

COAL SEAM DRAINAGE USING VIRTUAL SIMULATION

NICOLAE ILIAȘ, ROLAND IOSIF MORARU, MIHAI POPESCU-STELEA

University of Petroșani, iliasnic@yahoo.com
University of Petroșani, roland_moraru@yahoo.com
University of Petroșani, popescusteleamihai@yahoo.ro

Abstract: *Prin realizarea procesului de degazare înaintea celui de exploatare, pot fi obținute cel puțin trei beneficii simultane: o nouă sursă alternativă de combustibil, prin valorificarea metanului, o reducere a emisiilor de metan și o reducere a costurilor aferente procesului de ventilație. Cu ajutorul simulărilor computerizate se pot evidenția diferențele dintre situațiile care includ procesul de degazare și cazurile în care exploatarea este neperformantă în lipsa unei degazări prealabile a stratelor de cărbune. Lucrarea sintetizează rezultatele simulării virtuale efectuate cu un program specializat de Computational Fluid Dynamics cu privire la eficiența sistemelor de degazare de la minele din Valea Jiului, prin intermediul unui studiu de caz.*

Keywords: methane drainage, coal seam, virtual simulation

1. INTRODUCTION

Prin realizarea procesului de degazare înaintea celui de exploatare, pot fi obținute cel puțin trei beneficii simultane: o nouă sursă alternativă de combustibil, prin valorificarea metanului, o reducere a emisiilor de metan și o reducere a costurilor aferente procesului de ventilație (Li et al, 2003).

Cu ajutorul simulărilor computerizate se pot evidenția diferențele dintre situațiile care includ procesul de degazare și cazurile în care exploatarea este neperformantă în lipsa unei degazări prealabile a stratelor de cărbune. Însă gazul metan eliberat din stratele de cărbune, datorită nivelului scăzut al oxizilor de sulf, hidrocarburilor și monoxidului de carbon degajate prin combustie este văzut ca un combustibil cu numeroase avantaje în protecția mediului (Czaplinski, 1971).

Securitatea muncii din minele de cărbune depinde substanțial de cercetarea extensivă a proceselor gazo-dinamice care au loc în interiorul zăcămintelor (processe în continuă schimbare odată cu modificarea geometriei excavațiilor miniere) și de măsurile considerate, bazate pe aceste cercetări, pentru reducerea concentrațiilor de metan la locul de muncă (H.G. nr. 1049/2006). Odată ce parametrii de siguranță au fost atinși prin procesul de ventilație, degazarea prealabilă exploatării cărbunelui este evitată, deși cantitatea de metan eliberată în atmosferă este semnificativă. La nivelul unui front de lucru cu o lungime de 100 m și o înălțime de 3,6 m, emisiile de metan ating o valoare de aproximativ 0.108 kg/s, deci aproximativ 9330 kg/24h. Cantitățile sunt raportate la o producție de 1440 tone/zi. Se utilizează exprimarea masică, întrucât, această analiză este orientată asupra poluării mediului având în vedere faptul că, o tonă de metan eliberat în atmosferă este echivalentă cu 21 tone bioxid de carbon.

Emisiile de metan în atmosferă, din minele de cărbune active și abandonate, reprezintă 10% din emisiile antropogenice globale de metan. Metanul adsorbit pe suprafețele interne ale cărbunelui poate fi captat înaintea procesului de exploatare, măbind siguranța din frontul de lucru și micșorând emisiile, odată cu furnizarea unei surse de energie alternativă mai curată. Dezvoltarea unui plan strategic de degazare este crucial pentru succesul atât a extragerii metanului din strate, cât și a exploatării cărbunelui.

2. THE DRAINAGE PROCESS AND SIMULATION HYPOTHESIS

Degazarea este un mijloc eficient de drenare a conținutului de metan din zăcămintele de cărbune și rocile din proximitatea stratelor de cărbune. Acest proces necesită analiza detaliată a factorilor ce influențează emanațiile de metan, o prognoză a emanațiilor de metan, o analiză diversificată a ventilației miniere, o cunoaștere clară a rezervelor utile și a dinamicii exploatării. Degazarea înseamnă captarea gazului metan prin intermediul găurilor de sondă realizate după o anumită schemă, și drenarea gazului printr-o rețea de conducte, către suprafață, cu ajutorul depresiunii dezvoltate de un sistem de pompe de vacuum (Lupu, 2007).

