

UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI



**CERCETĂRI ȘI REZULTATE ÎN
DOMENIUL SECURITĂȚII
INDUSTRIALE ȘI OCUPAȚIONALE**

TEZĂ DE ABILITARE

DOMENIUL: INGINERIE INDUSTRIALĂ

Prof.univ.dr.ing. MORARU ROLAND IOSIF

2015

CUPRINS

| | |
|--|-----------|
| <i>Mulțumiri</i> | 5 |
| <i>Rezumat</i> | 6 |
| <i>Abstract</i> | 9 |
| PARTEA I. REALIZĂRI ȘTIINȚIFICE ȘI PROFESIONALE. PREZENTARE TEHNICĂ | 12 |
| Capitolul 1. Sinteza rezultatelor științifice și profesionale post-doctorale | 12 |
| 1.1. Introducere și domenii de cercetare | 12 |
| 1.2. Obiective | 12 |
| 1.3. Sumar al contribuțiilor științifice | 13 |
| 1.4. Dezvoltare programe de studii și activitate didactică | 15 |
| 1.4.1. Dezvoltare și coordonare de programe de studii | 15 |
| 1.4.2. Activitatea didactică | 16 |
| 1.5. Vizibilitate și impact al cercetării | 16 |
| 1.6. Experiență managerială | 18 |
| Capitolul 2. Dezvoltarea, implementarea și optimizarea instrumentelor de analiză a riscurilor ocupaționale în industrie | 19 |
| 2.1. Integrarea erorilor umane în analiza riscurilor industriale | 19 |
| 2.1.1. Formalizarea noțiunii de risc în cadrul sistemului om – mașină | 19 |
| 2.1.2. Analiza riscului și siguranța funcționării în sistemul om – mașină | 21 |
| 2.1.3. Situație limită admisă în exploatare: concept și formalizare matematică | 22 |
| 2.1.4. Interpretarea rezultatelor analizei efectuate în două unități industriale | 24 |
| 2.2. Elaborarea și operaționalizarea unui model al fiabilității umane specific pentru activitatea de dispecerizare | 27 |
| 2.2.1. Fundamentare metodologică | 27 |
| 2.2.2. Modelul matematic | 28 |
| 2.2.3. Aplicarea metodei bazate pe raționamentul experților pentru elaborarea modelului fiabilității operatorilor din dispeceratele minelor de huiă din Valea Jiului | 30 |
| 2.3. Studiul securității sistemelor industriale prin aplicarea arborelui defectărilor | 32 |
| 2.3.1. Procedura de lucru | 32 |
| 2.3.2. Studiu de caz: Sistemul de alimentare cu apă al unui obiectiv industrial | 35 |
| Capitolul 3. Noi metodologii de apreciere și gestiune a riscurilor pentru securitate și sănătate în muncă | 39 |
| 3.1. Metodologie de apreciere a riscului de explozie și/sau foc în mediul industrial subteran | 39 |
| 3.1.1. Stabilirea principiilor și cadrului general de apreciere a riscului de explozie în medii atmosferice grizutoase | 39 |
| 3.1.2. Structura metodologiei integrate de apreciere a riscului de explozie - foc în subteran | 39 |
| 3.2. Analiza critică și modalități de îmbunătățire a metodei I.N.C.D.P.M. București de evaluare a riscurilor de accidentare și îmbolnăvire profesională | 43 |
| 3.2.1. Scopul și metodologia cercetării | 43 |
| 3.2.2. Exprimarea nivelului global de risc ca funcție de șapte variabile | 44 |
| 3.2.3. Propuneri de corectare a formulei de calcul a nivelului global de risc | 46 |
| 3.2.4. Validarea practică a soluțiilor propuse | 48 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.Dezvoltarea de criterii și recomandări pentru selecția metodelor de analiză a riscurilor ocupaționale | 50 |
| 3.3.1.Fixarea atributelor și criteriilor de selecție a metodelor | 50 |
| 3.3.2. Identificarea criteriilor determinante | 51 |
| 3.4. Riscuri emergente: evaluarea și controlul riscurilor ocupaționale asociate nanoparticulelor de sinteză | 54 |
| 3.4.1.Aprecierea riscului generat de nanoparticulele de sinteză | 54 |
| 3.4.2.Managementul riscurilor generate de nanoparticule: o abordare practică | 56 |
| 3.5.Riscuri emergente: fundamentarea și elaborarea unui instrument național de evaluare a riscurilor ocupaționale psihosociale | 59 |
| 3.5.1.Scop și finalitate | 59 |
| 3.5.2.Metodologia de cercetare | 60 |
| 3.5.3.Stabilirea etapelor de bază ale procesului | 61 |
| 3.5.4.Dezvoltarea metodologiei și a instrumentelor de evaluare | 61 |
| 3.5.5.Elaborare recomandări privind interpretarea rezultatelor | 64 |
| Capitolul 4. Contribuții privind cuantificarea riscurilor specifice sistemelor industriale și optimizarea securității intrinseci | 66 |
| 4.1. Cuantificarea, cartarea și reducerea expunerii la zgomot a lucrătorilor din industria extractivă <i>off-shore</i> | 66 |
| 4.1.1.Metoda aplicată și echipamentul de măsură utilizat | 66 |
| 4.1.2.Evaluarea expunerii la zgomot pe platformele marine | 67 |
| 4.1.3.Analiză spectrală pentru identificarea surselor generatoare de depășiri ale limitelor maxime admise | 68 |
| 4.1.4.Cartarea nivelurilor de zgomot | 70 |
| 4.2.Evaluarea și auditarea riscurilor pentru securitatea și sănătatea lucrătorilor din industria extracției gazelor naturale | 72 |
| 4.2.1.Evaluarea riscurilor profesionale la o stație de comprimare standard | 72 |
| 4.2.2.Evaluarea conformării cu cerințele de securitate și sănătate în muncă | 74 |
| 4.3. Evaluarea riscului indus de noxele emise de motoarele cu combustie internă | 76 |
| 4.3.1.Metoda operativă aplicată și indicele de cuantificare a calității aerului | 76 |
| 4.3.2.Rezultatele măsurătorilor, prelucrarea și interpretarea datelor | 78 |
| 4.4.Simularea numerică a parametrilor ventilatoarelor auxiliare în sisteme de ventilație cu recirculare controlată | 79 |
| 4.4.1.Sistemul coaxial de recirculare controlată | 79 |
| 4.4.2.Sistemul transversal de recirculare controlată | 81 |
| 4.5.Optimizarea amplasării traductoarelor în rețele reprezentative de ventilație | 82 |
| 4.5.1.Evaluarea modelelor de distribuție a vitezei aerului în diferite lucrări miniere | 83 |
| 4.5.2.Determinarea punctului rațional de poziționare a traductoarelor din sistemele de telemetrie și a valorilor factorilor de corecție necesari | 83 |
| 4.5.3.Finalitatea practică a studiului | 85 |
| Capitolul 5. Soluții tehnice destinate minimizării riscurilor asociate prezenței metanului în industria minieră | 86 |
| 5.1.Analiza contextuală a statisticii accidentelor de muncă produse în minele din Valea Jiului | 86 |
| 5.1.1.Natura impactului gazului metan asupra securității și sănătății lucrătorilor din subteran. Obiectivele cercetărilor în domeniu | 86 |
| 5.1.2.Analiza statistică a accidentelor de muncă colective și a indicatorilor de securitate și sănătate în muncă în perioada 1981-2010 | 87 |
| 5.1.3.Interpretarea rezultatelor | 88 |
| 5.2. Cercetări privind mecanismul și regimul de degajare a metanului în abatajele cu front lung | 89 |

| | |
|--|-----|
| 5.2.1.Factori tehnici și tehnologici care influențează variația conținuturilor de metan | 89 |
| 5.2.2. Studiul influenței vitezei de avansare a abatajului la mina Livezeni | 90 |
| 5.2.3.Influența modului de excavare-tăiere | 92 |
| 5.2.4.Interpretarea rezultatelor și concluziile studiului | 94 |
| 5.3. Soluție tehnică de dirijare emanațiilor de metan din spațiile exploatare ale abatajelor frontale în retragere | 95 |
| 5.4. Simularea virtuală a procesului de captare – drenare a gazului metan prin degazare | 98 |
| 5.4.1.Ipoteze privind geometria și discretizarea rețelei. Date de intrare | 99 |
| 5.4.2.Rezultatele simulării virtuale | 100 |
| 5.5. Riscuri sinergice: deficiența în oxigen și evoluția combustibililor spontane | 102 |
| 5.5.1.Obiective și metodă | 102 |
| 5.5.2.Calculul și interpretarea deficienței în oxigen și a indicelui Graham | 103 |
| 5.5.3.Influența tehnicilor de analiză utilizate | 104 |
| 5.5.4.Interpretarea rezultatelor și concluzii | 105 |

PARTEA II.

Capitolul 6. Plan de dezvoltare a carierei. Direcții viitoare privind evoluția academică și de cercetare științifică

107

| | |
|--|-----|
| 6.1. Principii, direcții și obiective | 107 |
| 6.2. Priorități în activitatea de cercetare - dezvoltare | 110 |
| 6.2.1. Direcții de cercetare viitoare | 110 |
| 6.2.2. Proiecte pe termen scurt și mediu | 111 |

PARTEA III. BIBLIOGRAFIE

116

| | |
|---|-----|
| III.1. Lucrări proprii relevante | 116 |
| III.2. Referințe bibliografice generale | 118 |

„ Omul și securitatea trebuie să constituie prima preocupare a oricărei aventuri tehnologice.

Nu uitați niciodată acest lucru când începeți calculele și schemele.”

Albert Einstein

Mulțumiri

Odată cu definitivarea acestei lucrări, doresc să adresez mulțumirile cuvenite tuturor celor care, direct sau indirect, prin sugestiile oferite au contribuit la șlefuirea acestui demers științific și m-au susținut în finalizarea lui.

Aș dori să exprim deplina mea recunoștință tuturor celor care au contribuit la formarea și educarea mea ca om, cercetător și cadru didactic, profesori și mentori care m-au ajutat să înțeleg și să iubesc această profesie specială. Multe mulțumiri adresez fostului meu conducător de doctorat, profesorul Ion Matei, pentru supervizare, răbdare și felul în care a știut să mă motiveze cu ani în urmă.

Mulțumiri speciale familiei mele care m-a susținut pe parcusul anilor și m-a înconjurat cu dragoste și încredere, care mi-a oferit permanent motivația, inspirația și echilibrul de care aveam nevoie pentru a întreprinde, continua și finaliza această lucrare. Aș dori să mulțumesc colegilor și prietenilor mei de la Universitatea din Petroșani care m-au ajutat cu sfaturi valoroase.

