



UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
ȘCOALA DOCTORALĂ
DOMENIUL DE DOCTORAT: MINE, PETROL ȘI GAZE

Ing. EVA BIRO (KOROZSI)

REZUMAT
TEZĂ DE DOCTORAT

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA SIGURANȚEI
ÎN EXPLOATAREA CĂRBUNELUI
LA E.M. LIVEZENI

RESEARCH ON INCREASING SAFETY
IN COAL EXPLOITATION
AT E.M. LIVEZENI

Conducător științific,
Prof. univ. dr. ing. SORIN MIHAI - RADU

Petroșani
2021

CUPRINS

INTRDUCERE	4
CAPITOLUL I	7
METANUL, ORIGINI ȘI CARACTERISTICI.	7
1.1 Geneza metanului și formele de conservare în zăcământ.	7
1.2 Presiunea gazelor în stratele de cărbuni	9
1.3 Zonalitatea gazelor într-un zăcământ și gradientul debitului relativ de metan	12
1.4 Conținutul de gaze ale stratelor de cărbuni	12
1.5 Permeabilitatea la gaze a stratelor de cărbuni.	16
1.6 Degajarea metanului.	18
1.7 Mecanismul și regimul degajărilor de gaz într-un abataj, factorii de exploatare ce influențează variația conținuturilor de metan al unui abataj.	21
1.7.1. Permeabilitatea la gaz a masivului neafectat de exploatare.	21
1.7.2. Factorii de influență a emisiilor de metan.	22
1.7.3. Modificări accidentale ale emisiilor de metan.	32
CAPITOLUL II	38
EMISIILE DE METAN ÎN LUCRĂRILE MINIERE ÎN EXECUȚIE ȘI ÎN ABATAJE.	38
2.1 Emisiile de metan în lucrările miniere de execuție.	38
2.1.1. Mecanismul degajării de metan în lucrările miniere în săpare funcție de poziția acestora în raport cu porțiunile de zăcământ exploatate.	38
2.1.2 Metode de prognoză ale degajării de metan în lucrările miniere în săpare.	41
2.2 Emisiile de metan în abataj	50
2.2.1 Destinderea și fisurarea în jurul excavațiilor miniere.	50
2.2.2 Zonele detensionate și fisurate din jurul unui front de lucru.	51
2.2.3 Previzionarea aparițiilor de metan în abataje.	53
2.3 Caracterul dependenței dintre producția extrasă și emisia de metan.	62
2.4 Prognoza apariției concentrațiilor periculoase de metan în returul abatajelor.	70
2.5 Investigații pentru prevenirea degajărilor de metan din minele de cărbuni.	74
2.5.1 Recunoașterea rapidă a zonelor cu pericolul degajării de metan în lucrările miniere de înaintare executate mecanizat prin determinarea valorii QV30.	80

2.5.2 Valoarea limită a lui QV30 pentru pericolul de degajări de metan în cazul deranjamentelor tectonice.	82
CAPITOLUL III	
REGIMUL ACUMULĂRILOR DE METAN ÎN SPAȚIUL EXPLOATAT AL ABATAJELOR FRONTALE.	88
3.1 Modelarea fenomenului de acumulare a metanului în spațiul exploatat	101
3.2 Regimul emisiilor de metan în spațiul exploatat.	104
3.2.1 Dimensiunea zonei de influență a abatajului asupra masivului înconjurător și formarea în timp a acestei zone.	105
3.2.2 Determinarea porozității și permeabilității rocilor în zonele detensionate din jurul abatajelor.	107
3.2.3 Durata procesului de degazare a stratelor apropiate.	110
3.2.4 Variația presiunii gazului în zona detensionată.	111
3.3 Determinarea emisiei de gaze din stratele apropiate.	112
3.4 Determinarea degajărilor de gaze din stratele învecinate cu ajutorul nomogramelor.	114
3.5 Curgerea metanului prin fisurile și crăpăturile din masiv. Legități de curgere a metanului. Rezolvarea sistemului care descrie curgerea metanului pentru determinarea cantității degajate din masivul influențat de exploatare prin fisuri și crăpături.	117
CAPITOLUL IV	
ECHIPAMENTE I.T. ȘI PROGRAME SPECIALIZATE PENTRU REZOLVAREA REȚELELOR DE VENTILAȚIE	124
4.1. Ventsim	124
4.2. MVS - Servicii de ventilație pentru mină	127
4.2.1. VnetPC	127
4.2.2. MineFire	127
4.2.3. DuctSIM	127
4.2.4. Software-ul CLIMSIM	128
4.3. Vuma-3D	128
4.4. VentGraph	128
4.5. Ven Pri.	130
4.6. 3D-CANVENT	131
CAPITOLUL V	
REZOLVAREA REȚELEI DE AERAJ AFERENTE MINEI LIVEZENI CU AJUTORUL 3D-CANVENT	135
5.1. Analiza Sistemului de aeraj al minei Livezeni	135
5.1.1 Generalități	135
5.1.2 Distribuția debitelor de aer pe circuitele de aeraj	135

5.2 Determinarea rezistențelor aerodinamice ale lucrărilor miniere	136
5.3. Elaborarea schemei rețelei de aeraj a minei LIVEZENI	137
CAPITOLUL VI	
REZOLVAREA REȚELEI DE AERAJ AFERENTE MINEI LIVEZENI CU AJUTORUL – VENTSIM	148
6.1. Analiza Sistemului de aeraj al Minei Livezeni	148
6.1.1 Generalități	148
6.1.2 Distribuția debitelor de aer pe circuitele de aeraj	148
6.1.3 Străpungeri de lucrări miniere	151
6.2. Elaborarea schemei de aeraj a minei Livezeni	152
6.2.1. Programul VENTSIM	152
6.2.2. Caracteristicile programului VENTSIM	154
6.3. Rezolvarea rețelei de aeraj a minei LIVEZENI	154
CAPITOLUL VII	163
CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE	
12.1 Concluzii	163
12.2 Contribuții personale	168
12.3 Limite ale studiului și direcții de cercetare viitoare	170
12.3.1 Limite ale studiului	170
12.3.2 Direcții de cercetare viitoare	171
BIBLIOGRAFIE	172
ANEXE	181

1. CUVINTE CHEIE

În continuare pentru o mai bună înțelegere a expunerii ce urmează se impune enumerarea câtorva noțiuni specifice domeniului abordat : *metan, strat de cărbune, migrarea metanului, abataje, debit relative, degazare, simulare computerizată,*

INTRODUCERE

Mineritul a stat la baza dezvoltării societății umane, prin asigurarea bazei de materii prime și materiale necesare desfășurării altor activități atât pe orizontală cât și pe verticală, din punct de vedere economic, fiind principala sursă de producere a energiei electrice.

