije. Ob delovnih dnevih se jama prav tako zrači s polno kapaciteto, saj so ekshalacije nevarnih plinov zelo velike zaradi velikega napredka odkopov, posebej v zadnjem času zaradi tako imenovane »turbo«-proizvodnje.

To je pridobivanje premoga iz odkopov s povečano odkopno dolžino, ki lahko dosega tudi več kot 200 m, z velikim napredkom in zelo visoko dnevno proizvodnjo.

Premogovnik Velenje v teku delovnega leta večkrat prekine svoje obratovanje za več dni, predvsem iz ekonomskih razlogov. V tem času se zmanjšajo vse aktivnosti na minimum, torej tudi delovanje ventilatorjev. Ker v času mirovanja jame in zmanjšane stopnje prezračevanja vseeno naraščata koncentraciji metana (CH₄) in ogljikovega dioksida (CO₂), je treba z optimiranjem delovanja glavnih ventilatorjev zagotoviti varno mirovanje jamskih prostorov in varen ponovni zagon proizvodnje v okviru dovoljenih koncentracij jamskih plinov.

Tehnično se v jamah Premogovnika Velenje zmanjšanje delovanja glavnih ventilatorjev izvede s spreminjanjem naklona lopatic ventilatorjev. Po podat-

kih je možen premik lopatic ventilatorja, ki obratuje v zračilni postaji Pesje v območju od -20° do $+2^{\circ}$ naklona. Ventilator v zračilni postaji Šoštanj lahko reguliramo v območju od -8° do $+10^{\circ}$ naklona lopatic, ne da bi se pri tem obratovalna točka ventilatorja kritično spremenila. Tako se zmanjša depresija, ki jo ustvarja ventilator, in s tem pretok zraka skozi jamske prostore ter posledično poraba pogonske (električne) energije.

NAMEN OPTIMIRANJA

Osnovna ideja optimiranja je določiti krivuljo zračenja, s katero bo mogoče organizirati pravočasno (z minimalno časovno zamudo) vklapljanje in izklapljanje glavnih jamskih ventilatorjev s spreminjanjem naklona njihovih lopatic in s tem kapacitete zračenja tako, da bo zračenje energijsko ekonomično in še vedno dovolj varno. Ta zahteva se nanaša predvsem na razredčenje izhajajočih plinov (CO_2 in CH_4) iz premogovega sloja. Glavni namen optimiranja ni ugotavljanje porabe energije ventilatorjev, temveč ugotavljanje učinka zračenja ob doslej uveljavljenem postopku zmanjševanja dotoka zraka v jamske prostore ob dela prostih dneh. Poudarek je na določitvi najzgodnejšega ali najpoznejšega termina zmanjšanja oz. povečanja kapacitete ventilatorja glede na izkazane plinske razmere v zračil-

nem območju, ne da bi se s tem poslabšale varnostne razmere. Takšna optimizacija lahko omogoči velik prihranek pogonske energije ventilatorjev, ki so sicer zelo velik energijski porabnik.

Glavna usmeritev optimiranja je v zmanjšanju dobavljanja količine zraka v jamski sistem, predvsem ob dela prostih dneh, in s tem tudi ustvarjanja prihranka pri porabi pogonske energije. Ob tem se z meritvami določijo kritična mesta zračenja, največje in najmanjše potrebne količine zraka glede na ekshalacijo plinov, predpisano hitrost in količino zraka. Izvede se simulacija zračenja pri nižji stopnji obratovanja ventilatorja z upoštevanjem vseh potrebnih varnostnih parametrov in določi krivulja zračenja za krajše obdobje neobratovanja jame (vikend) in za daljše obdobje (kolektivni dopust, daljši prazniki). Preveri se tudi poraba električne energije in posebej jalova energija ter njena možna izraba.

