

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII  
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI

ing. POPA CĂTĂLIN MIHAI

# TEZĂ DE DOCTORAT

- REZUMAT -

*CERCETĂRI PRIVIND EVALUAREA RISCULUI DE  
EXPLOZIE ÎN MEDII CU ATMOSFERE EXPLOZIVE  
GENERATE DE GAZE, VAPORI, CEFURI ȘI PULBERI  
INFLAMABILE ÎN AER*

Conducător științific: **prof. univ. dr. ing. NAN MARIN SILVIU**  
*prof. univ. dr. ing. RADU SORIN MIHAI*

PETROȘANI  
-2021-

## CUPRINSUL TEZEI DE DOCTORAT

CUPRINS .....	1
INTRODUCERE .....	4
<b><i>CAPITOLUL 1. CONCEPTE FUNDAMENTALE PENTRU PREVENIREA ȘI PROTECȚIA LA EXPLOZIE ÎN MEDII CU ATMOSFERE POTENȚIAL EXPLOZIVE GENERATE DE GAZE, VAPORI, CEȚURI ȘI PULBERI INFLAMABILE .....</i></b>	<b>6</b>
<b><i>CAPITOLUL 2.. CERINȚE PENTRU PREVENIREA EXPLOZIEI ȘI PROTECȚIA ÎMPOTRIVA EXPLOZIEI A ATMOSFERELOR EXPLOZIVE GENERATE DE PRAFURI COMBUSTIBILE .....</i></b>	<b>17</b>
<b><i>CAPITOLUL 3. ASPECTE PRIVIND EVALUAREA RISCULUI DE EXPLOZII, INSTRUMENTE OPERAȚIONALE DE EVALUARE A RISCULUI DE EXPLOZII ȘI VALIDAREA ACESTORA .....</i></b>	<b>47</b>
<b><i>CAPITOLUL 4. STUDIU DE CAZ PRIVIND EVALUAREA RISCULUI DE EXPLOZIE LA UN ELEVATOR CU CUPE ÎN VEDEREA CONFORMĂRII CU CERINȚELE ATEX PENTRU PUNEREA PE PIAȚĂ. CONTRIBUȚII PERSONALE PRIVIND PROCEDURA DE EVALUARE .....</i></b>	<b>73</b>
<b><i>CAPITOLUL 5. ASPECTE REFERITOARE LA PROCESUL DE EVALUARE A RISCULUI DE ÎNȚIERE A ATMOSFERELOR DE AER / PRAF PRIN DESCĂRCĂRI ELECTROSTATICE .....</i></b>	<b>117</b>
<b><i>CAPITOLUL 6. CONCLUZII FINALE. SINTEZA CONTRIBUȚIILOR PERSONALE .....</i></b>	<b>157</b>
<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>162</b>

## IMPORTANȚA ȘI NECESITATEA TEMEI. OBIECTIVELE ȘI STRUCTURA TEZEI

De-a lungul timpului, datorită dezvoltării continue din punct de vedere tehnico-economic, au apărut noi tipuri de materiale și procese tehnologice care utilizează pe scară tot mai largă substanțe și compuși chimici în stare lichidă, gazoasă sau sub formă de prafuri, ce prezintă un mare grad de inflamabilitate și combustibilitate, și care pot duce la apariția unor atmosfere explozive.

Exploziile se pot produce în majoritatea activităților de producție în care sunt prezente substanțe care sunt inflamabile și/sau combustibile, substanțe ce pot fi prezente sub forma materiilor prime, a produselor intermediare, a produselor finite sau chiar sub forma unor deșeuri rezultate din procesele obișnuite de producție. Practic, în acest moment, marea majoritate a ramurilor industriale sunt afectate de probabilitatea de apariție și inițiere a unor atmosfere potențial explozive, deoarece substanțele inflamabile și/sau combustibile sunt prezente pe scară largă în procesele și operațiile tehnologice.

Pericolul de producere a exploziilor este legat în principal de materialele și substanțele prelucrate, folosite sau degajate de echipamentele, sistemele de protecție și componentele implicate în procesele de producție, precum și de materialele utilizate în realizarea echipamentelor, sistemelor de protecție și componentelor.

Deoarece, de cele mai multe ori, în urma producerii unor explozii, pot fi înregistrate pierderi umane și daune materiale considerabile, evaluarea riscului de explozii și stabilirea măsurilor ce se impun pentru reducerea acestuia la nivele acceptabile, în conformitate cu normele și standardele aflate în vigoare, este de mare importanță în ceea ce privește asigurarea securității și sănătății oamenilor, precum și a bunurilor materiale. De aceea, scopul principal al evaluării nivelului de risc pentru o instalație tehnică ce se utilizează în atmosfere potențial explozive este identificarea factorilor de risc, cuantificarea nivelului de risc și stabilirea măsurilor tehnice și/sau organizatorice care se impun a fi luate în funcție de rezultatul evaluării de risc, în vederea prevenirii exploziilor și, după caz, a limitării efectelor acestora.

În teza de doctorat am abordat problematica evaluării riscului de explozie în medii cu atmosfere potențial explozive generate de gaze, vapori, cețuri și pulberi inflamabile în aer, cu accent pe evaluarea riscului de explozie în medii cu atmosfere potențial explozive generate de pulberi combustibile în aer. Problematika abordată este de actualitate datorită creșterii, în ultimii ani, a cererilor de evaluare datorită noilor tipuri de materiale, care au apărut în industria farmaceutică, automotive, în industria petrochimică, în industria de prelucrare a lemnului, în industria alimentară, ș.a.

De asemenea, procesele de fabricare a materialelor de construcții, a detergenților, a medicamentelor, a produselor alimentare, a tutunului, a mobilei, a maselor plastice, precum și procesele de depozitare și prelucrare a cerealelor implică prezența unor substanțe inflamabile și prafuri combustibile care pot forma amestecuri explozive de praf / aer.

Astfel, în lucrarea de doctorat am prezentat rezultatele studiilor și cercetărilor efectuate pentru evaluarea riscului de explozii, pornind de la nivelul de cunoaștere tehnico-științifică în domeniu, la nivel internațional, ținând cont de cerințele normelor și standardelor europene, cu focalizare pe dezvoltarea metodelor de încercare a carcaselor echipamentelor în vederea evaluării conformității cu cerințele ATEX pentru utilizarea în atmosfere cu prafuri combustibile și a încercărilor de laborator pentru determinarea energiei minime de aprindere a amestecurilor explozive praf/aer. De asemenea, am pus un accent deosebit pe realizarea analizei pericolului de incendiu și explozie pentru elevatoarele cu cupe, ocazie cu care am realizat un model de evaluare și raportare a riscului de aprindere pentru componentele unui elevator cu cupe.

Lucrarea de doctorat este împărțită în 5 capitole, la aceasta adăugându-se o parte introductivă, un capitol ce cuprinde concluziile finale, o sinteză a contribuțiilor personale și bibliografia.

Primul capitol este denumit **Concepte fundamentale pentru prevenirea și protecția la explozie în medii cu atmosfere potențial explozive generate de gaze, vapori, cețuri și pulberi inflamabile** și constituie o sinteză a conceptului fundamental de prevenire și protecție la explozie în cazul echipamentelor tehnice, electrice și neelectrice, precum și reglementările în vigoare referitoare la

echipamentele electrice și neelectrice ce sunt destinate pentru utilizare în medii cu atmosfere potențial explozive.

Al doilea capitol intitulat ***Cerințe pentru prevenirea exploziei și protecția împotriva exploziei a atmosferelor explozive generate de prafuri combustibile*** am prezentat principiile prevenirii exploziei și protecția împotriva exploziei, precum și cerințele pentru proiectarea și construcția echipamentelor tehnice, a sistemelor protectoare și a componentelor în ceea ce privește evitarea surselor de aprindere, tipurile de protecție Ex care se regăsesc la echipamentele tehnice, precum și modalitatea de alegere a echipamentelor și a sistemelor protectoare ce sunt destinate pentru utilizare în medii cu atmosfere potențial explozive generate de amestecul aer/praf. De asemenea, tot în acest capitol sunt expuse câteva aspecte legate de clasificarea ariilor periculoase Ex generate de prafuri, fibre sau scame combustibile.

În capitolul trei denumit ***Aspecte privind evaluarea riscului de explozii, instrumente operaționale de evaluare a riscului de explozii și validarea acestora*** sunt tratate aspecte legate de principiile generale privind evaluarea riscului de explozie și evaluarea conformității produselor cu cerințele esențiale de sănătate și securitate din directiva ATEX 2014/34/UE în vederea punerii acestora pe piață. De asemenea, sunt prezentate contribuțiile personale în ceea ce privește dezvoltarea metodelor de încercare a carcaselor echipamentelor în vederea evaluării conformității cu cerințele ATEX pentru utilizarea în atmosfere cu prafuri combustibile.

Următorul capitol ***Studiu de caz privind evaluarea riscului de explozie la un elevator cu cupe în vederea conformării cu cerințele ATEX pentru punerea pe piață. Contribuții personale privind procedura de evaluare*** prezintă clasificarea și descrierea elevatoarelor cu cupe cel mai des întâlnite în practică, precum și o analiză a pericolului de incendiu și explozie în cazul acestora. Capitolul include contribuțiile personale privind procedura de evaluare și raportare a riscului de aprindere pentru componentele unui elevator cu cupe.

Capitolul cinci este intitulat ***Aspecte referitoare la procesul de evaluare a riscului de inițiere a atmosferelor de aer / praf prin descărcări electrostatice*** și aduce în prim plan câteva noțiuni privind modul de formare și descărcare a sarcinilor electrostatice, precum și principalele măsuri de protecție care pot fi adoptate și implementate pentru a evita producerea exploziilor de aer / praf combustibil inițiate de electricitatea statică. De asemenea, sunt prezentate contribuțiile personale atât în ceea ce privește evaluarea riscului de aprindere a atmosferei de praf combustibil/aer în silozuri datorită descărcărilor electrostatice, cât și la dezvoltarea încercărilor de laborator pentru determinarea energiei minime de aprindere a amestecurilor explozive praf/aer.

Partea consistentă și valoroasă a contribuțiilor personale o reprezintă :

- *Elaborarea metodei de evaluare a riscului de aprindere în cazul elevatoarelor cu cupe;*
- *Dezvoltarea încercărilor în ceea ce privește verificarea protecției la pătrunderea prafului și a apei în interiorul carcaselor și/sau a echipamentelor ce au ca și destinație utilizarea în medii cu atmosfere potențial explozive de praf/aer;*
- *Dezvoltarea încercărilor de laborator pentru determinarea caracteristicilor de explozivitate pentru amestecurile explozive de praf/aer;*
- *Dezvoltarea metodelor de evaluare a riscului de explozii datorită aprinderii atmosferelor explozive de praf prin descărcări electrostatice.*

Prin aplicarea în practică a rezultatelor obținute, am adus o contribuție importantă la dezvoltarea metodelor necesare pentru evaluarea riscurilor de aprindere în cazul elevatoarelor cu cupe, în scopul asigurării unui nivel ridicat de securitate a muncii în zone cu atmosfere de praf combustibil, a metodelor de evaluare a riscului de explozie datorită inițierii atmosferelor explozive de praf prin descărcări electrostatice, precum și pentru dezvoltarea încercărilor de laborator în ceea ce privește verificarea gradului normal de protecție pentru echipamentele ce urmează a fi utilizate în atmosfere explozive și a încercărilor de laborator ce au drept scop determinarea caracteristicilor de explozivitate a amestecurilor explozive de praf / aer.