Găurile de sondă sunt efectuate din anumite locații subterane specifice (nișe de degazare), și pot avea lungimi între 20 și 100 m. Cele mai utilizate și eficiente scheme de degazare presupun găuri de sondă ascendente, a căror eficiență este de 1,1 până la 1,5 ori mai mare decât a celor descendente. Pentru determinarea locațiilor găurilor de sondă trebuie luate în considerare:

- caracteristicile geometrice ale zăcămintului de cărbune, natura rocilor din acoperiș și culcuș, factorii de risc ai fenomenelor gazo-dinamice (Harpalani and Chen, 1997);
- presiunea masivului de rocă;
- cantitatea de metan ce poate fi emisă;
- tipul și destinația lucrării miniere.

Tehnologic, lucrările de captare a metanului pot fi găuri de sondă efectuate în stratele de cărbune, în fisuri și concavități create deasupra stratelor de cărbune, diguri de izolare a lucrărilor miniere vechi, sau galerii de drenare efectuate în stratele de cărbune. Fig. 1 prezintă o schemă de amplasare a găurilor de sondă în vecinătatea unui abataj cu front lung în retragere.

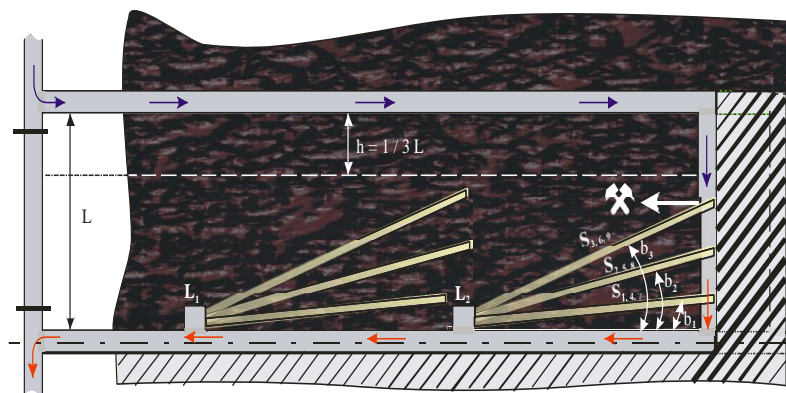


Fig. 1. Schema găurilor de sondă pentru un abataj cu front lung în retragere

Pe baza prognozei emanațiilor de metan se stabilește extinderea etapizată a zonelor care urmează a fi degazate. Degazarea masivului de roci și a stratelor de cărbune se programează obligatoriu în următoarele condiții:

a. Pentru lucrări miniere în săpare (lucrări miniere în fund de sac):

- lucrarea minieră are o lungime de cel puțin 150 metri, iar debitul absolut de metan ce rezultă efectiv din lucrarea minieră de pregătire în cărbune, este mai mare de $3 \text{ m}^3/\text{min}$;
- debitul absolut de metan ce rezultă efectiv din lucrarea minieră de pregătire în cărbune, ce se sapă în apropierea faliilor situate la o distanță de până la 10 m, este mai mare de $1.5 \text{ m}^3/\text{min}$;
- debitul absolut de metan ce rezultă efectiv din abatajul cameră este mai mare de $3 \text{ m}^3/\text{min}$;

b. Pentru abataje frontale:

- debitul relativ de metan al stratelor de cărbune este mai mare de $15 \text{ m}^3/\text{t}$, sau debitul absolut de metan al abatajului în funcțiune este mai mare de $6 \text{ m}^3/\text{min}$.

