



**UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI  
ȘCOALA DOCTORALĂ**

**Domeniul: INGINERIE INDUSTRIALĂ**

**TEZĂ DE DOCTORAT**

**-REZUMAT-**

**CONDUCĂTOR DE DOCTORAT:  
CSI.habil.dr.ing. VASILESCU GABRIEL-DRAGOȘ**

**STUDENT DOCTORAND:  
Ing. POPA NICOLAE-NARCIS**

**2023**



**UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI  
ȘCOALA DOCTORALĂ**

**Domeniul: INGINERIE INDUSTRIALĂ**

**DEZVOLTAREA INFRASTRUCTURII DE ANALIZĂ  
ȘI EVALUARE A RISCULUI DE ACCIDENT MAJOR  
GENERAT ÎN SPAȚII INDUSTRIALE CU PERICOL  
DE EXPLOZIE, LUÂND ÎN CONSIDERARE ACTELE  
DE REA-VOINȚĂ**

**CONDUCĂTOR DE DOCTORAT:  
CSI.habil.dr.ing. VASILESCU GABRIEL-DRAGOŞ**

**STUDENT DOCTORAND:  
Ing. POPA NICOLAE-NARCIS**

**2023**

## CUPRINS

Cuvânt înainte .....	3
Cuprins .....	4
Lista figurilor .....	8
Lista tabelelor .....	11
Listă acronime și simboluri .....	12
<b>CAPITOLUL I INTRODUCERE .....</b>	<b>15</b>
<b>CAPITOLUL II ANALIZA PRINCIPALELOR REGLEMENTĂRI INTERNAȚIONALE ȘI NAȚIONALE PRIVIND PERICOLELE DE ACCIDENTE MAJORE ÎN CARE SUNT IMPLICATE SUBSTANȚE PERICULOASE .....</b>	<b>24</b>
2.1-Directivele SEVESO și alte normative comunitare în domeniu .....	24
2.2-Legea 59/2016 referitoare la pericolele de accidente majore în care sunt implicate substanțe periculoase .....	27
2.3.-Reglementări specifice din domeniul materiilor explozive .....	32
2.4.-Concluzii .....	32
<b>CAPITOLUL III STUDIUL LEGISLAȚIEI NAȚIONALE ȘI EUROPENE CU PRIVIRE LA DESFĂȘURAREA ACTIVITĂȚILOR ÎN MEDIU CU PERICOL DE ATMOSFERE EXPLOZIVE .....</b>	<b>34</b>
3.1.-Aspecte cu privire la legislația națională și europeană referitoare la desfășurarea activității de prevenire a exploziilor și protecție la explozie .....	34
3.2.-Prezentarea cadrului legislativ național aferent desfășurării activităților în mediu cu pericol de atmosfere explozive .....	35
3.2.1.- <i>Prevederile Legii 319/2006 cu privire la obligația angajatorilor de a asigura securitatea și sănătatea lucrătorilor la locul de muncă .....</i>	35
3.2.2.- <i>Prevederile Legii 319/2006 cu privire la obligația angajatorilor de a asigura securitatea și sănătatea lucrătorilor la locul de muncă .....</i>	37
3.3.-Prezentarea directivelor europene ATEX .....	38
3.3.1.- <i>Cerințe esențiale de securitate, prevăzute în Directiva 94/9/EC, pentru echipamentele și sistemele protectoare destinate utilizării în mediu cu pericol de atmosfere explosive...</i>	38
3.3.2.- <i>Cerințe minime pentru îmbunătățirea securității și protecția sănătății lucrătorilor aflați în medii cu potențial pericol exploziv, prevăzute în Directiva 1999/92/EC .....</i>	40
3.3.3.- <i>Corelarea principiilor de protecție în conformitate cu Directivele ATEX .....</i>	41
3.4.- Concluzii .....	44
<b>CAPITOLUL IV CONTRIBUȚII PRIVIND CUANTIFICAREA RISCURILOR MAJORE SPECIFICE INFRASTRUCTURILOR TEHNICE DIN MATERII EXPLOZIVE .....</b>	<b>46</b>
4.1.-Identificarea și analiza riscurilor de accidente majore specifice infrastructurilor tehnice destinate depozitării materiilor explozive .....	46
4.1.1.- <i>Prezentarea surselor generatoare de risc major .....</i>	46
4.1.2.- <i>Studiul sistematic al riscului cu consecințe majore .....</i>	50
4.1.3.- <i>Cuantificarea riscului de producere a accidentului major .....</i>	51
4.2.-Evaluarea computerizată a riscului global specific depozitelor de	53