Studiile cu caracter teoretic dar și practic, analiza cerințelor tehnice și de securitate, experimentarea metodelor de încercare, încercările de laborator și metodele de testare și evaluare a

pericolului de aprindere la echipamentele tehnice, au condus la îmbunătățirea performanțelor sistemului actual de efectuare a încercărilor și de realizare a evaluărilor necesare certificării conformității echipamentelor și materialelor cu cerințele Directivelor europene.

Dezvoltarea metodelor de încercare prin elaborarea metodologiilor de testare și evaluare, conceperea și proiectarea standurilor de încercare, experimentarea lor și validarea metodelor de încercare, contribuie la dezvoltarea eficacității sistemului de încercare/certificare actual al Laboratorului Echipamente Neelectrice Ex, Electrostatică, Materiale și EIP din cadrul INCD-INSEMEX

Elaborarea unor metode și proceduri de încercare noi, care să fie în concordanță cu principiile și practicile internaționale, asigură evaluarea precisă a caracteristicilor echipamentelor tehnice, echipamente destinate utilizării în medii cu atmosfere potențial explozive. Astfel acestea se aliniază la practica europeană în domeniu, precum și la dezvoltarea laboratorului de încercări în conformitate cu principiile și cerințele din standardul SR EN ISO/CEI 17025:2018, pentru furnizarea datelor necesare evaluării conformității cu cerințele esențiale de securitate și sănătate prevăzute în Directivele Europene aplicabile.

Elaborarea și dezvoltarea metodelor/procedurilor de încercare, prin asigurarea facilităților/infrastructurii necesare, oferă posibilitatea cunoașterii tuturor aspectelor esențiale legate de securitatea echipamentelor tehnice, având în vedere tendința general ascendentă de creștere a nivelului de securitate și sănătate a lucrătorilor care își desfășoară activitatea în industrii cu pericol de explozii.

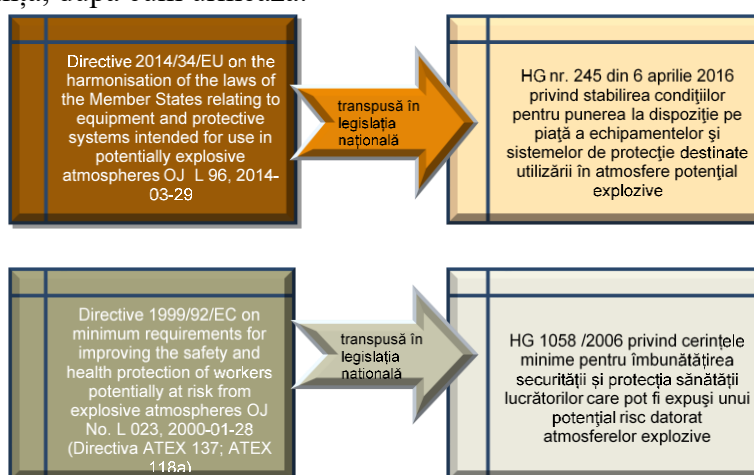
# CAPITOLUL 1

## CONCEPTE FUNDAMENTALE PENTRU PREVENIREA ȘI PROTECȚIA LA EXPLOZIE ÎN MEDII CU ATMOSFERE POTENȚIAL EXPLOZIVE GENERATE DE GAZE, VAPORI, CEȚURI ȘI PULBERI INFLAMABILE

În prima parte a acestui capitol am prezentat câteva *Aspecte privind legislația națională și europeană referitor la echipamentele electrice și neelectrice destinate a fi utilizate în arii cu pericol de explozie*

Odată cu aderarea la Uniunea Europeană, România, ca țară europeană, a adoptat în cadrul legislației naționale marea majoritate a Directivelor Europene, inclusiv cele care fac referire la asigurarea sănătății și securității în muncă, precum și la asigurarea conformității produselor ce sunt destinate să funcționeze în atmosfere potențial explozive.

În acest sens, la nivelul legislației naționale au fost preluate două Directive Europene cunoscute și sub numele de Directive ATEX, ce au scopul de a reglementa introducerea pe piața europeană a echipamentelor tehnice ce urmează a fi utilizate în atmosfere potențial explozive, respectiv folosirea lor în condiții de siguranță, după cum urmează:



### *Corespondența între Directivele Europene ATEX și legislația națională*

Principalul scop al Directivei 2014/34/EU este asigurarea unei singure piețe pentru echipamentele tehnice destinate utilizării în medii cu atmosfere potențial explozive în întreaga Comunitate Europeană, lucru ce se realizează prin armonizarea legislației statelor componente ale UE, în acest caz existând suficiente instrumente și informații, standarde și reglementări specifice armonizate, disponibile factorilor interesați (producători, organisme de certificare și organisme de supraveghere a pieței).

În ceea ce privește Directiva 1999/92/CE, aplicarea ei necesită cunoștințe noi, neacoperite de norme, în special în ceea ce privește riscul de explozii în atmosferele explozive generate de pulberi inflamabile în aer, limitarea efectelor exploziilor, cerințele de protecție împotriva electricității statice.

În continuare am prezentat *principiile producerii exploziei, proprietățile și caracteristicile substanțelor inflamabile care pot genera o atmosferă explozivă, determinarea întinderii unei atmosfere explozive și a posibilității de apariție a acesteia precum și surse de aprindere eficiente.*

Producerea unei explozii este posibilă doar dacă există o sursă de aprindere și dacă, concentrația substanței inflamabile se găsește în domeniul de explozivitate al substanței respective, domeniu ce este dat de limita inferioară și superioară de explozivitate.

Mecanismul care stă la baza producerii exploziilor amestecurilor de gaze, vapori, cețuri cu aerul se poate reprezenta grafic prin triunghiul exploziei, din care se observă că o explozie apare dacă o substanță inflamabilă este prezentă în amestec cu aerul (cu suficient oxigen) în limitele de explozie, concomitent cu prezența unei surse de aprindere efective.



*Triunghiul aprinderii*

În cazul exploziilor amestecurilor praf/aer, se poate defini pentagonul exploziei prin adăugarea la triunghiul exploziei a unor aspecte ce fac referire la modul în care are loc formarea amestecului sau dispersia substanțelor combustibile și a comburantului, precum și a aspectelor cu privire la închiderea amestecului.



*Pentagonul aprinderii la prafurile combustibile*

Întrucât nu substanța inflamabilă în sine este cea care reprezintă pericolul potențial de producere a unei explozii, ci contactul, respectiv amestecul într-o anumită proporție a acesteia cu aerul, este necesară cunoașterea proprietăților și a caracteristicilor amestecului rezultat. Datele relevante care arată *proprietățile combustiei* sunt:

- punctul de inflamabilitate (flash point) – caracteristic substanțelor lichide;
- domeniul de explozivitate – dat de limitele de explozie (LEL, UEL);
- concentrația limită de oxigen (LOC);

Pentru a putea determina proprietățile de aprindere ale unei atmosfere potențial explozive, este necesar să cunoaștem următoarele elemente, ce reprezintă *cerințele de aprindere*:

- energia minimă de inițiere a unei atmosfere potențial explozive;
- cea mai mică temperatură de aprindere a unei atmosfere potențial explozive.

În cazul amestecurilor de praf aer, în funcție de modul în care se prezintă praful (depus în strat sau prezent sub formă de nor), temperatura minimă de aprindere se definește în două moduri, după cum urmează:

- temperatura minimă de aprindere a unui nor de praf;
- temperatura minimă de aprindere a unui strat de praf;

Modul în care o atmosferă explozivă se comportă după aprindere (*comportamentul la explozie*) este caracterizat de mai mulți parametri, dintre care amintim:

- presiunea maximă de explozie ( $p_{max}$ );
- viteza de creștere maximă a presiunii de explozie ( $dp/dt_{max}$ );
- interstițiul maxim experimental de securitate (MESG).

Formarea unei atmosfere potențial explozive depinde de următoarele aspecte:

- ✓ existența unei substanțe inflamabile sub formă de gaz, lichid sau praf combustibil;
- ✓ gradul de dispersie a substanței inflamabile;
- ✓ concentrația substanței inflamabile în amestec cu aerul, în cadrul limitelor de explozivitate;

- ✓ cantitatea de atmosferă explozivă suficientă pentru a provoca pierderi umane și/sau daune materiale în urma inițierii acesteia.

Pentru a evita ca o atmosferă potențial explozivă să fie inițiată de către o sursă de aprindere, trebuie să fie cunoscute care sunt tipurile de surse de aprindere care pot să apară și care sunt echipamentele tehnice care pot genera aceste surse. Este necesară o evaluarea a importanței tuturor surselor de aprindere potențiale care este posibil să intre în contact cu atmosfera explozivă. Sursa de aprindere legată de echipament reprezintă orice sursă posibilă de aprindere care este produsă de echipamentul considerat, neținând seama de capacitatea acesteia de aprindere.

Sursa potențială de aprindere reprezintă sursa de aprindere legată de echipament care are capacitatea de a aprinde o atmosferă explozivă (deci să devină eficientă). Probabilitatea de a deveni eficientă determină categoria echipamentului (acestea pot apărea în funcționare normală, în funcționarea defectuoasă probabilă, în funcționare defectuoasă rară).

Sursa eficientă de aprindere reprezintă sursa potențială de aprindere care este capabilă să aprindă atmosfera explozivă dacă se ia în considerare când aceasta apare (adică în funcționare normală, în funcționarea defectuoasă probabilă sau în funcționare defectuoasă rară) ceea ce determină categoria destinată a echipamentului.

Dacă probabilitatea de apariție a unei surse de aprindere eficiente nu poate fi estimată, se pleacă de la ipoteza că sursa de aprindere eficientă este prezentă tot timpul.

O atmosferă potențial explozivă poate fi inițiată de către cel puțin una din următoarele surse de aprindere posibile:

- ✓ suprafețe fierbinți;
- ✓ flăcări, gaze sau particule fierbinți;
- ✓ scântei ce pot să apară datorită unor procese mecanice;
- ✓ echipamente electrice;
- ✓ curenți electrici vagabonzi;
- ✓ electricitate statică;
- ✓ descărcări electrice atmosferice (fulgere);
- ✓ unde electromagnetice de radiofrecvență (RF) de la  $10^4$  Hz până la  $3 \times 10^{11}$  Hz;
- ✓ unde electromagnetice a căror frecvență este cuprinsă între  $3 \times 10^{11}$  Hz și  $3 \times 10^{15}$  Hz;
- ✓ radiații ionizante;
- ✓ ultrasunete;
- ✓ comprimare adiabatică și unde de șoc;
- ✓ reacții exotermice.

