



**MINISTERUL EDUCAȚIEI
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
ȘCOALA DOCTORALĂ**

DOMENIUL DE DOCTORAT: MINE, PETROL ȘI GAZE

TEZĂ DE DOCTORAT - REZUMAT -

**CONTRIBUȚII PRIVIND DEZVOLTAREA TEHNOLOGIILOR
DE DEROCARE LA EXPLOATAREA SUBSTANȚELOR
MINERALE UTILE**

**CONTRIBUTIONS REGARDING THE DEVELOPMENT OF
BLASTING TECHNOLOGIES FOR THE EXPLOITATION OF
MINERAL RESOURCES**

**CONDUCĂTOR DE DOCTORAT:
Prof. univ. dr. ing. RADU SORIN MIHAI**

**STUDENT DOCTORAND:
Ing. LASZLO ROBERT**

2024

CUPRINS

Cuvânt înainte

Lista figurilor

Lista tabelelor

CAPITOLUL 1

INTRODUCERE	1
1.1 Importanța și relevanța lucrării.....	1
1.2 Motivația tezei de doctorat.....	4
1.3. Obiectivele principale ale tezei.....	5
1.4. Structura tezei.....	6

CAPITOLUL 2

CONSIDERAȚII PRIVIND EXTRAGEREA ROCILOR ÎN CARIERE.....	35
2.1. Generalități privind extragerea rocilor în cariere.....	35
2.2. Evoluția tehnologiilor de împușcare utilizate la carierele din România.....	41
2.3 Concluzii.....	43
2.4. Contribuții personale.....	44

CAPITOLUL 3

CONTRIBUȚII PRIVIND MODUL DE EVALUARE ȘI REDUCERE A MĂRIMII EFECTULUI SEISMIC GENERAT DE LUCRĂRILE DE ÎMPUȘCARE.....	45
3.1. Generalități	45
3.2. Evaluarea acțiunii seismice.....	45
3.2.1 Seismicitatea teritoriului României.....	45
3.2.2. Acțiunea seismelor naturale și artificiale.....	47
3.2.3. Modalități de evaluare a acțiunii seismilor naturale.....	49
3.2.3.1. Reprezentarea acțiunii seismice pentru activitatea de proiectare.....	50
3.2.3.2. Importanța construcțiilor.....	53
3.2.4. Modul evaluare a acțiunii seismice la executarea împușcărilor la suprafață	53
3.2.4.1. Originea deteriorării clădirilor.....	54
3.2.4.2. Gradul de deranj al populației.....	56
3.2.4.3. Influența geologiei zonei și a tehnologiei de împușcare asupra mărimii acțiune seismice.....	57
3.2.4.4. Controlul seismic al vibrațiilor produse la efectuarea lucrărilor de împușcare.....	60
3.3. Posibilități de reducere a efectelor lucrărilor de împușcare.....	66
3.3.1. Posibilități de reducere a mărimii efectelor seismice generate la lucrările de împușcare	66
3.3.2. Posibilități de reducerea mărimii suprapresiunii unde aeriene.....	67
3.3.3. Analiză pre și post împușcare a stării construcțiilor.....	68
3.3.3.1. Evaluarea stării clădirilor.....	68
3.3.3.2. Procedură de evaluare (inspectare) a construcțiilor....	69
3.3.3.2.1. Raport asupra condițiilor din exteriorul construcțiilor.....	71
3.3.3.2.2. Raport asupra condițiilor din interiorul construcțiilor.....	72

3.3.4. Method of evaluation and monitoring of the seismic effect generated when carrying out blasting works in quarries.....	73
3.3.4.1. The main stages in seismic monitoring.....	73
3.3.4.2. Preparation of blasting reports and evaluation of state of the buildings.....	74
3.3.4.2.1. Shooting reports.....	74
3.3.4.2.2. Reports on conditions outside the and the interior of the buildings.....	75
3.3.4.2.3. Proposals to supplement the "National Guide" prepared by INCD INSEMEX.....	75
3.3.5. Examples of monitoring and evaluation of the seismic effect generated by the blasting works.....	76
3.3.5.1. Platform for continues monitoring of seismic action.....	77
3.3.5.2. Field measurements.....	78
3.3.5.3. Establishing the maximum explosive charges that can be detonated instantly and on the delay in Pogorul Mare quarry, Baia Mare - Case study..	85
3.3.5.3.1. General data of the perimeter of exploitation.....	85
3.3.5.3.2. Setting maximum load loads of explosives that can be detonated instantly, and on delay.....	91
3.3.5.3.3. The connection between the maximum particle velocity and the safety parameters of the blasting technology in Pogorul Mare quarry	93
3.4. Conclusions.....	95
3.5. Personal contributions.....	96

CAPITOLUL 4

CONTRIBUTIONS REGARDING THE OPTIMIZATION OF THE RESULTS OF THE DRILLING AND BLASTING ACTIVITY IN QUARRIES.....	98
4.1. The current state of execution of the drilling-blasting works.....	98
4.2. Optimization of the parameters of drilling-blasting works.....	101
4.2.1. Design of drilling and blasting parameters.....	102
4.2.1.1. Adjusting the drill scheme to variable depth of the holes	105
4.2.1.2. Design of hole initiation sequences.....	107
4.2.2. Adjusting the drilling pattern to variable depth of the holes.....	107
4.2.3. Way to monitor drilling and blasting parameters - Case Study.....	110
4.2.3.1. Drill and blasting parameter monitoring procedure...	111
4.2.3.2. Establishing how to monitor the parameters of drilling and blasting - KPI.....	114
4.2.3.3. Applications for the calculation of drilling and blasting parameters.....	120
4.2.3.4. Results on monitoring indicators of performance – KPI.....	123

	130
4.3. Concluzii	133
4.4. Contribuții personale.....	
CAPITOLUL 5	
CONTRIBUȚII PRIVIND AMENAJAREA DEPOZITELOR MOBILE DE MATERII EXPLOZIVE DESTINATE ACTIVITĂȚILOR DE EXTRAGERE A SUBSTANȚELOR MINERALE UTILE LA LUCRĂRILE DE LA SUPRAFAȚĂ.....	134
5.1. Stadiul actual privind modalitățile de depozitare a materiilor explozive.....	134
5.1.1. Cerințe legislative privind modalitățile de depozitare a materiilor explozive.....	134
5.1.2. Descrierea cerințelor constructive ale depozitului mobil de explozivi tip container.....	135
5.1.3. Testarea în Poligon a diferite variante constructive de alveole.....	136
5.1.3.1. Testul nr.1.....	137
5.1.3.2. Testul nr. 2 și 3.....	139
5.1.3.3. Testul nr. 4.....	140
5.1.4. Testarea rezistenței containerului împotriva acțiunii exploziilor.....	141
5.1.4.1. Testarea containerului cu 1,3 kg TNT.....	142
5.1.4.2. Testarea containerului cu 1,5 kg TNT.....	144
5.1.4.3. Testarea containerului cu 0,100 kg. TNT suspendat în exteriorul containerului.....	146
5.1.4.4. Evaluarea rezultatelor.....	147
5.1.4.5. Îmbunătățiri constructive ale containerului pirotehnic	151
5.1.5. Recomandări privind amenajarea unui depozit mobil de materii explozive - container pirotehnic.....	151
5.2. Concluzii.....	152
5.3. Contribuții personale.....	154
CAPITOLUL 6	
CONTRIBUȚII PRIVIND EXECUTAREA LUCRĂRILOR DE ÎMPUȘCARE ÎN CONDIȚII DE SIGURANȚĂ ȘI DE EFICIENȚĂ LA EXPLOATAREA SUBSTANȚELOR MINERALE UTILE ÎN SUBTERAN.....	155
6.1. Utilizarea în condiții sigure a explozivilor permisibili sub formă de emulsie în lucrările miniere subterane din Valea Jiului.....	155
6.1.1. Aspecte privind cerințele de siguranță ale explozivilor antigrizutoși.....	156
6.1.1.2. Particularități privind efectuarea lucrărilor de împușcare în minele de cărbune grizutoase.....	156
6.1.2. Testarea explozivului Emulinit PM.....	159
6.1.2.1. Testarea parametrilor de siguranță ai explozivului Emulinit PM.....	159
6.1.2.2. Împușcări experimentale cu utilizarea explozivului Emulinit PM.....	161
6.1.3. Recomandări tehnologice și de securitate la executarea lucrărilor de împușcare.....	163

Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare
la exploatarea substanțelor minerale utile

6.1.3.1. Recomandări tehnologice.....	163
6.1.3.2. Recomandări de siguranță.....	164
6.1.4. Măsurători de aeraj.....	165
6.1.5. Concluzii.....	
6.2. Stabilirea cerințelor de securitate la executarea lucrărilor de împușcare la Salina Tg. Ocna, cu utilizarea explozivilor ordinari și a celor permisibili.....	166
6.2.1. Efectul lucrărilor de împușcare asupra structurilor supraetajate din saline.....	167
6.2.2. Condiții de efectuare a lucrărilor de împușcare în Salina Tg. Ocna.....	168
6.2.3. Lucrări de împușcare experimentale cu utilizarea de explozivi ordinari.....	172
6.2.4. Lucrări de împușcare experimentale cu utilizarea de explozivi antigrizutoși.....	180
6.2.5. Stabilirea schemei optime de împușcare cu utilizarea explozivilor ordinari și de siguranță la Salina Tg. Ocna.....	185
6.2.6. Măsuri tehnologice și de securitate privind efectuarea lucrărilor de împușcare.....	187
6.2.6.1. Măsuri tehnologice.....	188
6.2.6.2 Măsuri de securitate.....	190
6.2.7. Concluzii.....	193
6.3. Contribuții personale.....	
CAPITOLUL 7	
CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE.....	194
7.1. Concluzii.....	194
7.1.1. Concluzii privind extragerea rocilor prin împușcare în cariere..	194
7.1.2. Concluzii privind modul de evaluare și reducere a mărimii efectului seismic generat la lucrările de împușcare.....	195
7.1.3. Concluzii privind optimizarea rezultatelor activității de forare împușcare din cariere.....	197
7.1.4. Concluzii privind amenajarea depozitelor mobile de materii explozive destinate activităților de extragere a substanțelor minerale utile în lucrările de la suprafață.....	201
7.1.5. Concluzii privind executarea lucrărilor de împușcare în condiții de siguranță la exploatarea substanțelor minerale utile în subteran.....	203
7.2. Contribuții personale.....	208
7.3 Direcții viitoare de cercetare.....	211
BIBLIOGRAFIE.....	213
ANEXE	
ANEXA 1.1 Lista articolelor și lucrărilor științifice publicate /diseminate în stagiul de doctorat.....	224
ANEXA 3.1 Raport de evaluare înainte/după împușcare a condițiilor din exteriorul construcției.....	228
ANEXA 3.2 Raport de evaluare înainte/după împușcare a condițiilor din interiorul construcției.....	230
ANEXA 3.3 Raport de împușcare.....	232

Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare
la exploatarea substanțelor minerale utile

ANEXA 3.4	Brevet - Sistem scalabil aplicativ în vederea optimizării parametrilor de împușcare specifici tehnologiilor sigure de extragere a substanțelor minerale utile în exploatarea miniere la zi.....	234
ANEXA 4.1	Raport de împușcare în carieră.....	246
ANEXA 4.2	Fișă de evaluare a condițiilor de forare.....	249
ANEXA 4.3	Deviz zilnic de lucrare.....	251
ANEXA 4.4	Deviz cumulativ de lucrare.....	252
ANEXA 4.5	Plan de îmbunătățire.....	253
ANEXA 4.6	Raport de forare.....	256
ANEXA 4.7	Raport de forare - împușcare luna ianuarie.....	257
ANEXA 4.8	Raport de forare - împușcare luna februarie.....	258
ANEXA 4.10	Raport de forare - împușcare luna martie.....	259
ANEXA 4.11	Raport de forare - împușcare luna aprilie.....	260
ANEXA 4.12	Raport de forare - împușcare luna mai.....	261
ANEXA 6.1 - 6.30	Fișe de monitorizare E.M. Vulcan.....	262
ANEXA 6.31 - 6.40	Fișe de monitorizare E.M. Livezeni.....	321

CUVÂNT ÎNAINTE

Autorul tezei de doctorat, este de profesie inginer minier care și-a început cariera în 1984 la Centrul de Cercetări pentru Securitate Minieră – CCSM (1983-2002), actualul INSEMEX Petroșani (Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare pentru Securitate Minieră și Protecție Antiexplozivă) în domeniul reglementării activităților ce vizează tehnologiile de împușcare, testarea și certificarea materialelor explozive pentru utilizare în industria minieră și în domeniul de geniu civil. În perioada 2002-2018, renunță la activitatea din domeniul cercetării și dezvoltă activități în domeniul privat ce au avut ca obiect prestarea de servicii de forare – împușcare în exploatarea miniere la zi și în subteran, lucrări de geniu civil, aplicații speciale (ex. activități de demolare prin lucrări de împușcare, derocări subacvatice, etc), producția și comercializarea de materiale explozive, activități de proiectare și consultanță legate de executarea lucrărilor de împușcare.

În 2018, revine la Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare pentru Securitate Minieră și Protecție Antiexplozivă – INSEMEX Petroșani, în funcția de Șef Departament Securitatea Explozivilor și Articolelor Pirotehnice, fiind implicat în activitățile și proiectele naționale sau internaționale care vizează certificarea și utilizarea materialelor explozive și a articolelor pirotehnice.

Este membru al Asociației Române în Domeniul Explozivilor și Ingineriei Împușcărilor – ARDE, fiind în prezent vicepreședinte al organizației, în 1995 devine membru fondator al Societății Române de Detonică și Pirotehnie – DETONICA, fiind astăzi membru al Comitetului Director al acestei societăți. În 2018 a devenit reprezentantul României în Consiliul EFEE - Federația Europeană a Inginerilor în Explozivi iar în 2021 a fost ales președinte al Comitetului Lucrări de Împușcare al EFEE.

Într-un mediu de activitate atât de divers care a îmbinat munca în domeniul cercetării cu cea din domeniul privat, autorul s-a remarcat prin rezultatele obținute în activitățile de cercetare, consultanță, proiectare și servicii desfășurate în minele de cărbune, sare, minereuri, exploatarea miniere la zi și lucrări de geniu civil pentru dezvoltarea tehnicilor de împușcare și optimizarea parametrilor privind utilizarea materialelor explozive, testarea și certificarea acestora, instruirea în domeniul utilizării, manipulării, depozitării și transportului materialelor explozive, stabilirea de proceduri la nivel instituțional și național, prescripții tehnice și reglementări în domeniul utilizării explozivilor în aplicații civile, monitorizarea și evaluarea efectelor lucrărilor de împușcare, coordonarea proiectării și construcția unei fabrici de matrice - produs intermediar pentru producția explozivilor sub formă de emulsie, introducerea pentru prima dată în piața din România a instalațiilor de mixare/pompare în gaură a emulsiilor explozive precum și a conceptului de prestare servicii de forare – împușcare pentru activitățile miniere de la suprafață, dezvoltarea și motivarea echipelor pentru înaltă performanță, îmbunătățirea eficienței producției, soluții în domeniul ingineriei, a reducerii costurilor, atingerea și susținerea excelenței în afaceri și transformarea culturii privind securitatea în muncă.

Experiența dobândită atât în activitatea științifică cât și cea practică, aplicativă, a contribuit la creșterea nivelului de înțelegere și pregătire în domeniul utilizării materiilor explozive și al tehnologiilor de împușcare, iar modul cel mai potrivit de a crește gradul de cunoaștere și expertiză dar și dorința de a împărtăși din experiența dobândită până în prezent, a fost urmarea unui ciclu de pregătire la nivel superior, cel al unui doctorat.

Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare la exploatarea substanțelor minerale utile

Ca urmare, activitatea desfășurată pe parcursul a peste 40 de ani de experiență în domeniul explozivilor, a tehnicilor și tehnologiilor de împușcare, realizările și rezultatele acumulate în această perioadă, a permis autorului ca în cadrul acestei teze de doctorat "Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare la exploatarea substanțelor minerale utile", să prezinte câteva din contribuțiile personale avute în domeniul dezvoltării modalităților de executare a lucrărilor de împușcare în exploatarea miniere la zi, proiectarea parametrilor de forare – împușcare și evaluarea rezultatelor și efectelor acestor activități asupra mediului înconjurător, implementarea utilizării emulsiilor explozive în minele de cărbune cu atmosferă grizutoasă, a modului de evaluare a efectelor lucrărilor de împușcare în minele de sare cu referire la acțiunea seismică a acestor lucrări asupra structurilor subterane din saline.

Teza de doctorat prin tematicile abordate și scopul urmărit, reprezintă o noutate absolută pe plan național precum și un progres real în ceea ce privește modalitatea de proiectare a parametrilor de forare - împușcare, monitorizării rezultatelor și efectelor acestor lucrări, utilizarea în condiții de securitate și eficiență a unor noi tipuri de explozivi, stabilirea și testarea cerințelor constructive necesar a fi îndeplinite pentru amenajarea unui depozit mobil de materii explozive. Din acest punct de vedere, tema se înscrie totodată și în preocupările internaționale din acest domeniu.

În cadrul acestui rezumat sunt prezentate considerente generale privind relevanța tezei de doctorat, motivația, obiectivele urmărite în cadrul fiecărui capitol, concluziile, principalele contribuții și unele direcții viitoare de cercetare.