explozivi (de explozie/ocupațional/de atac terorist) .....	
4.2.1.-Evaluarea probabilistică computerizată IMSAFR v2 a riscului de amplasament destinat depozitării explozivilor de uz civil .....	53
4.2.2.-Analiza computerizată DIRE Version 1.0 a deceselor și leziunilor rezultate din explozii produse pe amplasamentele industriale destinate depozitării explozivilor de uz civil .....	67
4.3.-Descrierea scenariilor posibile de accidente majore la depozitarea materiilor explosive .....	75
4.3.1.-Premisele accidentelor majore soldate cu explozie .....	75
4.3.2.-Modelarea matematică a efectelor de explozie .....	81
4.3.3.-Evaluarea amplitudinii și a gravitației consecințelor accidentelor majore .....	83
4.4.-Prezentarea principalelor scenarii posibile de accidente majore pentru fiecare zonă de risc identificată la nivelul depozitului de materii explozive .....	85
4.4.1.-Scenariu de accident major în incinta spațiilor de depozitare .....	85
4.4.2.-Scenariu de accident major pe platforma de manevră aferentă spațiului de depozitare .....	96
4.4.3.-Scenariu de accident major la mijloacele de transport în incinta depozitului .....	100
4.4.4.-Scenariu de incendiu la pădure .....	110
4.4.5.-Scenariu de dezastru – atac terorist .....	115
4.5.-Concluzii .....	117
<b>CAPITOLUL V</b>	
<b>CONTRIBUȚII PRIVIND ELABORAREA SISTEMULUI DE MANAGEMENT AL RISCOLUI MAJOR SPECIFIC INFRASTRUCTURILOR TEHNICE DIN DOMENIUL EXPLOZIVILOR DE UZ CIVIL .....</b>	<b>119</b>
5.1.-Studiul politicii de prevenire a accidentelor majore în care sunt implicate substanțe periculoase .....	119
5.2.-Analiza sistemului de management al securității și sănătății în muncă .....	120
5.3.-Evaluarea securității infrastructurilor tehnice destinate operațiunilor specifice cu materii explozive .....	127
5.3.1.-Considerații de ordin general privind evaluarea securității activităților cu explozivi de uz civil pe amplasamente industriale dedicate .....	127
5.3.2.-Aplicații privind evaluarea computerizată a riscului de explozie generat de materii explozive .....	131
5.4.-Elaborarea "Documentului de securitate" specific infrastructurilor tehnice destinate depozitării explozivilor de uz civil.	137
5.4.1.-Necesitatea elaborării "Documentului de securitate" ca instrument de control asupra pericolelor de accident major în care sunt implicate substanțe periculoase de tipul explozivilor de uz civil .....	137
5.4.2.-Conceperea formei machetate a "Documentului de securitate", precum și indicarea instrucțiunilor de elaborare a secțiunilor sale generice .....	138

5.5.-Stabilirea măsurilor de protecție și intervenție în vederea prevenirii, limitării sau eliminării consecințelor accidentelor majore specifice depozitelor de explozivi de uz civil .....	140
5.5.1.-Măsuri generale pentru reducerea probabilității de producere a accidentelor majore. Descrierea parametrilor tehnici și a echipamentelor utilizate pentru securitatea instalațiilor specifice amplasamentului destinat depozitării explozivilor de uz civil .....	140
5.5.2.-Măsuri de protecție și intervenție pentru diminuarea consecințelor unui accident .....	142
5.5.3.-Organizarea alertei și a intervenției .....	145
5.5.4.-Planul de urgență internă .....	147
5.5.-Concluzii .....	149
<b>CAPITOLUL VI CONTRIBUȚII ASUPRA TEHNOLOGIEI DE DEPISTARE ȘI IDENTIFICARE RAPIDĂ A SUBSTANȚELOR EXPLOZIVE ...</b>	<b>151</b>
6.1.-Principii de lucru în siguranță cu substanțele explozive .....	151
6.1.1.-Reguli generale de securitate .....	151
6.1.2.-Consemne de securitate .....	152
6.1.3.-Cauze posibile de explozie și protecția împotriva declanșării accidentale a exploziei în care sunt implicate substanțe explozive .....	153
6.1.4.-Distrugerile cauzate de principalele efecte ale exploziei și protecția contra evenimentelor accidentale de natură explozivă .....	156
6.1.5.-Securitatea în domeniul pulberilor explozive și sistemelor pirotehnice .....	163
6.1.6.-Studiul preliminar al riscurilor. Lista generală pentru diferite sisteme.....	163
6.2.-Aspecte de natură tehnică asupra tehnologiei de depistare și identificare rapidă a substanțelor explozive .....	164
6.2.1.-Generalități privind tehnologiei de depistare și identificare rapidă a substanțelor explozive .....	164
6.2.2.-Prezentarea sintetică a echipamentului performant pentru detectarea și examinarea caracteristicilor specifice substanțelor explozive (scanner pentru detectarea explozivilor) și elaborarea procedurii de lucru .....	166
6.2.3.-Exemple practice de determinare a urmelor de amenințare din mostre prelevate, atât din substanțe explozive, cât și după detonarea acestora .....	169
6.2.4.-Teste experimentale privind detecția hibridă a explozivilor, a precursorilor de explozivi, narcotice și alte materiale periculoase .....	174
6.3.-Predicția termochimică a comportamentului detonant al substanțelor explozive .....	178
6.3.1.-Bazele teoretice de conceptualizare a procesului de detonare a materiilor explosive .....	178
6.3.2.-Prezentarea sintetică a software specializat pentru predicția termochimică a comportamentului detonant al substanțelor explozive și elaborarea procedurii de lucru .....	195

