

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE



UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI

ȘCOALA DOCTORALĂ

DOMENIUL DE DOCTORAT: MINE, PETROL ȘI GAZE

TEZA DE DOCTORAT

REZUMAT

**CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA GRADULUI DE
SECURITATE ÎN PROCESUL RECUPERĂRII ȘI
VALORIFICĂRII METANULUI DIN AREALUL
CARBONIFER AL VĂII JIULUI**

Conducător științific:

prof. univ. dr. ing. COZMA EUGEN

Doctorand:

ing. TOMESCU ION - CRISTIAN

Petroșani

2015

Cuvinte cheie: metan, strat de cărbune, tehnologie de captare, instalații de degazare, simulare computerizată, migrarea metanului, risc de explozie, valorificare metan

Introducere

Capitolul I Cercetări asupra gazodinamicii metanului din cărbune

Capitolul II Analiza tehnologiilor de drenare – captare a gazului existent în stratul de cărbune înainte sau în timpul exploatării

Capitolul III Analiza metodelor, schemelor, tipurilor și instalațiilor de degazare utilizate în minele de cărbune din Valea Jiului. Simulare computerizată

Capitolul IV Cercetări asupra dinamicii de migrare a metanului prin medii anizotrope

Capitolul V Cercetări asupra riscului de explozie a metanului din cărbune

Capitolul VI Posibilități tehnice de valorificare a gazului metan provenit de la stația centrală de degazare și curenții principali de evacuare a aerului de la exploatarea minieră Lupeni – studiu de caz

Capitolul VII Concluzii, contribuții personale și propuneri

Bibliografie

Activitatea de cercetare derulată în vederea elaborării tezei și îndeplinirii obiectivelor specifice este axată pe doi vectori caracteristici temei propuse și anume, posibilitățile de recuperare a gazului metan din stratele de cărbune din Bazinul Carbonifer al Văii Jiului și reducerea riscului pentru securitatea și sănătatea lucrătorilor din industria de subteran a cărbunelui.

În prezent, posibilitățile de recuperare a gazului metan din strat în Valea Jiului sunt modeste, ele fiind efectuate doar la două unități economice de exploatare Vulcan și Lupeni, unde gazul drenat prin intermediul instalațiilor de degazare centrală este valorificat pentru consumul intern, la producerea energiei termice. Însă, există disponibilitatea extinderii și implementării proiectelor de valorificare a metanului și la E.M. Livezeni sau minele incluse în programul de restructurare și închidere, în funcție de suportul financiar de care dispun aceste unități. Analiza tehnologiilor de drenare și captare a metanului din prezenta lucrare, poate oferi o parte din soluțiile ce pot fi aplicate în practică.

În cea ce privește creșterea gradului de securitate și sănătate în muncă pentru lucrătorii din subteran, eforturile cercetării au fost concentrate pe o serie de teste efectuate pe standuri experimentale existente în cadrul laboratoarelor de cercetare din componența INCD-INSEMEX Petroșani, pentru studiul dinamicii migrării metanului prin medii anizotrope (soluri), sau determinării parametrilor de explozivitate ai amestecurilor metan-aer sau amestecuri hibride metan-praf. De asemenea, simulările computerizate ale procesului de degazare prin intermediul programului ANSYS FLUENT au dat rezultate comparabile cu cele rezultate din practică ale căror valori pot fi integrate cu succes în domeniul valorilor reale măsurate la sistemele de degazare de la exploatările miniere din Valea Jiului.

Lucrarea conține un număr de 132 de pagini, structurată în 7 capitole și 60 referințe bibliografice, în care sunt expuse rezultatele cercetării:

Primul capitol intitulat „Cercetări asupra gazodinamicii metanului din cărbune” evidențiază o prezentare documentată cu privire la degajarea metanului la minele din Valea Jiului, acordându-se atenție deosebită asupra determinării conținutului de gaz a zăcămintului și a metodelor de măsurare a degajărilor de gaz.