POSTOPEK OPTIMIRANJA IN MERITVE

Za izvedbo optimiranja izberemo postopek konkretnih meritev med ustavljanjem obratovanja, mirovanja in ponovnega povečanega zagona ventilatorjev pri zračenju jame po krajši in daljši prekinitvi. Za izvedbo optimiranja ventilatorja, to je prilagajanja novim razmeram, je treba izvesti nasle-

dnje meritve:

- meritve glavnih zračilnih parametrov (depresija, pretok, hitrost, količina zraka);
- meritve plinov in hitrost naraščanja zaplinjenja;
- merjenje padca barometriškega tlaka (Δp) in ugotavljanje njegovega vpliva;
- merjenje pretoka (q) in merjenje depresije (h);
- padec tlaka na etažah;
- padec tlaka na etažah pri spremembi naklona lopatic ventilatorja za $\alpha = 1^\circ$ vsak dan;
- merjenje obratovalne točke ventilatorja in določitev krivulje zračenja.

Navedeni parametri so bistvenega pomena za prilagajanje delovanja ventilatorjev.

Operativni del raziskovalne skupine je v jami izvedel meritve v predvidenem času – letni kolektivni dopust in zimski kolektivni dopust ter ob vikendih. Za izvedbo meritev so bili uporabljeni obstoječi stacionarni merilniki, anemometer in aneroidni barometer.

Izvedene so bile štiri meritve, dve ob vikendih in dve ob kolektivnem dopustu avgusta in decembra, in sicer v južnem krilu jame Preloge in v jami Pesje ter dodatno še na lokaciji odkopa v severnem krilu jame Preloge.

PODATKI O VENTILATORJIH

Jama velenjskega premogovnika se zrači z dvema glavnima ventilatorjema. Prvi, tipa Turmag GVhv 34–1800, z nazivno močjo 1800 kW deluje v zračilni postaji Šoštanj in je bil vgrajen leta 1980. Ob njem je enak rezervni ventilator. Drugi ventilator tipa TLT-GAF 34-13, 3-1 z nazivno močjo 800 kW deluje v zračilni postaji Pesje in je letnik 1996. Rezervni ventilator je tipa Turmag GLH-28-660 z močjo 600 kW. Sistem zračenja je naravnano tako, da njuno delovanje medsebojno nima vpliva. Ločena sta v vstopnem zračilnem območju s kratkim stikom.

Območje izvedenih meritev torej napajata dva ventilatorja, in sicer eden za jamo Preloge - sever in jug, iz zračilne postaje Šoštanj in eden za jamo Pesje iz zračilne postaje Pesje.

V zračilni postaji Šoštanj obratuje glavni jamski ventilator z naslednjimi karakteristikami:

OBDELAVA PODATKOV DELOVANJA VENTILATORJEV

Splošna obdelava podatkov temelji na analitičnem primerjanju in linearnem statističnem vrednotenju dobljenih rezultatov. Najpomembnejši so trije

glavni parametri zračenja (ventilatorja) **Delovanje ventilatorja v zračilni postaji Šoštanj**
in sicer:

- količina zraka $Q/(m^3/s)$
- padec tlaka $\Delta p/Pa$
- moč motorja P/kW

Količina zraka, ugotovljena iz izvedenih meritev, ki jo daje glavni ventilator v zračilni postaji Šoštanj, je med $190 m^3/s$

Tabela 1. Podatki za glavni ventilator v postaji Šoštanj

PODATKI ZA GLAVNI JAMSKI VENTILATOR TIPA TURMAG GVhv 34-1800 v zračilni postaji Šoštanj		
parameter	nižja vrednost	višja vrednost
nazivna moč/kW	500	1800
depresija/Pa	1800	4600
napetost/kV	6,0	6,3
tok/A	110	160
cos Ø	0,61	0,92
naklon lopatic/°	-8	+10
pretok/(m ³ /s)	160	360

V zračilni postaji Pesje obratuje glavni jamski ventilator z naslednjimi karakteristikami:

Tabela 2. Podatki za glavni ventilator v postaji Šoštanj

PODATKI ZA GLAVNI JAMSKI VENTILATOR TIPA TURMAG GAF 24/13, 3-1 v zračilni postaji Pesje		
parameter	nižja vrednost	višja vrednost
nazivna moč/kW	350	800
depresija/Pa	750	3800
napetost/kV	5,9	6,1
tok/A	45	65
cos Ø	0,70	0,80
naklon lopatic/°	-20	+4
pretok/(m ³ /s)	50	200

Vrednosti za posamezne parametre so zaokrožene.

in 340 m³/s in kaže padec ob spremembi režima delovanja med mirovanjem jame ter večjo obremenitev ob ponovnem povečanju.