## CAPITOLUL 2

### CERINȚE PENTRU PREVENIREA EXPLOZIEI ȘI PROTECȚIA ÎMPOTRIVA EXPLOZIEI A ATMOSFERELOR EXPLOZIVE GENERATE DE PRAFURI COMBUSTIBILE

În acest capitol am prezentat *principiile prevenirii exploziei și protecției împotriva exploziei*, câteva aspecte privind *clasificarea ariilor periculoase Ex datorate prafurilor, fibrelor sau scamelor combustibile* și am făcut o *analiză a condițiilor tehnice și a cerințelor ce se impun echipamentelor tehnice ce urmează a fi utilizate în arii cu pericol de explozie de praf*.

Principiile de bază pentru prevenirea și protecția împotriva exploziei derivă din necesitatea coincidenței atmosferei explozive și a sursei de inițiere eficiente, precum și din analizarea efectelor preconizate ale unei explozii.

*Prevenirea exploziei* este un concept care se poate materializa fie prin evitarea apariției atmosferelor explozive – obiectiv ce se poate realiza prin modificarea concentrației substanței inflamabile care în amestec cu aerul generează atmosfera explozivă la o valoare care să nu se afle în interiorul domeniului de explozie sau prin modificarea valorii concentrației oxigenului la o valoare



mai mică decât concentrația limită de oxigen -, fie prin evitarea tuturor surselor eficiente de aprindere posibile.

*Protecția împotriva exploziei* se poate realiza prin stabilirea și implementarea unor măsuri de protecție care să ducă la micșorarea efectelor exploziei. În acest caz, spre deosebire de măsurile care se pot aplica pentru conceptul de prevenire, se acceptă producerea unei explozii.

În general, cerința prevenirii exploziilor se poate exprima în următoarea formă: probabilitatea ca sursele de aprindere să fie prezente concomitent cu o atmosferă potențial explozivă să fie cât mai mică. Din această cerință derivă necesitatea stabilirii a unor cerințe specifice ce se aplică echipamentelor tehnice și sistemelor protectoare în funcție de domeniul de utilizare specificat.

Pentru selecția corectă a echipamentelor tehnice destinate a fi utilizate în securitate într-un mediu periculos este necesară clasificarea ariilor periculoase, respectiv zonarea Ex a locurilor de muncă din instalațiile industriale în care sunt prezente prafuri combustibile, în funcție de probabilitatea și durata de formare a amestecurilor explozive praf/aer și de depunere a prafurilor combustibile în strat.

În spațiile în care se desfășoară procese tehnologice ce implică prezența prafurilor combustibile, praful poate să fie prezent sub două forme: praf în suspensie și praf depus în strat. Prafurile formează atmosfere explozive numai în cazul în care concentrația acestora se situează în domeniul de explozivitate. În cazul în care este prezent un nor cu o concentrație foarte mare, acesta poate să nu fie exploziv, însă, există pericolul ca, în cazul care concentrația acestuia scade, să intre în domeniul de explozivitate. Pe de altă parte, în funcție de condițiile existente, nu toate sursele de degajare vor da naștere unei atmosfere explozive de praf.

Straturile, depozitele și acumulările de praf trebuie considerate ca și orice altă sursă de degajare care pot să formeze o atmosferă explozivă de praf.

Ariile clasificate Ex, în cazul atmosferelor explozive de praf se divid în zone. Aceste zone sunt clasificate după frecvența și durata de apariție a atmosferei explozive de praf, după cum urmează:

- **Zona 20:** Un loc în care o atmosferă explozivă de praf sub formă de nor de praf în aer este prezentă în mod continuu sau pe perioade lungi de timp sau în mod frecvent.
- **Zona 21:** Un loc în care o atmosferă explozivă de praf sub formă de nor de praf în aer este probabil să apară în mod ocazional în timpul funcționării normale.
- **Zona 22:** Un loc în care o atmosferă explozivă de praf sub formă de nor de praf în aer nu este probabil să apară în timpul funcționării normale, dar care, dacă apare, va persista numai pe o perioadă scurtă de timp.

În cazul în care s-a constatat că un element component al unui echipament tehnic poate degaja material combustibil în mediul înconjurător, este necesară determinarea, în primul rând, a gradului de degajare, constatând durata probabilă a degajării și frecvența acesteia. Prin parcurgerea acestei proceduri, fiecărei surse de degajare i se poate atribui un anumit grad, după cum urmează:

- ✓ degajare de grad continuu – reprezintă o degajare ce se produce în mod permanent sau care se produce pentru perioade lungi de timp;
- ✓ degajare de grad primar – în acest caz, degajarea se produce în mod periodic sau ocazional, în condițiile unei funcționări normale a echipamentelor tehnice;
- ✓ degajare de grad secundar – este degajarea care, în condițiile unei funcționări normale, nu este de așteptat să se producă, și care, dacă totuși se produce, este probabil să se producă numai rareori și pentru o durată scurtă de timp.

În funcție de gradul sursei de degajare, de probabilitatea de apariție a amestecurilor praf/aer potențial explozive, precum și a straturilor de praf potențial periculoase, ariile clasificate pot fi desemnate în conformitate cu tabelul următor:

*Clasificarea ariilor în funcție de probabilitatea de formare a amestecurilor praf/aer potențial explozive și a straturilor de praf potențial periculoase*

Gradul sursei	Nori de praf	Straturi de praf de grosime controlată	
		Perturbate frecvent	Perturbate rar
Permanentă	20	21	22
Primară	21	21	22
Secundară	22	21	22

Odată realizată clasificarea ariilor periculoase, se poate face o evaluare de risc pentru a stabili dacă efectele aprinderii unei atmosfere explozive necesită un nivel de protecție al echipamentelor (EPL) mai ridicat, sau, din contră, se pot utiliza și echipamente tehnice cu un nivel de protecție mai mic decât ar fi necesar în mod obișnuit.

Directiva Europeană ATEX 2014/34/UE împarte echipamentele tehnice destinate a fi utilizate în atmosfere potențial explozive în grupe și categorii, funcție de destinația lor și de nivelul de securitate asigurat, după cum urmează:

- Grupa I - cuprinde echipamentele destinate a fi utilizate în atmosferele subterane ale exploatărilor miniere periclitare de prezența prafului grizu, precum și în instalațiile de la suprafața acestor mine unde există posibilitatea apariției prafului grizu. Echipamentele ce fac parte din această grupă sunt împărțite în echipamente de categorie M1 și M2.

- Grupa II - cuprinde echipamentele ce au ca și destinație utilizarea în zone în care este posibilă formarea unor atmosfere explozive, altele decât cele cuprinse în grupa I. Echipamentele ce fac parte din această grupă sunt împărțite în echipamente de categorie 1, 2 și 3.

Noile reglementări europene în domeniul ATEX, respectiv standardele specifice au diferențiat echipamentele pentru gaze de cele pentru praf, acestea din urmă fiind incluse în Grupa III, cu subgrupele IIIA, IIIB, IIIC. De asemenea, a fost introdus și un nou termen, acela de nivel de protecție al echipamentului (EPL): Da, Db, Dc pentru echipamentele utilizate în atmosfere potențial explozive produse de amestecul prafului combustibil cu aerul, respectiv Ga, Gb, Gc pentru echipamentele ce urmează a fi utilizate în atmosfere potențial explozive generate de gaze, vapori și cețuri inflamabile în amestec cu aerul.

*Corespondența între Directiva ATEX și standardele specifice pentru grupa II și grupa III de echipamente*

DIRECTIVA ATEX		Noile standarde (SR EN ISO 60079, 80079)	
Grupa II	Categoria echipamentului	Grupa	Nivel de protecție al echipamentului EPL
Gaze și prafuri	1G	Grupa II Gaze	Ga
	2G		Gb
	3G		Gc
	1D	Grupa III Prafuri și fibre	Da
	2D		Db
	3D		Dc

*Subdiviziunile grupei III de echipamente*

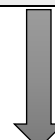
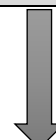
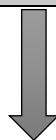
Grupa	Subgrupa	Substanța periculoasă
III	IIIA	Fibre combustibile
	IIIB	Praf neconductiv
	IIIC	Praf conductiv

În continuare, în subcapitolul 2.3.3 am prezentat în mod detaliat cerințele și criteriile în ceea ce privește proiectarea și realizarea echipamentelor tehnice și a sistemelor protectoare destinate a fi utilizate în medii cu praf combustibil, din punct de vedere al evitării generării surselor de aprindere. Am luat în discuție, ca și surse de aprindere, scânteile mecanice, aparatura electrică și electricitatea statică, indicând de asemenea și măsuri de protecție care pot fi aplicate pentru a evita ca acestea să devină surse de aprindere efective.

În subcapitolul 2.4 am prezentat, sub formă tabelară și în detaliu, tipurile de protecție la explozie care se regăsesc la echipamentele tehnice, electrice și neelectrice, se sunt utilizate în medii cu pericol de prafuri combustibile. Tipul de protecție la explozie al echipamentelor se definește ca fiind acele măsuri specifice care se aplică acestora, cu scopul clar de a se împiedica inițierea unei atmosfere explozive înconjurătoare.

