

**MINISTERUL EDUCAȚIEI
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
FACULTATEA DE MINE
ȘCOALA DOCTORALĂ
DOMENIUL DE DOCTORAT: INGINERIE INDUSTRIALĂ**



Ing. Florin – Ionel BURDEA

TEZĂ DE DOCTORAT

Conducător științific:

Prof. univ. dr. habil. ing. MORARU ROLAND IOSIF

2022

**MINISTERUL EDUCAȚIEI
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
FACULTATEA DE MINE
ȘCOALA DOCTORALĂ
DOMENIUL DE DOCTORAT: INGINERIE INDUSTRIALĂ**



Ing. Florin – Ionel BURDEA

TEZĂ DE DOCTORAT

**Optimizarea sistemului de management al riscului
major specific infrastructurilor critice din domeniul
explozivilor de uz civil**

**Optimization of the major risk management system
specific to critical infrastructures in the field of civil
explosives**

REZUMAT

Conducător științific:

Prof. univ. dr. habil. ing. MORARU ROLAND IOSIF

**PETROȘANI
- 2022 -**

CUPRINS

PREAMBUL.....	4
LISTA FIGURILOR.....	9
LISTA TABELELOR.....	11
ACRONIME ȘI ABREVIERI.....	12
INTRODUCERE.....	14
I.1. Contextul și motivația cercetării. Actualitatea, necesitatea și, importanța temei.....	14
I.2. Obiectivele cercetării doctorale.....	17
I.3. Logica de dezvoltare a cercetării și descrierea succintă a structurii și conținutului tezei.....	18
I.3.1. Logica de dezvoltare a cercetării.....	18
I.3.2. Structura tezei de doctorat.....	20
I.4. Gradul de complexitate și noutate al cercetării.....	22
CAPITOLUL 1.- Analiza cadrului legislativ de reglementare aferent domeniului de cercetare.....	23
1.1. Legislația europeană.....	23
1.1.1. Evoluția cadrului legislativ european.....	23
1.1.2. Aspecte teoretice prevăzute de legislația europeană.....	26
1.1.3. Practici curente pentru planificarea utilizării terenurilor în UE.....	27
1.2. Legislația națională	28
1.2.1. Prevederi legislative naționale în domeniul substanțelor periculoase.....	28
1.2.2. Legea 59/11.04.2016	28
1.2.2.1. Definiții.....	28
1.2.2.2. Evaluarea pericolelor de accident major pentru substanțele periculoase.....	30
1.2.2.3. Obligații generale ale operatorului.....	30
1.2.2.4. Autorități competente.....	31
1.2.2.5. Notificarea.....	31
1.2.2.6. Politicile de prevenire a accidentului major.....	31
1.2.2.7. Efectele domino.....	31
1.2.2.8. Raportul de securitate.....	32
1.2.2.9. Modificarea instalațiilor, amplasamentelor sau zonelor de depozitare.....	33
1.2.2.10. Planurile de urgență.....	33
1.3. Reglementări specifice din domeniul explozivilor de uz civil.....	34
CAPITOLUL 2 - Stadiul actual privind cadrul conceptual și metodologic de abordare a infrastructurilor critice din domeniul explozivilor de uz civil	35
2.1. Infrastructurile critice	35
2.1.1. Delimitări conceptuale: Definiție, reziliență, criterii de identificare.....	35
2.1.2. Tipologiile elementelor de risc aferente infrastructurilor critice.....	37
2.1.3. Infrastructuri naționale. Încadrarea infrastructurilor critice din domeniul explozivilor de uz civil.....	40
2.2. Materiile explozive de uz civil.....	42
2.2.1. Definiția noțiunii de materii explozive.....	42
2.2.2. Clasificarea materiilor explozive conform legislației.....	42
2.2.3. Deținător de materii explozive.....	43
2.2.4. Depozitarea materiilor explozive.....	43
2.2.5. Transportul și mânuirea materiilor explozive.....	46
2.2.6. Încadrarea produselor periculoase din clasa 1 - substanțe explozive în categorii de risc și grupe de compatibilitate conform Recomandării Națiunilor Unite Hotărârea 197/2016 privind stabilirea condițiilor de punere la dispoziție pe piață și controlul	47

explozivilor de uz civil.....	
2.2.7. Diferite tipuri de explozivi și mijloace de inițiere și aprindere care pot fi depozitate și transportate în comun la deținător conform Legii 126/1995.....	48
2.2.8. Autorizarea artificierilor și pirotehnicienilor.....	49
2.2.9. Compoziția, folosirea, caracteristicile și clasificarea materiilor explozive.....	49
2.2.9.1. Noțiuni generale despre explozivi.....	49
2.2.9.2. Compoziția explozivilor.....	50
2.2.9.3. Folosirea explozivilor.....	51
2.2.9.4. Caracteristicile explozivilor.....	51
2.2.9.5. Clasificarea explozivilor.....	54
CAPITOLUL 3 - Stadiul actual al cunoașterii în domeniul analizei cantitative a riscului asociat depozitelor de explozivi.....	56
3.1. Abordarea bazată pe studiul structurilor rezistente la explozie.....	56
3.2. Abordarea bazată pe gravitatea efectelor exploziei.....	57
3.3. Abordarea bazată pe modele numerice.....	57
3.4. Dinamica propagării exploziei în mediul aerian și subteran.....	60
3.5. Consecințele exploziei	62
3.5.1. Efecte asupra structurii.....	62
3.5.2. Efecte asupra echipamentului	62
3.5.3. Efecte asupra oamenilor.....	63
3.6. Efecte de explozie la suprafață și șoc la sol.....	63
3.7. Abordarea bazată pe evaluarea sistemului în funcție de componentele acestuia.....	64
3.8. Proceduri de cuantificare a riscurilor	66
CAPITOLUL 4 - Analiza evenimentială a scenariilor accidentogene pentru infrastructurile de depozitare a explozivilor și modelul logic al secvențelor accidentogene. elaborarea scenariilor de explozie.....	70
4.1 Analiza evenimentială a scenariilor accidentogene pentru infrastructurile de producere/depozitare a explozivilor.....	70
4.1.1. Scop și finalitate.....	70
4.1.2. Identificarea sistematică a cauzelor directe ale aprinderilor și exploziilor.....	72
4.1.2.1. Unda de șoc.....	73
4.1.2.2. Energia mecanică.....	74
4.1.2.3. Energia termică.....	74
4.1.2.4. Energia electrică.....	75
4.1.2.5. Energia chimică.....	75
4.1.2.6. Radiațiile electromagnetice.....	76
4.1.3. Inventarierea și sistematizarea măsurilor de securitate aplicabile pentru prevenirea evenimentelor inițiatoare.....	76
4.1.3.1. Unda de șoc.....	76
4.1.3.2. Energia mecanică.....	76
4.1.3.3. Energia termică.....	78
4.1.3.4. Energia electrică.....	78
4.1.3.5. Energia chimică.....	79
4.1.3.6. Radiații electromagnetice.....	79
4.2. Modelul logic al secvențelor accidentogene. Elaborarea scenariilor de explozie.....	80
4.2.1. Identificarea posibilor factori declanșatori și a măsurilor de siguranță specifice.....	80
4.2.2. Prezentarea grafică a arborilor de evenimente și a scenariilor/secvențelor de accidente.....	82