Pentru asigurarea funcționării continue a întregului lanț de producere a energiei electrice, este necesară alimentarea constantă cu cărbune a termocentralelor și de aceea este importantă prevenirea situațiilor de avarie care pot conduce la: pierderi de vieți omenești, pierderi materiale, respectiv la imobilizarea unor importante rezerve de cărbune.

Aerajul minier reprezintă un domeniu extrem de sensibil și complex care înglobează o multitudine de discipline, puse în slujba realizării și menținerii condițiilor de securitate și sănătate în muncă, în mediul subteran.

Organizarea activității în minerit, trebuie să realizeze deci compatibilitatea dintre tehnicile de exploatare, noile tehnici de monitorizare și urmărire a proceselor, și exigențele economice și de securitate.

Dacă secole întregi, exploatarea cărbunelui s-a făcut în condițiile asumării resemnate a riscului cauzat de existența gazului metan în atmosfera minieră, perioadele recente sunt caracterizate de cercetări și căutări, pentru găsirea posibilităților de reducere și eliminare, a pericolului ce îl reprezintă exploziile și aprinderile de metan, cu ajutorul celor mai noi tehnici asistate de computer.

În toată lumea, există cercetări, având ca scop cunoașterea tuturor elementelor legate de prognozarea, apariția și prevenirea pericolului provocat de gazul metan, acestea au demonstrat că nici un preț nu este prea mare pentru a răsplăti cuceririle tehnice ce stau la baza stăpânirii și controlului securității muncii în subteran.

Toate studiile și cercetările din această teză, au avut ca scop creșterea securității și siguranței activității de exploatare a cărbunelui la Exploatarea Minieră Livezeni.

Gradul de civilizație al unei țări se măsoară astăzi și după grija acordată pentru a asigura condiții optime de lucru, și pentru prevenirea accidentelor de muncă.

Atât timp cât mai este de actualitate exploatarea cărbunelui în țara noastră, se impune o atenție deosebită asupra securității locurilor de muncă din subteran, securitate care este dată de buna înțelegere și proiectare a rețelelor de aeraj aferente acestor lucrări miniere de exploatare.

În România, exploatarea cărbunelui superior se realizează doar în Bazinul Carbonifer Valea Jiului, cel mai mare zăcământ de huiă din zonă cu o rezervă industrială de peste 300 milioane de tone, această activitate având o pondere dominantă în economia zonei.

Exploatarea Minieră Livezeni se află în partea estică a bazinului și are o capacitate de producție anuală la momentul actual, de 170.000 tone cărbune.

Emanățiile de metan, înregistrate la nivel de mină sunt determinate de debitul absolut $q_a=15,7 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{min}$ și debitul relativ $q_r=14,0 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{tonă}$.

Procesul de exploatare se desfășoară la nivelul a două straturi: stratul 3 și stratul 13, la orizonturi diferite, prezenta lucrare fiind orientată pe stratul 13, orizontul 100, zonă preconizată a rămâne în exploatare în următorii ani.

Metanul, a stat permanent în atenția oamenilor de știință și continuă să fie analizat cu atenție din trei motive principale și anume:

- acest gaz reprezintă un produs natural și apare frecvent în excavațiile miniere subterane;
- este cauza mai multor catastrofe care au dus la pierderi de vieți omenești;
- din punct de vedere al inflamabilității, este un factor important în producerea unor accidente cu mari implicații tehnice și sociale.

Se cunoaște că la exploatarea stratelor, în spatele abatajelor datorită deplasării rocilor se formează zone cu un volum mare goluri, unde se formează adevărate rezervoare de metan și care prin procedeele tehnologice de dirijare a presiunii miniere pot fi împinse în spațiul abatajelor.

Împingerea metanului în spațiul abatajelor produce creșterea bruscă a concentrațiilor de metan în aceste lucrări, afluența metanului manifestându-se în zona intersecțiilor dintre abataj și galeria de evacuare a aerului viciat.

Din punct de vedere al securității muncii în subteran, problemele pot fi ordonate în două categorii, dependente una de alta și anume aerajul în accepțiunea clasică pe de o parte, iar pe de altă parte emisiile de metan sub toate formele pe care le implică, și anume: prognozare, control, combatere.

În acest context, realizarea și menținerea unui aeraj corespunzător, care să permită vehicularea unor cantități mari de aer proaspăt către lucrările miniere active și care să poată efectua diluarea metanului cu aer proaspăt, până la concentrații de 5-10 ori mai mici decât limita inferioară de explozivitate, reprezintă mijlocul principal de prevenire și combatere a exploziilor în subteran.

Domeniul modelării și simulării computerizate a rețelelor de aeraj minier, utilizând aplicații software specializate, moderne, este, din păcate, prea puțin atins și exploatat în practica inginerescă națională. Pe plan internațional, există și se utilizează, în majoritatea țărilor cu tradiție în exploatarea subterană a cărbunelui, pachete software dedicate, dezvoltate în vederea proiectării rețelelor de aeraj complexe, modelării și simulării computerizate a oricărei situații tehnic posibile, pe tot ciclul de funcționare a exploatărilor miniere.