**Tipuri de protecție la explozie pentru echipamentele electrice în arii cu praf combustibil**

Principii de protecție	Tipuri de protecție / standard de referință	Categoria 1 EPL a Nivel foarte înalt de protecție	Categoria 2 EPL b Nivel înalt de protecție	Categoria 3 EPL c Nivel normal de protecție
Principiul de protecție asigură că o sursă de aprindere nu poate apărea	Radiații optice cu ruperea fibrei optice SR EN IEC 60079-28	-	Ex op sh	-
Principiul de protecție previne ca o sursă de aprindere să devină efectivă	Securitate intrinsecă Ex i SR EN IEC 60079-11 SR EN IEC 60079-25 pentru sisteme	Ex ia	Ex ib	Ex ic
	Radiații optice inerent sigure SR EN IEC 60079-28	Ex op is	-	-
Principiul protecției împiedică atmosfera potențial explozivă să ajungă la sursa de aprindere	Încapsulare Ex m SR EN IEC 60079-18	Ex ma	Ex mb	Ex mc Ex n*
	Capsulare presurizată Ex p SR EN IEC 60079-2	-	Ex pxb, Ex pyb	Ex pzc
	Protecție prin carcasă Ex t SR EN IEC 60079-31	Ex ta	Ex tb	Ex tc
	Radiație optică protejată SR EN IEC 60079-28	-	Ex op pr	-

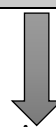


**Utilizare în zonele clasificate**

Zona 20	Zona 21	Zona 22
Zona 21	Zona 22	
Zona 22		

**Tipuri de protecție la explozie pentru echipamentele neelectrice în arii cu praf combustibil**

Principii de protecție	Tipuri de protecție / standard de referință	Categoria 1 EPL a Nivel foarte înalt de protecție	Categoria 2 EPL b Nivel înalt de protecție	Categoria 3 EPL c Nivel normal de protecție
Principiul de protecție asigură că o sursă de aprindere nu poate apărea	Securitate constructivă SR EN IEC 80079-37	Ex h	Ex h	Ex h
Principiul de protecție previne ca o sursă de aprindere să devină efectivă	Controlul surselor de aprindere SR EN IEC 80079-37	Ex h	Ex h	Ex h
Principiul protecției împiedică atmosfera potențial explozivă să ajungă la sursa de aprindere	Imersie în lichid SR EN IEC 80079-37	Ex h	Ex h	Ex h
	Capsulare presurizată Ex p SR EN IEC 60079-2	-	Ex pxb, Ex pyb	Ex pzc
	Protecție prin carcasă Ex t SR EN IEC 60079-31	Ex ta	Ex tb	Ex tc



**Utilizare în zonele clasificate**

Zona 20	Zona 21	Zona 22
Zona 21	Zona 22	
Zona 22		

### CAPITOLUL 3

#### ASPECTE PRIVIND EVALUAREA RISCULUI DE EXPLOZII, INSTRUMENTE OPERAȚIONALE DE EVALUARE A RISCULUI DE EXPLOZII ȘI VALIDAREA ACESTORA

Pornind de la aspectele teoretice și cerințele normative prezentate în capitolele anterioare, în prima parte a acestui capitol am făcut o analiză a pericolului de explozie generat de materialele și substanțele periculoase sub formă de praf implicate în procesul de producție, utilizate sau eliberate de

echipamente tehnice, sisteme de protecție și componente, cât și de materialele utilizate pentru realizarea echipamentelor, sistemelor de protecție și componentelor și am prezentat principalele aspecte ce trebuie luate în considerare la evaluarea conformității echipamentelor cu cerințele de prevenire a exploziilor. În partea a doua am prezentat *contribuțiile personale la evaluarea riscului de explozie pentru punerea pe piață a produselor pentru atmosfere potențial explozive - dezvoltarea metodelor de încercare a carcaselor în vederea evaluării conformității cu cerințele ATEX pentru utilizarea în atmosfere cu prafuri combustibile*

Riscul de explozie se poate defini ca fiind probabilitatea de apariție a unei atmosfere explozive în același timp cu apariția unei surse de aprindere potențiale eficiente și, implicit, efectele induse de această probabilitate.

Legislația actuală, în ceea ce privește domeniul ATEX, reglementează obligațiile și responsabilitățile persoanelor care sunt angrenate în proiectarea, fabricarea și utilizarea echipamentelor și instalațiilor tehnice în atmosfere potențial explozive ce sunt produse de prafuri și pulberi combustibile, din punct de vedere al respectării cerințelor pentru prevenirea și protecția la explozie. În conformitate cu cele două Directive Europene ATEX, responsabilitatea evaluării riscului și luării măsurilor de protecție adecvate în vederea asigurării unui nivel de securitate acceptabil, cade în sarcina producătorilor de echipamente tehnice și a celor care utilizează aceste echipamente.

Astfel, Directiva 2014/34/UE, transpusă în legislația din România prin HG 245/2016 reglementează obligațiile producătorilor de produse destinate utilizării în atmosfere potențial explozive. Spre deosebire de aceasta, instalarea echipamentelor electrice și neelectrice cade în răspunderea utilizatorului care, în conformitate cu art. 2.4 din Anexa II a Directivei 1999/92/CE transpusă în legislația noastră prin HG 1058/2006, trebuie să realizeze o evaluare de risc de explozie în care vor fi incluse toate părțile instalațiilor, inclusiv cele care nu sunt incluse în domeniul Directivei 2014/34/UE, dar care ar putea genera surse de aprindere.

În ceea ce privește metodele ce pot fi aplicate pentru a efectua o evaluare de risc de explozie, în momentul de față, nu există o metodă generalizată, recunoscută, pentru evaluarea acestuia, însă, indiferent de metoda aplicată, este necesară determinarea probabilității apariției unei atmosfere potențial explozive, împreună cu apariția unei surse de aprindere eficiente și amploarea consecințelor previzibile. În principiu, evaluarea riscurilor cuprinde patru etape:

- identificarea pericolelor;
- estimarea riscului;
- evaluarea riscurilor;
- analiza opțiunilor de reducere a riscurilor.

### ***Evaluarea conformității produselor cu cerințele esențiale de sănătate și securitate din directiva ATEX 2014/34/UE în vederea punerii acestora pe piață***

În conformitate cu Directiva 2014/34/UE, introducerea pe piață și/sau montarea în vederea funcționării a produselor ce urmează a fi utilizate în atmosfere potențial explozive produse de prafuri combustibile este admisă numai dacă acestea nu periclitează securitatea și sănătatea persoanelor, a animalelor sau a mediului înconjurător, în condițiile în care instalarea și întreținerea lor este corespunzătoare, iar utilizarea este în conformitate cu destinația lor. În vederea îndeplinirii acestor condiții, produsele trebuie să satisfacă cerințele esențiale pentru sănătate și securitate (CESS) din Anexa 2 a Directivei care li se aplică, ținând cont de utilizarea destinată.

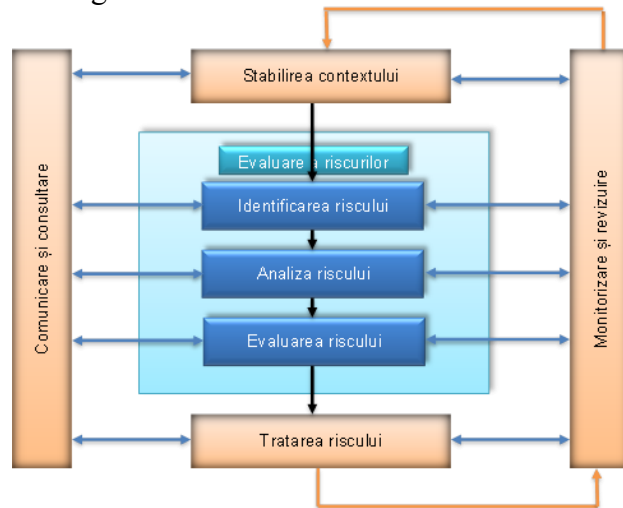
Standardele armonizate neobligatorii existente la nivel european sunt singurele documente prin a căror aplicare se asigură prezumția de conformitate pentru produsele din domeniul Ex ce urmează a fi puse pe piața europeană. Totodată, producătorii de echipamente Ex pot să decidă dacă, pentru asigurarea conformității produselor, utilizează doar standardele europene naționale existente sau apelează și la alte standarde și specificații tehnice considerate drept relevante pentru acoperirea cerințelor esențiale de sănătate și securitate.

În acest sens, producătorul de echipamente ar trebui să realizeze următoarele acțiuni:

- să facă evaluarea riscului;

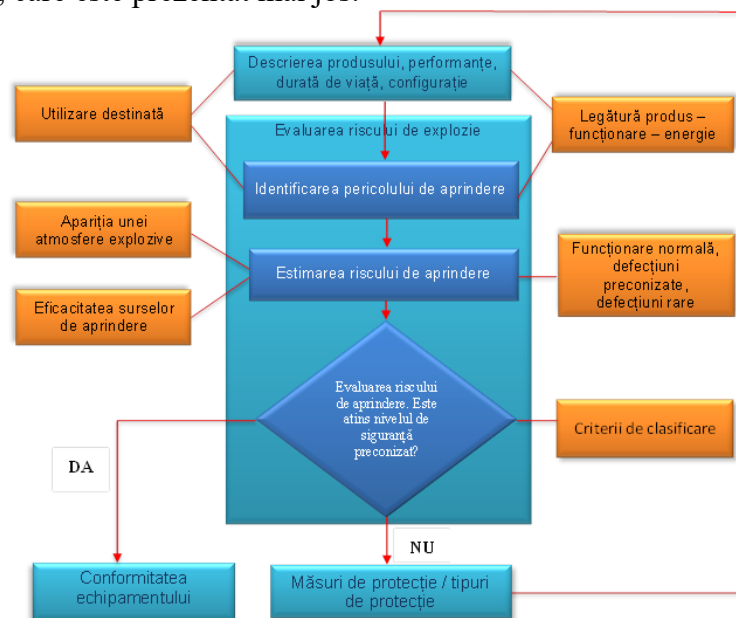
- să definească cerințele echipamentelor care trebuie utilizate în atmosfera potențial explozivă, precum și a dispozitivelor de siguranță și control care nu sunt amplasate în atmosfera explozivă, dar care contribuie la funcționarea sigură a echipamentelor din atmosferă explozivă;
- să definească, în cazul în care consideră a fi necesare, măsurile suplimentare de protecție împotriva exploziei, ca urmare a concluziilor trase în urma evaluării riscului;
- să producă echipamente care au aceleași cerințe, adică sunt destinate a fi folosite în condițiile definite în timpul efectuării analizei de risc și în conformitate cu Directiva 2014/34/EU.

Evaluarea riscului de către producător pentru un echipament va fi limitată doar la evaluarea pericolului de aprindere pe care îl prezintă echipamentul respectiv (ca parte a riscului de explozie), sau a funcției de control pentru un dispozitiv de protecție sau de siguranță (a se vedea SR EN 1127-1:2019). Pentru evaluarea riscului de aprindere, în ceea ce privește proiectarea echipamentului sau a componentelor, putem utiliza principiile și liniile directoare pentru gestionarea riscurilor definite în SR ISO 31000:2018, prezentate în figura următoare:



Procesul de gestionare a riscului conform ISO SR 31000:2010

Prin particularizarea acestor principii și linii directoare, conform metodologiei de evaluare a riscurilor descrise în SR EN 15198:2008, obținem procesul de gestionare a riscurilor personalizat pentru riscul de explozie, care este prezentat mai jos:



Schema logică pentru evaluarea riscului de aprindere în cazul proiectării echipamentului sau a componentei

Analizând schema logică pentru evaluarea riscului de aprindere, putem concluziona că această evaluare cuprinde următoarele etape:

- descrierea produsului din punct de vedere al performanțelor, configurației, duratei de funcționare, etc.
- identificarea pericolelor de aprindere;
- estimarea riscului de aprindere;
- evaluarea propriu-zisă a riscului de aprindere.

Așadar, prin aplicarea procedurii de evaluare a riscului de aprindere în cazul proiectării echipamentului sau a componentei se poate defini nivelul de securitate, care permite clasificarea pe categorii, conform criteriilor corespunzătoare.