În decursul timpurilor, dezvoltarea societății umane a fost posibilă numai atunci când s-a asigurat prelucrarea unei game diversificate de materiale, în cantități din ce în ce mai mari, care să satisfacă cerințele consumatorilor atât din punct de vedere calitativ, cât și cantitativ. Principala resursă au fost materiile prime extrase din lucrările miniere de suprafață și subterane.

Extragerea la suprafață a materiilor prime minerale a devenit rentabilă odată cu crearea posibilităților de creștere, în condiții de eficiență economică, a masei miniere derocate. Acest lucru a devenit realitate odată cu dezvoltarea unor sisteme complexe de utilaje pentru tăiere, forare, încărcare, transport și haldare, precum și a unor sortimente de materiale explozive și mijloace de inițiere, care să facă posibilă derocarea în condiții de eficiență și securitate a muncii.

IMPORTANȚA ȘI RELEVANȚA LUCRĂRII

Dezvoltarea unor echipamente performante, coroborată cu saltul spectaculos înregistrat în domeniul tehnologiilor de prelucrare a substanțelor minerale utile, a permis, în special în cazul unor zăcămintele cu conținuturi reduse sau a celor din care se extrage materia primă pentru industria materialelor de construcții, deschiderea unor cariere de mare capacitate.

În cazul rocilor cu tărie medie și mare, extragerea se face exclusiv prin procedeul de forare-împușcare, proiectarea și conducerea unor astfel de lucrări prezentând particularități impuse în special de necesitatea realizării ritmice a unor volume mari de masă minieră excavată. Extragerea acestora presupune o mișcare continuă a fronturilor de lucru și o avansare pe verticală de zeci de metri pe an, fapt cu implicații deosebite în conducerea lucrărilor de exploatare. Volumul mare de substanță minerală utilă și steril din descoperită necesită efectuarea unor împușcări la care se utilizează cantități mari de exploziv, iar în unele cazuri, acesta ajunge la peste 50 de tone.

Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare la exploatarea substanțelor minerale utile

În ingineria împușcărilor, principalele etape necesare sunt planificarea și proiectarea împușcării, realizarea reală pe teren și, în cele din urmă, analiza la frontul de lucru a rezultatelor obținute.

Planificarea și proiectarea împușcării sunt o etapă crucială. Prezentarea și descrierea masivului de roci și a caracteristicilor fizico-mecanice ale rocilor din front și ale frontului de lucru în ansamblu sunt elemente esențiale care trebuie luate în considerare. Pentru a alege cea mai bună corelație dintre rocă și exploziv, este esențial ca distribuția explozivului și nivelul energetic al exploziilor să fie în concordanță cu geologia și caracteristicile fizico-mecanice ale rocilor din masiv.

De asemenea, timpii de întârziere folosiți la declanșarea încărcăturilor explozive trebuie să fie în concordanță cu tipul rocii și încărcăturile de explozivi utilizate. Informațiile detaliate despre proprietățile și comportamentul explozivilor, secvențele de întârziere ale împușcării, caracteristicile și comportamentul rocilor la împușcare, sunt esențiale pentru proiectarea unei împușcări eficiente.

Datele colectate în timpul activității de forare facilitează calculul cantității de exploziv pentru fiecare gaură în funcție de tipul de rocă întâlnit, poate duce la modificarea rețelei de amplasare a găurilor dacă tipul și caracteristicile rocii o impun, la modificarea lungimii găurilor în funcție de localizarea și orientarea discontinuităților din masiv, respectiv stabilirea timpilor de întârziere între găuri și rândurile de găuri.

Toate aceste date sunt necesare și pot contribui la optimizarea procesului de împușcare, care în cele din urmă va conduce la optimizarea întregului proces de extragere și prelucrare a rocii în ansamblu.

Personalul tehnic de conducere și execuție trebuie să prioritizeze monitorizarea calității activității de forare având în vedere faptul că această activitate este destul de costisitoare, reprezentând aproximativ o treime din costul exploatarei cu ajutorul explozivilor.

În ceea ce privește materiile explozive folosite, remarcăm utilizarea a două tipuri de produse; explozivi propriu ziși și mijloace de inițiere ale acestora. Energia necesară fragmentării rocilor este furnizată de explozivi. În acest caz, putem menționa explozivii pe bază de azotat de amoniu - care sunt alcătuiți din amestecuri simple de azotat de amoniu cu motorină, gelurile și emulsiile explozive. Ca materiale de inițiere sunt folosite capsele detonante pirotehnice, capsele detonante electrice, capsele electronice, încărcăturile de inițiere, fitilele detonante și alte produse de amorsare.

În funcție de preocupările și progresele din domeniu, se apreciază că în cel mai scurt timp se va ajunge la îmbunătățirea și diversificarea tipurilor de materiale explozive, tendințele fiind orientate spre explozivi ecologici, cu o amprentă de CO redusă însă cu o brizantă ridicată, mai ieftini și mai siguri la transport și manipulare. În ceea ce privește materialele de inițiere, va crește precizia în funcționare a acestora, capsele electronice având un rol major prin controlul secvențial al detonării, un parametru esențial cu un impact semnificativ asupra performanței împușcării.

Producția de noi tipuri de materiale explozive și tehnici de inițiere, în special cele care au caracteristici de transport și manipulare îmbunătățite, a permis și va continua să permită crearea de tehnici pentru mecanizarea operațiunilor de împușcare. Acest lucru este considerat o metodă adecvată de îmbunătățire a eficienței și a securității derocării cu explozivi.

În plus, este de remarcat faptul că din gama de metode de mecanizare a lucrărilor de împușcare care au fost dezvoltate în ultimii ani, cea mai utilizată și diversificată este cea pentru

prepararea și încărcarea amestecurilor explozive, în special a celui de tip ANFO și cele sub formă de emulsie. Acest lucru se datorează faptului că, în comparație cu explozivii clasici încartușați, aceste amestecuri exploziv au utilizarea cea mai extinsă, prețul cel mai mic și parametrii de siguranță la transport și manipulare fiind superiori.

Datorită numeroaselor beneficii pe care le oferă mecanizarea operațiunilor de împușcare în condiții de siguranță și eficiență, amestecurile explozive au devenit din ce în ce mai utilizate. Cu toate acestea, un dezavantaj major al explozivilor de tip granular este că nu sunt rezistenți la apă. Din acest motiv, utilizarea lor în zone cu infiltrații de apă este limitată de condițiile de lucru și de mediu.

Ca urmare, în ultimii ani a luat amploare utilizarea unei noi generații de explozivi, care constau în principal în hidrogeluri și emulsii explozive care au caracteristici de performanță superioare precum și siguranță îmbunătățită la transport și manipulare.

La aceasta se adaugă o varietate de mijloace mecanizate de pregătire și încărcare a explozivilor în situ, ca urmare a preocupărilor continue privind creșterea eficienței și reducerea nivelului de risc în condițiile apropierei locațiilor de împușcare de habitatele și obiectivele industriale aflate în zona limitrofă.

Construirea și amplasarea unor depozite de materii explozive este o necesitate strâns legată de activitățile de derocare cu ajutorul explozivilor, fapt ce conduce la creșterea riscurilor asociate acestor activități.

Gama largă de dispozitive și instalații existente în întreaga lume, precum și continuarea diversificării metodei de derocare cu ajutorul explozivilor în condiții de risc scăzut, susțin avantajele oferite de trecerea la mecanizarea lucrărilor de împușcare. Acest mod de lucru se bazează pe avantajul că se transportă și depozitează de obicei precursori care nu sunt clasificați ca materii explozive sau ca produse periculoase în conformitate cu legislația din domeniu. Ca urmare, mijloacele de mecanizare a lucrărilor de împușcare de ultimă generație au fost menite să reducă nivelul de risc la utilizare, depozitare și transport.

Specialiștii din domeniu apreciază că monitorizarea și verificarea lucrărilor este la fel de importantă ca și crearea monografiilor de împușcare. Astăzi, evaluarea rezultatelor împușcărilor se realizează cu ajutorul imaginilor făcute cu camere de filmare rapidă, care permit înregistrarea modului în care rocile sunt fracturate și sunt proiectate de la fața frontului. De asemenea, pot fi identificate zonele slabe din masiv, unde rocile sunt proiectate la distanțe foarte mari datorită suflului exploziei, precum și modul în care materialul derocat este dispus în fața frontului.

Una dintre cele mai recente abordări se bazează pe fotoanaliză și utilizează tehnici de procesare a imaginilor furnizate cu ajutorul dronelor. Fotografiile și filmările pot fi utilizate pentru a evalua efectele și pentru a compara rezultatele împușcărilor.

O evaluare generală a rezultatelor împușcării poate fi efectuată prin examinarea eficienței echipamentului de executare a găurilor de sondă, a gradului de mărunțire a masivului împușcat, aspecte care influențează direct performanța la încărcarea rocilor extrase, a transportului și sfărâmării mecanice a acestora.

Ca urmare, la extragerea rocilor cu explozivi, cheltuielile legate de operațiuni cum ar fi transportul, concasarea primară, încărcarea și mărunțirea secundară a blocurilor supragabaritice, sunt în strânsă corelație cu performanța, respectiv cu cheltuielile împușcării, care includ forarea și împușcarea.

Costul principal al operațiunilor de producție pentru o carieră se încadrează în una dintre următoarele zone de variație față de costul total: derocare (forare - împușcare): 25 - 30%; încărcare: 10 – 15 %; transport: 15 – 25 %; concasare primară: 25 – 40 %; mărunțirea supragabariților: 1 - 5%.

Tehnicile de lucru cu explozivi aplicate la suprafață sunt complet diferite de cele utilizate în subteran. Pentru a prezenta și a folosi tehnicile de lucru cu explozivi, trebuie cunoscut mecanismul prin care explozia fragmentează rocile.

De asemenea, trebuie cunoscut modul de amplasare a găurilor în fronturile de lucru precum și cel de calculare a parametrilor de perforare – împușcare, a modului de amorsare a încărcăturilor explozive, alegerea și distribuția timpilor de întârziere pentru inițierea încărcăturilor explozive astfel încât să se asigure o bună fragmentare a rocii și o profilare corespunzătoare a fronturilor de lucru.

În practică, este important să se țină cont de faptul că un plan de execuție a unei lucrări de împușcare nu va putea fi întotdeauna aplicat întocmai, el putând suferi ajustări funcție de situația reală din teren, astfel încât să se ajungă cât mai aproape de rezultatele preconizate.

Exploatarea zăcămintelor de s.m.u. și utilizarea explozivilor pentru derocări pe șantierele de lucrări publice afectează mediul. Intensitatea impactului este determinată de cantitatea de exploziv folosită în timpul unei împușcări.

Principalele efecte ale lucrărilor de împușcare asupra mediului sunt poluarea aerului cu praf și gaz, aruncarea de bucăți de rocă din frontul de lucru, unda de șoc aeriană, nivelul de zgomot și efectele seismice. Parametrii lor de influență se încadrează în limite acceptabile, deoarece fiecare dintre aceste elemente are un impact specific asupra mediului și necesită o serie de măsuri specifice pentru a-și reduce efectele.

În timpul împușcărilor sunt generate seisme care, în timp, pot afecta construcțiile industriale și civile din zona carierelor sau chiar taluzurile treptelor de lucru și definitive, ori a haldelor.

Diversificarea gamei de materiale explozive a impus abordarea problemei stabilirii cât mai exacte a unor criterii de alegere a explozivului adecvat unor condiții geo-miniere specifice. Ca urmare, a fost necesară și tratarea aspectelor de securitate la efectuarea lucrărilor de împușcare. Problematika împușcărilor în cariere a necesitat o abordare cu precădere a măsurilor care trebuie avute în vedere pentru reducerea efectului seismic al exploziilor.

Toate aspectele mai sus prezentate și care au avut ca obiect punerea în lumină a importanței utilizării materialelor explozive în diverse domenii și aplicații, având un rol esențial în dezvoltarea societății umane, au constituit baza de studiu abordată în prezenta teză de doctorat și care se reflectă și în contribuțiile autorului în dezvoltarea acestui domeniu cu utilizare și aplicabilitate atât de versatilă.

MOTIVAȚIA TEZEI DE DOCTORAT

Elaborarea tezei de doctorat este justificată pe de o parte de experiența dobândită de autor în cei 40 de ani de activitate desfășurați atât în domeniul cercetării cât și în cel aplicativ – culminând cu construirea unei fabrici de explozivi sub formă de emulsie, aspecte ce au contribuit la creșterea nivelului de expertiză a acestuia în domeniul utilizării materiilor explozive și al tehnologiilor de împușcare, iar pe de altă parte de contextul actual privind modalitățile de

extragere a substanțelor minerale utile cu implicații majore privind efectele acestor activități din punct de vedere al securității muncii și protecției mediului.

Exploatarea sigură și eficientă are ca obiect înțelegerea și proiectarea documentată a parametrilor lucrărilor de împușcare. Fiecare decizie de proiectare trebuie să se bazeze pe obiective ale împușcării bine definite și pe constrângerile împușcării bine înțelese.

În țara noastră, sunt aplicate cu succes tehnici și tehnologii de împușcare, însă sunt destul de dese situațiile când această activitate se bazează pe metode empirice de evaluare - proiectare sau doar numai pe experiența operatorilor.

Chiar dacă, în ultimii ani au existat cercetări teoretice și experimentale referitoare la folosirea energiei exploziei, în special pentru lucrările de derocare la suprafață, încă se caută soluții de îmbunătățire a parametrilor de forare - împușcare, de diminuare a efectelor secundare privind acțiunea seismică, unda de șoc aeriană, aruncarea la distanță de bucăți de rocă, calitatea materialului derocat și a frontului după împușcare, amprenta de carbon generată în ciclul de extragere și prelucrare a rocilor, etc.

În acest context, a apărut necesitatea elaborării prezentei teze de doctorat care prin tematicile abordate tratează aspecte de o necesitate și noutate absolută pe plan național în ceea ce privește modalitatea de proiectare a parametrilor de forare - împușcare, monitorizarea rezultatelor și efectelor acestor activități, utilizarea în condiții de securitate și eficiență a unor noi tipuri de explozivi, respectiv aspectele privind depozitarea sigură a materiilor explozive.

OBIECTIVELE PRINCIPALE ALE TEZEI

Obiectivele urmărite în cadrul tezei de doctorat au avut următoarele teme și direcții principale de cercetare: evaluarea condițiilor și modalităților de extragere a rocilor în cariere prin lucrări de împușcare, stabilirea modalităților de evaluare a acțiunii seismelor naturale și artificiale; elaborarea unei metode de evaluare și monitorizare a efectului seismic generat de lucrările de împușcare din cariere; analiza pre și post împușcare a stării construcțiilor; stabilirea cerințelor tehnice și de securitate privind evaluarea efectelor lucrărilor de împușcare; creșterea securității la exploatarea resurselor minerale prin aplicarea unor algoritmi și metode care să aibă la bază proiectarea și monitorizarea computerizată a parametrilor lucrărilor de forare – împușcare; validarea în teren a modalităților de optimizare a rezultatelor lucrărilor de împușcare și de reducere a efectelor acestora asupra mediului; evaluarea amprente de carbon generate în urma activităților de derocare prin împușcare; analiza pe operațiuni componente ale întregului flux de exploatare și procesare a rocii într-o exploatare minieră la zi (forare, împușcare, încărcare, transport și concasare), a consumului de timp, energie și combustibil aferent fiecărei operațiuni; stabilirea cerințelor constructive pentru amenajarea unui depozit mobil de materii explozive și testarea acestuia împotriva acțiunii exploziilor; testarea în Poligonul INCD INSEMEX și în subteran a explozivilor tip emulsie în vederea stabilirii modalităților de utilizare a acestora în condiții de siguranță; stabilirea condițiilor de utilizare a explozivilor permisibili sub formă de emulsie în minele de cărbune grizutoase din Valea Jiului; stabilirea cerințelor tehnice și de securitate la executarea lucrărilor de împușcare în saline cu utilizarea explozivilor ordinari și a celor permisibili.

În scopul realizării acestor obiective principale ale activității de cercetare, au fost întreprinse numeroase alte activități care au constat în: studiul literaturii de specialitate prin identificarea informațiilor documentate în domeniu și care au constituit o importantă bază de referință la elaborarea tezei de doctorat contribuind la individualizarea rezultatelor acesteia;

măsurători în teren și în Poligonul INCD INSEMEX pentru determinarea parametrilor undelor seismice generate de lucrările de împușcare prin utilizarea sistemului de monitorizare continuă online INFRA Net; proiectarea și optimizarea parametrilor de forare – împușcare, respectiv monitorizarea rezultatelor și a efectelor acestora în procesul de extragere și procesare a rocilor în situ; dezvoltarea unei aplicații informatice specializate pentru evaluarea și optimizarea parametrilor tehnologici și de securitate funcție de acțiunea seismică generată la executarea lucrărilor de împușcare în cariere, aceasta făcând și obiectul unei cereri de brevet; testarea în Poligonul INCD INSEMEX a comportamentului la explozie a diferite variante constructive de amenajare a interiorului unui container destinat depozitării materiilor explozive și munițiilor; testarea în Poligonul INCD INSEMEX a parametrilor de siguranță ai explozivului permisibil sub formă de emulsie Emulinit PM; executarea de lucrări de împușcare experimentale în minele de cărbune ale E.M. Livezeni și E.M. Vulcan precum și Salina Tg. Ocna; definitivarea soluțiilor optime de realizare a lucrărilor de perforare – împușcare cu respectarea restricțiilor seismice privind cantitățile de exploziv posibil a fi utilizate la derocarea în salină.