Ekvivalenten količini zraka je padec tlaka, ki pada do najnižje točke delovanja in se ob ponovnem povečanju moči spet dvigne.

Ustrezno količini dovajanega zraka v jamo in padcu tlaka se spreminja moč motorja ventilatorja, ki ima krivuljo enake oblike kot pri količini zraka in padcu tlaka.

Delovanje ventilatorja v zračilni postaji Pesje

Rezultati delovanja ventilatorja v zračilni postaji Pesje so podobni tistim v zračilni postaji Šoštanj.

Rezultati obratovanja so ekvivalentno izraženi tudi s količino zraka.

Podobno kot pri ventilatorju v šoštanj-ski zračilni postaji se tudi pri ventilatorju v Pesju izraža režim obratovanja z močjo motorja, vendar v manjši meri oziroma z manjšim odmikom.

Za prikaz merjenih parametrov so vzeti samo najpomembnejši, to so količina zraka, depresija oziroma padec tlaka in moč motorja ventilatorjev.

MERITVE SPREMINJANJA KONCENTRACIJE PLINOV

Za nadaljnjo obdelavo sta uporabljena samo ključna parametra jamskega zraka, to sta koncentraciji metana in ogljikovega dioksida v jami Pesje, Preloge - jug in Preloge - sever na merjenih lokacijah.

Na odkopih se izvajajo meritve koncentracije plinov s stacionarnimi kontinuirnimi merilniki metana in CO₂. Meritve koncentracije CH₄ in CO₂ kažejo podobno spreminjanje vrednosti koncentracij plinov na vseh treh etažah in so v soodvisnosti z merjenimi parametri delovanja glavnih ventilatorjev.

Pridobljeni podatki so bili numerično obdelani, na njihovi podlagi pa so bili izdelani ustrezni sklepi. Iz množice meritev so bili uporabljeni samo reprezentativni podatki, ki kažejo shematsko sliko dogajanja pri prezračevanju delovišč med mirovanjem jame.

Spreminjanje koncentracije metana

Spreminjanje koncentracije metana (CH₄) poteka v območju od 1,45 % do 1,8 % v izstopnem zračnem toku z delovišč na začetku procesa, nato se ustali za določeno obdobje na višini okrog 0,65 % do 0,8 %. Po preteku 14 dni mirovanja jame začne kon-

centracija strmo naraščati in se dvigne na kritično mejo, ko je treba povečati delovanje ventilatorjev. Ta kritični del obsega kratko časovno obdobje in se hitro normalizira. V krajšem časovnem obdobju mirovanja jame, to je preko vikenda, koncentracija metana ne pade pod 1 %, naraščanje pa ne nastopi, saj se zaradi varnostnih ukrepov poženejo ventilatorji pred pričetkom ponovnega obratovanja jame, ki se začne, zaradi kratkega mirovanja, še pred nastankom visoke koncentracije plinov.

Spreminjanje koncentracije ogljikovega dioksida

Spreminjanje koncentracije ogljikovega dioksida (CO_2) je manj intenzivno kot metana. Z vrednosti, ki na začetku dosega od 0,6 % do 0,8 %, se zmanjša na 0,3 % do 0,5 % ter obstane pri teh vrednostih okrog 10 dni. Naraščati začne nekoliko prej kot metan, a ostaja še v dovoljenih mejah koncentracije. Ob izvajanju meritev se vrednost CO_2 ni nikoli približala kritični meji.

Spreminjanje koncentracije ogljikovega monoksida

Spreminjanje koncentracije ogljikovega monoksida (CO) je tesno vezano na količino dotekajočega zraka v jamske prostore in sledi spreminjanju koncentracije metana in ogljikovega dioksida. Pri večji količini zraka se je tudi koncentracija ogljikovega monoksida povečevala in obratno, a nikoli ni dosegla

posebej visokih vrednosti. Na merilnih mestih so bile koncentracije med 0 ppm in 10 ppm, le enkrat samkrat je bila izmerjena vrednost 33 ppm.