6.3.3.-Simulări computerizate aplicative privind determinarea performanței substanțelor explozive .....	197
6.4.-Concluzii .....	202
<b>CAPITOLUL VII CONTRIBUȚII LA ELABORAREA UNEI APLICAȚII INFORMATICE SPECIALIZATE ȘI INTEGRATE PENTRU EVALUAREA RISCOLUI DE EXPLOZIE SPECIFIC AMPLASAMENTELOR INDUSTRIALE DIN DOMENIUL EXPLOZIVILOR DE UZ CIVIL, LUÂND ÎN CONSIDERARE ACTELE DE REA-VOINȚĂ .....</b>	<b>204</b>
7.1.-Prezentarea aplicației informaticе specializate TERRORISK.EXE 01 specifică evaluării riscului de explozie generat de materii explozive .....	204
7.2.-Avantajele utilizării aplicației informaticе specializate TERRORISK.EXE 01 .....	207
7.3.-Concluzii .....	208
<b>CAPITOLUL VIII CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE .....</b>	<b>209</b>
8.1. Concluzii .....	209
8.1.1. Concluzii privind analiza principalelor reglementări internaționale și naționale privind pericolele de accidente majore în care sunt implicate substanțe periculoase .....	209
8.1.2. Concluzii privind studiul legislației naționale și europene cu privire la desfășurarea activităților în mediu cu pericol de atmosfere explosive .....	210
8.1.3. Concluzii privind analiza și evaluarea riscurilor de accidente majore specifice infrastructurilor tehnice din domeniul explozivilor de uz civil .....	210
8.1.4. Concluzii privind elaborarea sistemului de management al riscului major specific infrastructurilor tehnice din domeniul explozivilor de uz civil .....	212
8.1.5. Concluzii privind tehnologia de depistare și identificare rapidă a substanțelor explozive .....	213
8.1.6. Concluzii privind elaborarea unei aplicații informaticе specializate și integrate pentru evaluarea riscului de explozie specific amplasamentelor industriale din domeniul explozivilor de uz civil, luând în considerare actele de rea-voință .....	215
8.2. Contribuții personale .....	215
8.2.1. Contribuții teoretice .....	215
8.2.2. Contribuții în domeniul IT aplicativ .....	216
8.2.3. Contribuții experimentale și aplicative .....	216
8.2.4. Direcții viitoare de cercetare .....	216
<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>217</b>
<b>ANEXE .....</b>	<b>230</b>

## **1. Concepte, definiții, motivația tezei, obiectivele urmărite**

Teza „*Dezvoltarea infrastructurii de analiză și evaluare a riscului de accident major generat în spații industriale cu pericol de explozie luând în considerare actele de rea-voință*” adresează un subiect de studiu extrem de actual în era industrială în contextul globalizării activităților desfășurate pe amplasamentele destinate operațiunilor specifice cu materii explozive prezentând o modalitate de cercetare aplicativă armonizată cu cerințele actuale din domeniul riscului de accident major, atunci când sunt implicate substanțe periculoase de natură explozivă din perspectiva îmbunătățirii permanente a climatului de securitate în sisteme de muncă afectate de prezența acestor pericole având în vedere faptul că funcționarea sigură a acestora implică la nivelul tehniciilor utilizate în prezent, necesitatea și obligativitatea efectuării evaluării riscurilor profesionale luând în considerare inclusiv actele de rea-voință.

Fundamentarea teoretică și practică a dezvoltării infrastructurii metodologice privind analiza și evaluarea riscului de accident major generat în spații industriale cu pericol de explozie luând în considerare actele de rea-voință a presupus efectuarea următoarelor demersuri de cercetare:

- Analiza principalelor reglementări internaționale și naționale privind pericolele care pot genera evenimente nedorite semnificative cu caracter major datorită substanțelor periculoase de natură explozivă;
- Studiul legislației naționale și europene cu privire la desfășurarea activităților în mediu cu pericol de atmosfere explozive;
- Analiza și evaluarea riscurilor de accidente majore specifice infrastructurilor tehnice din domeniul explozivilor de uz civil;
- Elaborarea sistemului de management al riscului major specific infrastructurilor tehnice din domeniul explozivilor de uz civil;
- Cercetări asupra tehnologiei de depistare și identificare rapidă a substanțelor explozive;
- Elaborarea unei aplicații informaticе specializate și integrate pentru evaluarea riscului de explozie specific amplasamentelor industriale din domeniul explozivilor de uz civil luând în considerare actele de rea-voință.

*Motivația* tezei de doctorat este legată pe de o parte de utilitatea și facilitatea performanțării/îmbunătățirii mecanismului metodologic privind evaluarea riscului de accident major, atunci când sunt implicate materii explozive luând în considerare actele de rea-voință, iar pe de altă parte de configurarea instrumentelor metodologice de bună practică în domeniul securizării activităților desfășurate în prezența pericolelor specifice amplasamentelor industriale din domeniul explozivilor de uz civil asigurând orientarea și ghidarea unitară în gestionarea eficientă a calității de securitate pe baza unui sistem integrat de management al securității și sănătății în muncă.

*Obiectivele principale* alte tezei constau în conceptualizarea mecanismului de evaluare a riscului de accident major luând în considerare actele de rea-voință care pot vulnerabiliza sistemele de muncă cu activități în domeniul operațiunilor specifice cu materii explozive, precum și de configurare a instrumentelor metodologice de bună practică în domeniul riscului de accident major, atunci când sunt implicate materii explozive pe baza rezultatelor cercetărilor tehnico-științifice întreprinse. Aceste obiective de bază sunt îndeplinite prin intermediul *obiectivelor derivate*, respectiv: studiul principalelor reglementări internaționale și naționale privind pericolele majore datorate substanțelor explozive (directivele europene SEVESO, directiva explozivi 2014/28/UE, Legea 59/2016 etc); studiul aspectelor cu privire la legislația națională și europeană referitoare la desfășurarea activității de prevenire a exploziilor și protecție la explozie; prezentarea cadrului legislativ național aferent desfășurării activităților în mediu cu pericol de atmosfere explozive (Legea 319/2006); expunerea