Prin abordarea acestor obiective, teza își propune să contribuie substanțial la îmbunătățirea rezultatelor din punct de vedere tehnic, economic, a protecției mediului și a securității în activitățile de extragere a substanțelor minerale utile cu ajutorul materiilor explozive. În acest context, aspectele privitoare la stabilirea parametrilor lucrărilor de împușcare au fost completate cu măsuri tehnologice care să vizeze efectuarea acestor operațiuni în deplină securitate și eficiență.

STRUCTURA TEZEI

Lucrarea de doctorat având titlul *Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare la exploatarea substanțelor minerale utile* este structurată în 7 capitole, respectiv un capitol introductiv cu descrierea contextului derulării lucrărilor de cercetare, 5 capitole de conținut și capitolul final de Concluzii și Contribuții Personale, totalizând un număr de 341 pagini, dintre care 212 de pagini reprezintă teza propriu-zisă și 139 de pagini care reprezintă Bibliografia cu un număr de 147 note bibliografice și Anexele care conțin informații relevante privind realizarea obiectivelor tezei.

Valorificarea rezultatelor cercetărilor întreprinse s-a realizat prin aplicarea cu succes a măsurilor tehnologice și de securitate în activitățile minere de extragere a rocilor prin lucrări de împușcare atât la suprafață cât și în subteran, dar și prin susținerea și publicarea unor lucrări, în cadrul unor conferințe/simpozioane sau Jurnale indexate ISI sau BDI, cele mai reprezentative fiind menționate în continuare.

Dinu F., Neagu C., Dubina D., Senila M., **Laszlo R.**, Ghicioi E., *Experimental and numerical studies on steel liner tray walls under static transverse loads*. ScienceDirect, *Journal Engineering Structures*, Volume 305, 117666, 15 April 2024. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2024.117666>

Dinu F., Neagu C., **Laszlo R.**, Ghicioi E., Senila M., Dubina D., *Behavior of steel liner tray walls under external blast: Experimental testing and numerical simulations* ScienceDirect, *Journal Engineering Structures*, Volume 310, 118106, 1 July 2024, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2024.118106>

Prodan M., Ghicioi E., **Laszlo R.**, Nalboc I., Suvar S., Nicola.A., *Experimental and Numerical Study of Ignition and Flame Propagation for Methane–Air Mixtures in Small Vessels*. MDPI, *Journal Processes* 9(6), 998; 4 June 2021, <https://doi.org/10.3390/pr9060998>,

Laszlo R., Ilici S., Nicola A., Usurelu S., Zamblau I., *Construction and safety aspects for the*

arrangement of mobile explosive deposits, 10th International Symposium on Occupational Health and Safety (SESAM 2021), MATEC Web Conf., Volume 354, 2022
<https://doi.org/10.1051/matecconf/202235400032>

Laszlo R., Ghicioi E., Radeanu C., Garaliu Busoi B., Ilici S., *Experimentation of a new type of permissible explosive under the specific conditions of the Jiu Valley mines*, 9th edition of the International Multidisciplinary Symposium “Universitaria Simpro 2021”: Quality and Innovation in Education, Research and Industry – the Success Triangle for a Sustainable Economic, Social and Environmental Development”, MATEC Web Conf. Volume 342, 2021
<https://doi.org/10.1051/matecconf/202134202003>

Laszlo R., Gheorghiousu E. Ilici S., Nicola A. Usurelu S., *Testing the constructive strength of a container arranged as a mobile deposit of explosive materials*, 10th edition of the International Multidisciplinary Symposium “Universitaria Simpro 2022”: Quality and Innovation in Education, Research and Industry – the Success Triangle for a Sustainable Economic, Social and Environmental Development, MATEC Web Conf., Volume 373, 2022
<https://doi.org/10.1051/matecconf/202237300058>

SINTEZA TEZEI

Optimizarea reală a rezultatelor lucrărilor de împușcare în condiții operaționale implică adaptarea sistematică a parametrilor exploziei la condițiile variabile ale zăcământului. Având în vedere nivelurile de producție din ziua de azi, această optimizare poate fi practic obținută numai cu algoritmi specializați care să ofere soluții adaptive iar acestea trebuie să includă informații reale din teren precum și posibilitatea de a se putea varia parametrii de forare – împușcare adecvați condițiilor specifice zonei.

Până de curând, aceste cerințe erau imposibil de realizat în condițiile specifice de producției de azi, însă astăzi ele pot fi realizate în timp foarte scurt utilizând algoritmi specializați. În această abordare, tehnicile de măsurare joacă un rol foarte important, deoarece trebuie să furnizeze acestor algoritmi informații cât mai exacte pentru a maximiza beneficiul datorat capacității adaptive a acestora. De exemplu, utilizarea tehnologiei „măsurați în timp ce forăți”, împreună cu explozivul emulsie în vrac cu energie variabilă, crește posibilitatea pentru proiectarea adaptativă a lucrării de împușcare, energia exploziei din gaură fiind variată în raport cu calitatea sau rezistența rocii, precum și adaptată pentru geometria împușcării.

Temele abordate în cadrul tezei sunt direct conectate cu modul de rezolvare a problemelor zilnice de proiectare în procesul de exploatare. Acestea se referă la optimizarea parametrilor de forare - împușcare, în funcție de variațiile geologice și geometrice ale zăcământului. Soluțiile furnizate de algoritmi descriși sunt destinate pentru o mai bună distribuție a energiei exploziei. Controlul eficient al acestei distribuții în operațiunile zilnice, asigură o mai bună gestionare a rezultatului dorit al lucrării de împușcare și prin urmare, o productivitate mai bună în cadrul ciclului de procesare a rocii.

În acest context, teza abordează o paletă largă din problematicile mai sus menționate, oferind totodată soluții validate în practică privind modul de proiectare a parametrilor de forare/împușcare, de monitorizare a rezultatelor cu referite la calitatea materialului derocat și efectele secundare generate, de luare a unor decizii în timp real adaptate rezultatelor obținute și situației efective din teren.

Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare la exploatarea substanțelor minerale utile

De asemenea, prin obiectivele urmărite și rezultatele cercetărilor efectuate, teza are contribuții relevante privind și următoarele aspecte:

- creșterea expertizei tehnice a specialiștilor din domeniul utilizării materialelor explozive și implicit îmbunătățirea măsurilor tehnice și de siguranță în scopul evitării accidentelor sau incidentelor periculoase în activitățile cu utilizare acestora;
- responsabilizarea factorilor de decizie din cadrul operatorilor economici care efectuează lucrări de împușcare, în ceea ce privește securitatea tehnologică, protecția sănătății și a factorilor de mediu;
- exploatarea rațională a zăcămintelor de substanțe minerale utile;
- acordarea de suport informațional relevant și credibil autorităților competente cu atribuții în domeniul exploatării resurselor minerale utile.

Lucrarea de doctorat având titlul ***Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare la exploatarea substanțelor minerale utile***, este structurată în 7 capitole.

În primul capitol, denumit ***Introducere***, sunt prezentate considerentele generale care au stat la baza alegerii temei lucrării de doctorat, obiectivele principale de cercetare, motivația tezei și o scurtă prezentare a structurii acesteia.

CAPITOLUL 2 - Considerații privind extragerea rocilor prin împușcare

Tema abordată oferă o privire de ansamblu asupra modalităților de extragere a rocilor în cariere evidențiindu-se faptul că exploatarea zăcămintelor de minereuri și a diferitelor materiale de construcții situate în apropierea suprafeței pământului este în continuă dezvoltare, iar modernizarea echipamentelor de forare, încărcare și transport, precum și perfecționarea tehnologiilor de împușcare și de prelucrare a materialului derocat, au condus la obținerea unor avantaje evidente din punct de vedere tehnic și economic, ceea ce a determinat aplicarea acestui sistem ori de câte ori a fost posibil.

Totodată, s-a evidențiat că principalul factor în dezvoltarea extragerii rocilor tari în cariere este determinat de realizările obținute în tehnica de forare-împușcare și a perfecționării echipamentelor de încărcare și transport, realizate astfel încât să satisfacă cerințele impuse de geometria unei cariere. În domeniul explozivilor s-a remarcat folosirea generalizată a amestecurilor simple explozive și a explozivilor în vrac rezistenți la apă. Utilizarea sistemelor de inițiere moderne conferă o detonare sigură a încărcăturilor de exploziv, în acest mod fiind create premisele unei activități derulate în condiții de securitate. În general, operațiunea de împușcare a fost cea care a generat problemele cele mai deosebite în activitatea unei cariere, forarea și împușcarea fiind elementele decisive în realizarea volumelor de masă minieră necesar de extras.

Au fost menționate numeroasele avantaje ale aplicării acestui sistem de exploatare a s.m.u. dar au fost punctate și dezavantajele ale acestuia.

În cadrul acestui capitol s-a făcut și o analiză a tehnologiilor de împușcare utilizate în carierele din țara noastră prin prisma materialelor explozive și a mijloacelor de inițiere folosite, lucru ce a evidențiat faptul că începând din anii 60 au existat patru etape distincte privind dezvoltarea tehnicilor și tehnologiilor de împușcare, făcându-se o descriere a progreselor obținute în cadrul fiecărei etape de dezvoltare.

În acest context, INSEMEX Petroșani prin colectivul său de specialiști în domeniul explozivilor și tehnicilor de împușcare din care face parte și autorul, a avut ca obiectiv principal de cercetare elaborarea și testarea unor noi sorturi de explozivi și mijloace de inițiere, precum și

stabilirea condițiilor de utilizare sigură a acestora în aplicațiile industriale, în acest scop elaborând instrucțiuni de lucru și norme de protecție a muncii.

La sfârșitul capitolului se menționează implicarea și contribuția autorului în ceea ce privește proiectarea și coordonarea lucrărilor de împușcare masivă cu camere de minare, aplicând în premieră inițierea încărcăturilor concentrate de exploziv în varianta utilizării de intervale de întârziere între aceste încărcături, cu rezultate apreciable privind gradul de mărunțire a rocii și nivelul redus al acțiunii seismice. De asemenea se face referință la activităților de experimentare și stabilire a modalităților de utilizare a elementelor sistemului de inițiere NONEL și a explozivilor sub formă de emulsie fabricați cu ajutorul instalațiilor mobile, la executarea lucrărilor de împușcare de la suprafață cât și din subteran.

CAPITOLUL 3 - Contribuții privind modul de evaluare și reducere a mărimii efectului seismic generat de lucrările de împușcare.

Unul din principalele obiective ale acestui capitol a fost stabilirea unei metode de evaluare a acțiunii undelor seismice generate de lucrările de împușcare și care să cuprindă soluții optime de prognoză și control al efectului seismic, în scopul asigurării protecției obiectivelor civile/industriale coroborate cu exploatarea rațională și în condiții de securitate a substanțelor minerale utile.

La proiectarea parametrilor unei lucrări de împușcare trebuie să avem în vedere prescripțiile tehnice cu privire la protecția construcțiilor dar și reacția oamenilor din interiorul clădirilor care fac obiectul unor alte criterii, bazate pe percepția factorului uman. Este foarte important și totodată critic, să se înțeleagă ce anume poate să conducă la apariția plângerilor din partea populației și ce anume ar trebui să facem să le prevenim.

Având în vedere aceste aspecte, cercetările întreprinse și prezentate în teză, au avut ca scop stabilirea modului de apreciere a efectelor exploziilor astfel încât să se poată fundamenta cât mai exact tehnologiile de împușcare și stabili soluțiile cele mai adecvate în vederea diminuării acestora. Efectele secundare rezultate în urma procesului de împușcare a rocilor (undă seismică, undă de șoc aeriană, grad de disconfort asupra factorului uman, etc.) constituie o problemă pentru industria minieră și în special pentru cea extractivă la zi.

În prima parte a capitolului s-a făcut o prezentare a modalităților de evaluare a acțiunii seismice, atât naturale cât artificiale - generate de lucrările de împușcare, s-au analizat factorii care contribuie la deteriorarea construcțiilor precum și modul de realizare a controlului seismic.

Astfel, au fost identificați factorii naturali preponderenți care influențează propagarea undelor seismice în masive de roci; gradul de fragmentare, caracteristicile fizico - mecanice ale rocilor și morfologia terenului între locul exploziei și obiectivul ce trebuie protejat.

Viteza de propagare a undelor seismice este influențată și de factorii fizico - geologici specifici cum ar fi; porozitatea, gradul de alterare și saturare cu apă.

În continuare au fost analizați factorii tehnologici care influențează mărimea efectului seismic; modul de amplasare a încărcăturii explozive, parametrii geometrici ai rețelei de împușcare, tipul explozivului utilizat, încărcătura explozivă pe treaptă de întârziere, întârzierea între trepte și numărul acestora, mărimea și calitatea burajului, frecvența împușcărilor precum și distanța între locul împușcării și construcție.

În urma consultării literaturii de specialitate dar mai ales în baza experienței dobândite de autor prin efectuarea în cadrul INCD INSEMEX a numeroase studii de cercetare privind stabilirea

efectului seismic al lucrărilor de împușcare executate atât la suprafață cât și subteran, a fost elaborată o metodă de evaluare și monitorizare a efectului seismic generat la efectuarea lucrărilor de împușcare în cariere. În cadrul metodei de evaluare a efectului seismic s-au prezentat principalele etape necesar a fi parcurse pentru monitorizarea seismică, făcându-se referire și la modul de întocmire a rapoartelor de împușcare și a celor de evaluare a stării construcțiilor.

Datele conținute în documentul „*Dispoziție de împușcare*” sunt insuficiente pentru a putea da curs unei anchete privind soluționarea unei cauze privind pretențiile unui proprietar de casă din vecinătatea unui șantier unde se folosesc lucrări de împușcare. Pentru monitorizarea fiecărei împușcări se impune ca agentul economic să întocmească un *Raport de Împușcare*.

La demararea unor activități unde se execută lucrări de împușcare în apropiere de obiective civile (case de locuit), este necesar ca atât înainte cât și pe durata etapei de utilizare a unei tehnologii de împușcare să se efectueze o evaluare a clădirilor asupra condițiilor existente înainte și după împușcare.

Prin cercetările efectuate s-au stabilit criteriile care trebuie să stea la baza unor analize pre și post împușcare. În vederea definitivării soluției optime de executare și monitorizare a lucrărilor de împușcare, s-au elaborat documentele „*Raport asupra condițiilor din exteriorul construcțiilor*” și „*Raport asupra condițiilor din interiorul construcțiilor*”. Pentru ca agenții economici să poată aplica în practică monitorizarea fiecărei împușcări și a stării obiectivelor ce trebuie protejate, s-au făcut și propuneri de completare a documentului „*Procedură privind măsurarea vitezei de oscilație a solului și de determinare a cantităților de exploziv nepericuloase din punct de vedere seismic*”.

De asemenea, în cadrul acestui capitol au fost prezentate și două studii de caz cu privire la modul de monitorizare și evaluare a acțiunii seismice generate la executarea lucrărilor de împușcare. În cadrul unor programe de cercetare cu finanțare guvernamentală și derulate în cadrul INCD INSEMEX, autorul, în calitate de responsabil de proiect, a propus achiziția unor echipamente specializate de evaluare a stării fronturilor de lucru precum și de măsurare parametrilor unde seismice – stații de măsurare seismică cu monitorizare continuă. Acestea au avantajul măsurării continue a parametrilor seismici cu posibilitatea transmiterii datelor în timp real la un centru de monitorizare.

Astfel de echipamente pot fi montate în acele zone care prezintă un risc seismic iminent și care permit evaluarea într-un timp scurt a situațiilor în care valorile măsurate depășesc pe cele admisibile și de siguranță, precum și luarea celor mai adecvate decizii care să conducă la reducerea nivelului acțiunii seismice. Informațiile sunt transmise în timp real la o platformă – INFRA Net, care permite crearea unei baze de date cu toate valorile măsurărilor efectuate din momentul în care echipamentele au fost instalate în teren, dar și prelucrarea datelor acestora în timp real.

În vederea validării modului de lucru și de funcționare a stației de măsurare seismică pentru monitorizarea continuă a parametrilor undelor seismice și transmiterea datelor la distanță, s-au efectuat o serie de împușcări experimentale, datele măsurărilor fiind transmise online, în timp real, platformei INFRA Net. În urma realizării împușcărilor experimentale s-a accesat online platforma INFRA Net în vederea identificării datelor transmise prin intermediul sistemului de monitorizare instalat în incinta Poligonului INCD INSEMEX.

Testele efectuate au confirmat funcționalitatea și versatilitatea sistemului de măsurare, acesta putând fi implementat cu succes în viitoare proiecte de monitorizare online a acțiunii seismice generate la efectuarea lucrărilor de împușcare.

Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare la exploatarea substanțelor minerale utile

Stabilirea cantităților de exploziv posibil a fi detonate instantaneu și pe treaptă de întârziere se poate face în situația în care au fost executate măsurători cu privire la nivelul vitezei de oscilație a particulelor solului generate la executarea lucrărilor de împușcare, corelat cu distanța dintre locul împușcării și obiectivul seismoprotejat, cantitatea utilizată de exploziv și viteza admisă de referință funcție de tipul obiectivului și efectele asupra acestuia acceptate.

Există situații în care nu sunt executate măsurători seismice, tipic zăcămintelor aflate în faza de proiectare a tehnologiilor de exploatare, atunci când evaluarea intensității seismice ca urmare a lucrărilor de împușcare se poate face prin diferite criterii care permit stabilirea teoretică a cantităților admisibile de exploziv. În acest sens unul din cele mai utilizate criterii este cel al vitezei oscilațiilor solului, fiind parametrul care este reproductibil pentru aceleași condiții geo – miniere, tehnologice și pentru aceeași distanță.