4.2.2.1. Arborele de evenimente și secvențele de accident pentru factorul declanșator de tip D1 – Explosivi incompatibili	83
4.2.2.2. Arborele de evenimente și secvențele de accident pentru factorul declanșator de tip D5 - Explosii în vecinătatea depozitului.....	84
4.2.3. Analiza și evaluarea arborilor de evenimente specifici secvențelor de accidente.....	85
CAPITOLUL 5 - Cercetări experimentale privind riscul de explozie generat de explozivii de uz civil în amplasamente industriale de depozitare a materiilor explozive.....	88
5.1. Metodologia de analiză, evaluare și clasificare a pericolelor de accident major (explozie) în cazul depozitelor de explozivi, efectele posibile și delimitarea zonelor de planificare de urgență.....	88
5.1.1. Evaluarea probabilității de apariție a exploziei și cuantificarea consecințelor.....	88
5.1.2. Analiza efectelor posibile ale exploziei, zonele de planificare de urgență.....	92
5.2. Analiza comparativă a riscului de explozie generat de explozivii de uz civil în amplasamente industriale de depozitare a materiilor explozive.....	98
5.2.1. Identificarea etapelor de analiză a amplasamentelor de depozitare	98
5.2.2. Conceperea și dezvoltarea instrumentelor de lucru ale metodologiei. Identificarea măsurilor de siguranță și a substanțelor periculoase pentru amplasamentele analizate. Elaborarea listelor de verificare.....	99
5.2.3. Analiza individuală a amplasamentelor de depozitare pe baza listelor de verificare.....	100
5.2.4. Analiza comparativă a riscului de explozie generate de explozivii de uz civil în amplasamente industriale de depozitare a materiilor explozive.....	101
CAPITOLUL 6 - Fundamentarea, dezvoltarea și validarea aplicației informatice specializate Resicex a sistemului de management al riscului de explozie specific infrastructurilor critice din domeniul explozivilor de uz civil.....	105
6.1. Scopul și utilitatea aplicației informatice.....	105
6.2. Principiile de proiectare a aplicației informatice RESICEX.....	106
6.3. Prezentarea modului de instalare, etapelor de lucru și pașilor funcționali ai aplicației informatice RESICEX.....	107
6.3.1. Pași de instalare a aplicației.....	107
6.3.2. Modul de funcționare a aplicației.....	109
6.4. Studiu de caz - Analiza depozitului de materii explozive D, cu ajutorul RESICEX...	115
6.4.1. Prezentarea amplasamentului analizat.....	115
6.4.2. Analiza depozitului de materii explozive cu ajutorul RESICEX.....	115
CAPITOLUL 7 - Concluzii, contribuții și direcții de cercetare viitoare.....	121
7.1. Concluzii generale asupra cercetării realizate.....	121
7.2. Contribuții personale	125
7.3. Limite ale studiului și direcții de cercetare viitoare.....	128
BIBLIOGRAFIE.....	130
ANEXA A 1.....	137
A 1.1. Arborele de evenimente și secvențele de accident pentru factorul declanșator de tip D2 – <i>Accident de autovehicul în incinta depozitului</i>	137
A 1.2. Arborele de evenimente și secvențele de accident pentru factorul declanșator de tip D3 – <i>Accident aviatic</i>	138
A 1.3. Arborele de evenimente și secvențele de accident pentru factorul declanșator de tip D4 – <i>Cutremur</i>	139
A 1.4. Arborele de evenimente și secvențele de accident pentru factorul declanșator de tip D6 – <i>Explozivi sensibili la impact</i>	140
A 1.5. Arborele de evenimente și secvențele de accident pentru factorul declanșator de	141

tip D7 – <i>Explozivi sensibili la frecare</i>	
A 1.6. Arborele de evenimente și secvențele de accident pentru factorul declanșator de tip D8 – <i>Supratensiuni atmosferice, Fulgere</i>	142
A 1.7. Arborele de evenimente și secvențele de accident pentru factorul declanșator de tip D9 – Scântei datorate funcționării defectuoase a dispozitivelor electrice.....	143
A 1.8. Arborele de evenimente și secvențele de accident pentru factorul declanșator de tip D10 – Electricitate statică.....	144
A 1.9. Arborele de evenimente și secvențele de accident pentru factorul declanșator D11 – <i>Instabilitate chimică</i>	145
A 1.10. Arborele de eveniment și secvențele de accident pentru factorul declanșator D12 – <i>Contact cu impurități</i>	146
A. 1.11. Arborele de evenimente și secvențele de accident pentru factorul declanșator D13 - Dispozitive electroexpozive.....	147
A 1.12. Arborele de evenimente și secvențele de accident pentru factorul declanșator D14 - <i>Incendiu în exteriorul depozitului</i>	148
A 1.13. Arborele de evenimente și secvențele de accident pentru factorul declanșator D15 - <i>Incendiu în interior</i>	149
ANEXA A 2 – Tabel centralizator de inventariere a măsurilor de siguranță – Depozitele A-G.....	150
ANEXA A 3– Check- list de verificare - Matricea rezultatelor evaluării conformării pentru depozitele A-G.....	168
ANEXA A 4 - Tabel centralizator de inventariere a substanțelor depozitate în depozitele A-G.....	172
ANEXA A 5- Tabele centralizatoare de analiză comparativă a depozitelor de materii explozive.....	175
ANEXA A 6 - FIGURI STUDIU DE CAZ – Prezentarea secvențelor de accident și a arborilor de evenimente în aplicația RESICEX pentru factorii declanșatori D2 - D15 sub formă de capturi de ecran.....	206
Anexa A.7 - Lista lucrărilor publicate.....	218

1. Contextul și motivația cercetării. Actualitatea, necesitatea și, importanța temei

Prezenta teză de doctorat reprezintă rezultatul unui proiect de cercetare științifică concepută și derulată în baza experienței autorului, a studiilor bibliografice, a cercetărilor de natură teoretică și aplicativă desfășurate pe parcursul stagiului de doctorat. Modul de abordare a temei de cercetare reflectă afinitatea autorului pentru mediul operațional și „securitatea industrială”, preocuparea constantă a acestuia pentru adaptarea la schimbările care generează diverse probleme apărute într-un ritm alert și care sunt rezolvate adesea prin soluții tehnice multidisciplinare, precum și pentru conformarea normativ-legislativă impusă de ritmul în care se derulează procedurile tehnice și organizaționale în unitățile industriale, datorită unicității competențelor factorului uman și modului de acțiune al fluxurilor de pericol. Experiența practică îndelungată în domeniul securității și sănătății ocupaționale avută în diferite organizații cu risc prezumat ridicat, interacțiunea autorului cu specialiști de excepție din domenii tehnice și manageriale, au cultivat inteligența tehnico-aplicativă de tip creativ și constructiv a autorului tezei, conferindu-i capacitatea de a înțelege că „pericolele potențiale” necesită recurgera la abordări sistemice, sistematice și flexibile.