Relevanța lucrării constă în avantajele utilizării tehnicilor de simulare computerizată, în controlul și conducerea rețelelor de aeraj, după cum urmează:

- suport în alegerea soluțiilor tehnice corecte;
- simulările computerizate permit utilizatorului să testeze în detaliu orice aspect al unei modificări propuse sau orice set de scenarii, fără a consuma nici o resursă în acest proces;
- explorarea posibilităților - odată realizat modelul virtual, inginerul specialist în sisteme de aeraj, poate încorpora în acesta, orice modificare și poate evalua și observa efectul acestor schimbări, în cadrul unor simulări, aproape în timp real, fără necesitatea alterării sistemului real;
- diagnosticarea problemelor și obținerea unei vederi de perspectivă asupra importanței oricărei componente ale sistemului și a variabilelor care influențează calitativ și cantitativ funcționarea rețelei de aeraj, conduc la creșterea nivelului de cunoaștere și înțelegere a efectelor acestora asupra performanței întregului sistem, în special în etapa proiectării minei;
- instrument important de planificare a modificărilor în rețeaua de aeraj.

Operarea computerizată a unei unități miniere reprezintă un proces caracterizat printr-o dinamică continuă, pe tot parcursul funcționării acesteia, pe măsură ce se deschid noi fronturi de lucru sau se închid spații exploatate, vechi.

Tehnicile de simulare computerizată, având integrate capacități de reprezentare grafică tridimensională, posibilități de import din aplicații CAD, vizualizarea animată a oricărui detaliu din rețea, etc. constituie caracteristici deosebit de importante puse la dispoziția operatorului.

Pornind de la avantajele evidente oferite de aceste pachete software specializate, teza de doctorat și-a propus următoarele obiective:

- studiul mecanismului și al regimului degajării de metan într-un abataj, factorii de exploatare ce influențează variația conținuturilor de metan într-un abataj
- studiul emisiilor de metan în lucrările miniere în execuție și în abataje
- considerații generale privind regimul acumulărilor de metan în spațiul exploatat al abatajelor frontale;
- regimul emisiilor de metan în spațiul exploatat și posibilități de prognoză a acestora
- tehnologii de drenare – captare a gazului existent în stratul de cărbune înainte sau în timpul exploatării
- analiza metodelor, schemelor, tipurilor și instalațiilor de degazare utilizate în minele de cărbune din Valea Jiului.
- metode de combatere a emisiilor de metan din zona intersecțiilor abatajelor cu galeria de evacuare a aerului viciat și măsuri de prevenire a aprinderilor acestora
- generalități privind aerajul minier
- utilizarea echipamentelor IT și a programelor specializate pentru rezolvarea rețelelor de ventilație
- rezolvarea rețelei de aeraj aferente minei Livezeni - 3D CANVENT
- rezolvarea rețelei de aeraj aferente minei Livezeni – VENTSIM
- simulări realizate pe rețeaua de aeraj aferentă Exploatării Miniere Livezeni.

Conform proiectului Strategiei energetice a României 2019-2030, cu perspectiva anului 2050, “producția de lignit și huiă în România depinde direct de cererea națională de resurse energetice primare în sectorul de producere a energiei electrice și de resurse/rezervele de care dispune România. Rolul cărbunelui în mixul de energie electrică va depinde de competitivitatea

prețului materiei prime, cu influență directă în prețul energiei produse din această resursă energetică primară”.

“Conform aceluiași document, “necesarul de huiă pentru producerea energiei electrice și termice va fi asigurat din producția minelor Vulcan și Livezeni, completat cu necesarul din import, până la reconfigurarea capacităților termoenergetice nerentabile de pe huiă pe altă resursă energetic primară mai eficientă”. De asemenea, documentul de strategie menționat mai sus, în anul 2030 prevede o pondere a producției de energie pe bază de cărbune de aproximativ 20% față de aproximativ 26-27% cât este în prezent”, notează Ministerul Energiei. www.replicahd.ro

1. IMPORTANȚA ȘI NECESITATEA TEMEI. OBIECTIVELE ȘI STRUCTURA TEZEI

Obiectivul tezei

Obiectivul principal al tezei a fost găsirea unor instrumente și soluții originale pentru sprijinirea personalului specializat în domeniul securității și sănătății în muncă, și a altor factori interesați de îndeplinirea obligațiilor prevăzute în legislația națională cu privire la prevenirea riscului de explozie.

Rezultatul vizat constă în identificarea pe baza studiilor realizate a dificultăților și problemelor care conduc la riscul de explozie, în cadrul exploatărilor subterane de cărbune, și rezolvarea în consecință a problemelor prin prognozare și simulare computerizată.

Obiectivele specifice

După studiul aprofundat al modalităților de degajare al metanului atât din spațiile exploatare cât și din masivul de cărbune afectat în timpul exploatării, studiind evoluția concentrațiilor în baza unor măsurători reale din timpul exploatării cărbunelui, am continuat cu transpunerea datelor geodezice ale E.M.Livezeni realizând modelarea computerizată a exploatării miniere.

Am utilizat programul 3D CANVENT pentru modelarea și rezolvarea rețelei de aeraj a minei Livezeni în faza inițială. De asemenea am utilizat programul specializat Vensim Visual Advanced pentru modelarea și rezolvarea rețelei complexe de aeraj aferente minei Livezeni, în etapa actuală.

Structura tezei

Teza de doctorat debutează cu o parte introductivă consacrată expunerii importanței, scopului și obiectivelor cercetării. Corpul de bază este structurat în șapte capitole destinate prezentării demersului științific și trei anexe, însumând 186 pagini,

Fiecare capitol are o dimensiune apreciabilă, prezentare grafică și logică adecvată, iar ansamblul lucrării este susținut prin inserarea a 128 figuri și 29 tabele, precum și o listă de 91 referințe bibliografice citate în lucrare.

În cadrul lucrării sunt prezentate sintetic și sistematic cercetările autorului, reprezentând rezultatele eforturilor de documentare, rezultatele experimentărilor efectuate, demersul de analiză și interpretarea datelor obținute din măsurători.

Teza de doctorat este concepută ca un tot unitar fundamentat pe studii de caz și se finalizează cu metodele de supraveghere și control ale atmosferei explosive din subteran.

În **capitolul I** intitulat „METANUL, ORIGINI ȘI CARACTERISTICI” evidențiază o prezentare documentată cu privire la degajarea metanului în minele de cărbune în special cele din Valea Jiului, acordându-se atenție deosebită asupra determinării conținutului de gaz a zăcămintului și a metodelor de măsurare a degajărilor de gaz.