Nu pot încheia aceste rânduri, fără a îmi îndeplini o firească îndatorire, exprimând mulțumirile cuvenite tuturor aceloră – colegi de profesie și de aspirații, prieteni statornici, specialiști recunoscuți și colaboratori din domeniu – care, sub diferite forme, au constituit un real sprijin sau au facilitat finalizarea acestei teze.

Petroșani, Aprilie 2015

REZUMAT

Conceptul de cadru universitar este unul complex și extrem de dinamic. Acesta implică pe de-o parte competența științifică validată prin studii și comunicări științifice, coroborată cu nevoia de perpetuă profesionalizare; pe de altă parte, ideea de profesor nu poate exista fără vocația de dascăl, care crează emulație în rândul studenților, gata de sacrificii în numele unei satisfacții greu de cuantificat și care se manifestă doar pe termen lung. Dezvoltarea unei baze solide de cercetare în domeniul ingineriei industriale, având ca suport fundamentul didactic al securității industriale și ocupaționale, este o chestiune de mare actualitate în societatea contemporană. Iar acest deziderat poate fi atins în primul rând prin experiența profesională și umană a cadrelor didactice implicate în acest domeniu.

Teza de abilitare reprezintă o sinteză a preocupărilor și activităților științifice ale autorului desfășurate în perioada ulterioară susținerii, în anul 1999, a tezei de doctorat cu titlul “*Contribuții privind studiul recircuitării controlate a aerului ca tehnică de ventilație a fronturilor de lucru din subteran*”, sub conducerea prof. univ. dr. ing. Ion MATEI. Teza de abilitare este concentrată, în principal, pe acele realizări care atestă capacitatea autorului de a conduce activități de cercetare științifică în domeniul *Inginerie industrială*, cu aplicații în *Securitatea sistemelor industriale și Securitate și sănătate în muncă*.

În sensul ideilor enunțate anterior, **primul capitol** al tezei de abilitare se constituie ca un preambul și prezintă obiectivele tezei și un sumar al celor mai importante rezultate ale activității post-doctorale ale autorului, desfășurată începând cu anul 1999 în cadrul Departamentului Inginerie Minieră, Topografie și Construcții (fosta catedră Inginerie Minieră și Securitate în Industrie).

Pe linie *academică/învățământ* am susținut în calitate de titular și coordonator disciplinele: “*Securitate și sănătate în muncă*”, „*Metode și tehnici de evaluare a riscurilor profesionale*”, „*Managementul riscurilor*”, „*Evaluarea riscurilor în industria minieră*”, „*Elemente de teoria probabilităților aplicate în analiza riscurilor industriale*” (licență, master, cursuri postuniversitare de formare și dezvoltare profesională continuă). Am fost coordonator de proiecte de diplomă (peste 80 proiecte), dizertații (peste 120) dar și referent oficial în 15 comisii pentru susținerea tezelor de doctorat în domeniile „*Inginerie Industrială*” și „*Mine, petrol, gaze*”. Am înființat și sunt coordonator al programului de studii universitare de licență *Ingineria securității în industrie*, din domeniul „*Inginerie industrială*”, precum și al programului de studii universitare de masterat *Managementul securității și sănătății în muncă*.

În perioada 2001-2006 am coordonat activitatea Centrului de Cercetare „*Evaluarea riscurilor industriale*”, centru acreditat C.N.C.S.I.S. în calitate de director – adjunct, iar din anul 2014 sunt directorul Centrului de Cercetare „*Evaluarea riscurilor în industrie*”, acreditat instituțional prin Hotărârea Senatului Universității din Petroșani.

În cei 15 ani de activitate post-doctorală am acumulat o bogată experiență în următoarele domenii de cercetare: *Securitate și sănătate în muncă; Analiza și evaluarea riscurilor în industrie; Managementul riscurilor; Ventilație și securitate industrială/minieră*. Partea întâi a tezei de abilitare sintetizează rezultatele care au fost publicate în jurnale aflate în fluxul principal de comunicare științifică (Web of Science sau alte baze de date internaționale).

Astfel, **capitolul 2** este consacrat celor mai relevante contribuții care au vizat **dezvoltarea, implementarea și optimizarea instrumentelor de analiză a riscurilor ocupaționale în industrie**. Integritatea erorilor umane în analiza riscurilor industriale constituie o provocare continuă pentru experți, iar scopul cercetărilor a vizat definirea și operaționalizarea conceptului de Situație Limită Admisă în Exploatare și definirea indicatorilor care permit realizarea unei comparații între sarcina prescrisă și activitatea reală a operatorului uman. Studiul modurilor de defectare ale componentelor tehnice și al erorilor umane a fost completat prin investigarea modurilor de anihilare sau ocolire al măsurilor de securitate, în acest scop propunându-se un algoritm de integrare a situațiilor limită admise în exploatare în procesul de analiză a riscurilor industriale [A1; A2].

Elaborarea și operaționalizarea unui model al fiabilității umane specific pentru activitatea de dispecerizare a constituit o continuare firească a studiilor întreprinse. Dezvoltarea modelului fiabilității operatorului, sub forma unei funcții lineare aditive a factorilor de fiabilitate, a fost fundamentată pe metoda raționamentelor experților. Modelul elaborat a fost aplicat în vederea estimării fiabilității umane în cazul operatorilor care își desfășoară activitatea în dispeceratele minelor de cărbuni, în regim normal de exploatare [A3; A4].

Vizând determinarea înlănțuirilor cauzale și a combinațiilor de evenimente ce pot genera un eveniment nedorit de referință, analiza prin arborele de defectări este aplicată în prezent în domenii cum sunt aeronautica, industria nucleară, industria chimică și petrochimică. Pentru a cerceta posibilitățile de extindere a aplicabilității acestui instrument în studiul securității sistemelor industriale, cercetarea a fost consacrată analizei unui sistem de alimentare cu apă a unui sistem secundar industrial. Analiza rezultatelor obținute din schema logică au permis determinarea drumurilor critice și identificarea punctelor slabe ale sistemului [A5; A6; A7].

Pornind de la necesitatea abordării unitare și sistematice a riscurilor specifice, în **capitolul 3**, intitulat „**Noi metodologii de apreciere și gestiune a riscurilor pentru securitate și sănătate în muncă**”, am dezvoltat cadrul general de apreciere a riscului de explozie în minele grizutoase, în baza cuantificării probabilității de producere și a gravității consecințelor, cu ajutorul analizei prin Arborele Cauzelor. Metodologia propusă se fundamentează pe cunoașterea și înțelegerea naturii pericolelor, a caracteristicilor materialelor combustibile și pe principiile ingineriei proceselor termodinamice [A8; A9; A10].

Aplicând metoda I.N.C.D.P.M. București de evaluare a riscurilor în cadrul contractelor de cercetare cu diverși beneficiari din țară, am evidențiat limitările și dezavantajele acestei metode, considerându-o incompletă, nefiabilă, cu un prea pronunțat caracter subiectiv. Din această perspectivă, ne-am propus identificarea cauzelor care conduc la anomalii și stabilirea modalităților de îmbunătățire a metodei, astfel încât aceste anomalii să fie corectate. Totodată am identificat cauzele acestor anomalii și am propus soluțiile de remediere. Soluțiile propuse s-au validat prin intermediul unor aplicații practice [A12; A13].

S-a investigat și relația conceptuală dintre diversele *categorii de metode* de evaluare a riscurilor și *criteriile aplicabile* pentru selecția lor, furnizând *recomandări* privind modul în care unitățile industriale își pot alege tehnicile adecvate pentru o anumită situație [A14; A15].

Numeroase studii de cercetare au fost lansate, și sunt în curs de realizare, pentru a diminua absența cunoștințelor privind efectele nanomaterialelor asupra sănătății și securității lucrătorilor [A16]. Pentru a veni în sprijinul dezvoltării sigure a nanotehnologiilor, atât în domeniul industrial, cât și în cercetare, am abordat principalele repere strategice referitoare la identificarea pericolelor, evaluarea și managementul riscurilor generate de nanoparticulele de sinteză, furnizând un fundament al dezvoltării bunelor practici în domeniu [A17; A18].

Bazat pe o analiză aprofundată a literaturii de specialitate, ne-am propus să stabilim premisele de elaborare, principiile și structura unui instrument de evaluare a riscurilor profesionale psihosociale, adaptat nevoilor și condițiilor specifice companiilor românești. Metodologia propusă vizează să servească drept ghid de orientare proactivă pentru toate părțile interesate implicate în gestiunea securității și sănătății în muncă la nivel național [A33; A34].

În **capitolul 4** se prezintă rezultatele obținute de către echipa noastră de cercetare în domeniul **cuantificării riscurilor specifice sistemelor industriale și al optimizării securității intrinseci**. Sunt sistematizate rezultatele obținute în ceea ce privește: cuantificarea, cartarea și reducerea expunerii la zgomot a lucrătorilor din industria extractivă *off-shore* [A19; A20]; evaluarea și auditarea riscurilor pentru securitatea și sănătatea lucrătorilor din industria extracției gazelor naturale [A21; A22; A23]; evaluarea riscului indus de noxele emise de motoarele cu combustie internă [A24]; simularea numerică a parametrilor ventiloarelor auxiliare în sisteme de ventilație cu recirculare controlată [A25]; optimizarea amplasării traductoarelor în rețele reprezentative de ventilație [A26; A27]

Capitolul 5 cuprinde prezentarea **soluțiilor tehnice destinate minimizării riscurilor asociate prezenței metanului în industria minieră**.

În toată lumea, cercetări asidue având ca scop cunoașterea elementelor legate de apariția și prevenirea pericolului provocat de gazul metan, demonstrează că nici un preț nu este prea mare pentru a răsplăti cuceririle în stăpânirea și controlul securității muncii în subteran. Analiza contextuală a statisticii accidentelor de muncă produse în ultimele 3 decenii la minele din Valea Jiului, este deosebit de elocventă pentru riscul asociat formării amestecurilor explozive în condițiile în care mijloacele de prevenire a acumulărilor de metan nu au eficacitatea scontată [A28].

Ca urmare, una dintre direcțiile de cercetare prioritare a vizat mecanismul și regimul de degajare a metanului în abataje [A29], în vederea stabilirii unei soluții tehnice de dirijare a emanațiilor de metan din spațiile exploatare [A30]. Prin realizarea procesului de degazare înainte de exploatare, pot fi obținute cel puțin trei beneficii simultane: o nouă sursă alternativă de combustibil, prin valorificarea metanului, o reducere a emisiilor de metan și o reducere a costurilor aferente procesului de ventilație. Cu ajutorul simulărilor computerizate (software *Computer Fluid Dynamic*, pachetul *multiphysics ANSYS Fluent*) am evidențiat diferențele dintre situațiile care includ procesul de degazare și cazurile în care exploatarea este neperformantă în lipsa unei degazări prealabile a stratelor [A31; A32] .