***Contribuții personale la evaluarea riscului de explozie pentru punerea pe piață a produselor pentru atmosfere potențial explozive. Dezvoltarea metodelor de încercare a carcaselor în vederea evaluării conformității cu cerințele ATEX pentru utilizarea în atmosfere cu prafuri combustibile***

Având în vedere faptul că, în marea lor majoritate, prafurile combustibile prezintă risc de incendiu, și în amestec cu aerul în anumite concentrații și pericol de explozie, dacă este prezentă și o sursă eficientă de aprindere, este absolut necesar ca instalațiile tehnice în care are loc producerea, manipularea sau depozitarea acestor prafuri combustibile să fie proiectate, utilizate și menținute în așa fel încât eventualele degajări de praf combustibil care ar putea duce la apariția unei atmosfere potențial explozive să fie menținute la minim.

Deoarece, în unele situații, datorită naturii procesului tehnologic, probabilitatea apariției unei atmosfere potențial explozive generate de amestecul praf / aer nu poate fi eliminată, este necesară adoptarea unor măsuri de împiedicare a apariției unei surse de aprindere, prin folosirea echipamentelor tehnice special construite în acest sens.

În conformitate cu cerințele specifice stipulate în SR EN 60079-0:2018, în zonele în care există praf combustibil pot fi utilizate echipamente tehnice și componente Ex care să fie protejate prin carcasă și care să aibă limitată temperatura maximă de suprafață.

În prima parte a subcapitolului 3.3 am descris principiul care stă la baza protecției împotriva aprinderii prafului prin carcasă și am identificat cerințele pe care trebuie să le prezinte echipamentele electrice cu nivel de protecție *ta*, *tb* și *tc*, după care am făcut o trecere în revistă a gradelor normale de protecție asigurate prin carcasa echipamentelor.

În ultima parte a subcapitolului 3.3 am prezentat contribuțiile personale la dezvoltarea încercărilor de laborator pentru testarea protecției la pătrunderea prafului și a apei în partea interioară a carcaselor echipamentelor folosite în atmosfere explozive.

Astfel, pentru evaluarea conformității echipamentelor electrice și neelectrice cu cerințele din Directiva ATEX 2014/34/UE, transpusă în HG 245/2016, așa cum sunt ele stabilite în standardele armonizate sub Directiva ATEX, organismul de certificare INSEMEX-OEC, organism acreditat de către RENAR (Certificat de acreditare ON 046 și notificat la Bruxelles cu nr. NB 1809 trebuie să efectueze evaluări în baza rezultatelor încercărilor efectuate în laboratoare competente. Grupul de laboratoare de încercare INSEMEX GLI este principalul furnizor de servicii de încercări de laborator pentru organismul de certificare produse, fiind acreditat de către RENAR (certificat de acreditare nr. LI 347) privind competența pentru efectuarea unor încercări specifice.

Dintre încercările care trebuie efectuate pentru certificarea produselor folosite în atmosfere potențial explozive sunt cele de determinare a gradului de protecție a carcaselor echipamentelor împotriva pătrunderii prafului și apei în interior, numit grad normal de protecție Cod IP. În conformitate cu SR EN 60529:1995, pentru a putea răspunde tuturor solicitărilor de testare a protecției prin carcase, laboratorul trebuie să dispună de echipamente specifice de încercare, dintre care amintim: calibre de acces, instalația pentru verificarea protecției la praf, instalație pentru verificarea protecției împotriva picăturilor de apă căzând vertical, instalație pentru verificarea protecției împotriva apei căzând sub formă de ploaie și împotriva proiecțiilor de apă, aparat pentru verificarea protecției împotriva jeturilor de apă.

Din analiza efectuată în anul 2018 privind facilitățile existente în laboratorul LENEEExEMEIP în care îmi desfășor activitatea, s-a constatat că laboratorul dispune de trusa de calibre de acces, camera de praf cu volumul de 0,8 m<sup>3</sup> și de aparatul pentru verificarea protecției împotriva jeturilor de apă - duza de stropire.

Întrucât nu puteam efectua încercările pentru a determina a doua cifră caracteristică 3 și 4 pe considerentul că nu dispuneam de aparatura necesară pentru verificarea protecției împotriva apei căzând sub formă de ploaie și împotriva proiecțiilor de apă, s-a luat hotărârea să se includă în programul de dezvoltare a laboratorului rezolvarea acestei probleme. În plus, datorită faptului că volumul camerei de testare a carcasei la praf nu permitea încercarea echipamentelor cu gabarite mai mari, lucru consemnat și de către auditorii externi la evaluarea competenței laboratorului, s-a adăugat la proiectul de dezvoltare și achiziția unei noi camere de testare la praf.

În acest sens, făcând parte din colectivul de cercetare-dezvoltare a laboratorului, susținut de Programul NUCLEU, mi-am adus contribuția la stabilirea cerințelor tehnice și de performanță a standurilor de încercare, experimentarea lor, precum și la implementarea noilor încercări în sistemul calității laboratorului în ceea ce privește validarea încercărilor și elaborarea procedurilor de încercare.

Astfel, în cursul anului 2018 au fost achiziționate și puse în funcțiune prin intermediul programului nucleu PN 18 17 02 01 - *Cercetări privind protecția prin carcase pentru echipamentele electrice și neelectrice destinate mediilor cu pericol de atmosferă explozivă două standuri experimentale*, după cum urmează:

- Un stand prin care se realizează determinarea primei cifre caracteristice, IP 5X și IP 6X, în ceea ce privește protecția parțială și totală la pătrunderea prafului în interiorul carcaselor echipamentelor de dimensiuni mari. Acest stand se prezintă sub forma unei camere de praf cu volumul interior de 8 m<sup>3</sup>.



Container metalic tipizat



Camera de praf



Camera de comandă



Panou de comandă

În cele ce urmează este prezentată efectuarea unei încercări realizată de către o echipă ce face parte din LENExEMEIP din cadrul INCĐ INSEMEX Petroșani, asupra unei carcase de echipament prin utilizarea camerei de praf, pentru determinarea cifrei caracteristice IP 5X / IP 6X a carcasei respective.

Echipamentul de încercare utilizează pudră de talc cu o granulație mai mică de 75 μm, în cantitatea de 25 kg, în conformitate cu prevederilor standardului de încercare. În ceea ce privește verificarea granulometriei pudrei de talc se va utiliza sită cu ochiuri pătrate de 75 μm și fir de 50 μm, ce face parte din furnitura echipamentului. Repartiția talcului se va realiza prin deversare directă a 12,5 kg de talc în fiecare din cele două pâlnii colectoare ale echipamentului. Deversarea se va face cu grijă la cca. 1m distanță de uși, astfel încât să nu se astupe gurile de secțiune.

Principiul de funcționare este următorul:

- Se așază talcul, în cantități egale în cele 2 pâlnii ale buncărului vibrator.
- Pâlnia este prevăzută cu un vibrator care are amplitudinea maximă spre gurile de absorbție ale aerului interior, iar în timpul vibrării se realizează o mișcare de aruncare a talcului în sus, concomitent cu deplasarea acestuia către spatele buncărului (către camera operatorului)
- Din spatele buncărului, din pâlnie pornesc regulat două jeturi de aer injectat, care readuc talcul către fața buncărului. Totodată aceste jeturi dirijează praful în suspensie către gurile de absorbție și în sus către jetul principal, turbionar din cameră.

- În fața buncărului, în pâlnie există 2 guri de absorbție, pentru crearea jetului principal de învolburare. Pe traseu, în camera operatorului există și o baterie de încălzire a acestui jet, care servește la termostatarea incintei, precum și la uscarea prafului în recirculare. Odată talcul adus în suspensie este preluat și menținut în aer, pentru perioada unui ciclu de vibrație, de către jetul principal de învolburare.

- Carcasa de echipament ce urmează a fi încercată este amplasată în centrul incintei camerei de încercare, prin așezare directă pe cele două traverse metalice.

După ce prin carcasă au fost trecute un număr de 82 volume de aer, timp de două ore de funcționare, camera de praf a fost oprită și, după depunerea în totalitate a prafului (fotografia 3.8), a fost desfăcută carcasa echipamentului și examinată vizual. S-a constatat că în interiorul carcasei nu este praf prezent (fotografia 3.9), fapt pentru care s-a tras următoarea concluzie: *carcasa asigură un grad normal de protecție IP 6X și este corespunzătoare pentru protecția totală împotriva pătrunderii prafului.*



*Carcasa echipament (exterior)*



*Carcasa echipament (interior)*

Prin intermediul soft-ului de comandă, achiziție, prelucrare și înregistrare pot fi urmăriți și înregistrați în timp real următorii parametri: temperatură, debit și presiune. Înregistrările în timp real ale acestor parametri sunt prezentate în figura următoare.



*Înregistrări parametrii încercare*



- Un stand prin care se determină cea de a doua cifră IP X3 și IP X4, în ceea ce privește protecția împotriva apei ce cade sub formă de ploaie, respectiv împotriva proiecțiilor de apă prin intermediul unui tub oscilant.



*Stand de încercare privind protecția la apă a echipamentelor*

În urma studiului efectuat cu privire la metodele de încercare și a realizării celor două standuri de încercare, s-a revizuit Procedura de încercare PI 55 - DETERMINAREA GRADULUI NORMAL DE PROTECȚIE IP (ambele cifre), procedură care a fost transmisă compartimentului de asigurarea calității pentru integrarea în sistemul de management al calității GLI, laboratorul ENExEMEIP, în vederea acreditării de către RENAR.

Metodele de încercare și procedura asociată au fost implementate în cadrul sistemului de calitate al grupului de laboratoare INSEMEX-LIEx, acreditat RENAR.

Metodele de încercare sunt aplicabile la nivel național și internațional în ceea ce privește determinarea gradului normal de protecție IP (cifra IP 5X / IP 6X, respectiv IP X3 / IP X4).

## **CAPITOLUL 4**

### **STUDIUL DE CAZ PRIVIND EVALUAREA RISCULUI DE EXPLOZIE LA UN ELEVATOR CU CUPE ÎN VEDEREA CONFORMĂRII CU CERINȚELE ATEX PENTRU PUNEREA PE PIAȚĂ. CONTRIBUȚII PERSONALE PRIVIND PROCEDURA DE EVALUARE**

Studiul de caz prezentat în capitolul 4 este conceput și realizat ca un ghid pentru evaluarea riscului de explozie în cazul elevatoarelor cu cupe, dorindu-se a fi un ghid util atât pentru producătorii de echipamente pentru a-și putea îndeplini obligațiile în ceea ce privește evaluarea conformității produsului cu cerințele Directivei ATEX, cât și pentru evaluatorii de terță parte implicați în procesul de evaluare al produselor respective.

În cazul elevatoarelor cu cupe, ca și în cazul altor echipamente tehnice, pentru o evaluare corectă a riscului, trebuie pornit de la principiile care stau la baza prevenirii incendiilor și a exploziei și a protecției împotriva exploziei. Astfel:

- prevenirea are la bază evitarea surselor de aprindere eficiente, lucru ce se realizează fie prin eliminarea surselor de aprindere, fie prin detectarea acestora;
- protecția împotriva exploziei are la bază aplicarea unor reguli de ventilare, de suprimare sau izolare a exploziei, adaptate special pentru elevatoarele cu cupe. Aceste reguli specifice se pot baza pe metode agreate de testare.