Spreminjanje koncentracije kisika v zraku

Vsebnost kisika (O_2) v zraku je pokazala dokaj konstantne in normalne vrednosti, ki so bile v volumenskih deležih od 20,3 % do 20,9 %.

IZRABA MOČI VENTILATORJEV

Ventilator v zračilni postaji Šoštanj

Glavni ventilator v zračilni postaji Šoštanj v normalnih razmerah obratuje s 75 % svoje moči, kar je pri 1375 kW. To je tudi začetna obremenitev ob spreminjanju naklona lopatic in s tem zmanjševanja dotoka zraka v jamo ter s tem razbremenjevanja ventilatorja. Ta lahko pade celo na 48 % svoje vrednosti, kar je 880 kW. Pri povprečni obremenitvi okrog 1150 kW ventilator obratuje 10 dni pri daljšem časovnem obdobju mirovanja jame in dva dneva pri krajšem obdobju mirovanja, kar pomeni 225 kW h prihranka ali do 75 600 kW h prihranka v času daljšega (štirinajstdnevnega) mirovanja jame.

Ventilator v zračilni postaji Pesje

Glavni ventilator v zračilni postaji Pesje deluje v normalnih razmerah z 58 % moči ali pri 470 kW obremenitve. Zmanj-

šanje moči med daljšim mirovanjem jame je sicer le 18 % od delujoče obremenitve in pade na 48 % nazivne moči ventilatorja. Pri povprečni obremenitvi okrog 390 kW obratuje pribl. 10 dni, s čimer je prihranek energije 80 kW h ali 19 200 kW h v celotnem obdobju. V primeru, da jama miruje dalj časa, pa je prihranek še večji.

KRIVULJA PREZRAČEVANJA JAME V DELA PROSTIH DNEH

Spodnji diagram prikazuje shematsko krivuljo prezračevanja jame v dela prostih dne – prirejeno za 14-dnevno obdobje mirovanja jame. Krivulja obsega območje in spreminjanja vrednosti metana in ogljikovega dioksida ter ekvivalentno zmanjševanje in povečevanje moči – obratovanja glavnih ven-

tilatorjev v zračilnih postajah Šoštanj in Pesje.

Krivulja je razdeljena na štiri bistvene dele:

- upadni del, kjer zmanjšujemo obratovanje ventilatorja;
- uravnoteženi del, ki lahko traja precej časa, glede na razmere v jami;
- naraščajoči del, kjer se vrednosti dvigajo, in
- stanje normalizacije, kjer se vzpostavi normalno obratovanje ventilatorjev ob ponovnem začetku obratovanja jame.

Na diagramu so prikazane najvišje in najnižje začetne in končne vrednosti koncentracij metana, ogljikovega dioksida ter območje spreminjanja vrednosti, hkrati pa sta predstavljeni krivulji obratovalne moči ventilatorjev.