Din perspectiva programului doctoral, modul de abordare al temei de cercetare constituie un demers multidisciplinar care a presupus îmbinarea cunoștințelor, cunoașterii manageriale (experiența proprie) în domeniul sănătății și securității în muncă (SSM) la nivel organizațional, cu noile abordări și preocupări privind accidentele majore în care sunt implicate substanțe periculoase.

Accidentele majore în care sunt implicate substanțe periculoase constituie o gravă amenințare atât pentru oameni și pentru mediu. Mai mult decât atât, aceste accidente duc la pierderi economice substanțiale și influențează în mod negativ creșterea economică durabilă. Totuși, utilizarea substanțelor periculoase este inevitabilă în unele sectoare industriale esențiale pentru o societate modernă, industrializată. Pentru reducerea la minimum a riscurilor asociate, sunt necesare măsuri de prevenire a accidentelor majore, pentru a asigura un nivel adecvat de pregătire și de reacție în cazul în care astfel de accidente se produc. În numeroase țări, secolul precedent a fost unul bazat pe o puternică dezvoltare a activității industriale. Din perspectivă istorică, zonele industriale au fost amplasate în exteriorul localităților, în zone cu densitate redusă a populației. Acest mod de dezvoltare a activității industriale poate fi considerat la momentul actual ca fiind depășit, datorită accelerării procesului de urbanizare, ca urmare a interesului populației de a se apropia de zonele care prezintă un interes economic. Situarea amplasamentelor industriale în imediata vecinătate a zonelor susceptibile de a fi afectate de un eventual accident a provocat creșterea semnificativă a nivelului de risc tehnologic.

Profesioniștii din domeniul siguranței sunt din ce în ce mai interesați de evaluarea cantitativă a riscurilor și înțeleg că nicio activitate profesională, inclusiv cele care implică explozivi, nu este lipsită de riscuri. Simpla evaluare cantitativă a riscurilor nu elimină riscul de evenimente cauzate de activitățile care implică materii explozive, fiind necesare instrumente care să asigure aplicarea unui sistem de management cât mai performant, prin care să se asigure atât evaluarea nivelului de risc din activitățile desfășurate, cât și măsurile care trebuie luate pentru eliminarea, reducerea atât a riscurilor cât și a consecințelor eventualelor evenimente.

Ca urmare a producerii unor accidente industriale cu consecințe deosebit de grave, care au marcat opinia publică, factorii de decizie de la nivelul Uniunii Europene au adoptat și au dezvoltat în mod continuu cadrul legislativ referitor la controlul pericolului de accident major în care sunt implicate substanțe periculoase. Acest control este realizat prin crearea unui ansamblu de măsuri de prevenire și protecție adoptate cu scopul de a limita probabilitatea de producere a unui accident major și de reducere a gravității consecințelor asupra unui amplasament. Directivele Seveso prevăd în mod explicit obligația operatorilor de identificare și cuantificare a riscurilor de producere a unui accident major, evidențiind în mod imperativ obligativitatea acestora de a lua în considerare și mediul susceptibil a fi afectat de producerea unui astfel de accident.

Scopul unui sistem eficient de management al securității este atât implementarea cerințelor legale de prevenire a accidentelor majore, dar și de a reuși, în cazul în care totuși asemenea accidente se produc, prin acțiunile întreprinse, minimizarea impactului și a amplitudinii acestora.

Politica de prevenire a accidentelor majore trebuie să fie compatibilă și integrată în politica generală a organizației dar și cu politicile altor ramuri de management, cum ar fi managementul calității sau al mediului. Această politică trebuie să fie bazată pe principii de acțiune preventivă și pe conceptul de dezvoltare durabilă astfel încât măsurile tehnice de securitate să fie și fezabile din punct de vedere economic, dar și să prevină și să limiteze eventualele consecințe negative rezultate din utilizarea substanțelor periculoase, atât asupra sănătății populației dar și a mediului. Conform definiției, „accident major” înseamnă „fenomen advers, cum ar fi emisii majore, foc sau explozie, rezultând din evenimente necontrolate din cursul funcționării unui obiectiv acoperit de prezența Directivei și care duce la pericol sever asupra sănătății umane și/sau mediului, imediat sau cu întârziere, în interiorul sau în exteriorul obiectivului, implicând una sau mai multe substanțe periculoase”. Astfel, la momentul actual, este din ce în ce mai mult admis și recunoscut faptul că marea majoritate a accidentelor industriale au drept cauză fundamentală modul defectuos în care este realizat managementul la nivelul operatorilor economici.

Pentru prevenirea la sursă a accidentelor industriale, este deosebit de important ca acest tip de măsură să facă parte din politica întreprinderii. În acest sens, această politică de prevenire trebuie să constituie mai mult decât o simplă declarație de intenții a managementului de la cel mai înalt nivel (top managementul). Întreprinderea trebuie să se asigure că politica este aplicată și că un nivel ridicat de protecție este asigurat prin implementarea tuturor măsurilor necesare (nu numai cele de ordin tehnic, ci inclusiv cele care vizează structura organizatorică și managementul întreprinderii) pentru atingerea acestui obiectiv. Evaluarea riscului este o procedură structurată de evaluare calitativă și/sau cantitativă a nivelului de risc generat de surse de pericol identificate în instalații. Scopul evaluării riscului este de a furniza informațiile necesare pentru luarea unei decizii.

Se recomandă, tot mai mult, ca procesele de identificare, de evaluare și control a riscurilor, să fie realizate mai ales proactiv decât reactiv. Implementarea unor mijloace tehnice de protecție poate crește costurile, dacă aceste mijloace sunt implementate după finalizarea proiectării unui amplasament de depozitare sau după construirea acestuia. În general, modificările efectuate în etapa de proiectare sunt mai puțin costisitoare și mai eficiente decât cele efectuate ulterior, ceea ce justifică pe deplin demararea procesului de analiză și apreciere a riscului încă din această etapă.