Principalele probleme în calculul și interpretarea indicilor „*de foc*” sunt asociate tehnicilor de măsurare utilizate, incertitudinilor asociate, inadecvării ecuațiilor de calcul, diluării cu alte gaze în subteran. Din această perspectivă, am studiat principalele problemele asociate tehnicilor de măsurare și ecuațiilor aplicate în vederea determinării deficienței în oxigen. Cercetările au evidențiat limitele și implicațiile asociate acestui risc sinergic, generator de evenimente nedorite cu consecințe severe [A11].

Partea a doua a tezei cuprinde un set de principii și elemente concrete ce compun planul personal de dezvoltare academică și științifică. Astfel pe plan profesional îmi propun conducerea de teze de doctorat în domeniul *Inginerie Industrială*, implicarea și participarea la acreditarea și consolidarea acestui domeniu de doctorat la Universitatea din Petroșani. Totodată voi avea în prim plan dezvoltarea la nivel național a domeniului *Ingineria securității în industrie* prin inițierea, consolidarea și dinamizarea unui consorțiu care să includă universitățile și institutele de cercetare de profil, precum și implicarea pentru creerea unui network al acestui domeniu pe plan internațional.

În a treia parte a tezei de abilitare prezint referințele bibliografice asociate primelor două secțiuni.

ABSTRACT

The concept of University Educator is complex and highly dynamic. This would imply on the one hand the scientific skills and expertise validated by research studies and published articles, in conjunction with the need for perpetual improvement; on the other hand, there can be no idea of educator without authentic mentoring vocation that creates emulation among students, ready to sacrifice on behalf of hard to quantify rewards and is only demonstrated on long term. Developing a solid foundation of research in industrial engineering, with the support of teaching foundation of industrial and occupational safety is a matter of great interest in contemporary society. And this could be achieved primarily through professional and human experience of teaching and research staff involved in this field.

The habilitation thesis is a summary of the author's concerns and scientific activities carried out during the subsequent period after asserting, in 1999, the doctoral thesis entitled "*Contributions to the study of controlled air recycle as a technique for ventilating underground working faces*" under the supervision of Prof. Ph.D.Eng. Ion MATEI. The habilitation thesis is focused mainly on those achievements proving the author's ability to lead scientific research in the field of *Industrial Engineering*, with applications in *Industrial Systems Safety* and *Occupational Safety and Health*. For the purpose of the ideas set out above, the **first chapter** of the thesis is set as a preamble and presents the objectives and a summary of the most important results of post-doctoral work of the author, held since 1999 in the Department of Mining, Surveying and Civil Engineering (formerly the Mining Engineering and Industrial Safety Department).

Within my academic / educational activity I supported as tenured professor and coordinator the disciplines: "*Occupational safety and health*", "*Methods and techniques of occupational risk assessment*", "*Risk management*", "*Risk assessment in mining industry*", "*Elements of probability theory applied in industrial risk analysis*" (bachelor degree, master degree, postgraduate training and continuing professional development courses). I was coordinator of diploma projects (80 projects), M.Sc. dissertations (over 120) and official reviewer in 15 commissions for doctoral thesis public submission in the field of "*Industrial Engineering*" and "*Mines, oil and gas.*" I set up and coordinate the program of undergraduate studies in "*Industrial Safety Engineering*" in the field of "*Industrial Engineering*" and the Master's Degree Program "*Occupational Health and Safety Management*".

During 2001-2006 I coordinated the Research Center "*Industrial Risk Assessment*", CNCSIS accredited center, as deputy - director and since 2014 I am the director of the Research Center "*Risk assessment in industry*" institutionally accredited by the University of Petroșani Senate Decision. In the 15 years of post-doctoral activity I have accumulated rich experience in the following areas of research: *Occupational Health and Safety; Risk Analysis and Assessment in Industry; Risk Management; Ventilation and Safety in Industry/Mining*. The first section, which is the most consistent one, of my habilitation thesis summarizes the main results which were published in journals that are in the mainstream scientific journals (Web of Science or other international databases).

Thus, **Chapter 2** is devoted to the most relevant contributions focused on the development, implementation and optimization of occupational risk analysis tools in the industry. Integrating human errors in industrial risk analysis is an ongoing challenge for experts and research purposes aimed at defining and the first research work was aimed at introducing the concept of *boundary situations tolerated in operation* and defining indicators that allow a comparison between the prescribed and actual work load of the human operator. The study of technical components and human error failure modes was completed by exploring ways to suppress or bypass safety measures, to this end proposing an algorithm targeted for boundary situations tolerated in operation integration in the framework of industrial risk analysis processes [A1; A2].

Developing and operating a model of human reliability in specific dispatching activity was a natural continuation of our studies. Operator reliability model development as a linear function of

additive factors of reliability was based on expert judgments method. The model developed was applied to estimate human reliability in case of operators working in the coal mines dispatch in normal operation case [A3; A4].

Aiming at determining causal chaining and combinations of events that can generate an undesirable event, Failure Tree Analysis is currently applied in areas such as aerospace, nuclear industry, chemical and petrochemical industries. To investigate the possibilities of extending the applicability of this tool in the study of industrial systems safety research has been devoted to the analysis of a water supply system of an industrial secondary system. Analysis of the results synthesized in the flowchart allowed the determination of critical roads and identify system's [A5; A6; A7].

Given the need for uniform and systematic approach to specific risks, in **Chapter 3**, entitled "***New methodologies for assessing and managing risks to health and safety at work***", we have developed a general framework for assessing the risk of explosion in gassy mines, based on quantifying the probability of occurrence and severity of the consequences, by analyzing the Root Cause Tree. The proposed methodology is based on knowledge and understanding of natural hazards, characteristics of combustible materials and engineering principles of thermodynamic processes [A8; A9; A10].

Applying the INCDPM Bucharest method of risk assessment in research contracts with various clients in the country, we have highlighted the limitations and disadvantages of this method, considering it as incomplete, unreliable, with an overly subjective character. From this perspective, we focused to identify the causes of anomalies and determining ways to improve the method so that these anomalies are corrected. Also we have identified the causes of these abnormalities and proposed remedies. The proposed solutions have been validated by means of practical applications [A12; A13].

We also investigated the relationship between different *conceptual categories of risk assessment methods* and *criteria for their selection*, to provide recommendations on how industrial establishments can choose appropriate techniques for a particular situation [A14; A15].

Numerous research studies have been launched and are being implemented to minimize the absence of knowledge about the effects of nanomaterials on health and safety of workers [A16]. To support the development of safe nanotechnologies, both in industry and research, we addressed the main strategic guidelines on hazard identification, assessment and management of risks from synthesis nanoparticles, providing a foundation for the development of good practices [A17; A18].

Based on a thorough analysis of the literature, we aimed to establish the development prerequisites, principles and structure of a psychosocial occupational risk assessment tool, adapted to the needs and circumstances of Romanian companies. The proposed methodology aims to provide proactive guidance for all stakeholders involved in the management of health and safety at work at national level [A33; A34].

Chapter 4 is a synopsis of the results obtained by our research team in ***quantifying the specific risks in industrial systems and optimization of intrinsic safety***. Results are systematized in terms of: quantification, mapping and reducing noise exposure of workers in *offshore* industry [A19; A20]; risk assessment and audit of health and safety in natural gas extraction industry [A21; A22; A23]; risk assessment induced by exhaust emissions of internal combustion engines [A24]; numerical simulation of auxiliary fan parameters in ventilation systems with controlled recirculation [A25]; transducer placement optimization in representative ventilation networks [A26; A27]

Chapter 5 includes a presentation of technical solutions thought to ***minimize the risks associated with the presence of methane*** in the mining industry. Worldwide, extensive research aimed at knowledge of the elements related to the occurrence and prevention of hazard caused by methane, demonstrates that no price is too high to reward gains in controlling occupational safety level in underground environment. Contextual analysis of work accidents statistics in the last 3 decades in Jiu Valley collieries is particularly indicative of the risk associated with the formation of

explosive mixtures while the means to prevent the methane accumulation have not the expected effectiveness [A28].

As a result, one of the priority research directions targeted the methane emission mechanism in stopes [A29], to establish a technical solution for directing methane from exploited spaces [A30]. Developing the methane drainage process before mining operations, safety engineers may obtain simultaneously at least three benefits: a new alternative fuel source by harnessing methane, a reduction of methane emissions as GHG and a reduction in costs of the ventilation process. Using computer simulations (*Computer Fluid Dynamic* software package *ANSYS Multiphysics Fluent*) our research highlighted the differences between the situations that include drainage process and where exploitation is unsafe in the absence of prior methane drainage of coal seams [A31; A32].

The main issues in the calculation and interpretation of fire indexes are associated with measurement techniques used, related uncertainties, inadequate calculation equations, dilution with other gases in the underground environment. From this perspective, we studied the main problems related to measurement techniques and equations applied to determining the oxygen deficiency. Research has highlighted the limitations and implications associated to this synergistic risk, generating undesirable events with severe consequences [A11].

The second part of the thesis comprises a set of principles and concrete elements that compose my personal development plan academic and scientific and bibliographic references, grouped into specific categories. So, professionally I have as main goal supervision of doctoral thesis in *Industrial Engineering*, involvement and participation in the accreditation and strengthening of this PhD area at the University of Petroșani.

Also I will maintain in forefront the national level development in the field of Industrial Safety Engineering by initiating and consolidating a dynamic consortium including universities and research institutes in the field, and involving the creation of an international network.

In the third part of habilitation thesis references associated with the first two sections are included, on specific categories.

PARTEA I. REALIZĂRI ȘTIINȚIFICE ȘI PROFESIONALE. PREZENTARE TEHNICĂ

CAPITOLUL 1

SINTEZA REZULTATELOR ȘTIINȚIFICE ȘI PROFESIONALE POST-DOCTORALE

1.1. Introducere și domenii de cercetare

Activitatea mea profesională, didactică și de cercetare științifică din ultimii 25 de ani s-a desfășurat în cadrul Departamentului de Inginerie Minieră, Topografie și Construcții (DIMTC – fosta catedră de Inginerie Minieră și Securitate în Industrie), din cadrul Facultății de Mine, Universitatea din Petroșani. În prezent sunt Profesor Doctor Inginer și în intervalul temporal menționat am dobândit un nivel consistent de experiență în următoarele domenii de cercetare:

- Securitate și sănătate în muncă;
- Analiza și evaluarea riscurilor în industrie;
- Managementul riscurilor;
- Ventilație și securitate industrială/minieră.