În raport cu valoarea limită a emisiei de metan de la care este obligatorie aplicarea degazării, fronturile de lucru se clasifică după cum urmează :

- fronturi de lucru cu „*Emisie de metan normală*”, la care nu este obligatorie degazarea (debitele absolute și relative de metan au valori mai mici decât cele menționate la punctele „a” și „b”).
- fronturi de lucru „*În atenție*” , la care degazarea este obligatorie (debitele absolute și relative de metan au valori mai mari decât cele menționate la punctele „a” și „b”).

Este interzisă degazarea în zonele cu foc sau în zonele adiacente acestora.

3. GEOMETRY, DISCRETIZATION AND INPUT DATA

Pentru modelul virtual, geometria frontului în retragere este mult simplificată, fără afectarea rezultatelor finale ale simulării, o geometrie complexă necesitând o creștere substanțială a efortului de calcul. Masivul de cărbune este dimensionat astfel: 46.9 m lungime pe direcție, 25 m lățime și un banc de 10 m înălțime (fig. 2). Abatajul are 2.5m înălțime, 3 m lățimea deschiderii în faza de lucru și o lungime egală cu a masivului. Galeria de bază, care alimentează abatajul cu aer proaspăt, are o lungime de 30 m. Galeria de cap, a aerului viciat, are o lungime de 40 m și continuă cu un puț de aeraj înalt de 50 m. suprafața superioară a puțului este setată a reprezenta ventilatorul de aeraj. La o distanță de 22 m de abataj sunt realizate 3 găuri de sondă în masivul de cărbune. Acestea au lungimi de 25, 30 și 40 m și converg într-o conductă ce urmează galeria de cap și apoi urcă de-a lungul puțului de aeraj, la suprafață. În mod normal, conducta este montată în interiorul galeriei, la perete, și urcă prin puțul de aeraj. În cazul virtual, conducta este în afara galeriei și a puțului, pentru a evita regiunile de contact ce ar îngreuna simularea.

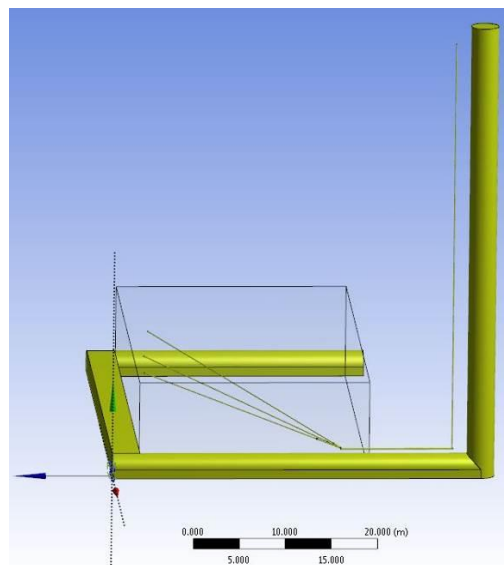


Fig. 2. Geometria sistemului virtual

Pentru rețeaua de discretizare s-a ținut cont de reducerea consumului de resurse hardware, menținând în același timp o înaltă acuratețe a procesului de simulare. Discretizarea este o parte importantă a lucrării, un număr mare de elemente poate duce la o blocare a sistemului computerizat, pe când o discretizare grosieră poate da rezultate inadecvate, departe de realitate.

În acest caz, rețeaua de discretizare e constituită din aproximativ 2265000 elemente, cu o atenție mai mare acordată zonelor de proximitate și curbă (fig. 3). Dimensiunea minimă a celulelor este de 41 mm. Totodată, discretizarea trebuie să fie în acord cu cerințele solverului din aplicația FLUENT. O altă cerință a fost designarea unei regiuni comune reprezentată de suprafața de contact dintre masivul de cărbune și atmosfera prezentă în abataj. Masivul de cărbune a fost considerat mediu poros.