Cercetările realizate pe plan mondial, au demonstrat că o pondere ridicată în bilanțul total de metan al abatajelor îl constituie metanul provenit din spațiul exploatat. Migrarea metanului din spațiul exploatat spre abataj este determinată de mai mulți factori, dintre care cei

mai importanți sunt dirijarea presiunii miniere, circulația aerului prin spațiul exploatat, diferența de presiune creată de variația aerului prin lucrările miniere aferente abatajului ceea ce descrie un fenomen complex.

În capitolul II intitulat „ EMISIILE DE METAN ÎN LUCRĂRILE MINIERE ÎN EXECUȚIE ȘI ÎN ABATAJE ” au fost studiate diverse metode de prognoză ale degajărilor de metan în lucrările miniere în săpare. Emisiile de metan au fost studiate în amănunt pe cazuri concrete variația concentrațiilor de metan și pericolul pe care-l poate prezenta metanul din spațiul exploatat al abatajelor frontale, care coroborat cu modificarea concentrației de oxigen, viteza de mișcare a fluxului de gaze și interacțiunea cărbune și rocă cu amestecul de gaze care realizează un transfer de căldură și masă în spațiul exploatat, pot duce la catastrofe cu urmări grave.

S-au luat în calcul toate posibilele influențe ale degajărilor de metan precum densitatea și fisurarea masivului din vecinătatea lucrărilor miniere în exploatare, rezistența la curgere a metanului în sistemul de fisuri precum și viteza de degajare limitată de cinetica de desorbție a cărbunelui.

O problemă importantă este, cunoașterea valorii momentane a conținutului de metan în toate punctele circuitului de aeraj al unui abataj. S-au făcut studii pentru previziuni pe durate scurte sau medii, precum și pentru perioadele nelucrătoare ale emisiilor la nivelul abatajelor.

Dependența dintre producția de cărbune extrasă și emanațiile de metan s-a studiat de asemenea pe cazuri concrete, acest studiu s-a redus la stabilirea valorii medii zilnice, lunare ale producției extrase și respectiv ale debitului absolut de metan pe timp de un an. Conținutul de gaz al stratului (variabil în limite largi de la un bloc la altul), deplasarea pachetului de roci acoperitoare, precum factori accidentali pot cauza emisii mari de metan, eliminând astfel influența producției.

Verificarea dependenței dintre emisia de metan și variația debitului de aer s-a efectuat pe baza analizei rezultatelor în cazul obturării treptate a galeriei de retur a aerului abatajelor, valoarea debitului de aer scăzând treptat. În consecință, variația debitului de aer trebuie considerată ca un factor important care acționează asupra emisiei de metan, de care trebuie să se țină seama în cazul modificării circuitelor de aeraj și implicit a cantităților de aer vehiculate în mină.

Prognoza concentrațiilor periculoase de metan este foarte importantă pentru prevenirea unor evenimente cu consecințe extrem de grave în cazul acumulărilor de metan din plaja de explozivitate cuprinsă între 4% și 16%.

Pentru o recunoaștere cât mai rapidă a anomaliilor în emisiile de metan în perioada de început de exploatare a fronturilor în cărbune, a fost propus un parametru definit ca și conținut relativ acumulat (producerea de gaze), care se calculează ca un coeficient al conținutului absolut de metan ce se adaugă zilnic la producția zilnic adăugată.

Tot pentru o recunoaștere cât mai rapidă a zonelor de strat expuse degajărilor de metan în lucrările miniere de pregătire executate mecanizat, cercetătorii din Germania au pus la punct o nouă metodă cu ajutorul computerului. Metoda constă în determinarea cvasivalorii V30 (QV30) pe baza volumelor de metan degajate suplimentar în timpul operațiilor de tăiere și masa de cărbune tăiat.

În capitolul III intitulat „ REGIMUL ACUMULĂRILOR DE METAN ÎN SPAȚIUL EXPLOATAT AL ABATAJELOR FRONTALE ” În urma cercetărilor efectuate s-a evidențiat faptul că, la metoda de exploatare cu stâlpi lungi pe direcție în retragere, spațiul exploatat are o pondere mai redusă în bilanțul total de metan al abatajului decât în cazul metodei de exploatare cu front lung în avans.

Cercetările realizate pe plan mondial, au demonstrat că o pondere ridicată în bilanțul total de metan al abatajelor îl constituie metanul provenit din spațiul exploatat;

Migrarea metanului din spațiul exploatat spre abataj este determinată de mai mulți factori, dintre care ca cele mai importante sunt dirijarea presiunii miniere, circulația aerului prin

spațiul exploatat, diferența de presiune creată de variația aerului prin lucrările miniere aferente abatajului ceea ce descrie un fenomen complex;

Măsurătorile efectuate la mina Livezeni, au evidențiat concentrații de metan de 31,6% în apropierea galeriei de cap, scăzând spre zona centrală la 10,8% respectiv 0,2 – 3,3% vol;

Valorile concentrațiilor de metan măsurate în spațiul exploatat au fost influențate de multitudinea de factori dintre care menționez: scurtcircuitările de aer prin spațiul exploatat, înclinarea stratului, degazarea spațiului exploatat.

Rezultatele măsurătorilor au fost prelucrate pe calculator, luându-se în analiză pentru descrierea cât mai corectă a procesului de acumulare a metanului în spațiul exploatat patru tipuri de funcții și anume:

$$y = ax^2 + bx + c$$

$$y = ax^3 + bx^2 + cx + d$$

$$y = ax^b$$

$$y = a \cdot (x+1)^b \cdot e^{c \cdot x}$$

Analiza rezultatelor măsurătorilor efectuate în vederea stabilirii regimului de acumulare a metanului în spațiul exploatat, precum și prelucrarea rezultatelor au evidențiat că odată cu avansarea pe direcție a abatajului, concentrațiile de metan cresc lent până la o valoare maximă, după care se observă o ușoară tendință de scădere până la o distanță de circa 80 – 100 m după care se constată o creștere a concentrațiilor de metan;

Menținerea, respectiv tendința ușoară de scădere a concentrațiilor de metan acumulate în spațiul exploatat este explicabil prin circulația de aer care există prin spațiul exploatat datorită permeabilității acestuia.