În al doilea capitol cu titlul „Analiza tehnologiilor de drenare – captare a gazului existent în stratul de cărbune înainte sau în timpul exploatării” au fost investigate două grupe mari ale tehnologiilor de captare și drenare a metanului din stratul de cărbune, înainte și în timpul exploatării stratului de cărbune și din spațiul exploatat, în timpul exploatării sau în perioada post-extracție, punându-se accentul pe schemele de principiu a modalităților de aplicare a forajelor, de la suprafață sau în subteran.

În cel de al treilea capitol intitulat „Analiza metodelor, schemelor, tipurilor și instalațiilor de degazare utilizate în minele de cărbune din Valea Jiului. Simulare computerizată,” au fost prezentate sintetic metodele cadru de degazare a stratelor de cărbune și masivelor de roci, funcție de tipul lucrărilor miniere, metoda de exploatare, grosimea și înclinarea stratelor de cărbune, precum și instalațiile de degazare utilizate în regim central sau local. Pe o schemă cadru de degazare a unui abataj în retragere, s-a apelat la un model virtual simplificat cu ajutorul programului ANSYS- un pachet software de analiză cu elemente finite utilizat pe scară largă în industrie și cercetare, obținându-se astfel o previziune eficientă a degazării.

În capitolul patru cu titlul „Cercetări asupra dinamicii de migrare a metanului prin medii anizotrope”, a fost abordat în mod științific fenomenul de migrare a metanului prin sol prin conceperea unui stand de încercări la INSEMEX Petroșani și aplicat în teren, pe trei locații cu permeabilități diferite. Încercările au fost efectuate pe mai multe serii de teste ce au constituit o bază de date statistico-matematică, rezultatele lor fundamentând un model matematic de migrare a gazului în sol.

În capitolul cinci al tezei, „Cercetări asupra riscului de explozie a metanului din cărbune”, activitatea de cercetare a fost orientată pe riscul care îl constituie metanul în concentrații periculoase. S-a tratat fenomenul de explozie, cu mecanismul de producere, factorii de influență și parametrii exploziilor. Pe un stand experimental la INSEMEX Petroșani au fost determinați parametrii de explozivitate specifici amestecurilor aer metan.

Rezultatele cercetării au fost în bună concordanță cu rezultatele obținute prin metode similare la determinarea parametrilor de explozie pentru amestecuri metan-aer de către institute de profil din UE, INERIS-Franța, BASF-Germania și TU DELFT-Olanda. De asemenea, atmosfera aer-metan a zonelor izolate a fost analizată prin intermediul triunghiului de explozivitate Coward conceput într-o nouă interpretare-prisma de explozivitate.

Capitolul al șaselea al tezei intitulat „Posibilități tehnice de valorificare a gazului metan provenit de la stația centrală de degazare și curenții principali de evacuare a aerului de la Exploatarea Minieră Lupeni” cuprinde un studiu de caz în care, gazul metan provenit de la stația centrală de degazare ale minei Lupeni este posibil a fi valorificat în două variante de utilizare, intern și extern. Studiul este centrat pe o serie de calcule ce a cuprins combustibilitatea gazului, cu parametrii de combustie, cu tratarea matematică a interschimbabilității gazelor, a căror rezultate s-au încadrat în anumite valori a indicilor care sunt preferabile sau nu, pentru care gazul obținut de la degazare și pe măsurători executate la cele două stații de ventilație de la E. M. Lupeni, pe perioada unui an de zile, cu elaborarea de fișe de măsurătoare structurate pe debite de aer evacuat din subteran, concentrația de metan, debitul absolut de metan, producția de cărbune, concentrația de metan determinată prin măsurători sub canalul ventilatorului.