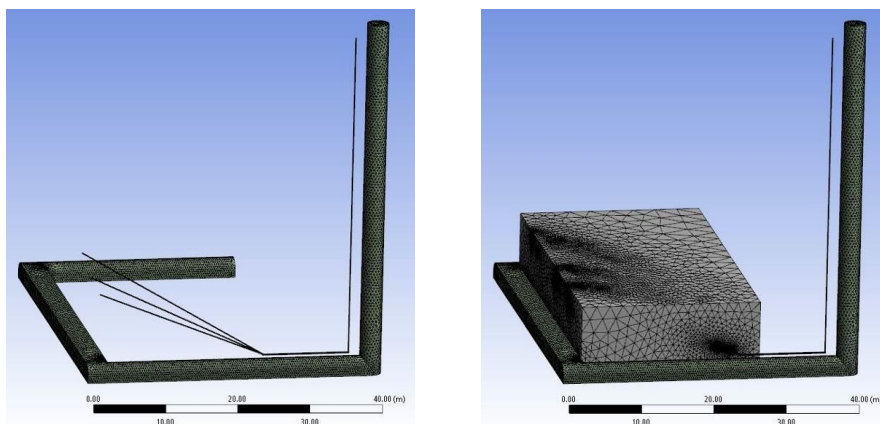


Fig. 3. Discretizarea fără și cu masivul de cărbune

Formula de calcul a debitului de aer pentru un abataj sub depresiunea generală a minei, pentru diluția gazelor emanate din masiv, este (Matei et al, 2000) :

$$Q_f = \frac{q_r \cdot T \cdot 100}{C \cdot 24 \cdot 60} \cdot K \quad (1)$$

unde: q_r - debitul relativ de metan pentru abataj ($10 \text{ m}^3/\text{t}$ pentru mine grizutoase);
 T - producția zilnică a abatajului, tone;
 C - 1% concentrația de metan luată în considerare;
 K - coeficient de neuniformitate pentru emisiile de gaz (1,1 pentru mine cu până la $15 \text{ m}^3/\text{tonă}$ metan emanat).

A fost luată în considerare o valoare de $15 \text{ m}^3/\text{tonă}$ metan emanat, ceea ce corespunde cu $1048 \text{ m}^3/\text{min}$ la o producție zilnică de 915 tone/zi. Pentru sistemul de degazare, pompele creează o debit de $100 \text{ m}^3/\text{min}$.

Instrumentele software Computer Fluid Dynamic, utilizate pentru realizarea simulării sunt aplicații ce aparțin pachetului multiphysics ANSYS, care include software necesar pentru realizarea geometriei și a discretizării. ANSYS Fluent este un instrument puternic ce oferă, printre altele, posibilitatea procesării paralele.

Au fost efectuate teste în ambele cazuri: exploatarea cărbunelui în prezența unui sistem de degazare și exploatarea fără un sistem de degazare. Pentru ambele cazuri, geometria a fost aceeași, cu excepția găurilor de sondă și a conductelor reprezentând sistemul de degazare. De asemenea, parametrii de intrare au fost aceiași, dar rezultatele sunt diferite.

4. RESULTS AND DISCUSSION

În cazul lipsei unui sistem de degazare, debitul de metan măsurat la ventilatorul puțului de aeraj are o valoare de aproximativ 0.1210 kg/s CH_4 (fig. 4).

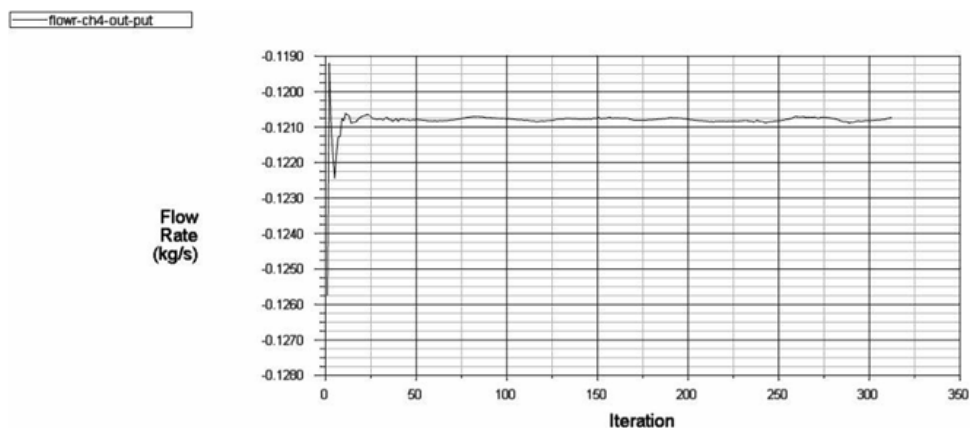


Fig. 4. Debitul de metan la ventilator (fără sistem de degazare)