Prezenta teză de abilitare se constituie într-o sinteză a activității de cercetare desfășurată în ultimii 15 ani, acoperind cercetările întreprinse, desfășurate și materializate în perioada post-doctorală¹. Acest capitol este consacrat unei expuneri sumare a structurii activităților de cercetare derulate în colectivul „Securitate și sănătate în muncă” și în cadrul Centrului de Cercetare „Evaluarea riscurilor în industrie - CCERI”, a cărei activitate o coordonez, în calitate de director.

1.2. Obiective

Asigurarea securității și sănătății în muncă constituie astăzi domeniul preocupărilor conjugate ale disciplinelor tehnice și inginerești, interesate deopotrivă de găsirea celor mai adecvate metode și mijloace de optimizare a integrării omului în sistemul solicitărilor profesionale.

Prezenta teză abordează un domeniu științific interdisciplinar, relativ nou, modern, cu un viitor cert și cu recunoaștere internațională, cum este cel al securității și sănătății în muncă în context industrial, constituind un demers științific destul de dificil de realizat și, totodată, o tentativă riscantă având în vedere necesitatea verificării permanente a coerenței, consistenței sau a profunzimii abordărilor existente, precum și obligativitatea regândirii unor construcții intelectuale existente.

Soliditatea și utilitatea demersului științific întreprins pe parcursul celor 15 ani de studii și cercetări, au fost fundamentate pe convingerea autorului că succesul, performanța și competitivitatea organizației industriale moderne depind în mare măsură de integrarea securității și sănătății muncii în strategia de afaceri a acesteia. Iată de ce teza de abilitare reprezintă și o tentativă de a pune în evidență, prin argumente raționale conjugate cu rigoarea științifică, potențialitatea securității și sănătății în muncă, domeniu de activitate cunoscut mai mult prin efectele sale și mai puțin sub aspectul științific al problematicii abordate.

¹ Menționez că în urma susținerii publice, în anul 1999, a tezei de doctorat intitulată „Contribuții privind studiul recircuitării controlate a aerului în subteran ca tehnică de ventilație a fronturilor de lucru din subteran” am obținut titlul de Doctor-inginer în domeniul „Mine, Petrol și Gaze” (Hotărârea de obținere a titlului de Doctor-inginer în Științe Tehnice: Ordinul MEN nr. 3337/08.03.2000).

Identificarea, estimarea, cuantificarea, evaluarea și managementul riscurilor profesionale, implementarea metodelor de prevenire a accidentelor de muncă și a bolilor profesionale, a tehnicilor de minimizare a efectelor negative ale accidentelor, gestiunea dinamică și participativă a riscurilor industriale, integrarea securității și sănătății ocupaționale în conducerea proceselor industriale au constituit nu doar repere obligatorii, ci și priorități distincte ale demersurilor noastre de cercetare destinate fundamentării, dezvoltării, verificării și sistematizării informației științifice în domeniul securității industriale și ocupaționale.

Un alt obiectiv al cercetărilor a vizat evidențierea și argumentarea necesității integrării ferme, sistematice și inovative a securității și sănătății ocupaționale în miezul proceselor industriale, a reorientării proceselor industriale către o gestiune pro-activă a securității și sănătății ocupaționale. Strategiile, metodele, metodologiile și tehnicile propuse oferă soluții concrete privind problemele-cheie pe care inginerul de securitate trebuie să le ia în considerare în realizarea eficace a gestiunii riscurilor specifice și în procesul de adoptare a deciziilor.

1.3. Sumar al contribuțiilor științifice

În cei 15 ani de activitate post-doctorală de cercetare am elaborat, susținut și publicat, în calitate de autor unic sau coautor în diferite colective, un număr de 169 de articole și lucrări științifice, dintre care:

- 5 articole publicate în **reviste cotate ISI** (suma totală a factorilor de impact este de 3,74; https://www.researchgate.net/profile/Roland_Moraru/reputation);
- 38 lucrări științifice publicate în volume ale **conferințelor indexate ISI** (ISI Conference Proceedings Citation Index, Thomson ISI Master Journal List, Web of Science®);
- 83 articole în reviste și volumele unor manifestări științifice indexate în alte **baze de date internaționale** (SCOPUS; EBSCOHOST; CABELL's; Index Copernicus – Journal Master List, Genamics Journalseek Database, Evisa database, Google Scholar, DOAJ – Directory of Open Access Journals, SCIRUS - Elsevier, ProQuest database, EBSCO Publishing, Chemical Abstracts Service (CAS), BASE - Bielefeld Academic Search Engine, *Open J-Gate Service*, getCITED:Academic research list; NASA-Astrophysics; RePeC; EconPapers; BAZTECH; MK PERIODICA; SCPIO; MedSci; etc);
- 46 articole în extenso în Reviste/Proceedings naționale/internaționale neindexate

În calitate de director/responsabil pentru 4 proiecte de cercetare câștigate prin competiție, am coordonat cercetările având ca temă:

- *Elaborarea modelului de sistem de management integrat al securității și sănătății în muncă la nivelul unităților din economia națională cu activitate în atmosferă potențial explozivă și/sau toxică*, în cadrul Proiectului PN 07 45 01 06 - Sistem integrat de management al riscului profesional generat de aplicațiile industriale desfășurate în medii cu pericol de explozie și/sau toxicitate, proiect de cercetare-dezvoltare din cadrul Programului NUCLEU privind „Dezvoltarea capacității naționale de evaluare, prevenire și limitare a riscurilor generate de aplicațiile industriale desfășurate în medii cu pericol de explozie și/sau toxicitate în domeniul securității și sănătății personalului, protecției mediului, resurselor minerale și materialelor/RISC MAJOR.
- *Raționalizarea rețelelor de aeraj ale minelor din Valea Jiului în condițiile restructurării acestora ca urmare a închiderii unor zone inactive*, Program PNCDI - MEDIU, ENERGIE și RESURSE – MENER, Ministerul Educației și Cercetării MENER, subprogram E, "Resurse minerale" categoria de proiect PED.
- *Studiu privind stabilirea zonei de acțiune în subteran a stațiilor principale de ventilație, cu aplicație la minele din cadrul R.A.H. România*, Grant de cercetare multianual CNCISIS tip B.

- *Auto SSM - Reactualizarea și optimizarea sistemului de Sănătate și Securitate în Muncă, capabil să asigure o funcționare conformă cu legislația în vigoare și fără riscuri în activitatea curentă a companiei*, proiect cofinanțat din Fondul Social European (prin Programul Operațional Sectorial „Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013”), în baza contractului de finanțare încheiat cu Ministerul Muncii, Familiei și Protecției Sociale.

Ca membru în echipa proiectului internațional *Joint Research Project R03/2008/MEDI/ANCS-2008-2009*, cu tema *The environmental impact of coal mines closure and ecological rehabilitation of mining area of India and Romania* finanțat de guvernele României și Indiei, am realizat o eficientă interacțiune academică și de cercetare cu cercetătorii de la Dhanbad School of Mines, Directoratul General de Securitate Minieră, Institutul Central de Cercetare pentru Minerit și Combustibili (C.I.M.F.R.-Central Institute of Mining and Fuel Research) și Indian Institute of Technology din Kharagpur, prestigioase școli superioare de mine și tehnologie din India : Prof.dr. Dheeraj Kumar, prof.dr. S.N. Mhukerjee, Conf.dr. Biswajit Paul, conf.dr. V.M.S.R. Murthy, prof.dr. Upendra Kr. Singh, prof.dr. V.A. Panigrahi. Cercetările efectuate au vizat i) Analiza riscurilor induse asupra mediului de închiderea minelor de cărbune în faza de monitorizare post-închidere; ii)Reabilitarea ecologică și utilizarea terenurilor afectate de exploatare; iii) Prognozarea efectelor pe termen lung asupra mediului și dezvoltării durabile; iv) Efectele economice și sociale generate de închiderea perimetrelor miniere în bazinele Jharia, Raniganj și Jhunkudar.

Participarea ca *membru în colectivele de cercetare* ale unor granturi câștigate prin competiție (2), granturi POSDRU (2), contracte de cercetare științifică (19) pentru diverși beneficiari din țară a constituit și constituie și în prezent o constantă a activității mele de cercetare științifică. Domeniile și temele de cercetare au vizat securitatea industrială și ocupațională, după cum urmează:

- Prevenirea și controlul riscurilor induse de aplicațiile industriale în medii caracterizate de pericolul exploziv și/sau toxic, în domeniul securității și sănătății ocupaționale, mediului și resurselor minerale;
- Stabilirea măsurilor de prevenire și diminuare a riscurilor de la locurile de muncă din companii industriale cu risc prezumat ridicat: S.N.P. PETROM S.A. – Sucursala PETROMAR Constanța; S.C. ROȘIA MONTANĂ GOLD CORPORATION S.A.; ROȘIAMIN ROȘIA MONTANĂ S.A.; S.C. GRUP PETROL MARIN S.A. Constanța; S.C. RIG SERVICE S.A. Constanța; S.C. ISPAT SIDERURGICA S.A. Hunedoara; GRUP SERVICE S.A. Constanța;
- Stabilirea principiilor necesare pentru implementarea procedurilor de evaluare a riscului din punct de vedere exploziv;
- Proiectarea managementului în domeniul securității și sănătății în muncă la R.A.L.O. Târgu Jiu;
- Metodă operativă pentru determinarea explozivității amestecurilor de gaze inflamabile din zonele izolate de foc;
- Elaborarea măsurilor de securitate privind redeschiderea zonelor izolate în urma focurilor de mină, cu aplicație la minele din cadrul R.A.H. România;
- Elaborarea măsurilor de securitate pentru aplicarea operațiilor de inertizare la combaterea focurilor de mină;
- Îmbunătățirea sistemului de aeraj al minei Transilvania din cadrul Sucursalei Salina Ocna Dej având în vedere dezvoltarea în adâncime a exploatării;
- Elaborarea de teste de securitate și sănătate în muncă pentru evaluarea cunoștințelor în domeniu a cadrelor de conducere și a personalului muncitor din cadrul R.A.L.O. Târgu Jiu;
- Stabilirea gradului de poluare a atmosferei subterane în cadrul minelor din Valea Jiului datorat funcționării utilajelor cu combustie internă și elaborarea măsurilor de securitate pentru diminuarea acestuia;
- Stabilirea gradului de poluare a atmosferei subterane datorat funcționării utilajelor cu combustie internă și a concasării minereului în subteran și evaluarea măsurilor de securitate pentru diminuarea acestora, cu aplicație la E.M. Șuior și E.M. Baia Sprie;

- Prevenirea și controlul combustiei spontane în minele de cărbuni;
- Recircuitarea controlată a aerului, o soluție neconvențională pentru ventilarea fronturilor de lucru din subteran;
- Influența unor factori geologico-minieri asupra circulației aerului prin spațiul exploatat, în condițiile minelor din Valea Jiului și pericolul izbucnirii focurilor subterane endogene datorită acesteia.