Necesitatea și importanța optimizării managementului riscului major specific infrastructurilor critice din domeniul explozivilor de uz civil, rezidă din următoarele considerente:

- i. accidentele majore produse pe un amplasament industrial sunt reprezentate de explozii, incendii și emisii de substanțe toxice. Consecințele unor astfel de accidente pot fi grave, chiar catastrofale, ele materializându-se, în general, în pierderi umane, afectarea „ecologică” a mediului natural și în daune aduse proprietății;
- ii. cuantificarea riscurilor presupune identificarea posibilităților de defectare ale diferitelor componente ale sistemului, fapt care poate fi realizat prin construirea secvențelor de accidente în sistemele în care se utilizează sau se depozitează materii explozive. Această abordare poate fi utilizată pentru a sprijini autoritățile competente în evaluarea nivelului relativ de siguranță și pentru a evidenția importanța introducerii unor măsuri suplimentare de siguranță în instalațiile și amplasamentele industriale în care se utilizează materii explozive și care fac obiectul Directivei Seveso;
- iii. sistemul analizat trebuie examinat pornind de la evenimentele inițiatoare pentru a se stabili care dintre aceste posibile evenimente inițiatoare sunt și fizic posibile. Pentru fiecare dintre aceste evenimente inițiatoare, pentru creșterea nivelului de siguranță și securitate au fost identificate măsuri de siguranță și /sau măsuri de sprijin suplimentare care pot fi introduse în sistem. Pentru fiecare secvență de accident au fost ierarhizate măsurile de siguranță care pot fi sau nu introduse în sistemul de analizat, oferind astfel un sistem de arbori specifici secvențelor de accident;
- iv. metodologia de analiză, evaluare și clasificare a pericolelor de accident major (explozie), în cazul depozitelor de explozivi, permite cuantificarea efectelor posibile asupra vecinătăților și asupra sănătății umane, permițând inclusiv delimitarea zonelor de planificare de urgență;

- v. s-au stabilit criteriile de elaborare a unei aplicații informatice specializate care poate constitui un instrument de analiză încă din faza de proiectare a unui depozit, dar și un instrument care poate fi utilizat pentru identificarea rapidă a riscurilor existente pe un amplasament și a măsurilor de siguranță care pot/ trebuie implementate;
- vi. utilizarea unei aplicații specializate de către instituțiile responsabile pentru autorizarea depozitelor de materii explozive, ar permite o analiză mult mai aplicată a nivelului de securitate al amplasamentului. Această analiză practică permite ca autorizarea agenților economici cu activitate în domeniu să se facă pe baza situației reale și concrete, în condițiile în care, la momentul actual, această autorizare este bazată în principal pe documente cu caracter destul de general, fără a permite o analiză detaliată a cerințelor de securitate care ar trebui îndeplinite pentru funcționarea unui depozit în condiții de maximă siguranță;
- vii. utilizarea unei aplicații informatice în domeniul managementului riscului de explozie la depozitele de exploziv de uz civil permite asigurarea premiselor necesare elaborării, în condiții obiective și specifice, a documentelor necesare pentru aceste tipuri de infrastructuri tehnice, încă din faza de proiectare a acestora și cuantificarea gradului de afectare asupra amplasamentelor analizate dar și zonelor care sunt situate în proximitatea acestora;
- viii. aplicația informatică reprezintă o soluție viabilă de rezolvare a problematicii din domeniul riscurilor majore specifice infrastructurilor tehnice destinate depozitării materiilor explozive, care poate ajuta la efectuarea unei analize rapide a amplasamentului analizat, la impunerea unor condiții premergătoare construcției obiectivului din faza de proiectare al acestuia;
- ix. rezultatele puse la dispoziție de aplicație pot aduce importante și reale beneficii operatorilor economici care dețin infrastructuri tehnice pentru depozitarea explozivilor de uz civil. Rezultatele analizei efectuate prin aplicație pot fi utilizate ca bază pentru alegerea politicilor, procedurilor și a operațiilor realizate în cadrul unor astfel de amplasamente industriale și emiterea de recomandări în vederea atingerii nivelurilor prestabilite de performanță în domeniul securității totale.

Argumentele expuse anterior susțin și subliniază importanța, necesitatea și oportunitatea cercetării științifice consacrate optimizării managementului riscului major specific infrastructurilor critice din domeniul explozivilor de uz civil, ale cărei rezultate pot fi utilizate de către cei implicați în această activitate.

2. Obiectivele cercetării doctorale

Obiectivul general (OG) al cercetării doctorale a fost definirea unei abordări metodologice și a instrumentelor de aplicare specifice care să permită identificarea, formalizarea și structurarea cerințelor de securitate aplicabile pentru reducerea sau eliminarea riscurilor în amplasamentele de depozitare a materiilor explozive. Rezultatul vizat constă în elaborarea și integrarea unor instrumente, mai mult sau mai puțin formalizate, inclusiv sub forma unei aplicații informatice specializate, aplicabile de către specialiștii care lucrează în domeniul concepției/proiectării și utilizării depozitelor de materii explozive, în particular, dar și în general utilizatorilor de depozite de substanțe periculoase. În general, principiile stabilite prin această lucrare sunt valabile și pentru alte substanțe periculoase, în vederea minimizării riscurilor majore asociate operării acestei categorii de amplasamente industriale, prin analiza individuală, comparativă și aplicativă a acestora.

Pentru atingerea obiectivului general menționat anterior au fost stabilite următoarele **obiective specifice**:

OS 1. Realizarea unui studiu documentar vizând evoluția cadrului legislativ de reglementare privind controlul asupra pericolelor de accidente majore în care sunt implicate substanțe periculoase;

OS 2. Cercetarea stadiului actual al cadrului conceptual și metodologic de abordare a infrastructurilor critice din domeniul explozivilor de uz civil și extinderea studiului prin dezvoltarea unei sinteze privind explozivii de uz civil, plecând de la definirea acestora, continuând cu aspectele legislative privind depozitarea, transportul și utilizarea explozivilor, noțiuni tehnico - teoretice privind compoziția, caracteristicile și clasificarea explozivilor de uz civil;

OS 3. Realizarea unui studiu documentar privind stadiul actual al cunoașterii în domeniul analizei cantitative a riscului asociat depozitelor de explozivi, bazat pe literatura de specialitate și studii efectuate de-a lungul timpului în acest sens;

OS 4. Analiza arborilor de evenimente (AAE), cu accent pe modul în care rezultatele acestei analize pot fi utilizate pentru a se adopta măsuri suplimentare de securitate, corelată cu analiza tuturor posibilităților de apariție a evenimentelor inițiatoare care ar putea conduce la o potențială explozie;

OS 5. Analiza măsurilor de securitate care ar putea fi adoptate, prin instalarea barierelor tehnice de securitate sau prin aplicarea altor măsuri de natură organizatorică sau de alt tip, astfel încât să se urmărească prevenirea fiecărei posibilități de apariție a evenimentului inițiator deja identificat, precum și delimitarea secvențelor accidentogene, constând într-un eveniment inițiator, eșecuri sau succese specifice ale funcționalității măsurilor de protecție, gruparea acestora în clase (ramuri ale arborelui de evenimente) în care secvențele dintr-o ramură au ca rezultat aceleași consecințe;

OS 6. Elaborarea metodologiei de analiză, evaluare și clasificare a pericolelor de accident major (explozie) în cazul depozitelor de explozivi, cuantificarea efectelor posibile asupra vecinătăților și asupra sănătății umane și a metodologiei de delimitare a zonelor de planificare de urgență;

OS 7. Fundamentarea, dezvoltarea/elaborarea și validarea unei aplicații informatice specializate pentru sistemul de management al riscului de explozie specific infrastructurilor critice din domeniul explozivilor de uz civil.