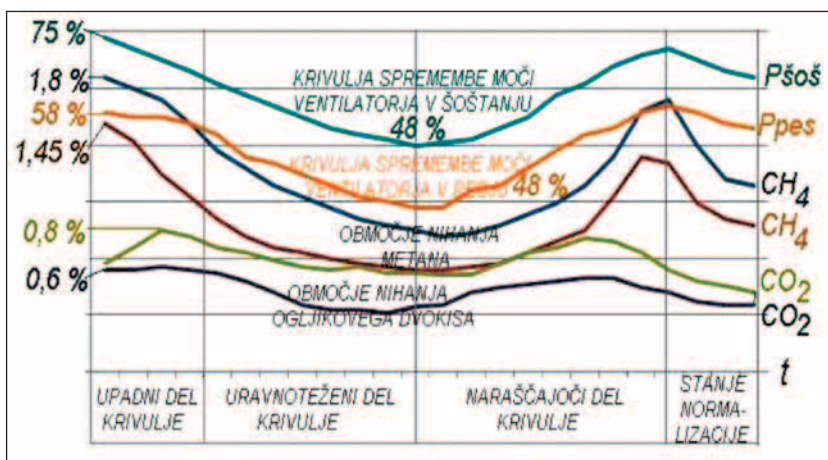


Diagram 1. Krivulja prezračevanja jame v dela prostih dne

OCENA OPTIMIZACIJE VENTILATORJEV

Optimiranje obratovanja glavnih ventilatorjev, ki prezračujejo jamo Premogovnika Velenje je v času mirovanja jamskih delovišč privedeno do zelo visoke stopnje, kar je posledica velike skrbi in zavzetosti tako predhodnih kot sedanjih strokovnjakov za zračenje na tem zahtevnem področju. Šoštanjski ventilator ob 2977 Pa depresije in količini 216 m³/s zraka v času zmanjšane aktivnosti že pade v najnižji režim možnega ekonomskega obratovanja. Ventilator v Pesju je ob obratovanju v enakih razmerah pri depresiji 935 Pa in 181 m³/s že močno zunaj ekonomskega obratovanja, primerjalno – moč : depresija : količina zraka : $\cos \Phi$.

Podatki kažejo, da ta dva režima obratovanja ventilatorjev ustrezata plinskim razmeram v jami in sta v skladu z varnostnimi predpisi. Seveda pa je treba upoštevati, da so bili z meritvami zajeti le trije odkopi, druge, oddaljenejše jamske komunikacije pa ne.

POVZETEK

Iz prikazanega prilagajanja obratovalnega režima ventilatorjev med mirovanjem jame ni več možno pričakovati velikih prihrankov, določene omejene, sicer finančno zahtevne možnosti pa so naslednje:

- opraviiti je treba simulacijo hitrega prilagajanja spremembam koncentracije plinov v jami s primerjanjem že dobljenih podatkov kot najenostavnejši način optimizacije;
- uvesti popolne nadzorne meritve (monitoring) nad delovanjem ventilatorjev in spreminjati njihov režim obratovanja praktično nenehno glede na razmere zaplinjenosti v jami; le s hitrimi spremembami obratovalnega režima ventilatorjev je možno še povečati prihranke pri porabi pogonske energije za 8–9 %;
- izpopolniti avtomatizacijo delovanja ventilatorjev in prilagajanja krivulji zračenja, kar zagotavlja od človeka neodvisno optimiranje;
- začeti prilagajati kvaliteto izdelave, preseka, dolžine in povezav jamskih zračilnih vodnikov – prostorov (prog);
- preveriti izrabo jalove energije, saj se njen faktor ($\cos \Phi$) precej poslabša ob nižanju moči ventilatorja;
- izvesti polioptimizacijo celotnega ventilacijskega sistema, ki naj zajema stabilnost zračilnega toka, porabo energije, efektivnosti prezračevanja (faktorja izkoristka zračilnega sistema) in inženirsko strojniške zasnove ventilatorjev (difuzor, paralelno delovanje, mehanske poškodbe, korozijo in erozijo, vibracije in aerodinamične komponente).

Podatki za optimizacijo so bili pridobljeni s štirimi meritvami. Meritve so pokazale, da dosedanji način zračenja z zmanjševanjem delovanja glavnih ventilatorjev takoj po prenehanju dela, z zmanjšanim obratovanjem v času prostih dni in s povečanjem delovanja ventilatorjev tik pred nastopom dela po večdnevni prekinitvi za razplinjenje ekshaliranih plinov ustreza zahtevam po varnem delu – razplinjenju.

Optimizacija se lahko izvaja, če so urejeni: avtomatsko merjenje koncentracije plinov v jami ali njenih oddelkih, avtomatska regulacija ventilatorjev in avtomatska regulacija ključnih regulacijskih objektov (vrata in dušilke). Ko se začne večati količina metana v kritičnem tokovnem krogu proti 1,4 %, je treba izvesti regulacijo, da na kritični odsek usmerimo večjo količino zraka. Tehnična opremljenost je pogoj za optimiranje. Ta zahteva daljinsko upravljanje ventilatorjev oziroma daljinsko spreminjanje naklona lopatic ventilatorjev. S tem dosežemo spremembo obratovalne točke ventilatorja in depresije ter spremembo režima obratovanja ventilatorja.

VIRI

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] SALOBIR, B. (2006): Vaje iz tehničnega rudarstva – zračenje. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo, Ljubljana.
- [4] 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.