În vederea valorificării și diseminării rezultatelor cercetărilor proprii sau a celor obținute împreună cu membrii *Departamentului de Inginerie Minieră, Topografie și Construcții* al Facultății de Mine din cadrul Universității din Petroșani, precum și pentru a participa la schimbul național și internațional de idei și informații în domeniile mele de competență, am participat la un număr de peste 50 de manifestări științifice organizate atât în țară, cât și în străinătate.

În perioada de după susținerea tezei de doctorat am elaborat și publicat, în calitate de prim-autor, autor unic sau coautor în diferite colective, la edituri recunoscute CNCSIS/CNCS și edituri internaționale, un număr de 15 cărți și capitole de carte, care pot fi structurate astfel:

- două capitole de carte publicate în edituri din străinătate (S.U.A – 2012, respectiv Croația - 2012);
- 10 cărți în edituri acreditate de CNCSIS/CNCS, dintre care 4 ca prim-autor;
- 5 manuale suport de curs, dintre care 3 ca prim autor și unul ca unic autor;
- 3 îndrumare pentru laborator/aplicații, dintre care două ca prim-autor.

Majoritatea acestor cărți, manuale, îndrumare reprezintă rezultatul eforturilor de cercetare și documentare în domeniul securității și sănătății în muncă și al securității industriale și constituie repere bibliografice obligatorii pentru disciplinele care abordează domeniile menționate la Universitatea din Petroșani (programele de studii de licență „*Ingenieria securității în industrie*”, „*Ingenierie minieră*”, „*Construcții miniere*”, precum și programul de studii de masterat „*Managementul securității și sănătății în muncă*” de la Facultatea de Mine, programul de studii de licență „*Mașini și Echipamente Miniere*” de la Facultatea de Inginerie Mecanică și Electrică).

În perioada 2001-2006 am coordonat activitatea Centrului de Cercetare „Evaluarea riscurilor industriale”, centru acreditat C.N.C.S.I.S (Certificat nr. 26/CC-C/11.05.2001) în calitate de director – adjunct, iar din anul 2014 sunt directorul Centrului de Cercetare „Evaluarea riscurilor în industrie”, acreditat instituțional prin Hotărârea Senatului Universității din Petroșani H.S. 75/24.09.2014.

1.4.Dezvoltare programe de studii și activitate didactică

1.4.1. Dezvoltare și coordonare de programe de studii

Sunt coordonator al programului de studii universitare de masterat *Managementul securității și sănătății în muncă*, domeniul fundamental: *Științe Inginerești*, domeniul de studii universitare de licență: *Mine, Petrol și Gaze*, acreditat ARACIS în anul 2011. Menționez că Universitatea din Petroșani a organizat, începând cu anul universitar 2002-2003, în cadrul domeniului „*Ingenierie și management*”, studiile de masterat „*Managementul securității și sănătății în muncă (MSSM)*”, cu durata de 1,5 ani, care a reprezentat *primul program* de acest gen *organizat pe plan național*.

De asemenea, sunt coordonator al programului de studii universitare de licență *Ingenieria securității în industrie*, din domeniul „*Ingenierie industrială*”, autorizat provizoriu de către ARACIS în mai 2013. Universitatea din Petroșani a fost cea care a propus introducerea în *Nomenclatorul domeniilor de studii universitare de licență și a specializărilor din cadrul acestora*, a noii – la momentul respectiv - specializări universitare. Specializarea a fost introdusă în nomenclator prin H.G. nr. 1175/2006.

Am coordonat, în calitate de „*Responsabil curs*” desfășurarea a mai multor serii de cursuri postuniversitare de formare și dezvoltare profesională continuă în specializarea „*Evaluator al*

riscurilor pentru securitate și sănătate în muncă". Universitatea din Petroșani, prin colectivul din care fac parte se bucură de apreciere și recunoaștere pe plan național în ceea ce privește formarea profesională postuniversitară în domeniul securității și sănătății în muncă.

1.4.2. Activitatea didactică

- activitate didactică aferentă normei de bază desfășurată la disciplinele: *Sănătate și securitate în muncă, Protecția muncii în industria minieră, Protecția muncii, Securitatea și sănătatea muncii în construcții, Aeraj și protecția muncii, Aerajul la executarea construcțiilor subterane, Aerajul minelor, Analiză de risc, Climatologie, Aeraj minier*;
- activitate didactică desfășurată în cadrul specializării „*Securitate și sănătate în muncă - Studii aprofundate*” la disciplinele: *Analiză de risc, Focuri, incendii și explozii, Poluare în timp și spațiu*;
- activitate didactică desfășurată în cadrul specializării „*Managementul securității și sănătății în muncă - Master*” la disciplinele: *Analiză de risc, Evaluarea calității de securitate a echipamentelor tehnice, Elemente de teoria probabilităților aplicate în analiza riscurilor industriale, Metode și tehnici de evaluare a riscurilor profesionale, Managementul riscurilor*;
- activitate didactică desfășurată în cadrul specializării „*Evaluarea impactului antropic și reconstrucția ecologică a zonelor afectate - Master*” la disciplina: *Analiză de risc*;
- activitate didactică desfășurată în cadrul specializării „*Evaluarea riscurilor de accidentare și îmbolnăvire profesională - Curs postuniversitar de perfecționare*” la disciplinele: *Evaluarea riscurilor de accidentare și îmbolnăvire profesională, Managementul riscurilor, Elemente de teoria probabilităților și statistică matematică aplicate în analiza riscurilor industriale*;
- activitate didactică desfășurată în cadrul specializării „*Evaluator al riscurilor pentru securitate și sănătate în muncă - Curs postuniversitar de perfecționare*” la disciplinele: *Evaluarea riscurilor depentru securitate și sănătate în muncă, Managementul riscurilor, Elemente de teoria probabilităților și statistică matematică aplicate în analiza riscurilor industriale*;
- coordonarea de lucrări de diplomă, disertație și absolvire la specializările enumerate anterior (în medie, 10 lucrări de finalizare a studiilor/an);

1.5. Vizibilitate și impact al cercetării

Vizibilitatea și impactul activității științifice desfășurate pot fi evaluate în funcție de aprecierile de care s-a bucurat aceasta în țară și în străinătate. Articolele, lucrările științifice și cărțile publicate sunt citate atât de autori prestigioși **din străinătate** - Jianwei Cheng (*China University of Mining and Technology, Xuzhou City, Jiangsu, China*), Yi Luo (*West Virginia University, S.U.A.*), Lin, Q.L. , Wang, D.J., Lin, W.G. (*School of Management, Hefei University of Technology, China*), Marco Ragazzi, Elena Cristina Rada (*Universita di Trento, Italia*), João Paulo Capôto Cerdeira (*Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugalia*), G.S.Patange (*Charotar University of Science and Technology, Changa, Gujarat, India*), M.P.Khond, N.V.Chaudhari (*College of Engineering, Pune Maharashtra , India*), Faisal Aqlan (*Industrial and System Engineering Program, Department of Mechanical, Civil, and Environmental Engineering, University of New Haven, West Haven, S.U.A*), Sarah S. Lam (*Department of Systems Science and Industrial Engineering, State University of New York, Binghamton, S.U.A.*), Sreekanth Ramakrishnan, Michael Testani (*IBM Corporation, Waltham, Massachusetts, S.U.A.*), Miškiewicz, K., Wojaczek, A., Wojtas, P. (*Polonia*), Milton Mauricio Herrera Ramírez și Mauricio Becerra Fernández (*Universidad Catolica de Colombia*), Raboșapca Irina (*Republica Moldova*), Claudio Alejandro Gutiérrez Aravena (*Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingenieria de Minas, Santiago de Chile*), Geraldo Cardoso Oliveira Neto, Roberto Rodrigues Leite și Elesandro Antonio Baptista (*Universidade Nove de Julho, São Paulo, Brazilia*) - cât și **din țară**,

precum profesorii și cercetătorii Achim Moise și Dragolea Larisa (*Universitatea „1 Decembrie 1918” Alba Iulia*), Darabont Doru Costin și Buică Georgeta (*INCDPM Alexandru Darabont București*), Udor Aurel și Sfârlos Ștefan (*Academia de Poliție „Alexandru Ioan Cuza” – Facultatea de Pompieri*), Peptenatu Daniel (*Universitatea din București*), Cioca Marius și Ioana Lorena Bălan (*Universitatea „Lucian Blaga” din Sibiu*), Olaru Marieta, Șandru Mircea și Pirnea Ionela (*Universitatea „Constantin Brâncoveanu” Tg. Jiu*), Izvercianu Monica și Ivașcu Larisa, (*Universitatea „Politehnica” din Timișoara*), Trică Carmen și Negrei Costel (*Universitatea din Craiova*), Durbacă Ion (*Universitatea Politehnica București*), Anda Gheorghiu (*Universitatea Hyperyon*), Paula Angela Vidrașcu și Mihaela Niculescu (*Academia de Studii Economice București*), Felegeanu, D-C., Nedeff, V și Painate, M (*Universitatea „Vasile Alexandri” din Bacău*), Găman Arthur și Lupu Constantin (*INSEMEX Petroșani*).

Sintetizând, rezultă:

- Citări în reviste și Proceedings ISI: **35**;
- Citări în reviste și Proceedings BDI: **43**;

De asemenea, deși nu au fost luate în considerare în calculul privind îndeplinirea standardelor minimale, mai doresc să menționez:

- Citări în Proceedings conferințe și reviste internaționale neindexate: **8**;
- Citări în cărți, manuale, îndrumătoare, culegeri publicate la edituri din țară: **53**;
- Citări în conferințe, simpozioane, reviste, granturi naționale: **54**;
- Citări în teze de doctorat naționale: **134**;
- *Inclus în Marquis Who's Who -2014* (http://bios.marquiswhoswho.com/roland_iosif_moraru/engineering_educator_researcher/8350672)

❖ *Prezentari invitate în plenul unor manifestări științifice naționale și internaționale*

• **Internaționale**

1. “*Study on Romanian training requirements needed to develop an occupational safety and health consultant career in the european union*”, Second International Conference on Career Management in Knowledge Based Society, Czestochowa Technical University, Department of Management, Poland, May 29-30th, 2014, <http://cmks2014.zim.pcz.pl/downloads/CMKS-2014-PP.pdf>

- **Naționale:** 3 prezentări invitate în plen

❖ *Membru în colectivele de redacție al revistelor, recenzor pentru reviste BDI*

1. **Editor șef** *E3 Journal of Environmental Research and Management*, e-ISSN 2141-7466, 234 Ozoro, No 23, Alua Street, Nigeria.
2. **Recenzor** al revistelor *Annales Universitatis Apulensis Series Oeconomica*, *Annals of the University of Petroșani – Mining Engineering*, *Current Advances in Environmental Science*.