directivelor europene ATEX; identificarea și analiza riscurilor de accidente majore specifice infrastructurilor tehnice destinate depozitării materiilor explozive; evaluarea computerizată a riscului global specific depozitelor de explozivi (de explozie/ocupațional/de atac terrorist); descrierea scenariilor de accidente majore produse la depozitele de materii explozive; prezentarea principalelor scenarii posibile de accidente majore pentru fiecare zonă de risc identificată la nivelul depozitului de materii explozive; studiul politicii de prevenire a accidentelor majore în care sunt implicate substanțe periculoase; analiza sistemică a managementului din punct de vedere al securității și sănătății în muncă; evaluarea securității infrastructurilor tehnice destinate operațiunilor specifice cu materii explozive; elaborarea *"Documentului de securitate"* specific infrastructurilor tehnice destinate depozitării explozivilor de uz civil; stabilirea măsurilor de protecție și intervenție în vederea prevenirii, limitării sau eliminării consecințelor evenimentelor majore soldate cu accident la depozitarea materiilor explozive; stabilirea principiilor de lucru în siguranță cu substanțele explozive; evaluarea aspectelor de natură tehnică asupra tehnologiei de depistare și identificare rapidă a substanțelor explozive; predicția termochimică a comportamentului detonant al substanțelor explozive; realizarea unei aplicații informaticе specializate și integrate pentru evaluarea riscului de explozie specific amplasamentelor industriale din domeniul explozivilor de uz civil luând în considerare actele de rea-voință.

Obiectivele derivate sunt îndeplinite pe baza *obiectivelor primare*, respectiv: studiul literaturii de specialitate prin consultarea principalelor referințe bibliografice din domeniul de interes al tezei; identificarea surselor de risc major existente la nivelul infrastructurilor industriale destinate depozitării materiilor explozive; analiza sistematică a riscurilor majore identificate la depozitele de materii explozive; evaluarea probabilistică computerizată IMSAFR v2 a riscului major estimat pe amplasamentul industrial prevăzut cu facilități tehnice destinate depozitării materiilor explozive; analiza computerizată DIRE Version 1.0 a deceselor și leziunilor rezultate din explozii generate de pericolele majore specifice infrastructurilor tehnice destinate depozitării explozivilor de uz civil; modelarea matematică a efectelor de explozie; estimarea probabilității și a severității consecințelor accidentelor majore produse la depozitele de materii explozive; prezentarea sintetică a principalelor scenarii posibile de accidente majore pentru fiecare zonă de risc identificată la nivelul depozitului de materii explozive (scenariu de accident major în incinta spațiilor de depozitare/scenariu de accident major pe platforma de manevră aferentă spațiului de depozitare/scenariu de accident major la mijloacele de transport în incinta depozitului/scenariu de incendiu la pădure/scenariu de dezastru – atac terorist); formularea unor considerații de ordin general privind evaluarea securității materiilor explozive folosite pe amplasamente industriale dedicate; realizarea unor aplicații privind evaluarea computerizată a riscului de explozie generat de materii explozive; conceperea și machetarea *"Documentului de securitate"*, precum și prevederea cu instrucțiuni de completare a secțiunilor generice specifice structurii acestuia; stabilirea măsurilor generale pentru reducerea posibilității de apariție a evenimentelor majore soldate cu accident; stabilirea parametrilor tehnici și a echipamentelor utilizate pentru securitatea instalațiilor specifice amplasamentului destinat depozitării explozivilor de uz civil; stabilirea măsurilor cu rol protectiv și de intervenție în caz de accident pentru reducerea severității acestuia; organizarea alertei și a intervenției și a planului pentru urgență internă; aplicație informatică specializată și integrată pentru evaluarea riscului de explozie specific amplasamentelor industriale din domeniul explozivilor de uz civil luând în considerare actele de rea-voință.

Strategia cercetării pentru îndeplinirea obiectivelor tezei a vizat patru mari orizonturi de lucru din punct de vedere tehnico-științific, respectiv:

- Lucrarea debutează cu expunerea sintetică a principalelor reglementări aplicabile la nivel internațional și național în domeniul riscului de accident major generat, atunci când sunt implicate substanțe periculoase de natură explozivă care stabilesc aspecte tehnice normative

privind securizarea activităților desfășurate în prezența pericolelor specifice materiilor explosive în spații industriale cu risc de explozie.

- Următorul pas în cercetare se concentrează atât pe analiza și evaluarea riscurilor de accidente majore specifice infrastructurilor tehnice din domeniul explozivilor de uz civil, cât și pe elaborarea sistemului de management al riscului major specific infrastructurilor tehnice din domeniul explozivilor de uz civil.

- Un alt pas important al cercetării rezidă din exprimarea contribuțiilor asupra tehnologiei de depistare și identificare rapidă a substanțelor explozive cu evidențierea următoarelor rezultate: stabilirea principiilor de lucru în siguranță cu substanțele explozive; fundamentarea aspectelor de natură tehnică asupra tehnologiei de depistare și identificare rapidă a substanțelor explozive; realizarea predicției termochimice a comportamentului detonant al substanțelor explozive.

- În ceea ce privește necesitatea utilizării facilităților IT în domeniul gestionării computerizate a stării de securitate integrate specifică operațiunilor cu materii explozive desfășurate la nivelul unui amplasament industrial din domeniul explozivilor de uz civil, în continuare demersurile tehnico-științifice întreprinse au vizat elaborarea unei aplicații informaticе specializate și integrate pentru evaluarea riscului de explozie specific amplasamentelor industriale din domeniul explozivilor de uz civil luând în considerare actele de rea-voință.

## **2. Structura tezei și unele contribuții**

Sub aspect structural, lucrarea cuprinde un capitol introductiv cu tematică caracteristică și 5 capitole de conținut la care se adaugă un capitol final de Concluzii finale și contribuții personale totalizând 218 pagini dintre care 205 pagini reprezintă teza propriu-zisă și 13 pagini reprezintă Bibliografia care are un număr de 213 note bibliografice și Anexele specializate care facilitează o înțelegere mai bună a tezei și obiectivelor sale.