Circulația aerului prin spațiul exploatat este posibilă ca urmare a faptului că procesul de tasare al rocilor se termină, conform datelor după circa 80 – 100 m, măsurători debitmetrice arătând că în spațiul exploatat pătrunde un debit de aer cuprins între 60 – 120 m³/min;

Concentrațiile de metan mai ridicate ale abatajului se măsoară în zona intersecției dintre galeria de evacuare a aerului din abataj și abataj, ce se datorează faptului că pe lângă metanul ce provine din stratul de cărbune în exploatare în această zonă ajunge și metanul antrenat de circulația aerului prin spațiul exploatat contribuind major la creșterea concentrațiilor de metan; În urma prelucrării datelor, precum și a calculului coeficientului de corelare „R” dintre concentrația de metan, distanța dintre punctele de măsurare și abataj a rezultat că procesul de acumulare a metanului în spațiul exploatat este descris cel mai corect de funcția :

$$y = a(x+1)^2 \cdot e^{cx}$$

Ca urmare a multitudinii de factori care influențează regimul acumulărilor de metan în spațiul exploatat, nu se poate încă stabili precis o legătură de acumulare a metanului din spațiul exploatat.

Pentru ușurarea cercetărilor și pentru cuprinderea mai multor factori variabili, vom încerca ranspunerea întregii problematice a acumulărilor de metan în spațiul exploatat și a combaterii acestora pe un model toretic prin încercarea de a aplica teoria similitudinii în studiul acumulărilor de metan în spațiul exploatat.

Modelul fizic (teoretic) luat în studiu se referă la un câmp de abataj cu lungimea frontului de 80 m, care a avansat pe direcție 100 – 150 m, distanță care este suficientă pentru stabilirea regimului de acumulare a metanului în spațiul exploatat. În cadrul modelului, înălțimea zonei de influență a abatajului s-a aproximat la 30 m, distanță la care s-a considerat existența unui strat însoțitor ce ar intra în zona de influență al abatajului și ar degaja metan la o anumită suprapresiune.

Sursele de proveniență a metanului care se acumulează în spațiul exploatat sunt: cărbunele care rămâne accidental sau voit în spațiul exploatat; rocile înconjurătoare purtătoare

de gaze și stratele de cărbuni exploatabile sau neexploatabile care se află în zona de influență a abatajului.

Pentru determinarea volumului degajărilor de gaze din stratele (însoțitoare) apropiate este necesară studierea și cunoașterea următorilor parametrii :

- Dimensiunile zonei de influență a abatajului asupra masivului înconjurător și formarea în timp a acestei zone ;
- Caracterul modificării presiunii inițiale a gazului într-un strat apropiat, de la presiunea inițială până la cea finală remanentă ;
- Durata procesului de degazare a stratului apropiat care este în funcție de poziția lui, a permeabilității și porozității zonei de filtrare ;
- Valoarea presiunii inițiale și remanente a gazului în stratul apropiat.

În capitolul IV intitulat „ ECHIPAMENTE I.T. ȘI PROGRAME SPECIALIZATE PENTRU REZOLVAREA REȚELELOR DE VENTILAȚIE”

Simularea rețelelor miniere au devenit larg răspândite în industria minieră. Există o serie de programe de calculator pentru analiza rețelelor de ventilație care sunt în prezent folosite pentru a proiecta, analiza, și opera sisteme de ventilație. Cele mai multe dintre aceste programe de ventilație au o reprezentare grafică a rețelei de ventilație și cantitățile aferente, cum ar fi pierderile de cap în ramificații, caracteristicile ventilatorului, calculul de transfer de căldură, ventilație naturală

În capitolul V intitulat „ REZOLVAREA REȚELEI DE AERAJ AFERENTE MINEI LIVEZENI CU AJUTORUL 3D-CANVENT ”

Întrucât programul de modelare și simulare permite opțiunea vizualizării rețelei în sistem tri și bi-dimensional, pentru reprezentarea rețelei de aeraj a minei Livezeni prezentată în desenele nr. 5.1 ÷5.4, coordonatele fiecărui nod au fost preluate din hărțile topografice aferente fiecărui orizont, hărți puse la dispoziție de serviciul de specialitate din cadrul unității miniere.

S-au introdus un număr de 201 de noduri, coordonatele fiecărui nod reprezentând „datele de intrare”, prezentate în tabelul 5.1. /105/, /106/,107/.

După introducerea acestor noduri, următoarea operație a constat în legarea nodurilor între ele prin ramificații. Numerotarea nodurilor s-a realizat în funcție de sensul de circulație al aerului, de la suprafață (introducerea aerului în subteran) până la stația principală de ventilație (evacuarea aerului viciat).

În urma acestei operații au rezultat un număr de 267 de ramificații,

În capitolul VI intitulat „ REZOLVAREA REȚELEI DE AERAJ AFERENTE MINEI LIVEZENI CU AJUTORUL – VENTSIM”

După modelarea rețelei de aeraj în sistem 3D Solid, sunt introduse pentru fiecare ramificație datele tehnice specifice respectiv profilul și forma lucrărilor miniere și a construcțiilor de aeraj. Următoarea etapă a constat în introducerea parametrilor aerodinamici specifice fiecărei ramificații.

După ce se parcurg etapele prezentate anterior se echilibrează și se rezolvă rețeaua de aeraj, după care se activează animația atât pentru curenții de aer specifice fiecărei ramificații cât și pentru ventilatoarele aferente stației principale de aeraj. În această fază sunt disponibile informațiile specifice fiecărei ramificații respectiv rețeaua modelată și rezolvată este pregătită pentru efectuarea oricăror simulări necesare.

În capitolul VII intitulat „ CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE”

- Gazul metan care însoțește zăcămintele de cărbune, s-a format ca produs, în stadiile succesive ale procesului de transformare anaerobă a materialului vegetal, în cărbune, la

temperaturi și presiuni mari, în timpul procesului de in-carbonificare, fără aport de oxigen din exterior.