Acest fapt a fost evidențiat în cadrul celui de al studiu de caz prezentat, care a avut la bază stabilirea unei proceduri de lucru (modalitate de calcul) care să permită stabilirea la nivel teoretic - nu sunt executate măsurători seismice - a cantităților de exploziv posibil a fi detonate instantaneu și pe treaptă de întârziere în cariera Pogoru Mare BM, funcție de distanța între cota locului împușcării și obiectivele care trebuie protejate, astfel încât să se limiteze la maxim influența acțiunii seismice a lucrărilor de împușcare asupra acestora.

Din analiza efectuată la fața locului a rezultat că în zona de influență seismică a lucrărilor de împușcare se află un fost iaz de decantare al unei mine precum și obiective civile, care în situația coordonării necorespunzătoare a lucrărilor de împușcare ar putea fi afectate de acțiunea seismică a acestora. Pentru asigurarea seismoprotecției acestor obiective s-a stabilit dependența dintre cantitatea de exploziv în echiv. TNT, distanța reală dintre frontul care se împușcă, obiectiv seismoprotejat, viteza admisă a oscilațiilor particulelor solului și s-au determinat încărcăturile maxime de exploziv, posibil a se împușca instantaneu sau pe treaptă de întârziere în carieră .

În vederea reducerii efectului seismic s-au făcut recomandări cu caracter tehnologic și de securitate iar în cazul utilizării unei alte tehnologii de împușcare (alta decât cea cu găuri de sondă) sau a unor tipuri de materiale explozive și sisteme de inițiere, altele decât cele pentru care au fost stabilite restricțiile seismice, este necesară reevaluarea acțiunii seismice și stabilirea încărcăturilor nepericuloase de exploziv, corespunzătoare noilor condiții tehnologice.

La finalul capitolului s-a relevat activitatea de cercetare cât și cea practică, din teren, a autorului, care a avut o contribuție semnificativă la stabilirea modului de evaluare a acțiunii seismice generate de lucrările de împușcare executate în cariere amplasate în vecinătatea unor obiective civile și industriale.

Autorul a făcut parte din colectivul care a fundamentat și elaborat Prescripțiile Tehnice care reglementează modalitatea de măsurare a acțiunii seismice determinate de lucrările de împușcare și stabilirea cantităților admisibile de explozivi și care au constituit unul din capitolele fostelor Norme Specifice de Protecția Muncii pentru Depozitarea, Transportul și Folosirea Materiilor Explozive - ed. 1997.

În baza rezultatelor cercetărilor efectuate în numeroase cariere de medie și mare capacitate, a elaborat o metodă de evaluare și monitorizare a efectului seismic în scopul reducerii influenței acesteia asupra obiectivelor învecinate, eliminarea daunelor provocate acestora, respectiv diminuarea gradului de deranj al populației aflate în vecinătatea zonelor cu lucrări de împușcare.

A implementat cu succes modalități moderne de monitorizare a efectelor lucrărilor de împușcare, evidențiindu-se varianta de lucru prin monitorizarea continuă a parametrilor undelor seismice și de transmitere a informațiilor la distanță în vederea prelucrării datelor măsurătorilor.

De asemenea, a fost elaborată și înregistrată o cerere de brevet care are ca obiect o aplicație informatică specializată pentru evaluarea și optimizarea parametrilor tehnologici și de securitate funcție de acțiunea seismică generată la executarea lucrărilor de împușcare la suprafață.

CAPITOLUL 4 – Contribuții privind optimizarea rezultatelor activităților de forare – împușcare din cariere.

Cercetările întreprinse și descrise în acest capitol au avut ca obiectiv stabilirea modalităților de evaluare, proiectare a parametrilor de împușcare și monitorizare a rezultatelor/efectelor acestora, având la dispoziție aportul echipamentelor moderne care permit o abordare obiectivă și științifică a aspectelor tehnice și de securitate atât ante cât și post executare a unei lucrări de împușcare.

Una din preocupările principale a constat în dezvoltarea unui instrument de lucru pus la dispoziția specialiștilor din industria minieră care să permită o mai bună planificare și control asupra rezultatelor activităților de extragere a rocilor prin lucrări de împușcare, respectiv a unei metodologii de proiectare a parametrilor de forare – împușcare în scopul eficientizării rezultatelor lucrărilor de derocare având ca impact reducerea efectelor acestora asupra mediului luând în analiză întreg fluxul de prelucrare a materialului derocat – forare, împușcare, încărcare, transport, concasare.

Operația de împușcare are implicații semnificative de mediu, operaționale și de cost. De exemplu, un proces optimizat de fragmentare a rocilor prin împușcare îmbunătățește randamentele la excavatoare și basculante, minimizează costurile de întreținere și reparare a echipamentelor, maximizează debitul concasorului și în cele din urmă, minimizează costurile de procesare a rocii cu efecte reduse asupra mediului, în special în ceea ce privește emisiile de carbon.

Evaluarea rezultateelor lucrărilor de împușcare este o etapă foarte importantă, vizând aspecte atât economice cât și de securitate. Acest lucru se face prin analiza privind granulometria, fisurația în spatele frontului, starea taluzului, distanța și forma de așezare a rocii derocate în fața frontului, prezența pintenilor la vatră, dar și valorile măsurătorilor privind nivelul undei seismice și a undei de șoc aeriene.

În cadrul capitolului s-a subliniat faptul că reducerea impactului lucrărilor de derocare începe de la culegerea de date în teren prin evaluarea fronturilor de lucru, profilarea laser a acestora, până la stabilirea modului în care vor fi executate lucrările de forare a găurilor iar în urma verificării deviației acestora, revizuirea datelor inițiale de proiectare privind modul de încărcare cu explozivi și inițiere a frontului lucru.

Un alt element documentat a fost progresul tehnologic din ultimii ani cu privire la instrumentele de măsurare (de ex. echipamente laser, GPS, drone) sau softurile de proiectare, care au contribuit substanțial la îmbunătățirea activității de forare și împușcare în cariere. Această combinație de echipamente și softuri servește în primul rând creșterii gradului de securitate prin reducerea riscurilor de apariție a fenomenului de aruncare de material mărunț sub acțiune exploziei precum și evitarea problemelor majore cu privire la geometria lucrărilor de împușcare.

Cu toate acestea, deși contribuția lor este incontestabilă, s-a încercat a se răspunde la problema dacă cu ajutorul acestor instrumente se poate găsi cu adevărat cele mai bune soluții, funcție de variațiile geometrice și geologice specifice unei cariere.

Se poate afirma că aceste instrumente nu sunt suficiente pentru a realiza această optimizare a parametrilor lucrărilor de împușcare. Optimizarea operațională presupune furnizarea de soluții adaptate condițiilor variabile ale zăcămintului. Acest lucru necesită adesea o abordare complexă și ajustări adecvate. De exemplu, proiectarea unei rețele de forare adecvate geometriei provocatoare a taluzului unei trepte sau o schemă de inițiere optimizată pentru complicate mineralizări ale zăcămintului. Deși sunt elemente fundamentale, acestea sunt adesea approximate din cauza lipsei de timp și a instrumentelor de proiectare eficiente. În condiții operaționale, în special în timpul activităților miniere, lipsa de timp este principala provocare pentru optimizare.

Pentru a atenua această constrângere operațională, avem nevoie de alte tipuri de instrumente care vor juca un rol din ce în ce mai important în proiectarea operațională a lucrărilor de derocare prin împușcare. Aceste instrumente devin algoritmi care oferă soluții adaptive. Aceasta înseamnă că acestea vor ajuta la adaptarea parametrilor de împușcare în funcție de condițiile variabile din carieră, în scopul optimizării rezultatului dorit.

Aceste rezultate se regăsesc sub diferite forme, cum ar fi gradul de mărunțire, conformitatea cu geometria treptei, reducerea gradului de fisurație în spatele frontului, modul de dispunere a materialului derocat corelat cu gradul de diluție, nivelurile de vibrații etc. Toate acestea vor avea diferite grade de semnificație în funcție de modul și condițiile de exploatare, însă, în general, toate vor depinde de cum este distribuită energia exploziei atât în spațiu (geometria încărcăturii) cât și în timp (secvența de întârziere).

Planificarea eficientă a acestei distribuții, cu constrângerile de timp menționate mai sus, necesită soluții pe care le-am definit ca "algoritmi", care să încorporeze informațiile din teren corelate cu variația parametrilor specifici de forare, încărcarea cu explozivi și timpii de întârziere.

Dezvoltarea unui astfel de instrument esențial pentru inginerii din domeniul proiectării parametrilor de împușcare, care să le permită efectuarea unor operațiuni complexe de ajustare a modelului de explozie într-un timp foarte scurt, a constituit una dintre principalele preocupări abordate în cadrul tezei.

În cele mai multe țări cu industrie minieră avansată, activitatea de proiectare este făcută cu ajutorul unor softuri specializate ce permite o analiză a diferite variante de lucru și luarea rapidă a unei decizii finale.

Însă, de multe ori se întâmplă ca în teren să apară situații neprevăzute care necesită modificarea unor parametri deja stabiliți iar decizia de modificare rămâne în sarcina operatorului forezei sau artificierului. Pentru astfel situații, autorul a conceput o aplicație matematică în excel ușor de utilizat în teren cu ajutorul unei tablete sau al unui smartphone. Aceasta facilitează calcularea rapidă a parametrilor de forare cu referire la lungimea de gaură, lungimea de subadâncire, anticipantă efectivă, calculul volumului de rocă aferente unei găuri precum și calculul costurilor privind execuția unei lucrări de forare - împușcare.

O altă direcție de analiză abordată în cadrul acestui capitol a fost tranziția către o energie curată, respectiv securitatea energetică care este asociată în mod tradițional cu aprovizionarea cu petrol și gaze naturale și, mai recent, și cu energia electrică, dar, pe măsură ce tranzițiile energetice se amplifică, este imperios necesar să se evalueze și cerințele privind mineralele în cadrul

diferitelor scenarii energetice și tehnologice și să se identifice implicațiile de mediu și de securitate ale aprovizionării cu acestea.

Zeci de țări și multe companii de top au anunțat planuri de a-și reduce emisiile la zero net până la mijlocul acestui secol. Impulsul din ce în ce mai mare din spatele tranzițiilor către o energie curată concentrează atenția asupra importanței lanțurilor de aprovizionare cu această energie și în special, asupra aprovizionării adecvate cu minerale.

Mineralele vor juca un rol vital în dezvoltarea multora dintre tehnologiile de energie curată care sunt utilizate pe scară largă în prezent – de la panouri solare și turbine eoliene la rețele de energie electrică și vehicule electrice. Dar asigurarea faptului că aceste tehnologii pot continua să se bazeze pe suficiente rezerve de minerale și prin urmare, să sprijine accelerarea tranzițiilor energetice, devine o provocare majoră.

În acest fel, sustenabilitatea devine un punct din ce în ce mai important pe agenda industriei miniere. Cererea de minerale și metale precum cuprul, litiul, cobaltul, grafitul și nichelul se va intensifica în viitor, toate acestea fiind utilizate în tehnologiile cu emisii reduse de carbon, iar extracția și producția durabilă și fiabilă va trebui să țină pasul. Conform unei analize a Băncii Mondiale, se estimează că până în 2050 producția globală de minerale critice utilizate în tehnologiile cu emisii reduse de carbon va crește cu 965% pentru litiu, 585% pentru cobalt, 383% pentru grafit, 300% pentru cupru, 241% pentru indiu, 173% pentru vanadiu. Cu o cerere tot mai mare de minerale și obiective ambițioase privind emisiile de carbon, minerii vor trebui să producă mai mult, reducând în același timp emisiile CO₂.

Astăzi, 40 - 50 % din emisiile de CO₂ provin de la motorina utilizată în echipamentele mobile, iar încă 30 - 35 % din electricitatea neregenerabilă.

Întrucât activitatea minieră este o sursă importantă generatoare de carbon iar procese tehnologice cum ar fi forarea, încărcarea, transportul și mărunțirea sunt generatoare de emisii ale lanțului actual de valorificare minieră, vor fi necesare eforturi mari pentru a aborda și găsi soluții pentru aceste probleme. Un efect al lucrărilor de împușcare – emisia de gaze, respectiv nivelul amprente de carbon generată de astfel de activități, este un factor care trebuie abordat nu numai în contextul efectului generat direct de lucrarea de împușcare cât și de activitățile asociate procesării masei miniere derocate - mărunțire prin piconare, încărcare, transport și concasare.

În acest scop este nevoie a se evalua atât modul de proiectare și execuție a lucrărilor de împușcare dar și modul în care rezultatele acestor activități influențează mediul și în mod deosebit cum influențează derularea fluxului de procesare a materialului derocat în aval de frontul de lucru – operațiile de încărcare, transport, concasare – activități cu implicații majore asupra nivelului de consum de energie fosilă și electrică, respectiv cu afectarea nivelului emisiilor de carbon.

Având în vedere problematica analizată, a rezultat necesitatea îmbinării preocupărilor privind eficientizarea activității de derocare prin împușcare cu cea de reducere a emisiilor de carbon și ca urmare a fost elaborată o procedură de monitorizare și evaluare a parametrilor și consumurilor specifice acestor activități, luându-se în analiză parametrii de forare (anticipantă, distanță între găuri, distanță între rândurile de găuri, lungime de gaură, număr de găuri, metrii liniari foraji, consumul de combustibil), parametrii de împușcare (tip de inițiere, tipul și cantitatea de materiale explozive, consumul de exploziv), precum și rezultatele lucrării de împușcare (granulometria materialului derocat, modul de dispunere a acestuia în fața frontului, prezența pintenilor, procentul de supragabariți, gradul de prelucrare a taluzului frontului împușcat, aruncarea de bucăți de rocă, nivelul vibrațiilor).

Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare
la exploatarea substanțelor minerale utile

În activitatea de exploatare s-a urmărit în principal analiza pe operațiuni componente a întregului flux de exploatare și procesare a rocii dintr-o exploatare minieră la zi (forare, împușcare, încărcare, transport și concasare), a consumului de timp, consumului de energie și combustibil aferent fiecărei operațiuni aferente fluxul minier.

Scopul acestei monitorizări a fost identificarea de soluții care să conducă la îmbunătățirea rezultatelor lucrărilor de forare și împușcare, în special privind reducerea consumului de explozivi, a consumului de combustibil la operațiile de forare și a procentului de supragabariti cu implicații în reducerea consumurilor și cheltuielilor cu activitatea de piconare a acestora. Indirect, îmbunătățirea rezultatelor lucrărilor de împușcare au condus la reducerea consumurilor de motorină și electricitate în activitățile de încărcare și transport a materialului derocat precum și în cele de concasare, operațiuni aflate în avalul ciclului de exploatare a rocii.

Lucrările de forare – împușcare și monitorizare a rezultatelor acestora s-au făcut într-o carieră aparținând CRH Romania, respectiv în cariera Hoghiz.

În cadrul procedurii care vizează îmbunătățirea performanței, s-au evaluat și monitorizat următoarele componente de referință ale activității de forare - împușcare:

- Consum specific de exploziv – kg/to.;
- Pondere utilizare explozivi vrac vs. explozivi încartușați;
- Mărime medie a unei lucrări de derocare prin împușcare – to.;
- Consum de combustibil pentru activitatea de forare – l / m.l.;
- Parametrii tehnici de executare a lucrărilor de forare – împușcare;
- Cost pe tona derocată - ron/to.;
- Pondere supragabariți și pintoni.

De asemenea, s-a convenit asupra unei modalități/proceduri de urmărire în teren a fazelor specifice activităților de forare și a celor de împușcare, numită *monitorizarea indicatori principali de performanță - KPI*, precum și a modului de comunicare și raportare a rezultatelor.

Procedura de evaluare a presupus parcurgerea următoarelor faze; 1 - Definirea planului, 2 – Măsurare, 3 – Analiză, 4 - Îmbunătățirea planului, 5 - Verificarea rezultatelor.

Obiectivele propuse în cadrul activității de monitorizare au fost; eliminarea problemelor legate de pintoni și obținerea unei profilări corespunzătoare a taluzului treptei după împușcare, reducerea procentului de supragabariți, o mai bună distribuție din punct de vedere al granulometriei rocii derocate, respectiv creșterea productivității la operațiile de încărcare, transport și concasare, obținerea unei plaforme drepte în fața fronturilor de lucru, reducerea/eliminarea gradului de fisurare a masivului de rocă în spatele frontului împușcat, reducerea costurilor totale.

În vederea centralizării datelor din teren și a a celor privind parametrii lucrărilor de forare și împușcare, a fost folosit un document denumit ” *Raport de împușcare*”, care cuprinde informații cu privire la localizarea frontului în carieră, date cu privire la volumul derocat și metrii liniari forati, prezentarea și evaluarea rezultatelor lucrării de împușcare cu referire la următoarele aspecte; prezența pintonilor, forma dispunerii în fața frontului a materialului derocat, facilitatea la încărcare a rocii împușcate, gradul de fisurare a masivului în spatele frontului împușcat, dispunerea planelor de fisurație și stratificare față de amplasarea rețelei de găuri, schema de amplasare a găurilor, poze cu vedere din fața frontului făcute înainte și după executarea lucrărilor de împușcare.