Dintre principalele contribuții ale autorului, care sunt documentate în capitolele tezei de doctorat, se pot enumera:

- Realizarea unei analize integrate prin intermediul căreia s-a identificat cadrul legislativ național și internațional care permite desfășurarea în condiții de securitate predictibilă a activităților cu risc de accident major, desfășurate pe amplasamente industriale destinate operațiunilor specifice cu materii explozive;
- Realizarea unui studiu de sinteză prin care s-a pus în evidență corespondența dintre reglementările naționale și internaționale aplicabile în domeniul riscului de accident major, atunci când sunt implicate substanțe periculoase de natură explozivă asigurând, astfel, premisele unui ghid deosebit de util pentru operatorii industriali de materii explozive facilitându-se luarea deciziilor optime, atunci când este necesară securizarea integrată a infrastructurilor tehnice în cadrul cărora se execută operațiuni cu materii explozive;
- Analiza și evaluarea riscurilor de accidente majore specifice infrastructurilor tehnice din domeniul explozivilor de uz civil;
- Elaborarea sistemului de management al riscului major specific infrastructurilor tehnice din domeniul explozivilor de uz civil;
- Dezvoltarea tehnologiei de depistare și identificare rapidă a substanțelor explozive;
- Efectuarea de simulări computerizate aplicative privind determinarea performanței substanțelor explozive;
- Elaborarea unei aplicații informaticе specializate și integrate pentru evaluarea riscului de explozie specific amplasamentelor industriale din domeniul explozivilor de uz civil luând în considerare actele de rea-voință.

Valorizarea rezultatelor tehnico-științifice ale cercetărilor efectuate s-a realizat prin diseminarea acestora în cadrul unor lucrări în proceeding-urile unor conferințe/simpozioane sau Jurnale indexate ISI sau BDI.

### 3. Sinteză lucrări

În activitatea de configurare a scenariilor de producere a unui eveniment nedorit aflat sub incidența directivelor SEVESO de tipul unui accident major care implică substanțe periculoase de natură explozivă, este imperios necesară parcurgerea în mod iterativ a principalelor etape de proces, respectiv: evidențierea riscurilor care au fost identificate, evaluate și ierarhizate având la bază o bună cunoaștere, trebuie să ia în considerare efectul maxim al manifestării acestora, caracterul simultan și iterativ al procesului de desfășurare, aspecte esențiale care determină ca planificarea să aibă în vedere atât fiecare risc în parte, cât și scenariile combinate sau intercondiționate de producere a evenimentului nedorit în vederea asigurării unui răspuns rapid de pregătire, protecție și reducere a efectelor.

Teza de doctorat cu denumirea *Desvoltarea infrastructurii de analiză și evaluare a riscului de accident major generat în spații industriale cu pericol de explozie luând în considerare actele de rea-voință* cuprinde 8 capitole prezentate sintetic în continuare.

**Capitolul 1, Introducere**, evidențiază considerentele generale, obiectivul principal și cele specifice, motivația tezei și o scurtă sinteză a lucrării.

În **Capitolul 2**, denumit *Analiza principalelor reglementări internaționale și naționale privind pericolele de accidente majore în care sunt implicate substanțe periculoase*, am prezentat o expunere sintetică a principalelor reglementări aplicabile la nivel internațional și național în domeniul riscului de accident major aplicabil operatorilor economici cu activitate în spații industriale cu pericol de explozie destinate operațiunilor specifice cu materii explozive.

Astfel, au fost analizate și documentate cerințele tehnice privind sistemul de management al riscului major care au fost reglementate atât la nivel european, cât și național printr-o serie de directive europene și legi de transpunere a acestora (directivele Seveso, HG 804/2007, HG 79/2007, Legea 59/2016) referitoare la gestionarea corespunzătoare a pericolelor de accidente majore în care sunt implicate substanțe periculoase, precum și cele specifice din domeniul explozivilor de uz civil (directivea 2014/28/UE transpusă la nivel național prin HG 197/2016, Legea 126/1995 cu modificările și completările ulterioare privind regimul materiilor explozive).

**Capitolul 3** se numește *Studiul legislației naționale și europene cu privire la desfășurarea activităților în mediu cu pericol de atmosfere explozive*. În acest capitol sunt evidențiate date și informații cu caracter de reglementare specifice desfășurării în siguranță a activităților în mediu cu pericol de atmosfere explozive care prevăd: zonarea spațiilor cu atmosferă explozivă și marcarea acestora, conform Directivei 1999/92/EC; utilizarea echipamentelor certificate pentru funcționare în spații cu atmosfere periculoase, conform Directivei 94/9/EC; asigurarea funcționării, permanent și corect, a sistemelor și dispozitivelor de protecție, a aparaturii de măsură și control, precum și a instalațiilor de captare, reținere și neutralizare a substanțelor nocive degajate în desfășurarea proceselor tehnologice, conform Legii securității și sănătății în muncă nr. 319/2006; întocmirea Documentului privind protecția la explozie și respectarea prevederilor acestuia, conform Directivei 1999/92/EC. Securizarea predictibilă a activității lucrătorilor aflați într-un mediu potențial exploziv depinde de: zonarea corectă a spațiilor cu atmosferă periculoasă, aferente instalațiilor tehnice/tehnologice; echipamentele și sistemele protectoare montate în instalațiile tehnice/tehnologice care funcționează în atmosfere periculoase; device-urile de securitate/control/reglare care funcționează în medii nepericuloase, dar care sunt utile sau contribuie la funcționarea în

condiții sigure a echipamentelor și sistemelor protectoare, montate în instalațiile tehnice/tehnologice care funcționează în atmosferă periculoase; echipamentele tehnice care funcționează în afara atmosferelor periculoase, dar care sunt necesare sau contribuie la funcționarea în condiții de securitate a echipamentelor tehnice montate în instalațiile tehnice/tehnologice care funcționează în atmosferă periculoase; alegerea corectă din punct de vedere tehnic și constructiv a echipamentelor tehnice care urmează să fie montate în instalațiile tehnice/tehnologice care funcționează în atmosferă periculoase; mențenanța preventivă și corectivă a echipamentelor tehnice aferente instalațiilor tehnice/tehnologice care funcționează în atmosferă periculoase; verificările metrologice ale aparatelor de măsură și control aferente instalațiilor tehnice/tehnologice care funcționează în atmosferă periculoase; gradul de pregătire și starea de sănătate a lucrătorilor; reacțiile/deciziile imprevizibile ale lucrătorilor în cazuri extreme.