Sursele de aprindere cele mai des întâlnite sunt rezultatul unor probleme mecanice, cum ar fi, spre exemplu: frecarea dintre bandă și carcasă, încălzirea pieselor mecanice rotative pe capul elevatorului și pâlnie, impactul între cupele deteriorate sau între acestea și obiectele străine. Aceste probleme mecanice pot crea, de asemenea, atmosfere explozive: impactul sau vibrațiile vor provoca

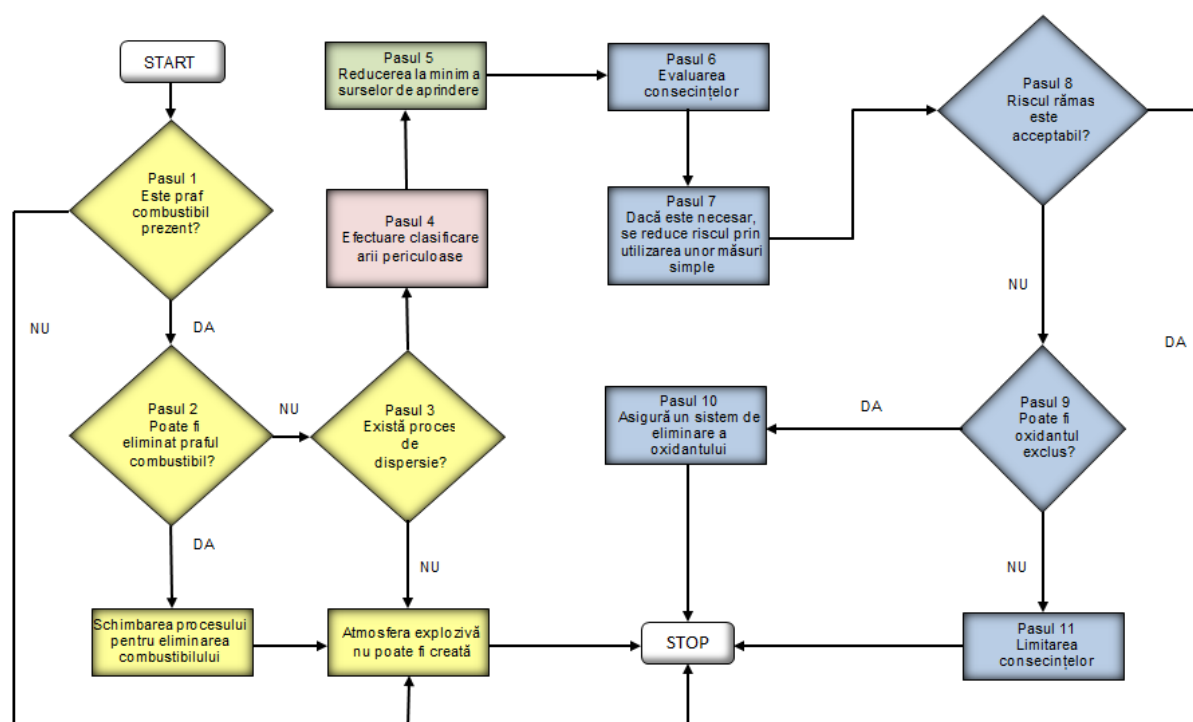
depuneri de praf în picioare și vor crea o atmosferă explozivă. Așadar, chiar dacă în timpul funcționării normale, în interiorul unui elevator nu există amestec exploziv de aer-praf, totuși, în urma apariției unor probleme mecanice, acestea pot să ducă la producerea unei explozii.

După o descriere și o clasificare a elevatoarelor cu cupe, cu prezentarea principalelor elemente componente, am făcut o analiză a pericolului de incendiu și explozie în cazul acestora.

### ***Analiza pericolului de incendiu și explozie în cazul elevatoarelor cu cupe***

Întrădevăr, o explozie sau un incendiu care are loc în interiorul unui elevator cu cupă reprezintă un pericol important din cauza efectelor produse de către flacără și/sau de presiunea dezvoltată asupra mediului înconjurător, efecte concretizate prin deteriorarea elevatorului cu cupă în sine, deteriorarea echipamentului conex și prin afectarea personalului care îl deservește. Consecințele aprinderii prafului pot fi apariția unui incendiu mocnit, a unui incendiu cu flacără, a unei explozii sau a unei explozii propagatoare. În urma producerii unei explozii de praf, există posibilitatea ca un incendiu să continue în interiorul sau în exteriorul elevatorului cu cupe.

În principiu, analiza pericolului de incendiu și explozie în cazul unui elevator cu cupe se poate realiza prin parcurgerea schemei logice prezentată în figura următoare.



*Schemă logică de analiză a riscului de incendiu și explozie*

*Pericolele de explozie* sunt strâns legate de prezența atmosferelor explozive și de prezența surselor potențiale de aprindere.

Posibilitatea apariției unei atmosfere potențial explozive depinde foarte mult de produsul implicat și de condițiile de funcționare ale elevatorului cu cupe. Astfel, am analizat două situații posibile în care am ținut cont de dimensiunea medie a particulelor produsului prăfuit care este transportat, precum și de natura produselor transportate.

În ceea ce privește posibilitatea existenței surselor de aprindere, am analizat modul de apariție al acestora. Astfel, pe lângă sursele de aprindere indicate în SR EN 1127-1, există, de asemenea și surse de aprindere legate de alte influențe și anume:

- ✓ sursele de aprindere introduse de la echipamentele conectate trebuie luate în considerare de către utilizatorul final. Exemple tipice sunt produsele fierbinți, incandescente, jarul și/sau explozia din echipamentul conectat etc.

- ✓ sursele de aprindere externe datorate fumatului, întreținerii, sudării, tăierii etc. (lucru la cald) trebuie luate în considerare de către utilizatorul final. Acestea ar trebui prevenite prin măsuri organizatorice.
- ✓ trebuie luate în considerare sursele de aprindere care pot apărea din produsul transportat: de ex. prin autoîncălzire în depozite, în interiorul elevatorului cu cupe

Trebuie menționat faptul că sursele de aprindere pot fi create și de elevatorul cu cupe luat ca ansamblu, în special datorită prezenței echipamentelor electrice, a sistemelor de antrenare și a rulmenților.

#### *Pericolele de incendiu*

În plus față de pericolul de explozie, un pericol de incendiu care trebuie luat în considerare îl constituie produsele și materialele combustibile din interiorul elevatorului cu cupe. Orientarea verticală și construcția închisă sunt factori favorabili în ceea ce privește propagarea focului și nefavorabile pentru controlul unui incendiu.

În ceea ce privește evaluarea pericolului de incendiu la elevatoarele cu cupe, trebuie cunoscute în primul rând caracteristicile de ardere ale materialelor combustibile utilizate (de ex. benzile și cupele), ale materialelor ce trebuie transportate și ale prafului care este generat în timpul transportului. Pentru evaluarea prafului, se pot utiliza clasa de ardere (BZ), temperatura de aprindere, precum și caracteristicile de autoaprindere ale acestuia.

#### ***Prevenirea împotriva incendiilor și exploziilor. Protecția elevatoarelor cu cupe***

În principiu, protecția împotriva incendiilor și a exploziei are la bază adoptarea și implementarea următoarelor măsuri:

- prevenirea depunerilor de prafuri și pulberi combustibile, precum și prevenirea formării amestecurilor explozive;
- prevenirea apariției surselor de aprindere.

Dacă prevenirea nu este suficientă, este nevoie să fie luate măsuri suplimentare de stingere a incendiilor și/sau de protecție împotriva exploziei (izolarea exploziei, ventilarea și suprimarea acesteia).

Protecția împotriva incendiilor se poate realiza fie manual, fie prin utilizarea unor instalații automatizate de detecție și stingere a incendiilor.

Prevenirea și protecția împotriva exploziei se realizează prin împiedicarea formării atmosferelor explozive și/sau prin prevenirea apariției surselor de aprindere. Formarea atmosferelor explozive poate fi împiedicată prin adoptarea unor măsuri adecvate cum ar fi:

- sisteme de îndepărtare a prafului în stațiile de încărcare, transfer și descărcare;
- viteze de transport cât mai mici posibil;
- evitarea pe cât posibil a suprafețelor unde se pot forma depuneri de praf;
- evitarea returnării materialului transportat;
- îndepărtarea depunerilor și a depozitelor de praf prin folosirea unor sisteme adecvate de evacuare;
- legarea prafului prin utilizarea de exemplu a apei sau a unor uleiuri care să prezinte punct de fierbere ridicat și să nu aibă constituenți volatili;
- curățare periodică.

În ceea ce privește prevenirea surselor de aprindere, am prezentat sub formă tabelară recomandări pentru utilizarea în siguranță a elevatoarelor cu cupe care sunt destinate pentru transportul produselor cu praf combustibil, precum și măsurile de prevenire pentru ca sursele de aprindere introduse sau care acționează din exterior să devină eficiente.

#### ***Exemplu de evaluare a pericolului de aprindere în cazul unui elevator cu cupe***

Evaluarea riscului de aprindere se realizează pentru un elevator cu cupe conceput pentru a fi folosit în locuri amplasate în interiorul unei clădiri în care este de așteptat să se formeze o atmosferă

potențial explozivă generată de amestecul aer / praf combustibil, zona respectivă fiind clasificată din punct de vedere Ex drept zonă 22 în exteriorul elevatorului, în interiorul acestuia fiind prezentă o zonă 20.

Motorul electric de acționare al elevatorului cu cupe analizat a fost certificat de către un organism notificat ca și echipament de categoria 2, fiind adecvat pentru a funcționa în atmosfera potențial explozivă creată în jurul lui.

Elevatorul cu cupe analizat este proiectat pentru a transporta pe verticală praf/pulbere combustibil(ă). Se presupune că sensibilitatea la aprindere a pulberii combustibile este foarte mare și, prin urmare, au fost luate în calcul toate sursele potențiale de aprindere care, în anumite condiții, pot deveni surse efective de aprindere și care, ar putea iniția o atmosferă potențial explozivă existentă la un moment dat. În funcție de sensibilitatea la aprindere a pulberii reale transportate de un elevator cu cupă, unele surse de aprindere ar putea să nu fie relevante.