La începerea unei lucrări de forare – împușcare într-o locație nouă este nevoie să se facă o acțiune de audit al noii locații iar informațiile colectate vor contribui la luarea celor mai adecvate

decizii privind stabilirea modului de derulare a activităților de extragere și prelucrare a rocii în zonă.

În acest scop a fost conceput documentul ” *Fișă de evaluare a condițiilor de forare*” care cuprinde informații cu privire la tipul de rocă în care urmează a se efectua lucrările de derocare, date despre proprietarul locației, estimarea numărului de lucrări de împușcare și a metrilor liniari forati pe parcursul unui an, modul de acces în carieră, starea drumurilor, tip de lucrare – descopertă, producție, drumuri de acces, starea bermelor și taluzelor treptelor de exploatare, tipul găurilor ce urmează a fi forate, tipul utilajului de forat potrivit condițiilor din carieră, posibile scheme de forare - impuse de beneficiar/stabilite de prestator, informații privind parametrii de forare – înălțimea de treaptă, lungime de gaură, înclinare găuri, anticipantă, distanță între găuri și rândurile de găuri, modul de dispunere a găurilor, alte mențiuni cu privire la existența unor restricții cum ar fi cele din punct de vedere al securității zonei sau a mediului – restricții seismice datorită prezenței în imediata vecinătate a unor obiective civile și industriale.

De asemenea, această fișă de evaluare poate fi utilizată ca referință atunci când în se ia în discuție încheierea unei asigurări privind posibile daune provocate de activitatea de împușcare.

Pentru crearea unei baze de date care să ofere informații din teren în timp real, dar care să stea și la baza evaluării atât activității de forare cât și a performanței acesteia, s-a elaborat un fișier de raportare zilnică a activității de forare precum și un fișier cu raportarea cumulată a datelor de forare aferente executării unei lucrări de împușcare, denumite ” *Deviz zilnic de lucrare*” și ” *Deviz cumulativ de lucrare*”. Cele două documente cuprind datele de identificare a carierei unde are loc activitatea, informații cu privire la activitatea instalației de forare cu referire la numărul de găuri, lungimea de gaură, tipul găurilor, numărul de ore de activitate, ore /distanțe de deplasare de la un front la altul, consum combustibil și ulei, mentenanță (tipul și durata intervenției), timp de staționare și motivele care le-au cauzat.

Un element esențial în derularea proiectului de monitorizare l-a constituit modul de comunicare a informațiilor astfel încât acestea să fie disponibile și accesibile în cel mai scurt timp de către toți cei implicați în executarea și evaluarea acestor activități. În acest scop a fost elaborat un sistem de comunicare cu utilizarea aplicației Google Drive, care oferă următoarele avantaje:

- partajarea fișierelor în cel mai scurt timp;
- acces și utilizare ușoară cu un cont Google simplu și gratuit;
- spațiu de stocare gratuit de până la 15 GB;
- acces la fișiere acordat de administrator;
- informații securizate.

Odată cu monitorizarea parametrilor au fost identificate și principalele probleme întâlnite în activitățile de forare - împușcare și totodată s-au stabilit posibilele cauze care au contribuit la apariția acestor. Ulterior, în baza acestor analize s-a elaborat un plan de acțiuni în scopul optimizării rezultatelor, făcându-se și o analiză SWOT privind aplicarea acestor măsuri.

Activitatea de optimizare a lucrărilor de forare – împușcare, a celor din restul ciclului de producție desfășurate în aval de activitatea de derocare precum și monitorizarea rezultatelor acestor lucrări, s-a desfășurat în cursul anului 2020, în teză fiind luate în analiză rezultatele aferente primelor cinci luni de activitate. Analiza rezultatelor lucrărilor de forare – împușcare s-a făcut în baza datelor colectate folosind documentele de monitorizare menționate anterior și folosind modalitatea online de raportare prin aplicația Google Drive.

Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare la exploatarea substanțelor minerale utile

Lucrările de forare – împușcare care, chiar dacă au fost lucrări de producție, ele s-au constituit și în lucrări experimentale cu caracter de cercetare. Au fost experimentate diferite scheme de amplasare a găurilor prin varierea parametrilor de forare – anticipantă, distanță între găuri și rânduri de găuri, a parametrilor de împușcare cu referire la cantitatea și modul de distribuție a încărcăturilor explozive pe gaura de sondă precum și a timpilor de întârziere, creșterea volumul derocat în cadrul unei lucrări de împușcare, o mai bună planificare a locației fronturilor care urmează a fi forate astfel încât să se limiteze la maxim distanțele și timpul de deplasare a forezelor de la un front la altul.

În primele cinci luni ale anului 2020 au efectuate un număr de 40 lucrări de împușcare, derocându-se o cantitate de peste 500 000 to. Datele analizate și rezultatele obținute au fost prezentate în cadrul tezei sub formă tabelară și grafică.

De exemplu, dintr-un volum total de 991 341 to. derocate în 2020, o cantitate de 28 944 to. – 3,30 % a fost mărunțită suplimentar prin piconare iar o cantitate de 87 7074 to. – 88,47% a fost concasată. Spre comparație, în anul 2019 a fost împușcat un volum de 1.131.250 to. din care 1.105.161 to. au fost concasate – 97,7 % și 59.592 to. piconate – 4,91 %.

Referitor la activitatea de concasare, s-a monitorizat productivitatea concasorului urmărindu-se consumurile de energie pe tona de material concasat. Acest indicator este în strânsă corelație cu granulometria materialului derocat, timpul de funcționare a concasorului scăzând odată cu gradul de mărunțire a rocii. Analizând volumele concasate în fiecare lună și consumurile de energie ale concasorului, raportul mediu anual dintre consumul de energie și volumul de material concasat este de 1,35.

În ceea ce privește funcționarea instalațiilor de forare, a orelor de mentenanță efectuate precum și a gradului de indisponibilitate pe parcursul anului 2020, din datele analizate rezultă că forezele au avut 1248 ore de funcționare, echivalentul a 156 de zile activitate precum și un număr de 128 ore de reparație și întreținere, echivalentul a 16 zile de activitate, respectiv un procent 10,26% grad de indisponibilitate a forezelor în 2020.

Referitor la aspectele de securitate legate de activitățile de forare – împușcare, pe parcursul derulării proiectului nu a avut loc nici un incident periculos, în special cu referire la efectele de aruncare de material mărunț sub efectul exploziei și nici nu a fost vreo situație care să necesite monitorizarea acțiunii seismice generată la executarea lucrărilor de împușcare.

Analizând acțiunile întreprinse pentru optimizarea rezultatelor de derocare prin forare – împușcare, pe scurt, acestea pot fi rezumate ca fiind următoarele; schimbarea instalației de forare, respectiv a diametrului de forare de la 150 mm la 100 mm, micșorarea ponderii consumului de explozivi încartușați din totalul de explozivi consumați, înlocuirea tipului de azotat de amoniu curent utilizat cu un tip cu o densitate mai mică, creșterea volumelor derocate pe lucrare de împușcare, reducerea parametrilor de forare – anticipantă, distanță între găuri și rânduri de găuri corelate cu diametrul găurii forate, monitorizarea granulometriei rocii împușcate, a volumului de mărunțire secundară prin piconare, productivitatea utilajelor de încărcare și transport material derocat – reducerea timpului de încărcare și a numărului de curse front de lucru – concasor, productivitatea concasorului prin monitorizarea timpului de funcționare și a energiei consumate.

Procedura de evaluare propusă de autorul tezei și experimentată la cariera Hoghiz a contribuit la obținerea unor rezultate semnificative cu implicații atât în eficientizarea activității de derocare și procesare a rocii cât și în reducerea amprente de carbon pe întreg ciclul de exploatare din carieră.

Un prim impact al acțiunilor întreprinse a fost cel de reducere al consumului de exploziv încartușat cu efect imediat asupra costului cu consumul de materiale explozive, o îmbunătățire a granulometriei materialului derocat datorită unei mai bune corelări și distribuții a energiei explozivului versus parametrii de forare, o mai bună planificare a activității de exploatare în scopul reducerii distanțelor de deplasare a instalațiilor de forare între trepte și între fronturile de lucru.

Prin reducerea diametrului de gaură și reducerea rețelei de forare, au crescut consumurile de combustibil pentru activitatea de forare și cel de exploziv pentru activitatea de împușcare, însă ca rezultat al acestor creșteri de consumuri a fost obținerea unor împușcări de calitate mult mai bună din punct de vedere al gradului de mărunțire, modului de dispunere a materialului derocat în fața frontului, reducerii gradului de fisurație a masivului din spatele frontului împușcat.

Aceste rezultate de calitate superioară ale lucrărilor de forare – împușcare au condus la realizarea de economii în consumurile de timp, combustibil și electricitate consumată în activitățile de încărcare, transport și concasare, fapt ce a compensat creșterea cheltuielilor în faza de forare împușcare.

Având în vedere că activitățile din ciclul de procesare aflate în aval de activitățile de forare - împușcare sunt cele care contribuie semnificativ la amprenta de carbon generată de activitățile dintr-o carieră, se poate evidenția faptul că prin reducerea gradului de utilizare a utilajelor și echipamentelor datorate unei îmbunătățiri a rezultatelor activității de forare – împușcare, s-a făcut și o reducere semnificativă a nivelului amprente de carbon.

CAPITOLUL 5 – Contribuții privind amenajarea depozitelor mobile de materii explozive destinate activităților de extragere a substanțelor minerale utile în lucrările de la suprafață.

Cercetările întreprinse și descrise în acest capitol au avut ca obiectiv stabilirea și testarea cerințelor constructive privind amenajarea unui depozit mobil de materii explozive, de tip container metalic, testarea și amenajarea unui astfel de depozit mobil fiind o activitate în premieră în România.

Executarea lucrărilor de împușcare presupune gestionarea problemei depozitării materialelor explozive. Acest aspect este mai ușor de rezolvat în cazul activităților miniere cu timp îndelungat de exploatare și unde sunt sau pot fi amenajate capacități de depozitare, conform legislației naționale care prevede criterii constructive și de siguranță în funcție de tipul și cantitatea de materiale explozive depozitate.

În cazul lucrărilor de împușcare executate în zone izolate, cum sunt cele pentru construcția de drumuri, demolări de clădiri sau cele din silvicultură, facilitățile de depozitare trebuie amenajate pentru perioade mai scurte de timp și capacitate mai mică, dar care trebuie să respecte cerințele de securitate, de mediu și de risc, similare celor prevăzute pentru depozitele de mare capacitate și cu durată lungă de activitate.

Pentru execuția unor astfel de lucrări de împușcare, legislația națională prevede posibilitatea amenajării unor depozite temporare de explozivi, de capacitate mică, fără a preciza însă detaliile constructive și cerințele de siguranță necesare a fi respectate, menționând doar că acestea trebuie executate pe baza unui proiect specializat. Unul dintre cele mai importante aspecte luate în considerare la proiectarea și amenajarea unui depozit mobil de explozivi este limitarea la maximum a acțiunii dinamice și a efectului de aruncare a bucăților de material sub presiunea unei detonări accidentale.

Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare la exploatarea substanțelor minerale utile

La nivelul Uniunii Europene, modalitatea de deținere și depozitare a materialelor explozive este foarte bine reglementată, dar există și anumite particularități, în special în ceea ce privește modalitatea de depozitare în cazul lucrărilor de împușcare efectuate în aplicațiile menționate mai sus.

În cadrul cercetărilor efectuate la INCD INSEMEX în colaborare cu specialiștii Deltamed Cluj și IGSU București, a fost testat la nivel de laborator un prototip al unui ”container pirotehnic”. Principalele obiective urmărite în cadrul activităților de cercetare/testare au fost; analiza cerințelor tehnice și de securitate privind amenajarea unui depozit mobil de materii explozive; stabilirea criteriilor constructive, de securitate și performanță privind amenajarea acestor depozite mobile; elaborarea soluțiilor constructive și a celor de amenajare a unui depozit mobil de materii explozive; testarea și evaluarea rezultatelor privind variantele constructive / soluțiile de amenajare ale depozitelor mobile în strânsă corelație cu cerințele de securitate și performanță stabilite pentru acest tip de construcții; definitivarea soluției optime de amenajare a unui depozit mobil materii explozive inclusive prin simulare computerizată a modului de comportare a acestuia la o exploatare normală sau în cazul unor incidente periculoase.

În urma evaluării cerințelor legislative precum și a practicilor existente la nivel internațional, au fost stabilite criteriile constructive ale containerului pirotehnic.

Astfel, s-a optat pentru amenajarea unui container tip ISO 1 C, acesta fiind împărțit în două compartimente, cu două uși individuale și blindat în interior cu plăci de oțel blindaj pentru a se asigura că poate rezista la detonarea accidentală a unei încărcături de 1,5 kg. echivalent TNT. În primul compartiment au fost dispuse pe peretele opus ușii de acces, un număr de 20 de alveole (cutii) pentru depozitarea explozivilor și capselor, dispuse câte cinci bucăți pe patru rânduri.

Alveolele au fost prevăzute cu uși și au fost dispuse la o distanță de 100 mm unul de celălalt. Capacitatea de depozitare a compartimentului containerului este de 25 kg echivalent TNT, (materiale explozive și detonatoare), distribuite câte 1,3 kg echivalent TNT pe alveolă. Al doilea compartiment al containerului a fost amenajat pentru o capacitate de depozitare de 25 kg echivalent TNT și dotat cu trei cutii dispuse de-a lungul lungimii pereților laterali.

Cele două compartimente, în zona tavanului, au fost prevăzute cu descărcătoare de presiune, iar pentru realizarea unui sistem de ventilație naturală, pereții laterali au fost prevăzuți cu fante. De asemenea, podeaua containerului și interiorul alveolelor au fost acoperite cu material anti-scânteie (tego). Ușile de acces au fost prevăzute cu două încuietori în construcție specială și cu balamalele de tip îngropat.

Containerul, în faza de exploatare, va fi prevăzut cu sistem de alarmă împotriva intruziunilor neautorizate, detectoare de fum, instalație paratrăsnet, instalație de iluminare perimetrală - tip LED precum și cu elemente de fixare pentru încărcare și descărcare pe un mijloc de transport.

Pentru amenajarea celor 20 de alveole pentru depozitarea materialelor explozive, au fost proiectate și testate mai multe variante constructive, cu scopul de a minimiza efectele unei detonări accidentale a materialelor explozive asupra acestora. Se menționează că cel mai important element în construcția depozitului mobil de containere sunt alveolele de depozitare pentru materiale explozive, deoarece, în funcție de modul în care acestea rezistă efectelor unei detonări accidentale, depinde integritatea containerului și securitatea în vecinătatea acestuia.

Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare
la exploatarea substanțelor minerale utile

Din acest motiv, s-a acordat o atenție deosebită construcției alveolelor, fiind testate la explozie patru variante și, în funcție de efectele observate, s-au făcut modificări pentru a contribui la creșterea rezistenței acestora.

În cadrul testelor efectuate în Poligonul INCD INSEMEX au fost folosiți explozivi TNT și capse electrice iar testele au decurs în următoarele condiții:

- plasarea în interiorul fiecărei alveole a unei cantități de câte 1,3 kg. TNT;
- amorsarea și inițierea cu o capsă electrică a unei încărcături explozive plasate în prima alveolă, respectiv a unei încărcături martor în cea de a doua alveolă;
- amplasarea în interiorul și exteriorul containerului a unor senzori de măsurare a presiunii;
- filmarea detonației cu un echipament de filmare rapidă și fotografierea alveolelor înainte și după testul de detonare.

Una dintre soluțiile constructive testate și adaptate funcție de rezultatele obținute după fiecare detonare, a fost cea de alveole de formă dreptunghiulară cu un cadru de oțel realizat din profile dreptunghiulare și închiderile laterale din oțel. O a doua variantă de alveolă testată a fost cea realizată prin introducerea în interiorul cadrului dreptunghiular a unei țevi metalice cu diametrul de 400 mm având sudate pe exterior, pe generatoare, lamele cu rol de creștere a rezistenței țevii la presiunea exploziei. Interiorul țevii a fost capitonat cu material antiscântei (tego).

Având în vedere rezultatele bune obținute cu varianta constructivă de alveolă – corp cilindric introdus într-un cadru dreptunghiular, s-a propus pentru testare o variantă de alveolă la care în locul cadrului dreptunghiular s-a utilizat o țevă cu diametrul de 390 mm și în care s-a introdus o altă țevă cu diametrul de 360 mm, interiorul acesteia fiind capitonată cu tego

În urma evaluării rezultatelor acțiunilor de testare, s-a concluzionat că varianta constructivă cu țevă metalică introdusă în alveola cu cadru dreptunghiular este cea care conferă o rezistență superioară comparativ cu celelalte variante testate în Poligon.

Având stabilită soluția constructivă a alveolei cu comportamentul cel mai adecvat cerințelor construcției containerului pirotehnic, respectiv să reziste la detonarea unor încărcături explozive fără a transmite detonația în afara alveolei și fără a iniția alte încărcături explozive din alveolele învecinate fixate în container, a fost testată rezistența containerului pirotehnic în Poligonul INCD INSEMEX.

Construcția metalică a containerului a fost testată și presiunile de explozie au fost măsurate pentru situația detonării unei încărcături de 1,3 kg TNT într-o alveolă din compartimentul pentru depozitarea explozivilor și capselor. Un al doilea test s-a făcut cu o încărcătură de 1,5 kg. TNT. detonată în interiorul compartimentului destinat depozitării munițiilor neexplodate, respectiv detonarea unei încărcături explozive de 0,100 kg TNT, amplasată în exteriorul containerului.