În **capitolul 4**, denumit *Contribuții privind cuantificarea riscurilor majore specifice infrastructurilor tehnice de materii explozive*, se prezintă o serie de contribuții teoretice privind integrarea actelor de rea-voință în procesul de analiză și evaluare a riscului de producere a accidentelor majore.

Utilizarea pachetului complet de software specializat în domeniul evaluării riscului global tip IMESAFR v2 și DIRE Version 1.0 la depozitele de exploziv de uz civil asigură premizele necesare elaborării, în condiții obiective și de înaltă acuratețe, a *documentului de securitate* la aceste tipuri de infrastructuri tehnice și cuantificarea gradului de afectare asupra sistemelor de muncă și zonei adiacente care sunt situate în proximitatea acestora. Astfel, pentru scenariile evenimentelor de tip accident soldat cu explozie au fost definite următoarele zone de planificare: *zona I de planificare (de mortalitate ridicată)* este definită ca fiind zona în care se înregistrează decesul a cca. 50% din populația expusă; *zona II de planificare (de leziuni ireversibile)* este definită ca fiind zona în care populația expusă suferă leziuni grave la nivel somatic și pulmonar, îmbolnăviri grave, arsuri de gradul I și II. Clădirile ușoare suferă avarii majore devenind inutilizabile. Structurile grele pot suferi avarii minore; *zona III de planificare (de atenție)* este definită ca distanța până la care efectele accidentului pot fi resimțite și cauzează îmbolnăviri ușoare, de scurtă durată, sau arsuri superficiale, ușor vindecabile. În cazul accidentelor cu explozie, structurile ușoare existente în zona de atenție pot suferi avarii minore.

Principalele scenarii de accident care au fost analizate în cadrul studiului sunt următoarele:

**-I. Scenariu de accident major în incinta spațiilor de depozitare și II. Scenariu de accident major pe platforma de manevră aferentă spațiului de depozitare**, care implică o cantitate mare de materii explozive, ceea ce conduce la efecte severe, pe arii largi. Probabilitatea unui accident este extrem de mică dat fiind faptul că obiectivele din cadrul depozitului nu au rețele electrice interioare iar accesul cu surse de foc în incintă este strict interzis. Singurele evenimente inițiatore ar putea fi o gravă eroare umană la manipularea explozivilor ambalați sau o cauză externă de tipul: incendiu necontrolat în imediata vecinătate a depozitului sau atac armat asupra acestuia;

**-III. Scenariu de accident major la mijloacele de transport în incinta depozitului în incinta spațiilor de depozitare**, ce ar putea fi cauzat de o eroare tehnică, respectiv o defecțiune a vehiculului, o eroare de manevrare sau un accident rutier. Transportul materialelor explozive se realizează cu vehicule omologate ADR a căror stare tehnică este verificată periodic. Un accident rutier sau o eroare de manevrare sunt practic imposibile în incinta depozitului în condițiile în care viteza maximă admisă este de 5 km/h. Un astfel de accident ar putea iniția prin efect domino un accident cu explozie la depozit în cazul în care vehiculul se află la rampa de încărcare/descărcare.

**-IV. Scenariu privind incendiu de pădure**, posibil a se produce datorită unei furtuni manifestată cu descărcări electrice sau ca urmare a unei erori umane. Pentru prevenirea producerii accidentelor cauzate de acești factori atmosferici perturbatori, la nivelul depozitului există paratonere, vârful coronamentului arborilor nedepășind vârful acestor dispozitive. De asemenea, favorizarea producerii unui astfel de scenariu se poate realiza prin intermediul unei posibile erori umane care ar implica utilizarea unei surse de foc în pădure fie în mod deliberat săvârșind un act de rea-voință, fie accidental.

**-V. Scenariu privind producerea unei explozii generalizate la nivelul depozitului de materii explozive survenită ca urmare a unui atac armat de natură teroristă**, se poate aprecia că acest tip de eveniment este practic imposibil date fiind măsurile de securitate existente la nivelul unei astfel de infrastructuri tehnice.