Din punct de vedere constructiv, elevatorul cu cupe conține două roți fixate pe axele lor, ce se rotesc în doi rulmenți fiecare. Rulmenții sunt montați direct pe carcasă. Roata din capul elevatorului este acționată de un motor electric cu o putere nominală de 10 kW prin intermediul unei cutii de viteze și a unui cuplaj din cauciuc. În acest loc, de asemenea, este instalat un mecanism de non-retur pentru a preveni rularea înapoi a elevatorului cu cupe. Axa rotii din baza elevatorului poate fi reglată manual pentru a menține banda sub tensiune care trebuie să fie ignifugă și antistatică. Suprafețele ambelor roți sunt rugoase pentru a spori aderența benzii. Elevatorul cu cupă este construit din oțel carbon cu cupe din oțel carbon. Viteza elevatorului cupei este de 2 m/s. Nu există piese de metale ușoare sau plastic expuse. Rola (roata) de antrenare are o greutate de 60 kg. De asemenea, elevatorul cu cupă este echipat cu un dispozitiv de detectare a alunecărilor prin monitorizarea numărului sau a rotațiilor, iar în cazul în care acesta este sub o anumită valoare, motorul electric de acționare este oprit.

În partea finală a capitolului 4 am realizat un model de evaluare a riscului de aprindere conform SR EN 80079-36:2016 în cazul elevatorului cu cupe descris mai sus, ca și exemplu, pentru fiecare din următoarele componente ale acestui elevator:

- role (roți, tamburi)
- rulmenți
- osii (axe)
- banda
- cupele

Se menționează faptul că, pentru echipamentele auxiliare, conexe elevatorului cu cupe, cum ar fi cuplajul, cutia de viteze, frâna și motorul electric, evaluarea riscului de aprindere se efectuează în conformitate cu standardul relevant, aplicabil acestor componente.

## **CAPITOLUL 5**

### **ASPECTE REFERITOARE LA PROCESUL DE EVALUARE A RISCULUI DE ÎNȚIERE A ATMOSFERELOR DE AER / PRAF PRIN DESCĂRCĂRI ELECTROSTATICE**

#### ***Producerea, stocarea și descărcarea sarcinilor electrostatice***

Formarea și acumularea sarcinilor electrostatice are loc ca urmare a mecanismelor de electrizare dintre care electrizarea de contact este cel mai des întâlnită. Două materiale de natură diferită care sunt aduse în contact și apoi separate, vor purta sarcini electrostatice egale ca mărime și de semne contrare.

De asemenea, o altă componentă a mecanismului de electrizare o reprezintă electrizarea prin inducție, caz în care materialele conductoare pot fi încărcate cu sarcini de natură electrostatică de la un alt obiect încărcat aflat în apropiere. Produsele/materialele pot primi, de asemenea, sarcini prin transfer fie direct de la alte obiecte, fie prin influență, printr-un curent de ioni.

Sarcina electrostatică acumulată pe un solid sau pe un lichid prezintă pericol doar dacă aceasta este transmisă (descărcată) pe un alt corp sau către pământ. Aceste descărcări variază mult ca tip și grad potențial de inițiere.

După separarea din timpul procesului de încărcare electrostatică sarcinile se pot recombina foarte rapid, fie direct prin contact, fie prin pământ. Sarcinile de pe un nonconductor sunt reținute din cauza rezistenței materialului însuși. Dar pentru ca un conductor să rămână încărcat, el trebuie să fie izolat de alți conductori și de pământ.

Descărcările de electricitate statică variază mult ca tip și grad potențial de inițiere.

Descărcările sub formă de **scântei** sunt descărcări care apar între doi conductori (solizi sau lichizi).

**Descărcările „Corona”** au loc în zonele ascuțite sau la marginile conductorilor. Descărcarea „Corona” poate avea loc când un conductor legat la pământ, conductor care prezintă zone ascuțite, este mișcat în direcția unui obiect puternic încărcat sau dacă acestuia i se mărește foarte mult potențialul

**Descărcările tip perie** pot să apară atunci când conductori rotunzi (opuși celor ascuțiți), legați la rețeaua de pământare, sunt deplasați către obiecte încărcate cu sarcină, slab conducătoare. Acest tip de descărcare poate să apară, de exemplu, între degetul unei persoane și o suprafață din material plastic

**Descărcări tip perie de propagare** sunt descărcări între cele două suprafețe ale unei coli (strat) de material de rezistivitate mare și cu o rezistență dielectrică mare, puternic încărcate cu sarcini de polaritate opusă.

**Descărcările de tip con** pot să apară în silozurile sau containerele mari când sunt umplute cu un praf (slab conducător) puternic încărcat cu sarcină (se generează o zonă de densitate mare de sarcină în interiorul grămezii de praf)

O sinteză a incendivității diferitelor tipuri de descărcări este prezentată în tabelul următor:

Tipul descărcării	Incendivitatea		
	Gaze, vapori		Praf
	MIE < 0.025 mJ	MIE > 0.025 mJ	
Descărcare tip scântei	+	+	+
Descărcare vârf de ac	+	-	-
Descărcare perie	+	+	-
Descărcare perie de propagare	+	+	+
Descărcare tip con	+	+	++
Descărcare tip fulger	+	+	+

+ este posibilă inițierea / - nu este posibilă inițierea

Dintre măsurile de prevenire a descărcărilor de electricitate statică pot fi amintite următoarele:

- legarea la pământ;
- utilizarea unor materiale adecvate;
- antistatizarea materialelor;
- alegerea formei constructive adecvate (suprafața, distanța față de elementele conductoare legate la pământ, grosimile materialelor neconductive);
- evitarea frecărilor periculoase (limitarea vitezei de deplasare la benzi sau a vitezei de curgere prin conducte);
- condiții de mediu (umidități ridicate);
- folosirea neutralizatoarelor de sarcini.

### ***Evaluarea riscului de aprindere a atmosferelor explozive prin descărcări electrostatice***

Evaluarea apariției și determinarea incendivității descărcărilor electrostatice în diferite situații reale este cel mai important și cel mai dificil pas în analizarea pericolelor create prin încărcări electrostatice.

Datele necesare pentru o analiză fiabilă sunt:

- cunoașterea exactă a proprietăților amestecului potențial exploziv care poate fi prezent;

- rezistențele sau conductivitățile substanțelor, aparatelor, ambalajelor, materialelor și echipamentelor individuale utilizate;
- volumele și aranjamentul geometric al instalațiilor și al dispozitivelor tehnice, precum și
- cunoștințe precise despre condițiile existente de scurgere la pământ și a condițiilor de echilibru al potențialului.

Astfel, o evaluare a riscului de explozie trebuie să ia în considerare probabilitatea formării sarcinilor electrostatice și descărcarea lor atât la echipamente, cât și la produs sau material.

Cunoscând incendivitatea descărcării (adică cantitatea de energie eliberată) și sensibilitatea atmosferei potențial explozive existente, așa cum a fost caracterizată prin energia minimă de aprindere MIE, se poate stabili dacă aprinderea apare sau nu.

În subcapitolul **măsuri de protecție împotriva exploziilor de praf combustibil / aer inițiate de electricitatea statică** am prezentat măsurile ce pot fi luate, și anume:

- ❖ prevenirea exploziilor (prevenirea formării amestecului exploziv de praf/aer și evitarea surselor eficiente de aprindere)
- ❖ protecția împotriva exploziilor (măsuri de prevenire a consecințelor periculoase ale unei explozii)

De asemenea am prezentat mai multe evenimente în care, datorită implementării mai puțin riguroase a măsurilor tehnice sau a nerespectării instrucțiunilor de lucru sau de mentenanță, s-a ajuns la producerea unor explozii sau incendii cu urmări grave. Am pus un accent deosebit pe identificarea cauzelor care au dus la producerea evenimentelor, precum și pe găsirea și alegerea unor măsuri adecvate a căror adoptare ar fi putut împiedica producerea acestor evenimente. Astfel avem următoarele situații:

- umplerea unui mixer cu pulbere din material plastic;
- măcinarea unui produs umezit cu solvent;
- golirea sacilor mari (FIBC);
- explozie într-un sistem de exhaustare a prafului de cărbune;

***Evaluarea riscului de explozie la aprinderea atmosferei explozive de prafuri prin descărcări electrostatice la silozuri. Contribuții personale la dezvoltarea încercărilor de laborator pentru determinarea energiei minime de aprindere în cazul amestecurilor explozive praf/aer***

Sensibilitatea la aprindere a unui nor de praf se caracterizează, la fel ca pentru orice alt combustibil, prin energia sa minimă de aprindere (MIE). Descărcările electrostatice întâlnite cel mai frecvent în industrie au o energie care este în mod normal mai mică de 10 mJ. Prin urmare, materialele care au o valoare a energiei minime de aprindere de 10 mJ sau mai puțin sunt considerate a fi cele mai critice.

Diferite forme de descărcări, cum ar fi descărcările de scântei, perii și perii de propagare, pot duce la pericole de aprindere în funcție de energia de descărcare și de energia minimă de aprindere a norului de praf. Apariția atât a descărcărilor de scântei, cât și a celor de tip perie poate fi eliminată, asigurându-se că rezistența suprafeței este sub  $10^{11} \Omega$  și peste  $10^8 \Omega$ . Rezistența la suprafață poate fi redusă și adusă în limitele menționate mai sus, utilizând aditivi antistatici. Dar există două probleme asociate acestei măsuri: efectul antistatic este adesea dependent de umiditatea relativă a mediului și aditivii antistatici sunt uneori absorbiți de produs în contact cu suprafața tratată.

Descărcările de propagare a periilor pot fi eliminate prin utilizarea materialelor conductoare sau a materialelor izolante cu rezistență dielectrică redusă în toate locurile, care sunt locuri potențiale pentru acumularea densităților ridicate de încărcare a suprafeței.

Descărcările tip perie nu vor apărea dacă tensiunea de defectare pe un strat sau o foaie neconductoare este mai mică de 4 kV.

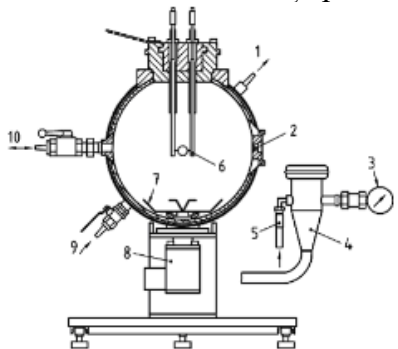
Descărcările Corona nu sunt considerate incendiare pentru praf.

Alte două tipuri de descărcări – descărcarea tip con și descărcarea de tip fulger – se caracterizează prin faptul că pot apărea numai în procesele cu particule.

În cazul silozurilor, procesul de evaluare a riscului de aprindere trebuie să se ia în considerare faptul că sarcinile electrostatice periculoase pot fi acumulate atât pe materialul depozitat în vrac, cât și pe peretele silozului.

În cadrul subcapitolului 5.4.2 am prezentat un model de evaluare a riscului de aprindere a amestecului de praf combustibil/aer în silozuri datorită descărcărilor electrostatice, sub formă de scheme logice. Alegerea uneia din cele 3 scheme logice prezentate pentru a efectua evaluarea riscului de aprindere se face în funcție de valoarea rezistivității materialului în vrac.