În urma testării containerului pirotehnic, evaluării efectelor dinamice ale exploziilor executate în interiorul și exteriorul acestuia precum și a analizei rezultatelor măsurărilor cu privire la presiunile generate la detonarea încărcăturilor explozive, a rezultat că valorile presiunii măsurate în interiorul containerului de 3,1 – 13.75 bar la detonarea unei încărcături suspendate de 1,5 kg. TNT în cel de al doilea compartiment și de 0,77 – 5,6 bar la detonarea unei încărcături de 1,3 kg. TNT introdusă în alveolă, conform datelor din Anexa 3b la Normele Tehnice de aplicare a Legii 126/1995, împreună cu toate modificările și completările apărute ulterior), ar fi condus la distrugerea totală sau parțială a unor construcții industriale cu schelet metalic, a clădirilor din beton sau zidărie aflate în imediata vecinătate a exploziei .

În condițiile celor mai sus precizate și a valorilor de presiune măsurate, efectele dinamice ale detonației asupra structurii containerului pirotehnic testat au fost limitate la deformări în zona ușilor de acces, cedarea unor linii de sudură în interiorul compartimentului nr. 2 sau proiectarea la distanță a descărcătoarelor de presiune. Totodată, modul de construcție și comportamentul la detonație al alveolelor de depozitare materii explozive și mijloace de inițiere, a asigurat integritatea materiilor explozive aflate în alveolele învecinate celei în care s-a produs detonația.

Pe de altă parte, valorile presiunilor măsurate în exteriorul containerului de 0,28 bari la detonarea unei încărcături de 1,3 kg. TNT introdusă în alveolă și de 0,72 bari la detonarea unei încărcături suspendate de 1,5 kg. TNT în compartimentul nr. 2, pot conduce la vătămarea factorului uman. Aceste valori ale presiunii produse de explozie provin din disiparea undelor de presiune prin descărcătoarele montate pe acoperișul containerului.

Prin utilizarea unei aplicații software specializată de proveniență americană tip IMESA FR v2 Bundle, s-a putut face o evaluare probabilistică a situațiilor de risc generate în urma detonării încărcăturilor explozive în cele două compartimente ale containerului și a presiunilor generate înafara acestuia, pe baza rezultatelor de cuantificare grafo-analitică a pericolelor specifice asociate, în vederea determinării nivelului de siguranță sau a gradului de insecuritate corespondent.

Astfel, a fost estimată zona de mortalitate ca fiind pe o rază de 8 m, zona de leziuni majore pe o rază de 14 m iar zona de leziuni minore pe o rază de 17 m în jurul containerului.

Analizând rezultatele celor trei teste efectuate cu referire la comportamentul containerului pirotehnic în raport cu acțiunea dinamică a exploziilor, autorul tezei a recomandat următoarele îmbunătățiri:

- pentru a limita aruncarea dispozitivelor de reducere a presiunii sub acțiunea dinamică a exploziilor, deasupra acestora să se monteze un sistem de protecție tip grilă, pe o treime din suprafața lor, începând dinspre zona ușilor de acces în container;

- pentru a asigura o mai bună ventilație naturală a containerului pirotehnic, suplimentarea numărului de găuri din zonele de ventilație;

- fiecare ușă din cutiile din compartimentul nr. 1 să fie prevăzută cu un cablu de siguranță (fixat între ușa cutiei și cadrul acesteia) astfel încât să permită deschiderea ușii la un unghi de 30°. Cablul de siguranță trebuie fixat la un capăt și detașabil la celălalt;

- protecția zonei încuietorilor de la cele două uși de acces din compartimentele containerelor cu protecție de tip buzunar, similară cu cele din zona orificiilor de ventilație realizate în pereții containerului.

De asemenea, evaluarea a demonstrat faptul că chiar dacă containerul rezistă detonării diferitelor încărcături explozive, unda de șoc generată poate fi periculoasă pentru factorul uman. Ca urmare, se recomandă o distanță de siguranță de cel puțin 20 m de la locația containerului pirotehnic.

În concluzie, pe baza rezultatelor obținute, containerul pirotehnic aranjat în forma constructivă testată și împreună cu modificările și îmbunătățirile aduse în timpul testelor, corespunde scopului și cerințelor cercetărilor.

La operarea containerului pirotehnic se vor ține cont de cerințele privind distanțele de siguranță ale acestuia față de cele mai apropiate obiective și față de prezența factorului uman, având în vedere riscul de inițiere accidentală a materialelor explozive depozitate în containerul pirotehnic, respectiv de producere a presiunilor datorate undelor de șoc aeriene generate de explozie.

Experiența acumulată în testarea containerului pirotehnic poate fi folosită și extinsă în domeniul mineritului și construcțiilor de drumuri, în vederea proiectării și amenajării depozitelor mobile necesare activităților companiilor care execută lucrări de împușcare în zone izolate unde nu există depozite de explozivi în apropiere, contribuind în același timp la respectarea cerințelor de siguranță pentru depozitarea explozivilor.

Printre principalele contribuții ale autorului la derularea lucrării de cercetare descrise în cadrul acestui capitol se pot menționa următoarele:

- efectuarea unui studiu documentar privind situația existentă la nivel național și internațional privind cerințele tehnice și de securitate privind amenajarea unui depozit mobil de materii explozive. Stabilirea criteriilor constructive, de securitate și performanță privind amenajarea acestor depozite mobile;

- elaborarea soluțiilor constructive și a celor de amenajare a unui depozit mobil de materii explozive;

- testarea și evaluarea rezultatelor privind variantele constructive / soluțiile de amenajare ale depozitelor mobile în strânsă corelație cu cerințele de securitate și performanță stabilite pentru acest tip de construcții;

- definitivarea soluției optime de amenajare a unui depozit mobil materii explozive inclusive prin simulare computerizată a modului de comportare a acestuia la o exploatare normală sau în cazul unor incidente periculoase;

- stabilirea cerințelor constructive și de securitate privind modul de proiectare, amenajare și exploatare a depozitelor mobile de materii explozive. Validarea în laborator a acestor cerințe;

- activități de diseminare și promovare prin lucrări prezentate la manifestări științifice/articole jurnal, participări la expoziții de specialitate, promovare directă pentru grupuri țintă ce își desfășoară activitatea în domeniul de interes – servicii de producție și utilizare materii explozive de uz civil.

CAPITOLUL 6 – Contribuții privind executarea lucrărilor de împușcare în condiții de siguranță și eficiență la exploatarea substanțelor minerale utile în subteran.

Lucrările de cercetare prezentate în acest capitol s-au desfășurat în două planuri, unul vizând particularitățile executării lucrărilor de împușcare în condițiile specifice minelor de cărbune din Valea Jiului iar în cel de al doilea s-a studiat posibilitatea îmbunătățirii rezultatelor lucrărilor de împușcare efectuate în minele de sare, cu utilizarea explozivilor ordinari și ai celor permisibili în condițiile respectării restricțiilor seismice privind cantitățile maxime de exploziv posibil a fi detonate instantaneu și pe treaptă de întârziere, în scopul asigurării protecției seismice a construcțiilor miniere subterane din saline – pilieri intercamerali și planșee dintre etaje.

6.1 Utilizarea în condiții sigure a explozivilor permisibili sub formă de emulsie în lucrările miniere subterane din valea Jiului

În minele din Valea Jiului, săparea lucrărilor miniere în steril, cărbune și mixt se face aproape în exclusivitate cu ajutorul energiei explozivilor, prin procedeul de perforare - împușcare. Funcție de debitul relativ de metan și de felul de degajare al acestuia, minele de cărbune din Valea Jiului sunt încadrate în categoria a II-a ca mine cu „regim grizutos” (peste 15 m³/to.), fapt ce a condus la stabilirea unor cerințe de securitate suplimentare impuse tehnologiilor de împușcare și materialelor explozive.

Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare la exploatarea substanțelor minerale utile

În ceea ce privește materialele explozive și mijloacele de inițiere, una dintre principalele cerințe de securitate o reprezintă siguranța acestora față de amestecul aer-metan și aer-metan-praf de cărbune, respectiv reducererea riscului de aprindere a acestor amestecuri.

De-a lungul timpului, în minele din Valea Jiului au fost folosite diferite materiale explozive, fie ordinare (dinamită, astralită) la săparea lucrărilor miniere în steril, fie antigrizutoase (AGC, AGP, Metanit Special, etc) la săparea lucrărilor miniere în cărbune.

Astăzi, din considerente de securitate, la săparea tuturor tipurilor de lucrări miniere se utilizează doar explozivi și mijloace de inițiere antigrizutoase. Explozivi antigrizutoși utilizați până la efectuarea acestei lucrări de cercetare au fost de tip pulverulent iar mijloacele de inițiere antigrizutoase utilizate sunt capse electrice milisecundă având 18 trepte de întârziere și un interval de întârziere de 30 ms între două trepte consecutive, respectiv fitil detonant antigrizutos cu o încărcătură de 6 g/m.

Având în vedere că explozivul folosit în ultimii ani nu va mai fi disponibil pe piață, producătorul a propus înlocuirea acestuia cu un nou tip de exploziv antigrizutos sub formă de emulsie – Emulinit PM. În vederea folosirii noului tip de exploziv în minele de cărbune din Valea Jiului, a fost necesară verificarea parametrilor de siguranță și funcționare în Poligonul INCD INSEMEX.

De asemenea, s-a făcut un program de experimentare în subteran pentru folosirea explozivului la lucrările de pregătire în galerii precum și la cele de producție în abataje, având ca punct referință parametrii și schemele de împușcare curent practicate. Au fost executate un număr de 40 de împușcări experimentale la minele Vulcan și Livezeni, organizate și coordonate de autorul tezei.

Având în vedere diferențele de dimensiune și greutate a cartușului noului exploziv față de cel curent utilizat, în cadrul lucrărilor de împușcare experimentale s-a urmărit în mod deosebit stabilirea cantității necesare și maxime de exploziv pe gaura de mină corelat cu rezultatele lucrării de împușcare și cerințele de aeraj ale fronturilor de lucru.

De asemenea, au fost monitorizați parametrii de ventilație și concentrațiilor de gaze toxice rezultate în urma operațiilor de împușcare în cazul utilizării explozivului de tip Emulinit PM, determinându-se în laborator concentrațiile de metan, dioxid de carbon, monoxid de carbon, hidrocarburi, oxizi de azot și sulf precum și s-a procedat la determinarea timpilor de aerisire a lucrărilor miniere, pentru schemele de împușcare experimentate.

În cadrul capitolului au fost prezentate particularitățile privind efectuarea lucrărilor de împușcare în minele de cărbune grizutoase cu referire la regimul emanațiilor de gaz metan și inflamabilitatea pulberilor de cărbune precum și cerințele impuse tehnologiilor de împușcare cu referire la distanța între găuri corespunzătoare tipului de rocă și exploziv, corelarea lungimii de gaură cu lungimea încărcăturii de exploziv și cu respectarea lungimii minime de buraj, inițierea corespunzătoare a încărcăturilor explozive prin asigurarea unui interval de întârziere de 75 ms între două găuri învecinate capabile a se influența, respectiv asigurarea între prima și ultima încărcătură care se poate împușca în front, a unui interval de întârziere de 200 ms în cărbune și 400 ms în steril, respectarea raportului optim dintre diametrul găurii de mină și cel al cartușelor de exploziv (10 – 25 %), amorsarea posterioară a cartușului de exploziv introdus în gaura de mină, debitul de aer necesar la frontul de lucru după criteriul diluării gazelor rezultate la operația de împușcare.

Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare la exploatarea substanțelor minerale utile

În ceea ce privește parametrii de perforare împușcare, s-a prezentat modul de stabilire a acestora în strânsă corelație cu caracteristicile fizico-mecanice ale rocilor și cu cei termodinamici ai explozivilor utilizați, respectiv:

- proprietăți fizico-mecanice și elastice ale rocilor, fragmentarea naturală (la scară micro și macrocristalină) a acestora;
- secțiunea lucrărilor miniere în excavare și adâncimea la care sunt situate; ;
- numărul de suprafețe libere ale frontului de împușcare;
- parametrii de perforare - împușcare;
- tipul de explozivi și a mijloacelor de inițiere;
- construcția încărcăturii explozive;
- lungimea zonei burate și calitatea burajului.

De asemenea, s-a făcut o descriere a noului tip de exploziv antigrizutos sub formă de emulsie și s-a făcut o comparație cu explozivul antigrizutos curent utilizat - Metanit Special E7H, din punct de vedere a parametrilor fizico – mecanici, balistici și de siguranță.

Explozivii de tip emulsie au la bază principiul „apă în ulei”. În compoziția unui astfel de exploziv, ca și oxidant, se folosește azotatul de amoniu (în proporție de 60÷85%) sub formă de soluție (apă în proporție de 8÷16%), iar carburant sunt folosite uleiuri minerale, în concentrație de 5÷7%.

Analizând datele comparate, s-au constatat câteva diferențe semnificative între cei doi explozivi cu privire la viteza de detonație, sensibilitatea la șoc, masa și lungimea cartușului de exploziv. Ca o particularitate a explozivului Emulinit PM este faptul că în situația în care în aplicațiile practice este nevoie de o anumită cantitate/lungime de exploziv pe gaura de mină care nu se încadrează în multiplu de 300 gr. sau de 300 mm, acesta poate fi secționat manual pe mijlocul cartușului, în zona indicată prin două săgeți marcate pe ambalaj. În acest fel se obțin două jumătăți de cartuș cu masa de 150 gr. și lungimea de 150 mm. fiecare.

În tunelul de încercări al Poligonul INCD INSEMEX.au fost realizate un număr de 20 de teste pentru verificarea siguranței față de atmosfera explozivă de aer-metan a unei încărcături de 1050 gr. exploziv Emulinit PM. precum și un număr de 20 de teste pentru verificarea siguranței față de atmosfera aer – metan - praf de cărbune pentru aceeași încărcătură de exploziv. Nu s-a consemnat nicio aprindere, explozivul trecând testul.

Au fost realizate un număr de 3 teste în vederea verificării inițierii a unei încărcături de 1050 gr. exploziv Emulinit PM, liber suspendate și inițiate cu o linie de fitil detonant antigrizutos Riocord PS – 6 gr. Explozivul nu a fost inițiat de la fitilul detonant.

În ceea ce privește lucrările de împușcare experimentale, acestea au avut loc la minele Vulcan și Livezeni. La mina Vulcan au fost realizate un număr de 30 lucrări de împușcare din care 10 lucrări în galerii transversale, 10 lucrări în galerii direcționale și 10 lucrări în abataje. La mina Livezeni au fost efectuate un număr de 10 lucrări de împușcare într-o galerie colectoare.

Ca particularități ale lucrărilor de împușcare practicate în cele două mine a fost limitarea la 500 gr. a încărcăturii de exploziv pe gaura de mină și utilizarea alternativă a câte 7 trepte consecutive ale capselor electrice milisecundă, respectiv 1-7 și 8-14.

Lucrările de împușcare experimentale a fost realizate plecând de la următoarele premise:

- folosirea ca referință a schemelor cadru de împușcare curent utilizate și luând în considerare principalele tipuri și dimensiuni ale lucrărilor miniere în exploatare;

Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare
la exploatarea substanțelor minerale utile

- în urma rezultatelor preliminare ale lucrărilor de împușcare experimentale, au fost modificate parametrii cu referire la numărul de găuri, lungimea găurilor, cantitatea de exploziv pe gaură, distribuția treptelor de întârziere;

- monitorizarea emisiilor de gaze după executarea lucrărilor de împușcare ;
- stabilirea cantității adecvate de exploziv pe gaură și cea totală pe împușcare.

Pornind de la schemele cadru de perforare – împușcare curent utilizate în cele două mine cu utilizarea explozivului permisibil Metanit Special E7H, primele împușcări experimentale au fost realizate doar prin varierea cantităților de exploziv Emulinit PM pe gaura de mină, respectiv cantități de 300 gr, 450 gr. și 600 gr.

Față de schemele cadru de împușcare folosite la săparea galeriilor, au fost încercate variante de împușcare reducând cu 10 – 15 % numărul de găuri pe front, cu utilizarea a câte 300 - 450 - 600 gr. de exploziv pe gaură sau alternând cantitățile de exploziv încărcate în găurile de sâmbure și la vatra fronturilor față de cele încărcate în găurile ajutătoare și de profilare, respectiv cantități de 450 gr. corelate cu 300 gr. , 600 gr. corelate cu 300 sau 600 gr. corelate cu 450 gr.

La împușcările din abataje au fost utilizate cantități de câte 300 – 450 gr. de exploziv pe fiecare gaură sau cantități de 450 gr. în găurile din rândul dinspre vatră și 300 gr. în restul rândurilor de găuri.

Parametrii cu referire la rezultatele lucrărilor de împușcare care au fost monitorizate - eficiența de rupere (salt), profilarea lucrării miniere la pereți și acoperiș, granulometria rocii împușcate, distanța de aruncare a rocii împușcate, dispunerea / geometria materialului derocat în fața frontalui, prezența și lungimea fundurilor de gaură, granulometria rocii împușcate și distribuția pe clase granulometrice, au fost cuprinse și prezentate în cadrul a 40 de rapoarte de împușcare.