Capitolul șapte al lucrării științifice constituit în: „Concluzii, contribuții personale și propuneri”, încheie teza prin prezentarea concluziilor personale și a contribuțiilor teoretice și experimentale ce au fost aduse prin prezenta lucrare. În finalul capitolului sunt expuse propunerile pentru direcțiile de cercetare viitoare, orientate pe: simulări virtuale ale degazării stratelor de cărbune, stimularea creșterii gradului de recuperare a metanului prin înmagazinarea CO₂ în strat, un sistem centralizat de previziune și monitorizare al degajărilor de metan la exploatările miniere din Valea Jiului, și, transport în siguranță a gazului, prin programe software specializate și un studiu de analiză comparativă cu exploatarea gazelor de șist.

Concluzii

Preocupările pentru atingerea obiectivului acestei lucrări științifice privind activitatea de documentare, cercetare din laborator și măsurători în teren sau simulări computerizate au dat rezultate din care, se desprind următoarele concluzii dintre care sunt redate cele mai importante:

- Gazul metan sau gazul de mină cantonat în stratele de cărbune și în rocile înconjurătoare din arealul carbonifer al Văii Jiului, reprezintă în același timp: un pericol iminent în condițiile acumulării în concentrații periculoase în lucrările miniere, o sursă de combustibil și energie alternativă dacă acesta drenat și captat

- (prezintă interes de ordin practic) și o sursă de poluare pentru mediul înconjurător, gaz cu potențial efect de seră când acesta este degajat în atmosferă.
- Emisiile de metan eliberate în atmosferă de unitățile miniere din bazinul carbonifer Valea Jiului – atât prin aerul de mină evacuat prin sistemul de aeraj cât și prin degazare – au o valoare de la 15 până la 45 m³ CH₄ pentru fiecare tonă de cărbune extras.
 - Factori de influență ai degajărilor de metan sunt reprezentați de: producția de cărbune, viteza de avansare, lungimea frontului, suprafața dezvelită, modul de abatere, modul de dirijare a presiunii, grosimea stratului exploatat și presiunea barometrică.
 - Emanațiile de metan la abatajele cu banc de cărbune subminat sunt legate de condițiile de zăcământ și tipul metodei, acestea fiind clasificate în 6 categorii de degajări, pentru care sunt stabilite 5 măsuri de reducere a acestor emisii de gaze.
 - Pentru determinarea conținutului de gaz sunt utilizate două categorii de metode, respectiv: metode directe care, în general se rezumă la măsurarea volumului de gaz eliberat de probele de cărbune, în condițiile în care acestea sunt amplasate în recipiente de desorbție etanși și metode indirecte bazate pe corelații empirice, sau pe date derivate din testele de laborator pentru determinarea curbelor izotermice de absorbție.
 - Cea mai utilizată metodologie pentru determinarea conținutului de metan în cărbune se bazează pe formula empirică a lui Meinser și Kim în care variabilele principale sunt umiditatea, conținutul de materii volatile, volumul de gaz absorbit de cărbunele umed, carbonul fix, grosimea stratului de cărbune și temperatura.
 - Tehnologiile de captare și drenare a metanului sunt împărțite în două grupe mari, și anume: tehnologii destinate captării și drenării metanului din stratul de cărbune înainte și în timpul exploatării stratului de cărbune și tehnologii destinate captării și drenării metanului din spațiul exploatat în timpul exploatării sau în perioada post-extracție.
 - Metode cadru de degazare au fost elaborate în funcție de: tipul lucrărilor miniere, metoda de exploatare, grosimea stratelor de cărbune, înclinarea stratelor de cărbune.
 - Degazarea în sistem central este aplicată la unitățile miniere Livezeni, Vulcan, Paroșeni și Lupeni, în condițiile captării metanului din spațiul exploatat izolat.
 - Degazarea stratelor în sistem local se aplică în cazul în care, cantitățile de gaze aspirate sunt mici și nu se poate asigura menținerea permanentă în conductele de drenare a concentrațiilor de metan mai mari de 20 % vol. și respectiv 30 % vol. CH₄ în conductele principale;
 - Modelul computerizat a degazării stratelor de cărbune prin simulare virtuală cu ajutorul Computer Fluid Dynamic - aplicație ce aparține pachetului multiphysics ANSYS a analizat două categorii de încercări: exploatarea cărbunelui în prezența unui sistem de degazare și exploatarea fără un sistem de degazare.
 - Reducerea cantităților de metan din stratele de cărbune poate diminua concentrația de metan din locurile de muncă, astfel crescând factorul de siguranță și reducând costurile aferente procesului de ventilație minieră, sau reducând la minim întreruperile datorate unui nivel mare de metan, alături de reducerea riscului de poluare a mediului.
 - Pentru efectuarea cercetărilor privind dinamica gazului prin soluri a fost conceput un stand de încercări, cu care se poate injecta gaz metan în sol și se poate măsura concentrația gazului în puncte definite la anumite distanțe de locul injectării.
 - Rezultatele măsurătorilor au stat la baza elaborării *hărții de izolinii* de migrare a gazului metan prin sol, folosind timpii de detectare a creșterii concentrației la punctele de măsurare, utilizând metoda de interpolare între momentul în care gazul metan s-a difuzat la fiecare cap