În cazul al doilea, unde *există* un sistem de degazare, sunt prezente 2 ieșiri din lucrările miniere: una este ventilatorul puțului de aeraj (ca și în cazul precedent), iar a doua reprezintă sistemul de pompe de degazare (în geometria virtuală e suprafața superioară a conductei). Debitul de metan a fost măsurat din nou la nivelul ventilatorului (fig. 5) și la ieșirea din conducta de degazare (fig. 6).

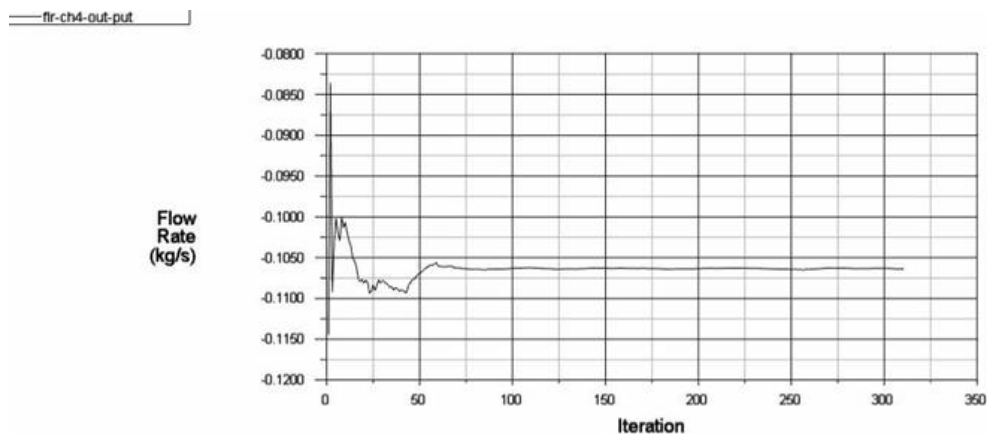


Fig.5. Debitul la ventilator (cu sistem de degazare)

În general, prima sută de iterații nu este luată în considerare, până când calculația simulării devine stabilă. După aceasta, se poate observa faptul că suma celor 2 valori (ventilator și conductă) este aproximativ egală cu valoarea debitului de metan de la ventilator din primul caz ($0,1060+0,0145=0,1205\text{kg/s}$).

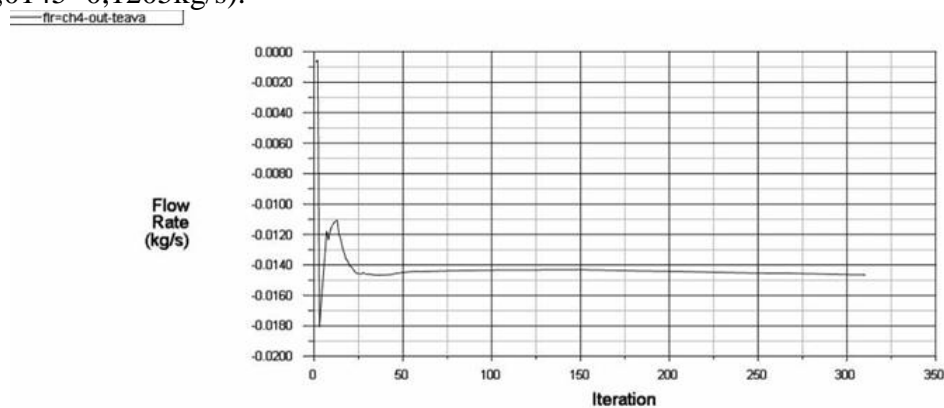


Fig. 6. Debitul la ieșirea din conducta de degazare

Semnul negativ denotă faptul că masa părăsește domeniul discretizat. Comparând rezultatele simulării virtuale cu rezultate din practică (tabel 1), valorile debitelor calculate pot fi integrate cu succes în domeniul valorilor reale măsurate la sistemele de degazare ale exploatării miniere din Valea Jiului.