La finalizarea programului experimental derulat în subteranul celor două exploatări miniere, pe baza rezultatelor obținute, s-au făcut o serie de recomandări tehnologice și de securitate la executarea lucrărilor de împușcare cu referire la diametrul și lungimea găurilor, distanța între găuri, construcția încărcăturii explozive, cantitatea maximă de exploziv pe gaură, inițierea găurilor și timpul de întârziere, respectiv privind condițiile sigure de utilizare.

De asemenea, în urma controlului variabilelor luate în analiză (concentrații de gaze și timp), a măsurătorilor, observațiilor și constatărilor din evaluarea rezultatelor centralizate a celor 40 de măsurători, se poate trage concluzia că timpul maxim de 30 minute pentru diluția gazelor rezultate la operația de împușcare cu exploziv tip Emulinit PM, este suficient astfel încât să se ajungă la o atmosferă normală de lucru.

În urma desfășurării activității de cercetare în Poligon și în situ, la sucursalele C.E. Hunedoara, respectiv E.M. Vulcan și E.M. Livezeni privind programul de experimentare cu materialul exploziv sub formă de emulsie tip Emulinit PM, la categoriile de lucrări miniere prezentate și unde s-au efectuat în total 40 de lucrări de împușcare, având elementele unui design experimental (măsurători, observații și timp), s-au făcut următoarele concluzii și recomandări:

1. Lucrările experimentale prezentate au condus la identificarea soluțiilor pentru efectuarea lucrărilor de împușcare și la stabilirea măsurilor care să permită utilizarea emulsiei permisibile Emulinit PM într-un mod sigur și eficient;

În urma analizei rezultatelor lucrărilor experimentale de împușcare, s-a dovedit că acestea sunt la valori mai performante comparativ cu rezultatele la utilizarea curentă a explozivului antigrizutos tip Metanit Special E7H;

2. Cele mai adecvate scheme de împușcare care pot fi aplicate au un număr de găuri cu 10 % mai puține și cu o încărcătură de exploziv pe gaură cuprinsă între 300 gr. până la 600 gr. de Emulinit PM;

3. În cadrul Dispozițiilor de Împușcare, au fost determinați pentru toate schemele de împușcare experimentale, parametrii de ventilație și concentrațiile de gaze toxice rezultate în urma operației de împușcare - metan, dioxid de carbon, monoxid de carbon, hidrocarburi, oxizi de azot și sulf prin măsurători directe și determinări în laborator pe eșantioane de gaze prelevate;

4. Deși explozivul Emulinit PM are un bilanț negativ de oxigen (-8%), în timpul măsurătorilor concentrația de oxigen nu a scăzut sub valoarea de $O_2 = 19,4 \%$ vol ;

5. Este necesar ca unitățile miniere să continue monitorizarea rezultatelor lucrărilor de perforare - împușcare pentru a se defini un consum optim de exploziv și pentru a găsi o soluție în vederea utilizării unui fitil detonant adecvat pentru a iniția explozivul sub formă de emulsie.

6.1 Stabilirea cerințelor de securitate la executarea lucrărilor de împușcare la Salina Tg.Ocna, cu utilizarea explozivilor ordinari și a celor permisibili

Oportunitatea desfășurării lucrărilor de cercetare prezentate în cea de a doua parte a capitolului a apărut în urma unei evaluări a stării de securitate desfășurată în unitățile miniere aparținând SALROM București și încadrate ca având regim grizutos. Din această evaluare a rezultat necesitatea stabilirii condițiilor de executare a lucrărilor de împușcare, de utilizare a materiilor explozive, precum și a modului de realizare a controlului calitativ al aerului de mină.

Întrucât până la acea dată, executarea lucrărilor de împușcare în unitățile miniere din cadrul SALROM București se făcea exclusiv cu explozivi ordinari, a fost necesară derularea unui program de cercetare prin realizarea de lucrări de împușcare experimentale cu utilizarea și de explozivi antigrizutoși. În acest context, lucrările de cercetare s-au desfășurat la Sucursala Salina Tg. Ocna și a avut ca obiectiv principal stabilirea cerințelor tehnice și a celor de securitate la executarea lucrărilor de împușcare cu utilizarea explozivilor ordinari și a celor permisibili.

Experimentările derulate în cadrul acestei cercetări au condus la identificarea unor soluții de realizare a lucrărilor de împușcare și stabilirea unor măsuri care să permită desfășurarea activității de extragere a sării de la Salina Tg. Ocna în condiții de securitate și eficiență.

În acest scop s-au luat în analiză parametrii rocilor saline (caracteristicile fizico-mecanice și elasto-plastice, fragmentarea naturală a rocilor, etc.), parametrii lucrărilor miniere (mărimea secțiunii lucrărilor miniere, numărul de suprafețe libere ale frontului, etc.), parametrii de perforare împușcare (lungimea de gaură, număr de găuri, distanța între găuri, distanța între rândurile de găuri, cantitatea de exploziv pe gaură și cea totală, etc.), precum și cerințele impuse de prezența gazului metan în aerul de mină. Ca o particularitate, trebuie menționat faptul că eficiența lucrărilor de împușcare cu explozivi antigrizutoși nu este corespunzătoare comparativ cu a explozivilor ordinari și aceasta datorită parametrilor balistici (capacitate de lucru, brizantă) ce nu sunt corelați cu tăria rocii.

Spre deosebire de rocile friabile, sarea se comportă la împușcare pseudoplastic, ceea ce conduce la alte premize de tehnica împușcării în comparație cu rocile sedimentare stratificate sau cele eruptive. Aici se mai poate adăuga caracterul inhibitor al sării asupra parametrilor termodinamici ai exploziilor, cu efecte asupra randamentelor acestora.

Având în vedere aceste aspecte, precum și problemele privind gradul de stabilitate al planșelor și pilierilor – la salinele la care se aplică metoda de exploatare cu camere și pilieri

abandonați, este necesară determinarea periodică a efectului seismic al lucrărilor de împușcare asupra excavațiilor subterane. În baza acestor determinări se stabilesc încărcăturile explozive posibil a fi detonate în subteran astfel încât efectul seismic al exploziilor să nu afecteze gradul de stabilitate al structurilor de rezistență - pilieri și planșee.

În cadrul capitolului s-a făcut referire la condițiile de efectuare a lucrărilor de împușcare în salina Tg. Ocna. Metoda de exploatare a sării este cea cu camere mici și pilieri pătrați, iar în prezent exploatarea sării se face la orizonturile XI, XII și într-o mai mică măsură la orizontul X, rezervele exploatabile de la acest nivel fiind aproape epuizate.

De-a lungul timpului lucrările de derocare prin împușcare s-au realizat aproape exclusiv cu utilizarea de explozivi ordinari și capse electrice cu întârzieri de milisecundă și semisecundă. Cele mai utilizate materiale au fost explozivii tip Astralit și capsele electrice milisecundă tip CMG sau CMN, furnizați de către producători locali. Atunci când acești furnizori locali și-au încetat activitatea, au fost utilizate materiale explozive și de inițiere din import cum ar fi explozivi tip Ammonite E, Ammonex 3, Riomax HE, Riomax XE și capse electrice milisecundă tip DEM-ZB-N, Riomet sau MMSED – Cu.

De asemenea, în scopul îmbunătățirii rezultatelor lucrărilor de împușcare cu referire la randamentul de rupere, granulometria materialului derocat, modul de prelucrare a pereților și tavanului camerelor, s-a utilizat și procedura de încărcare și împușcare a fronturilor în două reprize. Acest mod de lucru avea principalul avantaj că după realizarea primei reprize de împușcare (primele 3 – 4 rânduri de găuri dinspre vatră), trebuia evacuat materialul derocat și apoi încărcată și împușcată cea de a doua parte a frontului. Astăzi se practică împușcarea frontului într-o singură repriză, pe rânduri, ascendent, începând dinspre vatră. Înainte de perforarea frontului se taie la nivelul vetrei cu haveza, un fâgaș având adâncimea de 3 m.

În ceea ce privește cantitățile de exploziv posibil a fi detonate pe treaptă de întârziere funcție de efectul seismic generat la efectuarea lucrărilor de împușcare, la intervale de câte trei ani, INCD INSEMEX efectuează măsurători seismice în vederea stabilirii încărcăturilor de exploziv ce pot fi detonate instantaneu și pe treaptă de întârziere. Aceste restricții seismice se determină pentru condițiile geominere în care se desfășoară activitatea de exploatare în salină precum și pentru tipurile de materiale explozive și de inițiere curent utilizate.

Realizarea lucrărilor de împușcare experimentale cu utilizarea de explozivi ordinari s-au făcut plecând de la următoarele premise:

- folosirea ca referință a schemelor cadru de împușcare utilizate în mod curent și având în vedere principalele tipodimensiuni ale lucrărilor miniere din salină;
- la stabilirea parametrilor de împușcare (număr de găuri, distanță între găuri, distanță între rândurile de găuri, cantitate de exploziv pe gaură) s-a avut în vedere și cantitățile de exploziv determinate ca maxim admise a se detona instantaneu și pe treaptă întârziere;
- crearea unei a doua suprafețe libere, prin săparea cu haveza a unui fâgaș la vatra camerei, pe o adâncime de 3,0 m ;
- utilizarea explozivilor ordinari tip Ammonex 3, Riomax XE și Riomax HE și a capselor electrice milisecundă antigrizutoase tip MMSED – Cu, având timpul de întârziere între două trepte consecutive de 30 ms.;
- monitorizarea emanațiilor de gaz metan în fața frontului, în găurile de mină, fâgaș sau găuri de probă atât la finalizarea procesului de perforare a găurilor cât și înaintea și după încărcarea fronturilor cu explozivi;

Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare
la exploatarea substanțelor minerale utile

- împușcarea unui front într-o singură repriză;

Într-o primă etapă s-au executat lucrări de împușcare cu folosirea explozivului tip Ammonex 3 și utilizarea monografiilor de împușcare curent aplicate în salină. Astfel, au fost monitorizați parametrii cu referire la rezultatele lucrărilor de împușcare și anume:

- randamentul de rupere (salt);
- profilarea lucrării miniere la pereți și tavan;
- granulometria materialului derocat;
- distanța de aruncare a materialului derocat;
- dispunerea/geometria materialului derocat față de frontul camerei;
- prezența și lungimea fundurilor de gaură;
- granulometria materialului derocat și ponderea pe clase granulometrice.

De asemenea, s-au urmărit și caracteristicile sării cu privire la tipul acesteia – sare albă, ușor friabilă sau sare gri-cenușie, cu tărie mai ridicată precum și la modul de dispunere a planelor de falie, acestea variind în limite foarte largi, chiar de la o împușcare la alta în cadrul aceleiași front.

Având în vedere că la majoritatea lucrărilor de împușcare, saltul realizat a fost de 2,7 – 2,9 m și în scopul creșterii randamentului de împușcare, s-a experimentat și varianta de împușcare cu găuri perforate la lungimea de 2,5 m, restul parametrilor rămânând neschimbați. Rezultatele obținute în această variantă de monografie de perforare – împușcare au fost mai bune decât la celălalte lucrări experimentale.

Chiar dacă această variantă a satisfăcut din punct de vedere al rezultatelor, nu s-a continuat cu experimentarea sa și în alte configurații întrucât nu se putea corela lungimea de havare (salina dispunând doar de haveze cu lungimea brațului de 3 m) cu lungimea găurilor de mină (2,5 m). În urma împușcării frontului exista tendința de a rămâne la perețele frontului, înspre fâgaș, o zonă în forma unui ”cozoroc” care putea să afecteze operațiile de încărcare/evacuare a materialului derocat din fața frontului.

Această variantă va putea rămâne o opțiune viabilă de aplicat în condițiile în care se va putea realiza tăierea fâgașului la lungimi de 2,5 m.

Într-o a doua etapă a cercetărilor, s-au executat lucrări de împușcare și cu folosirea explozivilor tip Riomax XE și Riomax HE și a capselor electrice milisecundă MMSED Cu 30 ms. Monitorizarea parametrilor de împușcare au urmărit aceleași elemente de cuantificare ca și în cazul experimentărilor cu utilizarea explozivului Ammonex 3. În această etapă, comparativ cu perioada precedentă de experimentare, pe lângă monografia de împușcare utilizată în mod curent în salină, s-au folosit și următoarele variante de perforare – împușcare:

- utilizarea a diferite încărcături de exploziv pe gaură, în condițiile folosirii aceleași scheme de perforare după cum urmează: 1,25 – 1,5 – 1,75 kg/gaură (5-8 cartușe de exploziv) pe primul rând de găuri și 1,25 – 1,5 kg/gaură (6 – 7 cartușe de exploziv) pe restul rândurilor de găuri;

- varianta cu creșterea numărului de rânduri de găuri, de la 9 la 10 rânduri, prin introducerea unui rând suplimentar dinspre fâgaș și redistribuirea distanței între găuri și rândurile de găuri astfel încât distanța de la R1 la zona havată a devenit de 0,8 m iar distanța dintre restul rândurilor R2 - R10 a devenit 0,75 m. Numărul de găuri a crescut de la 132 la 148 buc. ;

- varianta cu suplimentarea fiecărui rând de găuri cu câte o gaură, prin redistribuirea distanței dintre găuri de la 0,76 la 0,71 m; de la 0,79 la 0,75 m; de la 0,82 la 0,78 m și de la 0,86 la 0,81 m. Numărul de găuri crește de la 132 la 141 buc.

Rezultatele lucrărilor de împușcare au confirmat particularitățile la împușcare a sării întâlnite pe parcursul primei etape, respectiv corelația cu caracteristicile sării din fronturi (sare albă, sare gri-cenușie) și modul de dispunere a planelor de falie în masiv.

În cadrul capitoului sunt documentate toate aceste rezultate, atât prin prezentarea datelor privind parametrii lucrărilor de perforare – împușcare cât și poze cu modul în care roca este mărunțită și dispusă în fața frontului de lucru.

Activitatea de cercetare a continuat cu lucrările de împușcare experimentale cu utilizarea de explozivi antigrizutoși. La aceste lucrări au fost utilizați explozivi antigrizutoși tip Emulinit PM și tip Rioper G ai căror parametrii au fost prezentați tabelar. Inițierea încărcăturilor explozive s-a făcut cu capse electrice milisecundă antigrizutoase tip MMSED – Cu, având timpul de întârziere între două trepte consecutive de 30 ms. Lucrările de împușcare au fost efectuate la fronturile în exploatare de la orizonturile X, XI și XII și s-au derulat pe parcursul a două etape.

Într-o primă etapă, s-au executat lucrări de împușcare cu folosirea explozivului tip Emulinit PM și cu utilizarea monografiilor de împușcare curent aplicate în salină.

În comparație cu lucrările de împușcare la care s-au utilizat explozivi ordinari, rezultatele obținute la utilizarea explozivului antigrizutos sunt mai puțin satisfăcătoare. Acest lucru poate fi ușor de constatat dacă comparăm parametrii balistici ai acestora, însă, așa cum s-a mai menționat, principala calitate a explozivilor permisibili este caracterul acestora de antigrizutanță, respectiv de securitate mărită la riscul de aprindere a atmosferelor cu amestecuri aer – metan, fiind mai puțin performanți din punct de vedere al parametrilor balistici, iar la toate aceste aspecte se poate adăuga și caracterul inhibitor al sării.

Ca și în cazul lucrărilor cu explozivi ordinari s-a constatat diferențe între calitatea rezultatelor obținute la fronturile cu sare albă și cele cu sare gri – cenușie, dar nu atât de mari comparativ cu diferențele întâlnite la fronturile unse s-au folosit explozivi ordinari.

În etapa a doua, s-au executat lucrări de împușcare cu folosirea explozivului tip Rioper G și a capselor electrice milisecundă MMSED CU, 30 ms. Comparativ cu perioada precedentă de experimentare, pe lângă monografia de împușcare utilizată în mod curent în salină, s-au folosit și următoarele variante de perforare – împușcare:

- s-a utilizat o monografie de perforare cu amplasarea rândurilor de găuri în eşicher;
- la utilizarea monografiei de perforare - împușcare curent aplicată în salină, a fost modificată ordinea de amplasare a treptelor de întârziere. Ordinea de întârziere s-a păstrat ascendentă, începând dinspre fâgaș, însă intervalul de întârziere între rândul 3 și rândul 4 a fost crescut cu trei trepte de întârziere, respectiv la 90 ms.

Prin această variantă s-a urmărit împușcarea frontului ca și când acest lucru s-ar face în două reprize. La detonarea frontului, prin diferența de întârziere dintre rândurile dinspre vatră și restul rândurilor, i se permite rocii din perimetrul primelor trei rânduri să se deplasaseze înafara feței frontului, astfel încât se crează o a doua suprafață liberă, mai mare decât cea a fâgașului.

Acest lucru permite o mai bună funcționare a găurilor din rândurile superioare și ceea ce duce la creșterea gradului de mărunțire a rocii, reducerea distanței de aruncare precum și la o mai bună prelucrare a profilului lucrării.

Rezultatele lucrărilor de împușcare au scos în evidență monografia de împușcare cu utilizarea ecartului de timp de întârziere de 90 ms între rândul 3 și rândul 4. Această variantă a fost încercată și cu utilizarea explozivului ordinar Riomax XE, rezultatele fiind de asemenea

Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare la exploatarea substanțelor minerale utile

satisfăcătoare. În ceea ce privește varianta de lucru cu găurile perforate în eşicher, rezultatele obținute nu au dat randamente îmbunătățite și ca urmare s-a renunțat la ea.