- Cantitatea de metan care se formează depinde de compoziția materialului supus metamorfismului și de condițiile în care s-a desfășurat acest proces, în special de temperatură și presiune. Metanul în cărbuni și roci este înmagazinat în două forme și anume: sub formă de gaz liber, și sub forma de gaz legat.
 - Presiunea gazului metan conținut în masivul de cărbune reprezintă unul dintre principalii factori care determină conținutul de metan al stratului, afluența de gaze în mină și dinamica emisiilor.
 - Capacitatea de înmagazinare a metanului într-un zăcământ, reprezintă volumul de gaz, care în anumite condiții poate fi reținut de unitatea de masă a stratului respectiv.
- În masivul virgin, gazul metan se găsește cantonat în stare liberă și sorbită, în sistemul de pori deschiși, sistemul de goluri și fisuri, care comunică între ele, presiunea gazului este constantă dacă masivul nu se află sub influența lucrărilor miniere.
- La săparea lucrărilor miniere echilibrul în masiv se rupe creându-se o scădere a presiunii gazului și drept urmare în direcția lucrării miniere are loc o migrare a gazului liber.
- Principalii factori de influență a emisiilor de metan care se iau în considerare la nivelul unui abataj, sunt : debitul de aer, producția, lungimea frontului, viteza de avansare, modul de abatere, modul de dirijare al presiunii.
 - Cunoașterea debitului și intensității emisiilor de metan, este necesară pentru alegerea judicioasă a tehnologiilor de execuție a lucrărilor miniere și pentru identificarea celor mai eficiente mijloace de luptă împotriva acumulărilor periculoase de metan.
 - Pentru elaborarea relațiilor de prognoză ale degajării lor de metan în lucrările miniere în săpare, se pleacă de la principalele surse de degazare a metanului și se exprimă analitic contribuția fiecăreia dintre aceste surse.
- Emisiile de metan la nivelul unui abataj, respectiv caracteristicile și gradul de fisurare în jurul acestuia, depind numai de distanță și poziția zonei față de excavație, de forma și dimensiunile acesteia, de câmpului inițial al solicitărilor dar și de grosimea și de natura stratelor.
- În timpul exploatării stratelor de cărbune, gazul înmagazinat în fisuri la presiuni mari, va migra spre zonele de presiune redusă (zona abatajelor și a spațiilor exploatate), scăderea de presiune rezultată, producând fenomenul de desorbție care are loc atât timp cât presiunea gazului din cărbune este mai mare decât presiunea atmosferică, sau până când recomprimarea rocilor produce închiderea fisurilor.
- Datorită faptului că modificarea producției implică perturbații în procesul tehnologic, dependența dintre emisia cantității de metan și cantitatea de cărbune extras se rezumă la stabilirea valorii medii zilnice, lunare, ale producției extrase, și respectiv ale debitului absolut de metan pe timp de un an.
- Cunoașterea individuală a factorilor care influențează emisia de metan, reprezintă elementul important care poate contribui la adoptarea celor mai judicioase soluții în domeniul securității muncii, însă dezideratul major îl constituie cunoașterea acțiunii lor simultane în perspectivă.
- Cele mai importante aspecte în ceea ce privește activitatea de cercetare a degajărilor de metan, realizată în ultimii ani sunt: recunoașterea cât mai rapidă a anomaliilor de emisii de metan, degazarea stratelor aflate în exploatare prin găuri de foraj, dezvoltarea unei metode pentru o recunoaștere cât mai rapidă a zonelor supuse riscurilor de degajare a metanului.

- Degajarea metanului într-un câmp de abataj, este un fenomen complex care depinde de o multitudine de factori naturali, geologici și tehnici de exploatare, și care provine din următoarele surse : lucrări miniere de pregătire în cărbune, frontul de abataj, cărbunele tăiat și transportat din abataj, spațiul exploatat.
- pondere ridicată în bilanțul total de metan al abatajelor, îl constituie gazul metan provenit din spațiul exploatat. Migrarea metanului din spațiul exploatat spre abataj, este determinată de mai mulți factori, dintre care cei mai importanți sunt: dirijarea presiunii, vehicularea aerului prin spațiul exploatat, diferența de presiune creată la nivelul spațiului exploatat.
- Măsurătorile efectuate la mina Livezeni, la nivelul spațiului exploatat, au evidențiat concentrații de metan de 31,6 % Vol. în apropierea galeriei de cap, scăzând spre zona centrală la 10,8 % Vol, respectiv la 0,2÷3% Vol.
- Valorile concentrațiilor de metan măsurate la nivelul spațiului exploatat au fost influențate de următorii factori: pierderi de aer prin spațiu exploatat, înclinarea stratului, degazarea spațiului exploatat, etc.
- În spațiile abatajelor, la exploatarea stratelor de cărbuni, datorită deplasării rocilor se formează zone cu goluri în care se acumulează metan. În timp rocile sunt supuse fenomenului de tasare și atât volumul golurilor cât și permeabilitatea la gaz a spațiului exploatat scade.
- Sursele de proveniență a metanului care se acumulează în spațiul exploatat sunt: cărbunele rămas în spațiul exploatat, rocile înconjurătoare purtătoare de gaze, respectiv stratele de cărbune exploatabile sau neexploatabile care se află în zona de influență a abatajului.
- Pentru o bună cunoaștere a emisiilor de metan la nivelul spațiului exploatat, este necesară cunoașterea dimensiunii zonei de influență a abatajului asupra masivului înconjurător, valoarea porozității și permeabilității rocilor în zonele detensionate, durata procesului de degazare a stratelor apropiate, respectiv variația presiunii gazului în zona detensionată.
- Degazarea metanului în spațiul exploatat este un fenomen complex, care se manifestă după apariția unor fisuri, în masiv datorită influențelor de exploatare atunci când apare un gradient de presiune (diferență), care generează migrarea metanului spre spațiul exploatat unde depresiunea este mai mică decât presiunea gazului din rocile înconjurătoare și stratele apropiate.
- Transferul de masă în interiorul masivului este un proces spațial și nestaționar, curgerea metanului prin fisuri și goluri, este o curgere cu schimb de masă între masiv și golurile acestuia.
- Reducerea debitelor de Metan care vor pătrunde în circuitele de aeraj în perioada de exploatare a cărbunelui, poate fi realizată prin aplicarea tehnologiilor de degazare prealabilă. În condițiile în care permeabilitatea și rata de desorbție sunt reduse, drenarea gazului metan trebuie începută cu mult timp înainte de începerea exploatării.
- În funcție de proveniență și modul de extragere a gazului metan, asociat zăcămintelor de cărbune, acesta poate fi clasificat astfel: gaz metan din zăcămintele virgine, gaz metan provenit din minele active, gaz metan provenit din minele abandonate, respectiv gazul metan din curentul de aeraj general.
- Aerajul general cuprinde întreaga rețea de lucrări miniere active, care sunt supuse unei depresiuni, exercitate de ventilatorul principal activ, amplasat la suprafață în cadrul stației principale de aeraj.
- La nivel internațional există mai multe programe specializate utilizate pentru analiza rețelelor de ventilație, în scopul proiectării, analizei financiare și de perspectivă și al modului de operare al sistemelor de ventilație.