Tabel 1. Rezultatele simulării

| <i>Exploatare minieră</i> | <i>CH₄ Debit degzare [m³/min]</i> | <i>CH₄ Debit ventilator [m³/min]</i> | <i>CH₄ Debit total [m³/min]</i> | <i>Eficiența degazării [%]</i> |
|---------------------------|---|--|---|--------------------------------|
| Lupeni | 6,8 | 39,2 | 46,0 | 14,7 |
| Paroseni | 4,68 | 28,94 | 33,62 | 13,9 |
| Livezeni | 1,26 | 17,85 | 19,11 | 6,6 |
| Simulare | 1,3 | 9,53 | 10,83 | 12,0 |

În fig. 7 sunt reprezentate liniile de câmp pentru fracțiile masice CH₄ (a), presiune (b) și viteze (c) din interiorul masivului de cărbune, de-a lungul frontului, galeriilor și puțului de aeraj și în interiorul conductelor de degazare, din timpul simulării virtuale.

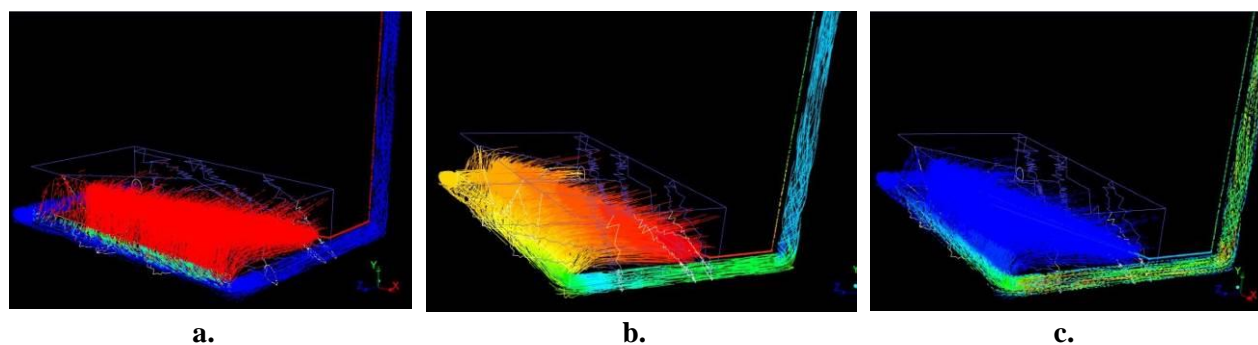


Fig. 7. Liniile de câmp ale fracțiilor masice CH₄, presiune și viteze

6. REFERENCES

- Czaplinski, A. (1971) Simultaneous testing of kinetics of expansion and sorption in coal of carbon dioxide, *Archiwum Gornictwa*, Vol. 16, , p. 227-231.
- Harpalani,S., Chen, G. (1997) Influence of gas production induced volumetric strain on permeability of coal, *Geotechnical and Geological Engineering*, Vol. 15, p. 303–325.
- Li,H.,Ogawa,Y. Shimada, S. (2003) Mechanism of methane flow through sheared coals and its role on methane recovery, *Fuel*, Vol. 82, p. 1271-1279
- Lupu, C.(2007) *Metanul din minele de cărbune*. Editura INSEMEX, Petroșani, Romania
- Matei I., Moraru R.I, Samoilă M., Băbuț G.B, (2000) *Ingineria mediului si ventilația în subteran*. Ed. Tehnică, Bucuresti, România, ISBN: 973-31-1496-0, 427 p.
- * * * H.G. nr. 1049/09.08.2006 privind cerințele minime pentru asigurarea securității și sănătății lucrătorilor din industria extractivă de suprafață sau subteran.