3. Logica de dezvoltare a cercetării și descrierea succintă a structurii și conținutului tezei

3.1. Logica de dezvoltare a cercetării

Figura I.1. prezintă în manieră structurată schema – bloc aferentă logicii de dezvoltare a cercetărilor materializate în teza de doctorat, în concordanță cu obiectivele specifice definite în paragraful anterior. Fără a fi o schemă operațională, reprezentarea grafică are rolul de a evidenția coerența studiilor întreprinse în mod etapizat, cu luarea graduală în considerare a rezultatelor **parțiale obținute în urma parcurgerii fiecăreia dintre faze.**

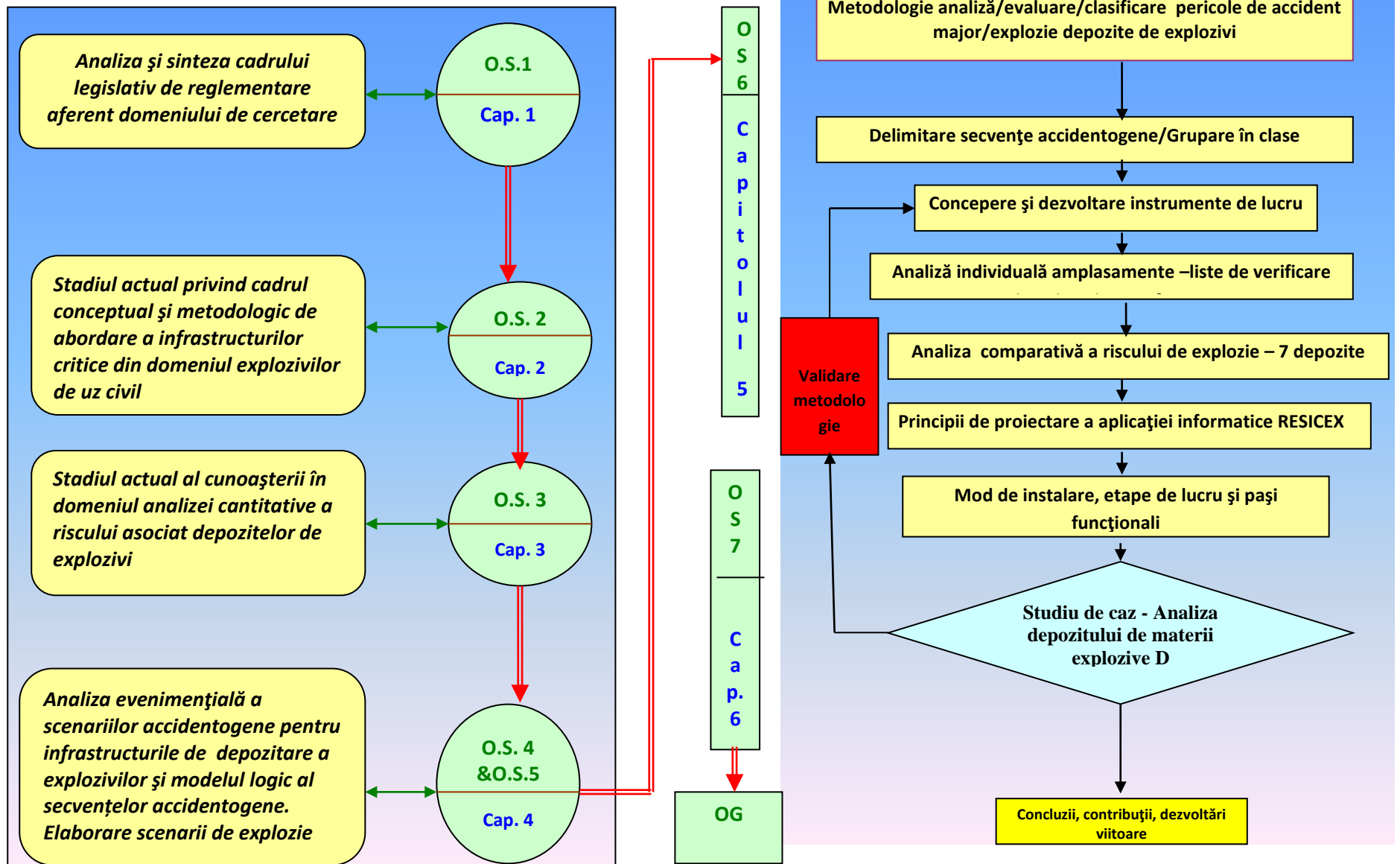


Fig.I.1. Schema-logică de derulare a etapelor cercetării doctorale, în corelație cu obiectivele specifice prestabilite

3.2. Structura tezei de doctorat

Teza de doctorat este structurată pe 7 capitole și cuprinde 129 pagini consacrate demersului științific propriu-zis și 82 pagini corespunzătoare celor 7 anexe, 89 de figuri, 51 de tabele, și 154 de referințe bibliografice.

Lucrarea, așa cum este structurată pe capitole, urmărește o abordare graduală, prin care fiecare capitol prezintă aspecte care, ulterior, au fost introduse și în faza de concepție și de elaborare a analizei dezvoltate și al aplicației create. În cadrul lucrării sunt prezentate în mod sintetic și sistematic cercetările proprii, rezultatul coordonării eforturilor de concepție, documentare și de culegere și prelucrare a datelor.

Prima parte a tezei de doctorat este dedicată stadiului actual al cadrului conceptual, legislativ și metodologic al managementului riscului major specific infrastructurilor critice din domeniul explozivilor de uz civil, structurată pe trei capitole, după cum urmează:

Capitolul 1, intitulat „*Analiza cadrului legislativ de reglementare aferent domeniului de cercetare*”, este dedicat prezentării sintetice a cadrului legislativ european și național referitor la pericolele de accident major aferent activităților care implică substanțe periculoase, inclusiv în ceea ce privește substanțele periculoase de forma explozivilor de uz civil. Rezultatele analizei efectuate în cadrul acestui capitol stau la baza detalierei studiului privind aprecierea și reducerea riscurilor asociate amplasamentelor industriale de depozitare a materiilor explozive.