Aspectele referitoare la *Contribuții privind elaborarea sistemului de management al riscului major specific infrastructurilor tehnice din domeniul explozivilor de uz civil*, evidențiate în **capitolul 5**, prezintă la nivel sintetic modalitatea sistemică integrată de gestionare a riscului major în raport cu managementul sistemic al organizatiei, incluzând: structura organizatorica, responsabilitatile, documentele (practicile, procedurile, procesele) și resursele pentru stabilirea și aplicarea politicii de prevenție a evenimentelor majore soldate cu accident; totodată, cuprinde: mod de organizare și resursă umană corespunzătoare, estimarea și aprecierea riscurilor majore identificate, controlul operational, managementul pentru modernizare, planificarea pentru situații de urgență, monitorizarea corespunzătoare a performantei, audit și revizuire. Din această perspectivă a securizării sistemice, este evidențiat scopul "Politicii de prevenire a riscurilor majore" privind implementarea în cadrul organizatiei a cerințelor legale pentru prevenția evenimentelor majore în vederea minimizării impactului și amplitudinii afectărilor umane și materiale în situația apariției unui accident, atunci când sunt implicate substanțe periculoase de natură explozivă. Prevenirea vizează totalitatea principiilor, criteriilor de performanță, cerințelor și condițiilor tehnice impuse și reglementate în vederea asigurării unui nivel securitate prestabil (determinat în mod obiectiv pe baze tehnico-științifice) în desfășurarea normală a vieții sociale și economice, precum și de pregătire pentru eliminarea efectelor negative asupra vieții, mediului și bunurilor materiale. În cadrul capitolului au fost documentate aspecte tehnice și organizatorice referitoare atât la necesitatea elaborării, conceperii și machetării *"Documentul de securitate"*, cât și la prevederea cu instrucțiuni de completare a secțiunilor generice specifice structurii acestuia. Acest document trebuie să demonstreze că: a intrat în vigoare o politică majoră de prevenire a accidentelor și un sistem de management al siguranței; sunt identificate pericolele de accidente majore și sunt luate măsurile necesare de prevenire a acestor accidente și de limitare a consecințelor lor pentru om și mediu; în proiectarea oricărei instalații a fost incorporată securitatea și fiabilitatea adecvată pentru construcție, operare și întreținere; au fost întocmite planurile de urgență internă furnizând informații care să permită elaborarea planului de urgență externă; au fost furnizate informațiile pentru deciziile de planificare a utilizării terenului.

În cadrul **capitolului 6**, intitulat *Contribuții asupra tehnologiei de depistare și identificare rapidă a substanțelor explozive*, se prezintă o secțiune dedicată sintetizării regulilor generale de securitate bazate pe cele 4 principii de lucru în siguranță cu substanțe explozive (cunoașterea riscurilor, separarea riscurilor, limitarea riscurilor și suprapunerea dispozitivelor de siguranță), cât și caracteristicile specifice consemnelor generale și particulare de securitate la explozie, alături de aspectele tehnice referitoare la cauzele posibile de explozie, efectele exploziei și distanțele de siguranță, protecția împotriva declanșării accidentale a exploziei, precum și securitatea în domeniul pulberilor explozive și sistemelor pirotehnice cu evidențierea limitelor aferente principiului de securitate pirotehnică (cunoașterea, prevenirea și limitarea riscului pirotehnic). Analiza probelor în vederea

depistării în reziduuri a urmelor de materiale explozive și identificarea materialului respectiv pentru cercetările întreprinse în cadrul expertizelor tehnice sau în cazuri infracționale (deținere/comercializare ilicită de substanțe/materii explozive, acțiuni teroriste etc.) sunt activități complexe, laborioase și dificil de realizat care necesită pe de o parte investigații riguroase și precise bazate pe asigurarea calității probelor recoltate cu deprinderea unor tactici criminalistice și acțiuni procedurale iar pe de altă parte dotarea cu echipamente și aparatură de analiză de înaltă performanță care oferă posibilitatea obținerii de rezultate verosimile în timpul cel mai scurt. De asemenea, în cadrul acestui capitol sunt prezentate sintetic o serie de rezultate obținute prin simulare și experimental, respectiv: Modelarea computerizată cu softul specializat EXPLO5 privind predicția termochimică a comportamentului detonant al explozivului de tip TNT (cu evidențierea rezultatelor la soc adiabatic tip Hugoniot, detonație, detonație cinetică, combustie izobarică, combustie izocorică); Simularea computerizată cu softul specializat IMESAFR a unei explozii produse la nivelul unui amplasament industrial (cu evidențierea zonelor de afectare ca urmare a proiectării fragmentelor de detonare: zona de letalitate/leziuni majore/leziuni minore; a curbelor de suprapresiune/de risc); Simularea computerizată cu softul specializat DIRE a unei explozii produse la nivelul unui amplasament industrial (cu evidențierea zonelor de afectare ca urmare a unei explozii produsă cu bombă cu proiectare de schiye sau explozie în masă; Determinarea urmelor de amenințare cu ajutorul echipamentului specializat I-SCAN rezultate din mostre prelevate din substanțe explozive sau în urma detonării acestora; Detecția hibridă a explozivilor cu echipamentul modern tip LDS800 HDK utilizând aparatură specializată de ultimă generație și principii de măsurare privind spectrometria de mobilitate ionică (I-SCAN) și spectroscopia laser cu raze Raman (G-SCAN).

**Capitolul 7 - Contribuții la elaborarea unei aplicații informaticе specializate și integrate pentru evaluarea riscului de explozie specific amplasamentelor industriale din domeniul explozivilor de uz civil luând în considerare actele de rea-voință**, evidențiază programul TERRORISK.EXE 01 care constituie un instrument de lucru utilizat pentru gestionarea operativă și procedurată a documentelor de evaluare a riscului de explozie produs pe amplasamentele industriale din domeniul explozivilor de uz civil atunci când sunt implicate substanțe periculoase de natură explozivă utilizând facilitățile de lucru ale softurilor dedicate în acest domeniu (IMESAFR, DIRE, EXPLO5), precum și rezultatele determinărilor urmelor de amenințare cu ajutorul echipamentului specializat I-SCAN. În vederea asigurării securității informațiilor și datelor cuprinse în programul TERRORISK.EXE 01 atât accesul la aplicație, cât și la documentele de sistem se realizează prin autentificare cu parolă unică identificată. Această aplicație informatică specializată asigură gestionarea operativă și procedurată a documentelor de evaluare a riscului de explozie generat pe amplasamentele industriale în urma detonării materiilor explozive luându-se în considerare actele de rea-voință în vederea menținerii capacitații tehnice și organizatorice, conform cerințelor aplicabile în domeniu, în condiții predictibile de securitate tehnologică și ocupațională.