❖ *Membru în colectivele de redacție sau comitete științifice al revistelor și manifestărilor științifice, organizator de manifestări științifice, recenzor pentru reviste și manifestări științifice naționale și internaționale neindexate*

- Scientific Committee of the XXII Mountain School of Polish Information Processing Society's International Conference "IT System's Application in Business and Industry Practice" Szczyrk, Polonia, 2015.
- Scientific Committee of the 6th International Conference on Manufacturing Science and Education MSE 2013 *Smart Sustainable Development, Sibiu, România*
- 1st International Conference *Career management in knowledge based society* –Alba-Iulia, România, 2013.
- 2nd International Conference *Career management in knowledge based society* – Chestochowa, Polonia, 2014.

- 5th și 6th International Symposium on Occupational Health and Safety, INSEMEX Petroșani, SESAM 2013.
- 7th edition of the International Conference on Management Economics and Accounting (ICMEA 2013)

❖ **Apartenență organizații profesionale:**

- Membru Onorific Asociația Profesională pentru Securitatea și Sănătatea Muncii Timișoara (A.P.S.S.M.T.), din 2008;
- Asociația Română de Tuneluri ART România (1993-1999)
- Societatea de Inginerie Asistată de Calculator (SIAC), din anul 1994;
- Societatea Română pentru Protecția Atmosferei (SOROPA), din anul 1996;
- Asociația Profesională Română pentru Securitate și Sănătate în Muncă „SESAM România”, 2008.
- Asociația Română pentru Electrosecuritate (din 2009); membru fondator și *vicepreședinte*;
- Asociația Generală a Inginerilor din România (AGIR), din 2013
- Asociația Comitetul Național Român al Consiliului Mondial al Energiei (CNR – CME), din 2014

1.6. Experiență managerială

- Director Departament Inginerie Minieră, Topografie și Construcții (06 Decembrie 2011 – 05 Aprilie 2012)
- Prodecan al Facultății de Mine al Universității din Petroșani (Decizia UP nr. 24 din 06 aprilie 2012)
- Membru al Consiliului Facultății de Mine al Universității din Petroșani (2012-prezent)
- Membru al Senatului Universității din Petroșani (2012-prezent)
- Membru al Biroului Senatului Universității din Petroșani (2012-prezent)
- Membru al Comisiei Facultății de Mine pentru preluarea, verificarea și evaluarea dosarelor cadrelor didactice care solicită echivalarea studiilor pe baza ECSET/SECT (Decizia UP nr. 115 din 08 mai 2012)
- Membru al Comisiei Facultății de Mine de organizare și desfășurare a admiterii în ciclurile de studii universitare de licență, de master și de doctorat începând cu anul universitar 2012-2013 (Decizia UP nr. 110 din 08 mai 2012)
- Membru al Consiliului Științific al Bibliotecii Universității din Petroșani (Decizia UP nr. 103 din 24 aprilie 2012)
- Președinte al Comisiei de avizare internă a *Contractelor de cercetare științifică* în Facultatea de Mine (Decizia UP nr. 93 din 24 aprilie 2012)
- Președinte al Comisiei de susținere al examenelor de grad didactic II, specializarea “Exploatare miniere” în sesiunea august 2012 (Decizia UP nr. 119 din 18 mai 2012 și Adresa MECTS nr. 43670 din 25.iunie 2012)
- Responsabil Facultatea de Mine în Comisia de monitorizare a controlului intern a Universității din Petroșani (Hotărârea nr. 7/2012 a C.A. al U.P.)

Dintre activitățile care consider că prezintă relevanță din perspectiva demersului materializat în teza de abilitare, doresc să mai amintesc că am participat, în calitate de membru, în comisiile de admitere la doctorat în domeniile *Inginerie industrială* și *Mine, petrol, gaze* (2003-2008), în peste 80 de comisii de susținere a examenelor și a referatelor de doctorat în domeniile *Inginerie industrială* și *Mine, petrol, gaze*; de asemenea am făcut parte, în calitate de *referent oficial*, din comisiile de susținere publică a 15 teze de doctorat în domeniile *Inginerie industrială* și *Mine, petrol, gaze*.

CAPITOLUL 2.

DEZVOLTAREA, IMPLEMENTAREA ȘI OPTIMIZAREA INSTRUMENTELOR DE ANALIZĂ A RISCURILOR OCUPAȚIONALE ÎN INDUSTRIE

2.1. Integrarea erorilor umane în analiza riscurilor industriale

Scopul cercetărilor a vizat definirea și operaționalizarea conceptului de Situație Limită Admisă în Exploatare (SLAE), ca situație acceptată de utilizatorul unei mașini industriale, dar neacceptată de constructor sau proiectant din considerente de securitate. Până în prezent, aceste tipuri de abateri nu au fost luate în considerare în analizele de risc și, în consecință, spectrul riscului operațional nu este în întregime acoperit prin analizele a priori realizate pe plan național. În scopul optimizării performanțelor în raport cu un criteriu (de exemplu, productivitatea), SLAE conduc la degradarea performanțelor în raport cu alt criteriu (de exemplu, securitatea). De asemenea, am definit doi indicatori care permit realizarea unei comparații între sarcina prescrisă și activitatea reală, în speță controlul și pierderea controlului, în contextul siguranței funcționării sistemului om-mașină [A1].

Analiza riscului trebuie să identifice punctele în care funcțiile referitoare la securitate nu sunt separate de alte funcții ale mașinii și să determine măsura în care accesul la aceste locații este posibil. Acest aspect este important în special atunci când este necesar accesul la distanță, pentru diagnosticarea sau corectarea procesului [B2]. Formalismul matematic dezvoltat a fost validat prin rezultatele analizei riscurilor realizată în două unități industriale cu luarea în considerare a situațiilor limită admise în exploatare și „ocolirea” măsurilor de securitate. Analiza efectuată în tipografia a permis încorporarea SLAE și s-a materializat în propunerea unui demers sistematic de analiză a riscurilor care permite integrarea acestor situații nedorite [A2].

2.1.1. Formalizarea noțiunii de risc în cadrul sistemului om – mașină

Riscul este definit „ca un pericol potențial, mai mult sau mai puțin previzibil” [B1] și poate fi interpretat ca un nivel de insecuritate potențială. Starea nedorită a sistemului om-mașină conduce la consecințe negative de natură internă, când acestea se referă la sistem, sau de natură externă, când ele se referă la mediul exterior al sistemului (Fig. 2.1). Villemeur [B9], definește măsura riscului ca „dimensiunea unui pericol care asociază o măsură a probabilității de producere a unui eveniment nedorit și o măsură a efectelor sau consecințelor”.

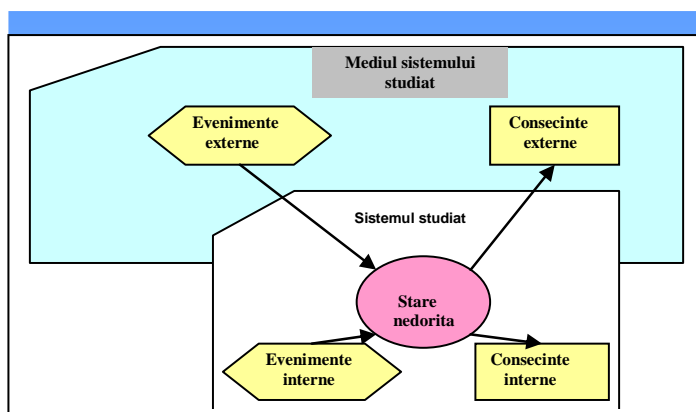


Fig. 2.1. Câmpul causal generic al mulțimii „evenimente inițiatoare-consecințe”

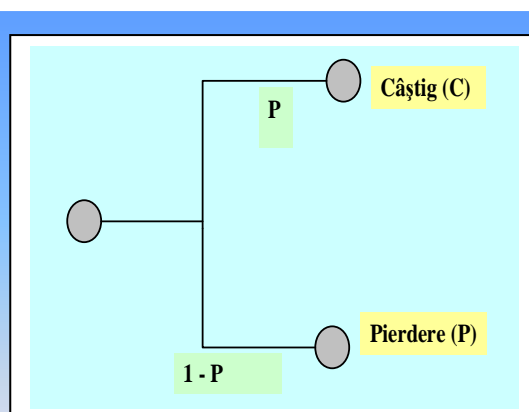


Fig. 2.2. Adoptarea deciziei privind riscul

Analiza probabilității de producere și a gravității consecințelor constituie baza evaluării riscului (Tabelul 2.1) [A3].

Tabelul 2.1. Modalități de exprimare a probabilității și a consecințelor

| Măsura probabilității de producere | Evaluarea probabilității de producere | Natura consecințelor | Evaluarea consecințelor |
|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|--|
| Probabilitate | Pe operație, acțiune/solicitare | Fizice/Fiziologice | Durată de indisponibilitate |
| Frecvență | Pe unitate/interval de timp | Psihologice | Număr de echipamente sau persoane afectate |
| Procentaj, raport | Pe durată de viață | Financiare/Politice | Amplitudine |
| Exprimare literală | Pe distanță parcursă | Temporale | Costul daunelor |
| | | Exprimare literală | |

Adoptarea deciziei privind riscul a fost reprezentată sub forma unui arbore de decizie cu două posibilități: un câștig având probabilitatea P , sau o pierdere cu probabilitatea $1 - P$ (Fig. 2.2) [B6].

Acest model de decizie privind riscul este specific domeniului economic, unde analiza riscurilor este privită din perspectiva unei analize cost – beneficiu. Astfel, în cadrul teoriei deciziei, speranța consecinței (V) a alternativei B se exprimă prin relația (2.1):

$$EV(B) = p \cdot G + (1 - p) \cdot P \quad (2.1)$$

Ca urmare, am admis evaluarea riscului ca fiind un instrument de fundamentare a deciziei. Decizia se poate referi la alegerea, din mai multe variante, a unei anumite concepții sau acțiuni care urmează a fi întreprinsă. Decidentul trebuie să aleagă una din „ m ” alternative. Deseori, rezultatul unei alternative este incert și pentru fiecare alternativă se pot examina mai multe consecințe. Presupunând existența a „ n ” consecințe potențiale, am definit riscul R ca un ansamblu de cupluri (2.2):

$$R_j \equiv \{(P_{j,i}, C_{j,i}) \dots (P_{j,n}, C_{j,n})\} \quad (2.2)$$

unde:

R_j este riscul asociat alternativei „ j ”;

$P_{j,i}$ -măsura apariției evenimentului „ i ” pentru alternativa „ j ”;

$C_{j,n}$ -măsura gravității consecințelor evenimentului „ i ” pentru alternativa „ j ”.