de detecție, amplasat în orificiile practicate în sol. A fost identificată forma analitică a funcției timp, raportată la distanțele parcurse de gazul migrat și imaginea sa geometrică (curba de regresie).

- Rezultatul cercetărilor s-a concretizat într-un model matematic al fenomenului de migrare, care cuprinde două componente: acumulare și migrare ca efect al diferenței de presiune.
- Fenomenul de explozie este, în esență, un proces fizico - chimic extrem de rapid, de ardere a unor substanțe sau preparate inflamabile, însoțit de o transformare la fel de rapidă a energiei lor potențiale în lucru mecanic. Condițiile necesare de producere a unei explozii suprapuse în timp și spațiu sunt: carburantul, comburantul (oxigenul) și sursa de inițiere.
- Principalii factori de influență asupra capacității distructive, aleatoare pe direcțiile de propagare a exploziei sunt: compoziția amestecului exploziv, temperatura, energia de aprindere, turbulența reflexia și compresia adiabatică.
- Pentru determinarea parametrilor de explozivitate (presiunea maximă de explozie P_{max} , viteza maximă de creștere a presiunii $(dp/dt)_{max}$ și factorul de severitate al exploziei K_g) specifici amestecurilor aer – metan s-a efectuat o serie de teste pe un stand experimental specializat, din cadrul Laboratorului de Electrosecuritate din cadrul INCD-INSEMEX, iar determinările parametrilor au fost orientate în trei direcții de cercetare.
- Prima direcție a cercetărilor a fost efectuarea de teste de încercare pe amestecuri metan- aer cu standul experimental și de a compara rezultatele obținute cu rezultate din literatura de specialitate din UE. Rezultatele obținute și interpretările grafice au fost comparate cu rezultatele obținute de metode similare efectuate de INERIS -Franța, BASF- Germania și TU DELFT-Olanda.
- A doua și a treia direcție de cercetare a cuprins teste de încercare pentru amestecuri hibride de praf de cărbune și metan.
- Metanul în amestec cu praful de cărbune, chiar și la concentrații sub limita de explozie este implicat în procesul de combustie, influențând comportamentul exploziv al amestecului (amestec hibrid – praf de cărbune – metan-aer).
- Prisma de explozivitate reprezintă o interpretare a triunghiului de explozivitate prin prisma factorului timp t și este reprezentat într-un sistem de coordonate spațial $CH_4 - O_2 - t$.
- Prin utilizarea prisme de explozivitate se poate prognoza momentul în care punctul X, care definește atmosfera analizată, intersectează prisma de explozivitate, intervalul de timp necesar traversării prisme de explozivitate precum și momentul în care iese din prisma de explozivitate. Utilizarea tehnicii de calcul și a monitorizării continue a variabilelor implicate în analiza unui risc de explozie, reprezintă un instrument puternic la îndemâna factorilor decizionali în vederea instrumentării situațiilor critice întâlnite în subteran.
- Activitatea de cercetare a posibilităților tehnice de valorificare a gazului metan provenit de la stația centrală de degazare de la E.M. Lupeni s-a centrat pe o serie de calcule ce a cuprins combustibilitatea gazului, cu parametrii de combustie, cu tratarea matematică a interschimbabilității gazelor, a căror rezultate s-au încadrat în anumite valori a indicilor care sunt preferabile sau nu, pentru care gazul obținut de la degazare.
- Pentru valorificarea a gazului metan provenit de la stația centrală de degazare ale minei Lupeni au fost luate în considerare următoarele variante de utilizare:
 - a) Utilizarea gazului la producerea, în sistem centralizat a agentului termic pentru încălzirea cartierului (coloniei) “Ștefan” și la producerea apei calde menajere.
 - b) Utilizarea gazului în cadrul centralei termice existente în incinta principală a minei Lupeni.
- Valorificarea gazului metan provenit din curenții principali de evacuare a aerului din mina Lupeni, la o concentrație a metanului $CH_4 < 1\%$, utilizând tehnologia cu