Capitolul 2 „*Stadiul actual privind cadrul conceptual și metodologic de abordare a infrastructurilor critice din domeniul explozivilor de uz civil*”, prezintă în prima parte conceptul de infrastructură critică, definirea acestuia, criteriile de identificare, tipologia elementelor de risc și sistemul național și european de infrastructuri critice. De asemenea se definesc criteriile în baza cărora amplasamentele de depozitare a explozivilor se încadrează în categoria infrastructurilor critice. În partea a doua a capitolului sunt prezentate noțiuni privind explozivii de uz civil plecând de la definirea acestora, continuând cu aspectele legislative privind depozitarea, transportul și utilizarea explozivilor. În partea finală sunt prezentate noțiuni tehnico - teoretice privind compoziția, caracteristicile și clasificarea explozivilor de uz civil.

Capitolul 3 „*Stadiul actual al cunoașterii în domeniul analizei cantitative a riscului asociat depozitelor de explozivi*”- în acest capitol sunt prezentate mai multe cercetări efectuate de-a lungul timpului în domeniul riscului de explozie asociat depozitelor de materii explozive, după diferite abordări, în care se evidențiază abordarea bazată pe studiul structurilor rezistente la explozie, pe gravitatea efectelor exploziei, abordarea bazată pe modele numerice, abordarea bazată pe dinamica propagării exploziei în mediul aerian și subteran, pe consecințele exploziei sau pe efectele acesteia la sol și la suprafață, dar și abordarea bazată pe evaluarea sistemului în funcție de componentele acestuia, în final fiind prezentate unele proceduri de cuantificare a riscurilor utilizate în aceste cercetări.

Partea a doua a lucrării, structurată pe trei capitole prezintă contribuțiile proprii teoretice și aplicative cu caracter de originalitate a cercetării doctorale, așa cum sunt prezentate în continuare:

Capitolul 4 intitulat „*Analiza evenimentială a scenariilor accidentogene pentru infrastructurile de depozitare a explozivilor și modelul logic al secvențelor accidentogene. Elaborarea scenariilor de explozie*” constituie în cea mai mare parte o contribuție proprie cu caracter de originalitate al cercetării doctorale și abordează analiza arborilor de evenimente (AAE), cu accent pe modul în care rezultatele acestei analize pot fi utilizate pentru a se adopta măsuri suplimentare de securitate. Prima etapă a evaluării cuantificate a riscurilor pentru

depozitele de explozivi necesită o analiză completă a tuturor posibilităților de apariție a evenimentelor inițiatoare care ar putea conduce la o potențială explozie, materializată fie prin detonare, fie prin deflagrație sau combinarea acestor două tipuri de fenomene explozive. În continuare, sunt analizate măsurile de securitate care ar putea fi adoptate, prin instalarea barierelor tehnice de securitate sau prin aplicarea altor măsuri de natură organizatorică sau de alt tip, astfel încât să se urmărească prevenirea fiecărei posibilități de apariție a evenimentului inițiator deja identificat. Secvențele accidentogene sunt delimitate, constând într-un eveniment inițiator, eșecuri sau succese specifice ale funcționalității măsurilor de protecție, incluzând aici și răspunsurile umane (intervenția operatorului). În continuare, secvențele accidentogene sunt grupate în clase (ramuri ale arborelui de evenimente) în care secvențele dintr-o ramură au ca rezultat aceleași consecințe. În cele din urmă, se calculează frecvența de apariție posibilă pentru fiecare dintre secvențele de accident (scenarii) și prin coroborarea frecvenței cu gravitatea consecințelor exploziei se determină valoarea nivelului de risc, conform unei metodologii elaborate pe baza principiilor metodei de analiză a barierelor de securitate (LOPA), adaptată pentru a putea asigura o clasificare mai bine delimitată a nivelurilor de risc.

Capitolul 5, având titlul „*Cercetări experimentale privind riscul de explozie generat de explozivii de uz civil în amplasamente industriale de depozitare a materiilor explozive*” constituie de asemenea o mare parte din contribuția personală cu caracter de originalitate al cercetării doctorale și prezintă metodologia de analiză, evaluare și clasificare a pericolelor de accident major (explozie) în cazul depozitelor de explozivi, cuantificarea efectelor posibile asupra vecinătăților și asupra sănătății umane, tot în acest capitol fiind prezentată și metodologia de delimitare a zonelor de planificare de urgență. În continuare pentru efectuarea analizei comparative a riscului de explozie generat de explozivii de uz civil în amplasamente industriale de depozitare a materiilor explozive, au fost elaborate liste de verificare pentru identificarea măsurilor de siguranță tehnice și/sau organizatorice aplicate la fiecare dintre depozitele analizate, etapă urmată de efectuarea unei analize individuale a amplasamentelor de depozitare, pe baza listelor de verificare. În această etapă a lucrării, pe baza listelor de verificare prezentate, s-a procedat la verificarea unui număr de 7 amplasamente de depozitare a materiilor explozive de pe teritoriul României. În partea finală a capitolului, pe baza datelor colectate la efectuarea analizei individuale s-a efectuat analiza comparativă a riscului de explozie generate de explozivii de uz civil în cele 7 amplasamente industriale de depozitare a materiilor explozive menționate anterior, fiind elaborate concluziile specifice pentru fiecare dintre posibii factori declanșatori analizați, datele fiind cuprinse în tabele centralizate comparative pentru fiecare dintre acești factori declanșatori. În aceste tabele comparative au fost prezentați și arborii de evenimente corespunzători factorului analizat iar, după evaluarea nivelului de risc, rezultatele acestei evaluări au fost centralizate sub forma unei diagrame, care să ofere o imagine mai clară a variației nivelului de risc odată cu introducerea măsurilor de securitate necesare identificate anterior.

Capitolul 6, „*Fundamentarea, dezvoltarea și validarea aplicației informatice specializate Resicex a sistemului de management al riscului de explozie specific infrastructurilor critice din domeniul explozivilor de uz civil*” are o structură complexă și de asemenea constituie aport propriu, cu caracter de originalitate al cercetării doctorale. În acest capitol s-au stabilit criteriile de elaborare a unei aplicații informatice specializate, care poate constitui un instrument de analiză încă din faza de proiectare a unui depozit, dar și un instrument care poate fi utilizat pentru identificarea rapidă a riscurilor existente pe un amplasament și a măsurilor de siguranță care pot/ trebuie implementate.

S-a realizat această aplicație, denumită în continuare RESICEX (*Risc de Explozie Specific Infrastructurilor Critice din domeniul Explozivilor de uz civil*), pe baza criteriilor stabilite, s-au prezentat în lucrare principiile de proiectare, pașii de instalare și modul de funcționare al aplicației, după care, în partea finală a lucrării, s-a utilizat aplicația pentru efectuarea studiului de caz pentru un amplasament de depozitare a materiilor explozive.