- Programele specializate, cunoscute pentru modelarea și rezolvarea rețelelor complexe de ventilație, sunt de tipul: Ventsim, MVS, VenetPC, MineFire, DuctSIM, CLIMSIM, Vuma-3D, VentGraph, VentPri și 3D-CANVENT.
- Exploatarea Minieră Livezeni, dispune în prezent de două sisteme de aeraj independente și anume Stația principală de ventilatoare P.A.2 și Stația de ventilatoare P.A. Est.
- Pentru modelarea și rezolvarea în faza inițială a rețelei de aeraj aferente mine Livezeni, a fost utilizat programul 3D-CANVENT.
- Pentru modelarea rețelei de aeraj au fost utilizate 201 noduri și 267 ramificații.
- În urma rezolvării rețelei de aeraj sub acțiunea instalațiilor principale de ventilație, a fost vehiculat un debit de 53,89 m³/s sau 3233,4 m³/min.
- Debitul de aer realizat la nivelul ventilatoarelor principale a fost de 70,89 m³/s sau 4253, m³/min.
- Debitul de aer scurtcircuitat cu suprafața la nivelul instalației principale de ventilație P.A. Est a fost de 10,28 m³/s sau 616,8 m³/minut iar la nivelul instalației principale de ventilație P.A.2 a fost de 6,72 m³/s adică 403,2 m³/minut.
- Pentru modelarea și rezolvarea rețelei de aeraj în condițiile actuale ale minei Livezeni a fost utilizat programul specializat Ventsim.
- Pentru modelarea rețelei de aeraj aferente E.M. Livezeni în etapa actuală, au fost eliminate două circuite de abataj și introduse 7 circuite, respectiv lucrări miniere noi.
- Pentru rezolvarea rețelei de aeraj a E.M. Livezeni în etapa actuală au fost utilizate un număr de 218 noduri și 280 de ramificații.
- Sub acțiunea instalațiilor principale de ventilație PA Est și PA2, la nivelul rețelei de aeraj a fost vehiculat un debit de aer de 57,6 m³/s sau 3456 m³/minut.
- Debitul de aer realizat la nivelul ventilatoarelor principale a fost de 74,8 m³/s sau 4.488 m³/minut.
- Debitul de aer scurtcircuitat cu suprafața la nivelul stației principale de ventilație PA Est a fost de 10,3 m³/s sau 618 m³/minut, iar la nivelul stației principale de ventilație PA2 a fost de 6,8 m³/s sau 408 m³/minut.

CONTRIBUȚII PERSONALE

În cadrul prezentei teze de doctorat am descris instrumente și soluții originale pentru sprijinirea personalului specializat în domeniul securității și sănătății în muncă, și a altor factori interesați de îndeplinirea obligațiilor prevăzute în legislația națională cu privire la prevenirea riscului de explozie.

Consider că partea teoretică, partea metodologică și partea aplicativă, pe care le-am dezvoltat în cadrul stagiului de doctorat, redate sintetic în continuare, reprezintă contribuții originale, în domeniul cercetărilor care vizează, prevenția și controlul atmosferelor potențial explozive.

Contribuțiile personale în domeniul menționat, cuprind atâta aspecte teoretice cât și practice.

Din punct de vedere al cercetărilor bibliografice și a analizei stadiului actual al temei abordate am realizat o analiză a modului de migrare, respectiv al modului de acumulare, ale gazului metan la nivelul lucrărilor miniere subterane și al spațiului exploatat, plecând de la faptul că acumularea metalului în lucrările miniere active, crește riscul de apariție al fenomenelor de explozie, am analizat și aprofundat sistemele de captare, diluare și ventilație, în scopul reducerii concentrațiilor de metan la nivelul lucrărilor miniere active, sub concentrația maximă admisă.

Din punct de vedere al obiectivelor de cercetare am identificat pe baza studiilor realizate dificultățile și problemele care conduc la riscul de explozie, în cadrul exploatărilor subterane de cărbune, și am stabilit în consecință, obiectivele de cercetare în cadrul prezentei teze.

Am decelat obiectivele specifice și am stabilit clar direcțiile de acțiune pentru îndeplinirea obiectivelor mediatore circumcise tematicii lucrării, pe baza unor principii atent selectate.

Am utilizat programul 3D CANVENT pentru modelarea și rezolvarea rețelei de aeraj a minei Livezeni în faza inițială. De asemenea am utilizat programul specializat Vensim pentru modelarea și rezolvarea rețelei complexe de aeraj aferente minei Livezeni, în etapa actuală.

Din punct de vedere al cercetării teoretice, pentru stabilirea modului de formare, respectiv regimului de degajare al metanului, am analizat și aprofundat: geneza metanului, presiunea gazelor în stratele de cărbuni, gradientul debitului relativ de metan, conținutul de gaze și permeabilitatea stratelor de cărbuni, formele de degajare ale metanului, precum și în mod special, mecanismul și regimul degajărilor de gaz într-un abataj.

Am contribuit la stabilirea emisiilor de metan în lucrările miniere, cu focalizare pe mecanismul degajării de metan, respectiv a metodelor de prognoză ale degajărilor de metan.