În concluzie, cercetările au avut drept scop stabilirea parametrilor de securitate, tehnologici și a măsurilor necesare pentru utilizarea explozivilor ordinari și de siguranță în condiții de securitate din punct de vedere al prezenței gazului metan precum și experimentarea și definitivarea tehnologiei de împușcare cu utilizare de explozivi ordinari și de siguranță în condiții de eficiență și securitate.

În scopul evidențierii condițiilor în care se execută lucrările de împușcare în subteran au fost puse în evidență aspecte privind condițiile tehnologice și de securitare care trebuie să le îndeplinească explozivii antigrizutoși.

Totodată s-au luat în analiză parametrii lucrărilor miniere (mărimea secțiunii lucrărilor miniere, numărul de suprafețe libere ale frontului, etc.), parametrii de perforare împușcare (lungimea de gaură, număr de găuri, distanța între găuri, distanța între rândurile de găuri, cantitatea de exploziv pe gaură și cea totală, etc.), precum și cerințele impuse de prezența gazului metan în aerul de mină.

În cadrul lucrării au fost evaluate aspectele privind clasificarea minelor din punct de vedere al regimului degajărilor de metan și regimul gazodinamic al Salinei Tg. Ocna cu privire la degajările de metan.

Au fost efectuate o serie de lucrări experimentale cu utilizarea explozivilor ordinari tip Ammonite 3, Riomax XE și Riomax HE precum și a explozivilor permisibili tip Emulinit PM și Rioper G.

Stabilirea schemelor de împușcare experimentală s-a făcut având în vedere cerințele privind parametrii geominieri și tehnologici:

- parametrii rocilor (caracteristicile fizico-mecanice și elasto-plastice, fragmentarea naturală a rocilor în masiv, etc.);
- parametrii lucrărilor miniere (mărimea secțiunii miniere, adâncimea la care aceasta este executată, numărul de suprafețe libere ale frontului de împușcare);
- parametrii materialelor explozive și a tehnologiilor de împușcare (tipul explozivului și a mijloacelor de inițiere, caracteristicile acestora, parametrii de perforare - împușcare);
- crearea unei a doua suprafețe libere prin săparea cu haveza, la vatra camerei, a unui fâgaș pe o adâncime de 3 m;
- lungimea găurilor (3 m) și diametrul acestora (40 - 42 mm);

De asemenea, au fost luate în considerare și cerințele privind regimul grizutos al masivului de sare, dar și cel de securitate din punct de vedere seismic:

- distanța minimă între găuri și rândurile de găuri;
- cantitatea maximă de exploziv pe gaură, respectiv pe treaptă de întârziere;
- tipul și calitatea burajului;
- timpul de întârziere între două găuri învecinate precum și timpul de întârziere între prima și ultima gaură care detonează în frontul de lucru;

Schemele de împușcare experimentale au fost elaborate pentru situația împușcării frontului într-o singură repriză, cu utilizarea a diferite cantități de exploziv pe gaură și a diferite moduri de amplasare a găurilor de mină. Lucrările de împușcare experimentale au avut loc la mina Troțuș,

Salina Tg.Ocna, în camere având dimensiuni de 12,0 - 13,5 m x 8 m la nivelul orizonturilor în exploatare X, XI și XII.

În urma analizei rezultatelor lucrărilor de împușcare experimentale, a fost stabilită cea mai adecvată schemă de împușcare cea cu utilizarea ecartului de timp de întârziere de 90 ms între rândul 3 și rândul 4, posibil a fi aplicată atât la utilizarea explozivilor ordinari cât și a celor antigrizutoși.

Au fost făcute recomandări care au în vedere atât măsuri tehnologice necesar fi evaluate la stabilirea parametrilor lucrărilor de împușcare cât și măsuri de securitate privind condițiile în care se pot efectua lucrările de împușcare în minele cu regim grizutos și cu utilizarea explozivilor ordinari și a celor antigrizutoși.

În cadrul lucrărilor de cercetare derulate atât la exploatarea zăcămintelor de cărbune cât și a celor de sare, autorul tezei a avut o contribuție semnificativă în planificarea și efectuarea lucrărilor experimentale, activitate care a constat în analiza condițiilor de realizare a lucrărilor de împușcare în subteran la minele de cărbune din Valea Jiului – E.M. Vulcan și E.M. Livezeni precum și în minele de sare, respectiv la Salina Tg. Ocna, testarea în Poligonul INCD INSEMEX a parametrilor de siguranță și de funcționarea a explozivului permisibil sub formă de emulsie - Emulinit PM și stabilirea condițiilor de utilizare sigură, adaptate condițiilor specifice din minele de cărbune și de sare cu regim grizutos, stabilirea parametrilor și a schemelor experimentale de perforare – împușcare, coordonarea lucrărilor experimentale, adaptarea și definirea parametrilor funcție de rezultatele obținute, elaborarea de măsuri tehnologice și de securitate privind executarea lucrărilor de perforare-împușcare cu utilizarea explozivilor ordinari și a celor antigrizutoși.

CAPITOLUL 7

7.1. Concluzii finale și Contribuții personale.

În acest capitol sunt explorate contribuțiile teoretice, experimentale și aplicative, oferind o privire detaliată asupra cercetării avansate în domeniul explozivilor de uz civil și al tehnologiilor de împușcare destinate exploatării substanțelor minerale utile.

Contribuțiile majore ale tezei includ dezvoltarea unui cadru teoretic și practic pentru optimizarea integrată a tehnologiilor de împușcare și a celorlalte activități asociate. Astfel, a fost realizată o analiză comprehensivă și detaliată a aspectelor critice legate de utilizarea materiilor explozive, aplicarea tehnologiilor de împușcare și a modului de evaluare a rezultatelor și efectelor acestora în exploatările miniere de suprafață și în subteran, cu un accent deosebit pe optimizarea rezultatelor lucrărilor de împușcare. Concluziile rezultate subliniază importanța și impactul semnificativ al acestui domeniu asupra siguranței operaționale, eficienței economice și protecției mediului.

Principalele contribuții cu impact practic și tehnico-științific semnificativ, desprinse din cadrul tezei de doctorat, sunt următoarele:

- introducerea pentru prima dată în activitatea minieră din România a sistemului de inițiere nonelectric tip Nonel și a explozivilor sub formă de emulsie și stabilirea modalităților de utilizare a acestora la lucrările de împușcare efectuate atât la suprafață cât și în subteran;
- proiectarea și coordonarea lucrărilor de împușcare masivă cu utilizarea pentru prima dată a variantei detonării încărcăturilor concentrate de explozivi cu intervale de întârziere între acestea, având rezultate apreciable privind gradul de mărunțire a rocii și nivel redus al acțiunii seismice;

Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare
la exploatarea substanțelor minerale utile

- contribuție semnificativă la stabilirea modului de evaluare a acțiunii seismice generate de lucrările de împușcare executate în carierele amplasate în vecinătatea unor obiective civile și industriale.

Autorul tezei de doctorat a făcut parte din colectivul care a fundamentat și elaborat Prescripțiile Tehnice care reglementează modalitatea de măsurare a acțiunii seismice generate de lucrările de împușcare și modul de stabilire a cantităților admisibile de explozivi, reglementare care a constituit unul din capitolele fostelor Norme Specifice de Protecția Muncii pentru Depozitarea, Transportul și Folosirea Materiilor Explozive - ed. 1997.

- în baza rezultatelor cercetărilor efectuate în numeroase cariere de medie și mare capacitate, a elaborat o metodă de evaluare și monitorizare a efectului seismic în scopul reducerii influenței acestora asupra obiectivelor învecinate, eliminarea daunelor provocate acestora, respectiv diminuarea gradului de deranj al populației aflate în vecinătatea zonelor cu lucrări de împușcare;

- implementarea cu succes a unor modalități moderne de monitorizare a efectelor lucrărilor de împușcare, evidențiindu-se varianta de lucru prin monitorizarea continuă a parametrilor undelor seismice și de transmitere a informațiilor la distanță în vederea prelucrării datelor măsurătorilor;

- elaborarea și înregistrarea unei cereri de brevet care are ca obiect o aplicație informatică specializată pentru evaluarea și optimizarea parametrilor tehnologici și de securitate funcție de acțiunea seismică generată la executarea lucrărilor de împușcare la suprafață;

- dezvoltarea unei proceduri de optimizare a parametrilor de forare – împușcare, de culegere și monitorizare a datelor din fronturile de lucru;

- elaborarea unui sistem de comunicare, transmitere și gestionarea a informațiilor privind parametrii de forare – împușcare utilizați și rezultatele lucrărilor de împușcare;

- dezvoltarea unei metodologii de proiectare a parametrilor de forare – împușcare în scopul eficientizării rezultatelor lucrărilor de derocare având ca impact reducerea efectelor acestora asupra mediului luând în analiză întreg fluxul de prelucrare a materialului derocat, respectiv forare, împușcare, încărcare, transport, concasare;

- experimentarea în teren a metodologiei de proiectare a parametrilor de forare - împușcare și monitorizarea rezultatelor;

- elaborarea unei aplicații care să permită calculul facil și simplu a datelor elementare privind parametrii de forare – împușcare;

- identificarea de soluții practice, pentru reducerea / eliminarea efectelor secundare ale lucrărilor de împușcare privind unda seismică, unda de șoc aeriană și aruncarea de material mărunț sub acțiunea exploziei;

- punerea la dispoziția practicienilor a unui instrument de lucru care să faciliteze planificarea și controlul asupra rezultatelor activităților de extragere a rocilor prin lucrări de forare - împușcare în cariere;

- responsabilizarea factorilor de decizie din cadrul operatorilor economici care efectuează lucrări de împușcare la suprafață, în ceea ce privește securitatea tehnologică, protecția sănătății și a factorilor de mediu;

- efectuarea unui studiu documentar privind situația existentă la nivel național și internațional privind cerințele tehnice și de securitate privind amenajarea unui depozit mobil de materii explozive. Stabilirea criteriilor constructive, de securitate și performanță privind amenajarea acestor depozite mobile;

Contribuții privind dezvoltarea tehnologiilor de derocare
la exploatarea substanțelor minerale utile

- elaborarea soluțiilor constructive și a celor de amenajare a unui depozit mobil de materii explozive;

- testarea și evaluarea rezultatelor privind variantele constructive / soluțiile de amenajare ale depozitelor mobile în strânsă corelație cu cerințele de securitate și performanță stabilite pentru acest tip de construcții;

- definitivarea soluției optime de amenajare a unui depozit mobil materii explozive inclusiv prin simulare computerizată a modului de comportare a acestuia la o exploatare normală sau în cazul unor incidente periculoase;

- stabilirea cerințelor constructive și de securitate privind modul de proiectare, amenajare și exploatare a depozitelor mobile de materii explozive. Validarea în laborator a acestor cerințe;

- experiența acumulată în testarea containerului pirotehnic poate fi folosită și extinsă în domeniul mineritului și construcțiilor de drumuri, în vederea proiectării și amenajării depozitelor mobile necesare activităților companiilor care execută lucrări de împușcare în zone izolate unde nu exista depozite de explozivi în apropiere, contribuind în același timp la respectarea cerințelor de siguranță pentru depozitarea explozivilor;

- stabilirea și experimentarea unor soluții de realizare a lucrărilor de împușcare și stabilirea unor măsuri care să permită desfășurarea activității de extragere a rocii în minele grizutoase din Valea Jiului și la Salina Tg. Ocna în condiții de securitate și eficiență;

- testarea în Poligonul INCD INSEMEX a parametrilor de siguranță și de funcționarea a explozivului permisibil sub formă de emulsie Emulinit PM și stabilirea condițiilor de utilizare sigură;

- stabilirea parametrilor de perforare – împușcare și a schemelor de împușcare experimentale, adaptate condițiilor specifice din minele de cărbune și de sare cu regim grizutos;

- coordonarea lucrărilor de împușcare experimentale în subteran la minele de cărbune și saline, adaptarea și definitivarea parametrilor de perforare - împușcare funcție de rezultatele obținute;

- elaborarea de măsuri tehnologice și de securitate privind executarea lucrărilor de perforare-împușcare în minele de cărbune și de sare cu emanații de gaz metan, la utilizarea explozivilor ordinari și a celor antigrizutoși;

- exploatarea rațională a zăcămintelor de substanțe minerale utile;

- acordarea de suport informațional relevant și credibil autorităților competente cu atribuții în domeniul exploatării resurselor minerale utile;

- creșterea expertizei tehnice a personalului departamentului de specialitate și implicit îmbunătățirea măsurilor tehnice și de siguranță în scopul evitării accidentelor sau incidentelor periculoase în activitățile cu utilizare de materii explozive;

- activități de diseminare și promovare prin lucrări prezentate la manifestări științifice/articole jurnal la nivel național și internațional, participări la expoziții de specialitate, promovare directă pentru grupuri țintă ce își desfășoară activitatea în domeniul de interes – utilizare de materii explozive și executare de lucrări de împușcare.

Rezultatele și concluziile tezei acoperă o gamă largă de aspecte esențiale ale utilizării explozivilor în exploatări miniere la zi și în subteran, subliniind necesitatea unei abordări integrate din faza de proiectare, execuție și monitorizare a rezultatelor lucrărilor de împușcare pentru a asigura securitatea, eficiența și sustenabilitatea operațiunilor miniere.

Contribuțiile aduse prin rezultatele obținute, constatările și recomandări făcute, oferă o bază de date consolidată, bazată pe informații fundamentate științific și validate în practică, și care vor contribui la îmbunătățirea continuă a tehnologiilor și practicilor utilizate în acest domeniu atât de esențial dezvoltării industriei extractive.

7.1. Direcții viitoare de cercetare

Toate aspectele prezentate în teza de doctorat și care au avut ca obiect punerea în lumină a importanței utilizării materialelor explozive în diverse domenii și aplicații, având un rol esențial în dezvoltarea societății umane, au constituit baza de studiu abordată în prezenta teză de doctorat și care se reflectă și în contribuțiile autorului în dezvoltarea acestui domeniu cu utilizare și aplicabilitate atât de versatilă.

Lucrarea subliniază necesitatea continuării cercetărilor în domeniul optimizării tehnologiilor de împușcare și procesare a materialului derocat, având în vedere cerințele din ce în ce mai mari privind ratele de exploatare a zăcămintelor esențiale, evoluțiile rapide ale tehnologiei de exploatare și materiilor explozive, respectiv cerințele tot mai restrictive privind siguranța și protecția mediului.

Astfel, direcțiile viitoare de cercetare se concentrează pe continuarea studiilor privind optimizarea parametrilor de forare – împușcare cu implicații asupra întregului ciclu post împușcare de procesare a materialului derocat, dezvoltarea de noi tehnologii de împușcare cu utilizarea unor materiale explozive cu emisii către zero CO₂ și metode de proiectare și evaluare în timp real a condițiilor din teren, toate acestea în strânsă corelație cu obiectivul principal, cel de control și reducere a amprenteii de carbon generate de aceste activități. Acestea includ:

- definitivarea metodologiei de proiectare și monitorizare a parametrilor de forare – împușcare în exploatarea miniere la zi, prin crearea unei baze de date care să conțină informații pertinente cu privire la consumurile activităților de încărcare, transport și concasare a materialului derocat, astfel încât să fie posibilă o mai bună corelare între deciziile care trebuie luate în faza de proiectare/stabilire a parametrilor de forare – împușcare, rezultatele acestor activități și modul cum aceste rezultate se reflectă în eficiența activităților din ciclul de procesare a materialului derocat;

- utilizarea unor noi tipuri de materiale explozive și de inițiere, cum ar fi capsele electronice care permit folosirea unor timpi de întârziere până la 1 ms între două trepte consecutive, fapt ce contribuie la o mai bună corelare a timpului de eliberare a energiei explozivilor cu cea a caracteristicilor geomecanice ale rocilor și cu efecte semnificative asupra calității rezultatelor activităților de exploatare a rocilor;

- dezvoltarea mijloacelor de comunicare și gestionare a informațiilor online, în scopul unei mai bune administrări a activităților de exploatare prin cunoașterea situației în timp real de un număr cât mai mare de persoane implicate în aceste procese și dezvoltarea posibilității de luarea de decizii corecte și la timp;

- elaborarea unui standard cu privire la modalitatea de evaluare, modelare, proiectarea și verificare a parametrilor de forare - împușcare specifici tehnologiilor de derocare a zăcămintelor de la suprafață, cu utilizarea unor echipamente și softurilor specializate;

- dezvoltarea unor algoritmi adaptativi la proiectarea lucrării de împușcare bazate pe evaluări cât mai exacte în teren pentru a maximiza beneficiul datorat capacității adaptive prin creșterea numărului de soluții în faza de proiectare. Implementarea în viitor a acestei metode va

schimba total modul în care sunt proiectate și executate operațiunile de forare-împușcare având un impact semnificativ și asupra nivelului amprenteii de carbon;

- dezvoltarea unei proceduri de determinare a nivelului emisiei de carbon bazată pe analiza operațiunilor componente ale întregului flux de exploatare și procesare a rocii într-o exploatare minieră la zi (forare, împușcare, încărcare, transport și concasare), a consumului de energie și combustibil aferent fiecărei operațiuni, corelat cu tipul sursei de energie și combustibil.

În concluzie, teza prin temele abordate precum și cu direcțiile de cercetare preconizate contribuie semnificativ la dezvoltarea cunoștințelor în domeniul optimizării utilizării materiilor explozive și aplicării tehnologiilor de împușcare în exploatarea miniere de la suprafață, oferind specialiștilor în domeniu soluții și instrumente practice inovatoare pentru gestionarea provocărilor din acest domeniu.