În ultima parte a lucrării, **Capitolul 7** „*Concluzii, contribuții și direcții de cercetare viitoare*” sunt prezentate principalele aspecte desprinse în urma studiului și analizei conceptelor, metodelor, fenomenelor, aplicațiilor și rezultatelor obținute. Prezentarea contribuțiilor personale în domeniul temei luate în studiu în cadrul tezei de doctorat este structurată pe cele 2 componente, contribuții teoretice, respectiv contribuții aplicative, o atenție deosebită fiind acordată modului în care acestea pot fi implementate și valorificate. Au fost de asemenea identificate și direcțiile principale de cercetare în care ar trebui să fie orientate în viitor eforturile ce vizează reducerea riscurilor de explozie generate de explozivii de uz civil în amplasamentele industriale de depozitare a materiilor explozive.

4. Gradul de complexitate și noutate al cercetării

Gradul de noutate al lucrării derivă din modul de abordare procesual, gradual, fundamentat pe cele mai noi teorii, cunoștințe, principii și ipoteze din domeniul managementului riscurilor, într-o formă care permite înțelegerea conceptelor și fenomenelor dar și analiza diferitelor tipuri de riscuri asociate sistemelor tehnice/de muncă investigate. **Gradul de noutate** al acestei teze de doctorat decurge și din faptul că la debutul studiului, autorul nu avea opinii predefinite/prestabilite despre cadrul emergent al dezvoltării cercetării. Ca urmare, studiul a fost planificat într-un mod care a permis ca metodele selectate și aplicate, precum și datele colectate să permită definirea naturii relațiilor existente între elementele, parametrii și factorii semnificativi. Astfel, prezenta teză poate fi considerată mai mult ca fiind un studiu exploratoriu decât un studiu confirmator, întrucât urmărește să definească relațiile posibile în forma cea mai generală și apoi să permită tehnicilor multivariate să estimeze relația/relațiile determinante în vederea dezvoltării de soluții. Metodologia de lucru propusă în capitolele 4 și 5 și aplicația informatică RESICEX prezentată în capitolul 6 pot fi apreciate ca noutate pe plan național. Problematika tezei a fost structurată astfel încât caracterul de noutate științifică și valoarea practică și aplicativă a lucrării să rezulte din mai multe elemente, evidențiate în capitolul final.

Gradul de complexitate, este derivat din însăși importanța contextului legislativ național și internațional, natura sistemelor și riscurilor abordate precum și dinamica evoluției cercetărilor științifice în domeniul SSM și al prevenirii riscurilor de producere al accidentelor majore. Având în vedere natura intrinsecă a sistemelor abordate, importanța contextului legislativ, normativ și reglementar, explozia informațională accelerată, precum și evoluția progresului științific în domeniu, pentru conceptualizarea sistemului și fundamentarea teoretică a modelelor utilizate, au fost necesare cunoștințe din mai multe domenii de cunoaștere (inginerie industrială, securitate și sănătate ocupațională, securitate industrială, management industrial, legislație, teoria probabilităților, informatică etc.), ceea ce conferă tezei de doctorat un caracter interdisciplinar și multidisciplinar cert și neapărat necesar pentru a putea răspunde obiectivelor specifice ale cercetării.

5. Contribuții personale

Din punct de vedere științific, contribuțiile originale sunt reflectate de rezultatele cercetărilor obținute în diferite etape ale programului de doctorat și care au fost descrise în teza de doctorat după cum urmează. În cadrul prezentei teze doctorale se descriu instrumente și soluții originale pentru sprijinirea specialiștilor implicați în evaluarea riscului de explozie specifică siturilor industriale pentru depozitarea materialelor explozive și a altor factori interesați în îndeplinirea obligațiilor prevăzute în legislația națională cu privire la minimizarea riscurilor.

Consider că fundamentele teoretice și instrumentele metodologice și aplicative pe care le-am dezvoltat în cadrul stagiului de doctorat, redactate sintetic în continuare, reprezintă contribuții originale în domeniul cercetărilor care vizează creșterea nivelului de securitate în amplasamentele industriale în care se desfășoară activități cu materii explozive. Contribuțiile personale în domeniul menționat includ atât aspecte teoretice, cât și practice.

A. Din punct de vedere al cercetărilor bibliografice și analizei stadiului actual al temei abordate:

A.1. Efectuarea unei cercetări aprofundate care a vizat evoluția cadrului legislativ de reglementare privind controlul asupra pericolelor de accidente majore în care sunt implicate substanțe periculoase;

A.2. Realizarea unui studiu documentar vizând stadiul actual al cadrului conceptual și metodologic de abordare a infrastructurilor critice din domeniul explozivilor de uz civil;

A.3. Realizarea unui studiu documentar privind explozivii de uz civil plecând de la definirea acestora, continuând cu aspectele legislative privind depozitarea, transportul și utilizarea explozivilor, noțiuni tehnico - teoretice privind compoziția, caracteristicile și clasificarea explozivilor de uz civil;

A.4. Realizarea unui studiu documentar privind stadiul actual al cunoașterii în domeniul analizei cantitative a riscului asociat depozitelor de explozivi, bazat pe literatura de specialitate și studii efectuate de-a lungul timpului în acest sens;

A.5. Obiectivul de a elabora o metodologie aplicabilă direct de către non-experti a necesitat și *a impus* ca studiul documentar din literatura de specialitate să se concentreze în primul rând pe prevederile legislației în vigoare și a standardelor de securitate aplicabile, fapt care a fost îndeplinit în manieră cvasi-exhaustivă;

A.6. Referințele bibliografice reflectă o preocupare constantă pentru parcurgerea celor mai relevante cercetări din domeniul securității și sănătății în muncă, cu focalizare pe domeniul specific al securității amplasamentelor industriale de depozitare a explozivilor, dovedind un interes deosebit pentru menținerea în actualitatea informațiilor.

B. Din punct de vedere al fixării obiectivelor specifice de cercetare:

B.1. Identificarea, pe baza analizelor realizate, a dificultăților și problemelor relevante pentru aspectele specifice legate de managementul riscurilor generate de depozitarea materiilor explozive;

B.2. Decelarea obiectivelor specifice și stabilirea clară a direcțiilor de acțiune pentru realizarea obiectivelor intermediare circumscrise tematicii lucrării pe baza unor criterii atent selectate;

B.3. Identificarea posibilității de elaborare a unei aplicații informatice, accesibilă și utilizatorilor fără cunoștințe avansate în domeniul informatic, ca modalitate de a facilita implementarea măsurilor preventive aplicabile.