Întrucât nu este posibilă definirea unei relații de ordonare a cuplurilor, se impune agregarea măsurii probabilității de apariție și a măsurii consecințelor. În acest scop, se efectuează, în general, produsul celor două mărimi, după cum urmează:

$$R_{j,i} = P_i \cdot C_i \quad (2.3)$$

În cazul în care P_i corespunde probabilității de apariție este necesară raportarea gravității consecințelor prin ponderarea acesteia cu probabilitatea de apariție. Astfel, la aceeași valoare a gravității se va prefera o situație pentru care măsura probabilității de apariție este mai redusă. Am definit, în consecință, gravitatea medie prin relația (2.4):

$$G_j = \sum_{i=1}^n R_{j,i} = \sum_{i=1}^n (P_i \cdot C_i) \quad (2.4)$$

Modul de definire precedent este utilizat în domeniul siguranței în funcționare, întrucât facilitează evaluarea numerică care permite compararea diferitelor configurații. În vederea evaluării riscurilor în sistemul om – mașină este necesară luarea în considerare a ansamblului componentelor umane și tehnice.

2.1.2. Analiza riscului și siguranța funcționării în sistemul om – mașină

Integrarea operatorului uman în analiza riscurilor este indispensabilă. Sistemul om – mașină corespunde unui sistem socio – tehnic elementar format dintr-un operator uman aflat în interacțiune cu un sistem tehnic [B4]. De aici rezultă importanța analizei funcționale și structurale care definește modul de organizare al componentelor sistemului om – mașină. În stare normală de funcționare, operatorii umani intervin la nivelul superior de organizare pentru supravegherea nivelurilor inferioare automatizate, iar în situații de defectare operatorii vor putea interveni numai la nivelurile inferioare de comandă. O entitate este considerată „sigură în funcționare” dacă deține aptitudinea de a satisface una sau mai multe funcțiuni în condiții date. Defectarea reprezintă un eveniment particular care conduce la încetarea aptitudinii unei entități de a-și îndeplini funcțiunile (Fig. 2.3).

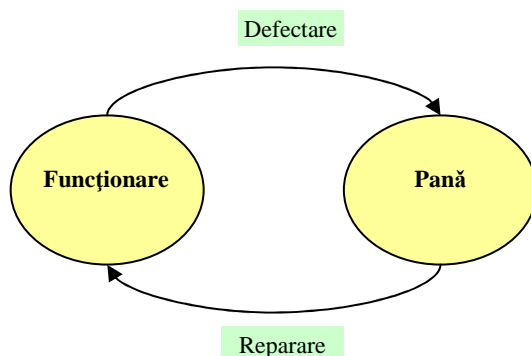


Fig.2.3. Legăturile dintre starea de funcționare și starea de pană

Siguranța în funcționare și gradul de încredere poate fi abordat în funcție de diferitele aspecte (Fig. 2.4) interdependente și complementare [B7] cum sunt fiabilitatea, disponibilitatea, mentenabilitatea și securitatea.

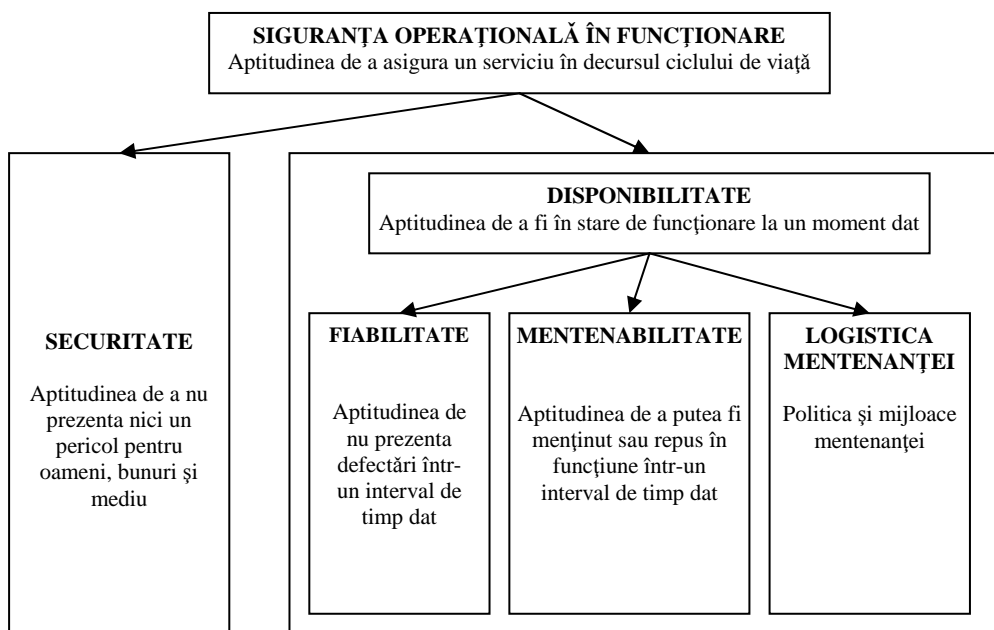


Fig. 2.4. Structura componentelor siguranței operaționale a unui echipament tehnic

Noțiunile de greșală, eroare și defectare depind de dinamica sistemului, starea sistemului sau modul de funcționare realizat (Fig. 2.5).

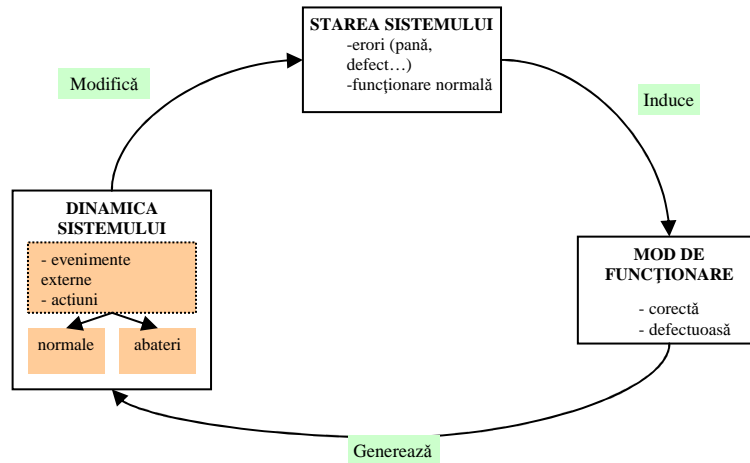


Fig. 2.5. Abatere, eroare, defectare: mod de abordare

Am constatat că în literatura privind fiabilitatea umană, termenii defectare și eroare umană sunt deseori confundați. Definiția erorii umane propusă de Villemeur [B9] este foarte apropiată de cea a defectării unei entități: „diferența dintre comportamentul operatorului uman și comportamentul impus acestuia, atunci când diferența depășește limita de acceptabilitate în condiții date”. Eroarea umană, constând dintr-o defectare a operatorului, se manifestă printr-un comportament diferit de cel prestabilit. Considerăm însă definiția ca fiind simplificatoare, întrucât operatorul nu se limitează la efectuarea unor acțiuni. El este în primul rând un decident. Ca urmare, eroarea umană poate fi definită ca „rezultatul inacceptabil (în afara limitelor de toleranță) ale unei acțiuni umane și/sau absența acțiunii unui operator și/sau unei echipe, acțiune care ar trebui realizată pentru atingerea unui scop precis, în condiții date și într-un interval de timp determinat” [B3]. Rezultă că eroarea umană se definește prin intervalul neacceptat între ceea ce s-a prevăzut (în termeni de acțiuni și rezultate) și ceea ce s-a realizat practic. Se vorbește despre diferența sau **abaterea dintre sarcina prescrisă și sarcina efectivă** observată prin analiza activității umane.

2.1.3. Situație limită admisă în exploatare: concept și formalizare matematică

Din compararea situațiilor de lucru prescrise și a situațiilor reale observate, am evidențiat diferențe importante din mai multe puncte de vedere. Din punct de vedere structural, aceste diferențe apar după fiecare fază de viață a unui produs: concepție, integrare și exploatare, dar majoritatea prescripțiilor sunt stabilite în faza de concepție – proiectare. Decizia operatorului poate fi divergentă în raport cu prescripțiile, datorită percepției diferite a unei situații sau datorită obiectivelor diferite. Existența Situațiilor Limită Admise în Exploatare ridică problema metodelor actuale de analiză a riscurilor, metode care iau în considerare numai condițiile prescrise de exploatare. Luarea în considerare a SLAE lărgeste spectrul analizei riscurilor, adăugând situațiilor prescrise de exploatare riscurile asociate la SLAE.

Pentru **studiul de caz efectuat în tipografia**, au fost reținute patru criterii, și anume i) productivitatea; ii) calitatea; iii) sarcina de muncă; iv) securitatea. În consecință, am formulat următoarele **definiții** care exprimă din punct de vedere tipologic Situațiile Limită Admise în Exploatare [B5].

D 1: Situație Limită în Exploatare. Fie $g_i(t_j)$ evaluarea gravității în raport cu un criteriu i . Gravității i se poate asocia un prag de acceptabilitate pentru proiectant $S_{i,C}$, și pentru utilizatorul care exploatează echipamentul $S_{i,E}$. Un caz poate fi considerat situație limită (S.L.) dacă există cel puțin un criteriu pentru care gravitatea asociată depășește pragul de acceptabilitate al proiectantului:

$$SL = \left\{ s_j / \exists i / g_i(t_j) > S_{i,C} \right\} \quad (2.5)$$

D 2: Situație admisă în exploatare. Un caz poate fi considerat drept situație admisă în exploatare (S.A.E.) dacă, indiferent de criteriul considerat, gravitatea asociată nu depășește pragul de acceptabilitate fixat de utilizator (relația 2.6).

$$SAE = \left\{ s_j / \forall i, g_i(t_j) < S_{i,E} \right\} \quad (2.6)$$

D 3: Situație limită admisă în exploatare. Ansamblul situațiilor limită admise în exploatare (S.L.A.E.) se definește, conform relației (2.7), ca fiind intersecția dintre mulțimea situațiilor admise în exploatare (S.A.E.) și mulțimea situațiilor limită (S.L.).

$$SLAE = \left\{ s_j / s_j \in (SL \cap SAE) \right\} \quad (2.7)$$

Două moduri de funcționare sunt caracterizate de proiectant: modul de funcționare normal (M_n) și modul de funcționare nominal (M_o). Am considerat în continuare trei **moduri de funcționare suplimentare care pot fi observate în situațiile practice** și anume: (i) un mod de abatere voluntară, denumit și mod deviat (M_d); (ii) un mod de utilizare adăugat (M_a); (iii) un mod de utilizare incorect (M_i). Algoritmul prezentat în fig. 2.6 permite determinarea diferitelor cazuri în funcție de punctul de vedere al proiectantului și al operatorului.