ardere catalitică CFRR este recomandabilă în urma simulărilor pe calculator și avantajoasă în ce privește protecția mediului.

- Opțiunile accesibile și/sau disponibile de utilizare a metanului captat prin tehnologia CBM/VCBM/CMM și VAM includ: producerea energiei electrice, încălzirea unor spații industriale sau urbane, consumatorii casnici și în industrie (la presiune scăzută în coloanele de distribuție) și în sistemul național de distribuție al gazului (la presiune ridicată).

Contribuții personale

Ca urmare a activității de cercetare teoretică, experimentală și bibliografică, desfășurată în cadrul temei, orientată pe creșterea gradului de securitate în procesul recuperării și valorificării metanului din stratele de cărbune aferente Bazinului carbonifer al Văii Jiului s-au obținut rezultate în care se evidențiază următoarele contribuții personale:

- Am efectuat un studiu de analiză a degajării metanului în minele din Valea Jiului, în care emisiile de metan sunt exprimate prin debitele relative și absolute de metan la cele 7 unități miniere, precum și a factorilor de influență ai acestor degajări.
- Prin deplasările în subteran la unitățile miniere am efectuat măsurători subterane ale concentrațiilor de gaze și control al metanului în lucrările miniere active. Am identificat 6 surse de metan legate de condițiile de zăcământ la exploatarea cărbunelui prin metoda cu banc subminat și ponderea lor în bilanțul de metan al abatajelor.
- Am analizat diverse tipuri de tehnologii CBM/VCBM/CMM și VAM de drenare – captare a gazului metan din stratul de cărbune, care sunt aplicate înainte și în timpul exploatării stratului de cărbune și din spațiul exploatat în timpul exploatării și în perioada post-extracție.
- Am efectuat o analiză critică a metodelor, schemelor, tipurilor și instalațiilor de degazare a stratelor de cărbune din Bazinul Văii Jiului precum și o simulare virtuală pe calculator centrată pe una din schemele de degazare aplicată la un abataj în retragere. Utilizând tehnica Computer Fluid Dynamic și programul ANSYS, s-au efectuat două tipuri de teste în scopul previzionării degajării stratului: exploatarea cărbunelui în prezența unui sistem de degazare și exploatarea fără un sistem de degazare.
- Am participat la efectuarea de teste pe standul experimental specializat, în Laboratorul Electrosecuritate, din cadrul INCD-INSEMEX, pentru determinarea parametrilor de explozivitate (presiunea maximă de explozie P_{max} , viteza maximă de creștere a presiunii $(dp/dt)_{max}$ și factorul de severitate al exploziei K_g) specifici amestecurilor aer – metan, a căror interpretare grafică a rezultatelor a fost în concordanță cu rezultatele obținute cu metode similare de către institute de profil din UE.
- Am luat în considerare posibilitatea utilizării prisme de explozivitate, printr-o interpretare nouă a Diagramei Coward (triunghiul de explozivitate) prin prisma factorului timp „t”.
- Am efectuat mai multe serii de cercetări in teren la INCD-INSEMEX Petroșani asupra dinamicii de migrare a metanului prin medii anizotrope, utilizând ca stand de încercări o centrală de măsurare a concentrațiilor de metan cu 16 canale de detecție și conectată la un calculator.
- Am trasat hărțile de izolinii de migrare (izotemporale) care caracterizează modul de migrare a gazului, folosind timpii de detectare și variație a CH_4 difuzat la fiecare cap de detecție.