C. Din punct de vedere al cercetării teoretice:

Contribuțiile teoretice semnificative cuprinse în teza de doctorat sunt următoarele:

C.1. Descrierea sintetică a evoluției, structurii și conținutului cadrului legislativ național și comunitar privind evoluția cadrului legislativ de reglementare privind controlul asupra pericolelor de accidente majore în care sunt implicate substanțe periculoase;

C.2. Realizarea unui studiu documentar vizând stadiul actual al cadrului conceptual și metodologic de abordare a infrastructurilor critice din domeniul explozivilor de uz civil;

C.3. Elaborarea unui studiu bibliografic privind explozivii de uz civil plecând de la definirea acestora, continuând cu aspectele legislative privind depozitarea, transportul și utilizarea explozivilor, noțiuni tehnico - teoretice privind compoziția, caracteristicile și clasificarea explozivilor de uz civil;

C.4. Evidențierea stadiului actual al cunoașterii în domeniul analizei cantitative a riscului asociat depozitelor de explozivi, bazat pe literatura de specialitate și studii efectuate de-a lungul timpului în acest sens;

C.5. Sintetizarea rezultatelor cercetărilor fundamentale și aplicative, precum și a experienței specialiștilor recunoscuți la nivel național și internațional în domeniul securității industriale, privind obiectivele generale și etapele principale ale demersului de analiză și evaluare a riscurilor, datele de intrare necesare, tipurile de rezultate obținute și algoritmi utilizați pentru cuantificarea nivelului de risc;

C.6. Abordarea integratoare a măsurilor de siguranță preventive și limitative, în raport cu influența pe care o pot exercita pericolele asociate amplasamentelor industriale de depozitare a materiilor explozive;

C.7. Necesitatea obiectivă de a controla apariția și materializarea riscurilor ocupaționale la care este expusă orice organizație economică, a condus la conturarea unei noi ramuri a managementului științific: managementul riscului, care integrează și riscul pentru securitatea și sănătatea în muncă a lucrătorilor. În acest context, abordarea sistematică a temei de cercetare s-a efectuat din perspectiva furnizării unui instrument util ce sprijină implementarea legislației specifice din domeniu, în condițiile eficientizării utilizării resurselor umane, materiale și financiare, care reprezintă întotdeauna constrângeri determinante pentru angajatori;

C.8. Efectuarea analizei depozitelor prin metoda arborilor de evenimente (AAE), cu accent pe modul în care rezultatele acestei analize pot fi utilizate pentru a se adopta măsuri suplimentare de securitate, în acest sens fiind analizate toate posibilitățile de apariție a evenimentelor inițiatore care ar putea conduce la o potențială explozie;

C.9. Delimitarea secvențelor accidentogene, constând într-un eveniment inițiator, eșecuri sau succese specifice ale funcționalității măsurilor de protecție, gruparea acestora în clase (ramuri ale arborelui de evenimente) în care secvențele dintr-o ramură au ca rezultat aceleași consecințe; elaborarea metodologiei de analiză, evaluare și clasificare a pericolelor de accident major (explozie) în cazul depozitelor de explozivi, cuantificarea efectelor posibile asupra vecinătăților și asupra sănătății umane și a metodologiei de delimitare a zonelor de planificare de urgență;

C.10. Elaborarea metodologiei de lucru pentru analiza comparativă a riscului de explozie generat de explozivii de uz civil în amplasamente industriale de depozitare a materiilor explozive, identificarea etapelor de analiză a amplasamentelor de depozitare, conceperea și dezvoltarea instrumentelor de lucru ale metodologiei;

C.11. Stabilirea criteriilor de elaborare și a principiilor de proiectare a unei aplicații informatice specializate care poate constitui un instrument de analiză încă din faza de proiectare a unui depozit, dar și un instrument care poate fi utilizat pentru identificarea rapidă a riscurilor existente pe un amplasament și a măsurilor de siguranță care pot/ trebuie implementate.

D. Din punct de vedere al contribuțiilor practice și aplicative:

Contribuțiile practice și aplicative constau din următoarele:

D.1. Identificarea și analiza *tuturor* posibilităților de apariție a evenimentelor inițiatore care ar putea conduce la o potențială explozie într-un amplasament de depozitare a materiilor explozive;

D.2. Identificarea, inventarierea, analiza și ierarhizarea măsurilor de securitate care ar putea fi adoptate, prin instalarea barierelor tehnice de securitate sau prin aplicarea altor măsuri de natură organizatorică sau de alt tip, astfel încât să se urmărească prevenirea fiecărei posibilități de apariție a evenimentului inițiator deja identificat și/sau limitarea efectelor unei potențiale explozii;

D.3. Efectuarea analizei depozitelor de materii explozive prin metoda arborilor de evenimente (AAE); elaborarea arborilor de evenimente pentru fiecare tip de eveniment inițiator identificat;

D.4. Delimitarea secvențelor accidentogene, constând într-un eveniment inițiator, eșecuri sau succese specifice ale funcționalității măsurilor de protecție, gruparea acestora în clase (ramuri ale arborelui de evenimente) în care secvențele dintr-o ramură au ca rezultat aceleași consecințe;

D.5. Elaborarea metodologiei de analiză, evaluare și clasificare a pericolelor de accident major (explozie) în cazul depozitelor de explozivi, cuantificarea efectelor posibile asupra vecinătăților și asupra sănătății umane și a metodologiei de delimitare a zonelor de planificare de urgență;

D.6. Efectuarea analizei individuale a **7 amplasamente industriale de depozitare a explozivilor de uz civil**, prin identificarea factorilor declanșatori posibili, a măsurilor de siguranță aplicate, a explozivilor depozitați, pe baza listelor de verificare;

D.7. Dezvoltarea și finalizarea unui studiu comparativ al celor 7 amplasamente industriale de depozitare a materiilor explozive analizate, evaluarea riscului de explozie pentru fiecare factor declanșator identificat, întocmirea tabelelor și diagramele comparative privind cuantificarea nivelului de risc de explozie;

D.8. Stabilirea criteriilor de elaborare a unei aplicații informatice specializate care poate constitui un instrument de analiză încă din faza de proiectare a unui depozit, dar și un instrument care poate fi utilizat pentru identificarea rapidă a riscurilor existente pe un amplasament și a măsurilor de siguranță care pot/trebuie implementate;

D.9. Stabilirea principiilor de proiectare și elaborarea aplicației informatice specializate RESICEX;

D.10. Validarea metodologiei de analiză și a funcționalității aplicației RESICEX prin intermediul unui studiu de caz prin care este analizat un depozit de materii explozive, cu ajutorul RESICEX.

E. Din punct de vedere al diseminării rezultatelor

Pe parcursul stagiului de doctorat și al documentărilor prealabile efectuate am publicat ca prim - autor și coautor un număr de 17 articole și lucrări științifice, după cum urmează (detalii în anexa 7):

- 1 articol publicat în reviste indexate Web of Science - WoS (ISI);
- 7 lucrări științifice publicată în reviste de specialitate indexate BDI;
- 7 lucrări publicate în volumele unor Conferințe Internaționale desfășurate în țară;
- 1 lucrare prezentată în cadrul unui simpozion organizat de Școala Doctorală UPET
- Standardul ocupațional pentru artificieri de suprafață, elaborat de INCD INSEMEX Petroșani , lucrare la care am făcut parte din comisia de validare

CUVINTE-CHEIE: depozit de explozivi, Seveso, scenarii de explozie, factori declanșatori, bariere de securitate

Ing. Burdea Florin Ionel