**Capitolul 8**, intitulat *Concluzii finale și contribuții personale*, pune în evidență contribuțiiile aduse la dezvoltarea infrastructurii de analiză și evaluare a riscului de accident major generat în spații industriale cu pericol de explozie luând în considerare actele de rea-voință, în ceea ce privește: conceptualizarea și configurarea mecanismelor metodologice de analiză și evaluare a riscurilor de accidente majore specifice infrastructurilor tehnice din domeniul explozivilor de uz civil vizând și vulnerabilitățile sistemic generate de actele de rea-voință; elaborarea sistemului integrat de management al riscului major de amplasament; dezvoltarea tehnologiei de depistare și identificare rapidă a substanțelor explozive; elaborarea unei aplicații informaticе specializate și integrate pentru evaluarea riscului de explozie specific amplasamentelor industriale din domeniul explozivilor de uz civil luând în considerare actele de rea-voință.

## **4. Contribuții personale**

### **4.1. Contribuții teoretice**

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

- Realizarea unei analize integrate prin intermediul căreia s-a identificat cadrul legislativ național și internațional care permite desfășurarea în condiții de securitate predictibilă la pericolele de accident major, atunci când sunt implicate substanțe periculoase de natură explozivă;

- Realizarea unui studiu de sinteză prin care s-a pus în evidență corespondența dintre reglementările naționale și internaționale aplicabile în domeniul analizei și evaluării riscului de accident major generat la nivelul amplasamentelor industriale destinate operațiunilor specifice cu materii explozive luând în considerare actele de rea-voință, creând astfel premisele realizării unui ghid deosebit de util pentru operatorii economici cu activitate în acest domeniu, facilitându-se luarea deciziilor optime atunci când este necesară securizarea integrată a acestor facilități de natură tehnică;

- Identificarea și analiza riscurilor de accidente majore specifice infrastructurilor tehnice destinate depozitării materiilor explozive;

- Stabilirea cadrului conceptual și aplicativ necesar pentru evaluarea computerizată a riscului global specific depozitelor de explozivi (de explozie/ocupațional/de atac terorist);

- Descrierea specializată a scenariilor probabile de evenimente majore soldate cu accident produse la depozitele de materii explozive;

- Prezentarea sintetică a principalelor scenarii posibile de accident major pentru fiecare zonă de risc identificată la nivelul depozitului de materii explozive;

- Studiul politicii de prevenire a accidentelor majore în care sunt implicate substanțe periculoase și analiza sistemului de management al riscului major;

- Evaluarea securității infrastructurilor tehnice destinate operațiunilor specifice cu materii explozive;

- Elaborarea "*Documentului de securitate*" specific infrastructurilor tehnice destinate depozitării explozivilor de uz civil;

- Stabilirea măsurilor de protecție și intervenție în vederea prevenirii, limitării sau eliminării consecințelor accidentelor majore specifice depozitelor de explozivi de uz civil;

- Fundamentarea aspectelor de natură tehnică asupra tehnologiei de depistare și identificare rapidă a substanțelor explozive;

- Studiul predicției termochimice a comportamentului detonant al substanțelor explozive.

### **4.2. Contribuții în domeniul IT aplicativ**

- Aplicație informatică specializată TERRORISK.EXE 01 specifică evaluării riscului de explozie generat de materii explozive luând în considerare actele de rea-voință.

### **4.3. Contribuții experimentale și aplicative**

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

- Modelarea computerizată cu softul specializat EXPLO5 privind predicția termochimică a comportamentului detonant al explozivului de tip TNT (cu evidențierea rezultatelor la soc adiabatic tip Hugoniot, detonație, detonație cinetică, combustie izobarică, combustie izocorică);

- Simularea computerizată cu softul specializat IMESAFR a unei explozii produse la nivelul unui amplasament industrial (cu evidențierea zonelor de afectare ca urmare a proiectării fragmentelor de detonare: zona de letalitate/leziuni majore/leziuni minore; a curbelor de suprapresiune/de risc);
- Simularea computerizată cu softul specializat DIRE a unei explozii produse la nivelul unui amplasament industrial (cu evidențierea zonelor de afectare ca urmare a unei explozii produsă cu bombă cu proiectare de schiye sau explozie în masă);
- Determinarea urmelor de amenințare cu ajutorul echipamentului specializat I-SCAN rezultate din mostre prelevate din substanțe explozive sau în urma detonării acestora.

#### **4.4. Direcții de cercetare viitoare**

Luând în considerare contribuțiile exprimate în cadrul lucrării și problematica de cercetare identificată, se pot evidenția următoarele direcții de cercetare cu posibilitate de abordare în viitor:

- Digitalizarea sistemelor de securitate (amprente biometrice de recunoaștere, etc) aferente facilităților existente la nivelul amplasamentelor industriale destinate operațiunilor specifice cu materii explozive;
- Dezvoltarea infrastructurii tehnice de monitorizare integrată a amplasamentelor industriale din domeniul explozivilor de uz civil cu device-uri moderne de ultimă generație (spectro-drone) consacrate pentru explorarea/cercetarea/zonarea spațiilor din cadrul amplasamentelor industriale;
- Cercetări privind realizarea unui spațiu industrial inteligent dotat cu dispozitive IT de ultimă generație și aplicații informaticе specializate destinate pentru monitorizarea integrată a amplasamentelor industriale destinate operațiunilor specifice cu materii explozive.