- Am identificat curba de regresie în expresie analitică a funcției timp raportată la distanțele parcurse de gazul migrat și imaginea geometrică.
- Am formulat ipoteze în vederea elaborării modelului matematic al difuzării CH₄ prin medii anizotrope.
- În vederea valorificării CH₄, am efectuat o serie de calcule, ce a cuprins combustibilitatea gazului, cu parametrii de combustie, cu tratarea matematică a interschimbabilității gazelor, pentru gazul extras prin stația centrală de degazare de la E.M. Lupeni.
- Am stabilit două variante de utilizare a gazului, ca posibilități tehnice de valorificare, cu un calcul tabelar ale valorilor debitelor calorice, în 5 cazuri a debitelor de gaze extrase.
- Am întocmit datele înregistrate din măsurători la cele două stații de ventilație de la E. M. Lupeni, pe perioada unui an de zile și elaborate fișe de măsurătoare structurate pe debite de aer evacuat din subteran, concentrația de metan, debitul absolut de metan, producția de cărbune, concentrația de metan determinată prin măsurători sub canalul ventilatorului.

Propuneri pentru direcții de cercetare viitoare

- Extensia și aprofundarea simulărilor virtuale ale degazării stratele de cărbune pe toate schemele impuse de Regulamentul de Sănătate și Securitate în Muncă în activitatea de minerit, utilizând tehnica CFD și programul ANSYS.
- Realizarea unui sistem centralizat de previziune al degajărilor de metan la exploatarea miniere din Valea Jiului, cu un control asupra debitelor de aer vehiculate în subteran prin programe specializate pentru rezolvarea rețelelor de aeraj: CANVENT, VENTSIM VISUAL ADVANSED, VENPRI.
- Revizuirea procedurilor de control și reglare a instalațiilor de degazare la nivelul rețelelor subterane de conducte și la nivelul stației de degazare, reprezintă o premisă creștere a securității și sănătății în muncă
- Pentru o valorificare eficientă a metanului din stratele de cărbune din Valea Jiului sub toate formele tehnologice de captare și drenare, CBM /VCBM/CMM și VAM, înainte, în timpul exploatarea sau post exploatare se impune necesitatea monitorizării extracției și consumului, rezultând o imagine clară asupra tipului de tehnologie utilizată la valorificare, pentru consum intern al unităților economice extractive, a reducerii costurilor energetice și a riscului de poluare a mediului, contribuind astfel la dezvoltarea unei bune practici de mediu.
- Crearea unei baze de date prin cuantificarea rezultatelor monitorizării, pentru analiză și folosire sistematică și continuă a informațiilor care, intervin în întregul lanț energetic în activitățile legate de prospectarea, valorificarea CH₄, conversia într-o formă de energie, stocarea, transportul, distribuția și consumul diferitelor forme de energie (termică sau electrică), la nivel local, eventual de introducere în sistemul energetic național.