În cadrul subcapitolului 5.4.3 am prezentat cercetările efectuate în laboratorul ENExEMEIP din cadrul INCD INSEMEX în ceea ce privește dezvoltarea încercărilor pentru aflarea energiei minime de aprindere în cazul amestecurilor explozive praf/aer. Am luat în considerare două metode, o metodă estimativă care utilizează instalația KSEP-201 și care poate fi utilizată ca metodă de interpretare a energiei minime, și metoda standardizată (cantitativă) care utilizează instalația MIE-D 1.2 și care, în prezent, este metoda de referință pentru determinarea energiei minime de aprindere.



*Instalația de testare KSEP-20*



*Echipamentul MIE-D 1.2*

Am prezentat, de asemenea, rezultatele unor încercări pe care le-am efectuat în laboratoarul LENExEMEIP- INCD INSEMEX Petroșani pentru determinarea energiilor minime de aprindere ale unor prafuri, prin utilizarea metodei estimative, precum și o analiză comparativă a rezultatelor obținute pentru determinarea energiei minime de aprindere prin aplicarea celor două metode, pe același tip de praf.

## **6. CONCLUZII FINALE. SINTEZA CONTRIBUȚIILOR PERSONALE**

### **CONCLUZII FINALE**

În cadrul tuturor activităților în care sunt implicate substanțe inflamabile care pot genera atmosfere explozive se poate produce o explozie în cazul în care o atmosferă explozivă este prezentă concomitent cu o sursă de aprindere eficientă. Există o multitudine de substanțe chimice prezente sub forma materiilor prime, a produselor intermediare, produselor finale și chiar și a unor deșeuri rezultate din procesele obișnuite de producție care, în anumite concentrații în aer pot duce la apariția unei

atmosfere explozive. Practic, toate ramurile industriale sunt afectate într-o anumită măsură, deoarece pericolele care apar datorită prezenței atmosferelor explozive sunt prezente în cadrul desfășurării a multor procese și operații tehnologice.

Având în vedere faptul că exploziile pot să aibă ca rezultat înregistrarea unor distrugerii materiale majore și chiar decesul unor persoane, procesul de evaluare a riscului de explozii și apoi stabilirea măsurilor adecvate de limitare sau de reducere a acestuia la un nivel care să poată fi acceptat în conformitate cu normele și standardele aflate în vigoare, este de o importanță majoră în ceea ce privește asigurarea securității și sănătății oamenilor și a bunurilor.

Un element esențial în procesul de evaluare a riscului de explozii în cadrul locurilor de muncă unde pot să apară atmosfere potențial explozive este reprezentat de instalațiile care funcționează în acest mediu. Aceste instalații este necesar să fie proiectate, realizate, montate și întreținute în așa fel încât să nu fie capabile să genereze surse de inițiere. De aceea, trebuie luate măsuri de prevenire a apariției surselor de aprindere pe care acestea le-ar putea genera.

Studiile efectuate în activitatea de cercetare pe care am desfășurat-o și o desfășor în continuare în la INCD INSEMEX s-au focalizat în trei direcții principale, și anume:

- Dezvoltarea metodelor de evaluare a riscului de explozii;
- Determinarea sensibilității la aprindere a diferitelor amestecurilor explozive praf /aer, prin efectuarea încercărilor de laborator necesare pentru determinarea caracteristicilor de explozivitate ale acestora: presiunea maximă de explozie, energia minimă de aprindere, limita inferioară de explozivitate, etc.
- Determinarea performanțelor de protecție ale echipamentelor tehnice pentru prevenirea apariției surselor de aprindere eficiente a atmosferelor explozive.

În ceea ce privește determinarea sensibilității la aprindere a diferitelor amestecuri explozive praf /aer și determinarea performanțelor de protecție ale echipamentelor pentru prevenirea apariției surselor de aprindere eficiente a atmosferelor explozive, obiectivul urmărit a fost punerea în aplicare a unor metode de testare performante, în concordanță cu principiile și practicile internaționale, prin utilizarea unor aparaturi de ultimă generație, pentru a putea fi recunoscute la nivel național și internațional.

La elaborarea noilor metode de încercare s-au avut în vedere următoarele aspecte:

- Varietatea tipurilor de materiale ce trebuie testate în vederea evaluării acestora și pentru care este nevoie să se realizeze dispozitive de testare specifice;
- Varietatea și caracterul complex al încercărilor care trebuie aplicate produselor în conformitate cu cerințelor prevăzute în standardele europene.
- Obligația utilizării în cadrul încercărilor a unor aparate de precizie, care să fie etalonate la parametrii prescriși;
- Obligația asigurării condițiilor de încercare speciale referitor la mediul în care se realizează încercarea, la condiționarea prealabilă a materialelor care sunt supuse încercărilor respective, cât și în ceea ce privește folosirea materialelor periculoase;
- Să fie asigurat în permanență nivelul de încredere cerut;
- Să fie asigurată trasabilitatea pentru etaloane.

Este necesar ca echipamentele și software-urile folosite pentru realizarea încercărilor, etalonării și eșantionării să fie capabile să atingă nivelul de precizie cerut și să fie realizate în conformitate cu cerințele și specificațiile relevante pentru respectivele încercări și/sau etalonări. În acest sens este necesar să fie continuată achiziționarea echipamentelor de cercetare de ultimă generație în vederea continuării dezvoltării încercărilor de laborator.

## **SINTEZA CONTRIBUȚIILOR PERSONALE**

Contribuțiile personale, materializate prin rezultatele obținute în urma cercetărilor efectuate și prezentate în teza de doctorat, se referă în principal la:

- Dezvoltarea metodelor de evaluare a riscului de explozii datorită aprinderii atmosferelor explozive de praf prin descărcări electrostatice;
- Elaborarea metodelor de evaluare a riscurilor de aprindere în cazul elevatoarelor cu cupe;



- Dezvoltarea încercărilor în ceea ce privește verificarea protecției la pătrunderea prafului și a apei în interiorul carcaselor și/sau a echipamentelor ce au ca și destinație utilizarea în medii cu atmosfere potențial explozive de praf/aer;
- Dezvoltarea încercărilor de laborator pentru determinarea caracteristicilor de explozivitate pentru amestecurile explozive de praf/aer.

Prin metoda de evaluare a riscului de explozii datorită aprinderii atmosferelor explozive de praf prin descărcări electrostatice elaborată, așa cum este prezentată în capitolul 5 al lucrării, am identificat toți factorii care determină riscul de inițiere a atmosferelor potențial explozive de aer/praf în urma descărcărilor electrostatice. De asemenea, am realizat o evaluare a riscului de aprindere a atmosferelor de praf combustibil /aer în silozuri datorită descărcărilor electrostatice, prin prezentarea unor scheme logice prin intermediul cărora se poate realiza o analiză dacă materialul în vrac poate fi încărcat electrostatic la o valoare periculoasă în timpul încărcării în siloz sau în containere.

Pentru elaborarea metodei de evaluare a riscului de aprindere în cazul elevatoarelor cu cupe, am făcut o analiză a tipurilor de elevatoare cele mai des întâlnite în practică și am identificat toate sursele de aprindere ce pot apărea în timpul funcționării unui elevator cu cupe, și anume: scânteii electrice, suprafețe fierbinți ale echipamentelor electrice, descărcări electrostatice, scânteii mecanice, suprafețe fierbinți datorate fricțiunii și frecării, flăcări și gaze fierbinți inclusiv particule fierbinți provenite din exteriorul elevatorului, descărcări electrice atmosferice, etc. De asemenea, în finalul capitolului am realizat un model tabelar de evaluare a riscului de aprindere în cazul unui elevator cu cupe, luând în considerare următoarele componente ale acestui elevator: role (roți, tamburi), rulmenți, osii (axe), banda de antrenare a cupelor, cupele.

Referitor la dezvoltarea metodelor de încercare aplicate pentru determinarea protecției la pătrunderea prafului și a apei în interiorul carcaselor echipamentelor tehnice ce sunt destinate să fie utilizate în medii cu pericol de atmosfere explozive și la standurile necesare pentru aplicarea acestor metode, mi-am adus contribuția la stabilirea cerințelor tehnice și de performanță a standurilor de încercare, experimentarea lor, precum și la implementarea noilor încercări în sistemul calității laboratorului în ceea ce privește validarea încercărilor și elaborarea procedurilor de încercare. Astfel, am revizuit Procedura de încercare PI 55 - DETERMINAREA GRADULUI NORMAL DE PROTECȚIE IP (ambele cifre), procedură care a fost transmisă compartimentului de asigurare a calității pentru integrarea în sistemul de management al calității GLI, laboratorul ENExEMEIP, în vederea acreditării de către RENAR, iar metodele de încercare au fost implementate în cadrul sistemului de calitate al grupului de laboratoare INSEMEX-LIEx, acreditat RENAR.

Pentru validarea metodelor aplicate, încercările practice au fost efectuate în laboratorul ENExEMEIP din cadrul INCD INSEMEX Petroșani, după cum urmează:

- încercare asupra unei carcase de echipament prin utilizarea camerei de praf pentru determinarea cifrei caracteristice IP 5X / IP 6X a carcasei respective;
- încercare asupra unei carcase de echipament prin utilizarea standului automatizat pentru determinarea protecției împotriva apei căzând sub formă de ploaie (IP 3X) și împotriva proiecțiilor de apă cu tubul oscilant (IP 4X);

De asemenea, mi-am adus contribuții personale în ceea ce privește dezvoltarea încercărilor de laborator pentru determinarea caracteristicilor de explozivitate în cazul amestecurilor explozive de praf/aer. Astfel, am identificat aparatura adecvată (de ultimă generație) pentru efectuarea încercărilor de determinare a energiei minime de aprindere conform metodelor standardizate existente la nivel european. În acest sens, am efectuat încercări comparative pentru determinarea energiei minime de aprindere a amestecului de aer cu praf de miceliu atomizat (nistatină), prin utilizarea instalației KSEP-201, respectiv a noii instalației MIE-D 1.2, am interpretat rezultatele obținute și am identificat factorii care asigură repetabilitatea și reproductibilitatea încercărilor, așa cum sunt cerințele de acreditare a laboratorului, în conformitate cu standardul EN ISO 17025. Întrucât calibrarea acestui stand nu se poate face cu mijloace uzuale pe plan național, este necesară validarea încercărilor prin realizarea de încercări interlaboratoare. În acest sens, ne-am înscris la o rundă de calibrări care este în curs de

desfășurare, fiind organizată de CESANA AG din Elveția, la care participă un număr de peste 30 de laboratoare din mai multe țări.

Așadar, analiza soluțiilor tehnice pentru realizarea standurilor de încercări, realizarea propriu zisă și experimentarea lor, precum și implementarea noilor tehnici și metode în cadrul procedurilor de încercare din cadrul laboratorului pentru acreditarea încercărilor, sunt contribuții personale care, în momentul de față, se aplică în laboratorul de încercare ENExEMEIP din cadrul INCD INSEMEX Petroșani.