De asemenea, am analizat emisiile de metan la nivelul unui abataj cu privire la: fisurarea masivului în jurul lucrărilor miniere, zonele detensionate și fisurate în jurul unui front de lucru, precum și previzionarea aparițiilor de metan din abataj. Totodată am analizat și studiat dependența dintre producția extrasă și emisia de metan, metodele de prognoză a degajării de metan, precum și în mod particular, prognoza aparițiilor periculoase de metan în returul abatajelor.

În ceea ce privește regimul acumulărilor de metan, la nivelul spațiului exploatat, am realizat un studiu de caz la nivelul abatajului frontal Pan 3-4 str.3, Bl VI-A, de la E. M. Livezeni, cu ajutorul măsurătorilor efectuate în spațiul exploatat.

În ceea ce privește stabilirea regimului emisiilor de metan la nivelul spațiului exploatat am analizat și aprofundat, dimensiunea a zonei de influență a abatajului, porozitatea și permeabilitatea rocilor, procesul de degazare al stratelor apropiate, respectiv presiunea gazului în zona detensionată. De asemenea, am analizat emisiile de gaze din stratele apropiate, respectiv curgerea metanului prin fisurile și crăpăturile din masiv.

În scopul realizării unui aeraj eficient, la nivelul rețelei de lucrări miniere subterane, am studiat programele specializate utilizate pentru rezolvarea rețelelor de ventilație, dintre care amintim: Ventsim, VentGraph, 3D-CANVENT, e t c.

Pentru asigurarea debitelor de aer la nivelul fiecărei ramificații aferente rețelei de aeraj a E.M. Livezeni, am utilizat programul 3D-CANVENT, pentru modelarea și rezolvarea rețelei de aeraj în etapa inițială. De asemenea am utilizat programul Ventsim, pentru rezolvarea rețelei de aeraj aferente minei Livezeni, în etapa actuală.

Din punct de vedere al contribuțiilor practice și aplicative, pentru a ilustra modul de aplicare în practică a monitorizării degajărilor de gaze la nivelul spațiului exploatat, am realizat un studiu de caz, pe baza măsurătorilor efectuate la nivelul abatajului frontal Pan. 3-4, str.3, bloc VI-A, de la E.M. Livezeni, în scopul vizualizării, respectiv al obținerii debitului optim vehiculat, la nivelul rețelei de aeraj.

Am realizat modelarea, rezolvarea și optimizarea rețelei de aeraj aferente minei Livezeni, în fază inițială cu ajutorul programului 3D-CANVENT.

Pentru asigurarea caracterului aplicativ, respectiv verificarea debitelor de aer vehiculate la nivelul rețelei de aeraj, am realizat modelarea, rezolvarea și optimizarea rețelei de aeraj E.M. Livezeni, în etapa actuală, cu ajutorul programului specializat Ventsim.

Din punct de vedere al diseminării rezultatelor, pe parcursul stagiului de doctorat, și al documentărilor prealabile efectuate, am publicat ca prim autor și co-autor mai multe lucrări

științifice, publicate în reviste de specialitate indexate BDI, respectiv în volumele unor manifestări științifice internaționale.

LIMITE ALE STUDIULUI

Omniprezența incertitudinii privind cunoștințele și fiabilitatea datelor utilizate, măsurile de adoptat pentru a limita consecințele, sau a minimiza probabilitatea de materializare, gradul de subiectivism al aprecierilor, fac deosebit de dificilă, în opinia experților, o formalizare precisă a procedurilor de evaluare a riscului exploziv și a deciziilor aplicate. Mai mult decât atât, constatăm deseori că însăși nivelul de expertiză existent, reprezintă un spațiu de experimentare.

Principalele limite ale cercetărilor prezentate în cadrul tezei de doctorat, care vizează „Cercetări privind creșterea siguranței în exploatarea a cărbunelui la E. M. Livezeni”, pot fi sintetizate astfel: abordarea domeniului extrem de complex privind modul de formare, de migrare și de acumulare a gazului metan, la nivelul lucrărilor miniere și a spațiului exploatat, respectiv stabilirea măsurilor eficiente pentru prevenirea riscului de explozie, măsuri utilizabile de lucrătorii desemnați în domeniul SSM, respectiv servicii interne și prestatori de servicii de prevenire și protecție, a impus ca studiul teoretic și aplicativ, să se concentreze pe setul de măsurători efectuate în subteran. Totodată complexitatea domeniului abordat în cadrul tezei de doctorat, a condus la simplificarea a modului de analiză a rețelelor de aeraj prin luarea în considerare doar a lucrărilor miniere active.

DIRECȚII DE CERCETARE VIITOARE

Ca urmare a aprofundării cunoștințelor în domeniul de cercetare vizat de teza de doctorat, și a contribuțiilor personale aduse, se pot propune următoarele direcții principale de cercetare, spre care să fi îndreptate eforturile, vizând confirmarea cercetărilor, și completarea / îmbunătățirea, metodelor propuse:

- identificarea de noi metode de prognoză a emisiilor de metan la nivelul lucrărilor miniere active și a spațiului exploatat;
- analiza factorilor hidro-geologici și petrografici care influențează tehnologia de degajare, prin foraje de la suprafață;
- studiul corespondenței dintre parametrii aerodinamici stabiliți prin proiectul de aeraj parțial, și parametrii aerodinamici reali existenți, în cazul instalațiilor de aeraj parțial cu ventilatoare montate în cascadă;
- introducerea în RSSM / 2007, al CNH, a necesității rezolvării rețelelor de aeraj cu ajutorul programelor specializate;
- simularea pe rețeaua de aeraj modelată, și rezolvată, aferentă minei Livezeni, a dispersiei gazului metan la nivelul întregii rețele;
- stimularea pe rețeaua de aeraj modelată și rezolvată a minei Livezeni, a unor situații tehnice posibile precum: menținerea doar a stației principale de aeraj P.A Est, menținerea doar a stației de ventilație P.A.2.

Opinez că studiile multidisciplinare în domeniu, teze de doctorat și lucrări de cercetare științifică, sunt necesare și justificate în continuare.