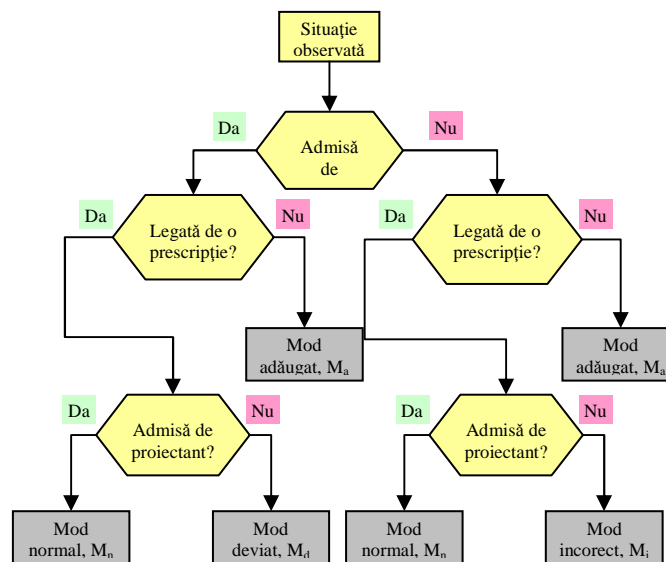


Fig.2.6. Determinarea modurilor de funcționare

D 4: Mod de funcționare normal (M_n). Este cazul modului de funcționare garantat de proiectant. Acest mod nu coincide obligatoriu cu calitatea sarcinii îndeplinite, însă criteriile de securitate sunt respectate.

D 5: Mod de funcționare nominal (M_o). Modul nominal este „în principiu, în perfectă adecvare cu calitatea misiunii”, corespunzând „satisfacerii specificației fixate, în condițiile prevăzute de producție”.

D 6: Mod incorect (M_i). Reprezintă modul de funcționare pentru care prescripțiile proiectantului nu sunt respectate, dar fără intenție.

D 7: Mod de abatere voluntară sau mod deviat (M_d). Este modul de funcționare pentru care prescripțiile proiectantului nu sunt respectate în mod deliberat.

D 8: Mod de utilizare adăugat (M_a). Reprezintă un mod de funcționare care nu se încadrează nici în mulțimea modurilor prescrise de proiectant, nici în mulțimea modurilor incorecte sau deviate. Modul nominal este un mod normal., iar $M_o \subset M_n$. Examinând ansamblul definițiilor de apartenență la situațiile limită și la situațiile limită admise în exploatare, am dedus că doar modurile deviate și modurile de utilizare adăugate generează **situații limită admise în exploatare**.

2.1.4. Interpretarea rezultatelor analizei efectuate în cadrul două unități industriale

Analiza rezultatelor obținute în cadrul tipografiilor S.C. TIPARG S.A. Pitești și S.C. GIG S.R.L. Câmpulung [A1], pe parcursul câtorva săptămâni de observații sistematice ghidate de instrumentul APRECIH [B8], a permis identificarea a 32 de SLAE care au fost grupate în 6 categorii și anume: nerespectarea procedurilor, anihilarea mijloacelor fizice de securitate, intervenția asupra mașinii în funcțiune, probleme legate de forța de muncă și de instruire, activități deviate în procesul de mentenanță și catacreză (utilizarea unui echipament sau dispozitiv în alt scop decât cel pentru care a fost conceput). Ansamblul rezultatelor obținute din observațiile efectuate la cele două tipografii menționate este sintetizat în tabelul 2.2. Aproape 61 % din SLAE au legătură cu anihilarea sau ocolirea măsurilor de securitate.

Tabelul 2.2. Categoriile de Situații Limită Admise în Exploatare identificate în cadrul tipografiilor

| Tipul SLAE | Număr de SLAE identificat |
|---|---------------------------|
| Nerespectarea procedurilor | 8 |
| Anihilarea fizice mijloacelor de securitate | 6 |
| Probleme legate de forța de muncă și de instruire | 7 |
| Intervenții asupra mașinii în funcțiune | 4 |
| Mentenanța | 3 |
| Catacreza * <i>utilizare eronată și abuzivă a unui cuvânt (aici în sensul de „comunicare greșită”</i> | 4 |

Pentru studiul beneficiului, costului și deficitului potențial, în cazul fiecăruia din cele patru criterii de definire a gravității a fost realizată analiza multicriterială a SLAE identificate. Rezultatele obținute sunt redate în tabelul 2.3. Pentru fiecare criteriu a fost contabilizat numărul de SLAE pentru care s-a constatat existența unui beneficiu, cost sau deficit, ținând cont de faptul că anumite SLAE au efecte multiple, asupra mai multor criterii.

Tabelul 2.3. Analiza multicriterială a SLAE în termeni de beneficiu, cost și deficit potențial

| Beneficiu imediat | | Cost imediat | | Deficit potențial | |
|-------------------|---------------|------------------|---------------|-------------------|---------------|
| Criterii | Număr de SLAE | Criterii | Număr de SLAE | Criterii | Număr de SLAE |
| Productivitate | 20 | Productivitate | 6 | Productivitate | 6 |
| Calitate | 5 | Calitate | 12 | Calitate | 8 |
| Sarcină de muncă | 7 | Sarcină de muncă | 8 | Sarcină de muncă | 2 |
| Securitate | 0 | Securitate | 6 | Securitate | 16 |

A rezultat că majoritatea SLAE aduc un beneficiu imediat în termeni de producție ($\approx 62\%$) permițând un câștig de timp în efectuarea operațiilor și limitarea întreruperilor în producție. Deficitul potențial se referă în 50 % din cazurile SLAE la nivelul de securitate. Deși se concretizează rar, deficitul privind securitatea este o consecință a expunerii voluntare a operatorilor la zone periculoase și a fragilizării sistemelor de protecție în serie. În principal, costul se exprimă în termeni de sarcină de muncă (25 %), rezultând din activitatea suplimentară prin care operatorii anihilează sau ocolesc măsurile de securitate. Deoarece sistemele de protecție nu sunt repuse în funcțiune după intervenție, acest cost devine neglijabil.

Modelul propus pentru procesul de anihilare sau ocolire al măsurilor de securitate (beneficiu, cost, deficit) permite identificarea unei situații de gestionare a unui compromis. Astfel, rezultatele indică faptul că SLAE observate conduc la un beneficiu în productivitate, un cost scăzut din punct de vedere al sarcinii de muncă și la riscuri pentru nivelul de securitate. O astfel de **viziune multicriterială** și analiza beneficiilor, costurilor și deficitului potențial, permite identificarea cauzelor generatoare ale SLAE și ale efectelor acestora.

Pe perioada realizării studiului a existat și posibilitatea confruntării rezultatelor obținute prin observațiile realizate în cadrul celor două tipografii, tipografii care diferă prin linia de imprimare, tipul de producție, situația economică și ambianța psihosocială. Tabelul 2.4 ilustrează comparația dintre cele două tipografii, în funcție de anumite caracteristici. În profida diferențelor semnificative între cele două unități și a faptului că observațiile au fost efectuate pe perioade diferite de timp, 46 % dintre SLAE observate sunt comune celor două unități de producție. Un număr de 3 SLAE au fost observate doar în tipografia S.C. TIPARG S.A. Pitești, în timp ce 5 SLAE au fost observate doar în tipografia S.C. GIG S.R.L. Câmpulung.

Tabelul 2.4. Descrierea comparativă a tipografiilor luate în studiu

| CARACTERISTICI | TIPOGRAFIA S.C. TIPARG S.A. Pitești | TIPOGRAFIA B S.C. GIG S.R.L. Câmpulung |
|--------------------------------------|---|---|
| Forma de proprietate | Privată | Privată |
| Situația economică | Relativ stabilă, cu reale posibilități de dezvoltare | Oscilantă, cu posibilități de intrare în faliment |
| Organizarea muncii | 2 x 8 ore; 5 zile/săptămână | 1 x 8 ore; 5 zile/săptămână |
| Vârsta medie a operatorilor | 35 ani | 32 ani |
| Nivel studii | Studii medii | Studii medii |
| Organizarea echipelor | 1 prim conducător; 2 conducători; 2 auxiliari; 2 receptioneri; 1 bobinator | |
| Instruire | - Instruire efectuată inițial de constructor; - Instruire la locul de muncă, conform normelor. | - Instruire la locul de muncă, conform normelor. |
| Rolul operatorului | Clar definit | Clar definit |
| Tip de produse | - Diverse cataloage; - Ziare; - Reviste de ultimă oră. | - Reviste de ultimă oră (80 %); - Diverse imprimate (20 %). |
| Configurație | Posibilitatea fabricării simultane a două produse | Un singur produs |
| Mentenanță (întreținere) | Curativă | În principiu curativă, cu reevaluarea periodicității preconizate de constructor |
| Vechimea liniei | > 15 ani | > 20 ani |
| Configurația sistemelor de producție | 2 linii juxtapuse dependente și/sau independente | Linii suprapuse dependente |
| Postul de lucru | Sistem complet închis într-o incintă anti-zgomot, care protejează toți operatorii de zgomotul generat de mașini | Sistem echipat cu o cabină de pilotaj care protejează conducătorul de zgomot |

Acest rezultat subliniază caracterul generic al SLAE. Ele nu reprezintă cazuri izolate, ci se înregistrează în unități productive diferite. Caracterul lor generic este un argument în sprijinul încercării de prognozare a SLAE, încă din faza de concepție. Analiza în teren indică importanța SLAE, care se concretizează prin anihilarea sau ocolirea măsurilor de securitate, în concordanță cu răspunsul operatorilor din perspectiva gestiunii unui compromis. Analiza multicriterială a beneficiului, costului și deficitului potențial a permis evidențierea SLAE de care trebuie să se țină seama în analiza riscurilor.

Ca urmare, s-a impus necesitatea abordării analizei de risc dintr-o nouă perspectivă. În acest sens am elaborat arborele cauzelor pentru evenimentul nedorit „prezența operatorului în incinta mașinii de fălțuit”, din analiza căruia rezultă că arborele nu este același pentru situațiile prescrise de exploatare (reprezentat în fig. 2.7) și pentru Situațiile Limită Admise în Exploatare (reprezentat în fig. 2.8). În primul caz nu am luat în considerare abaterile voluntare și –implicit - nici efectele acestora asupra situației de muncă. În condiții normale de exploatare operatorul nu va efectua nici o intervenție, dacă mașina se află în stare de funcționare. Mașina va fi pusă în funcțiune doar în cazul unei solicitări. Pornirea nu este posibilă decât în cazul defectării indicatorului „ușă deschisă”. În Situațiile Limită Admise de Exploatare indicatorul este dezactivat, iar operatorul acceptă voluntar să intervină în timpul funcționării mașinii.

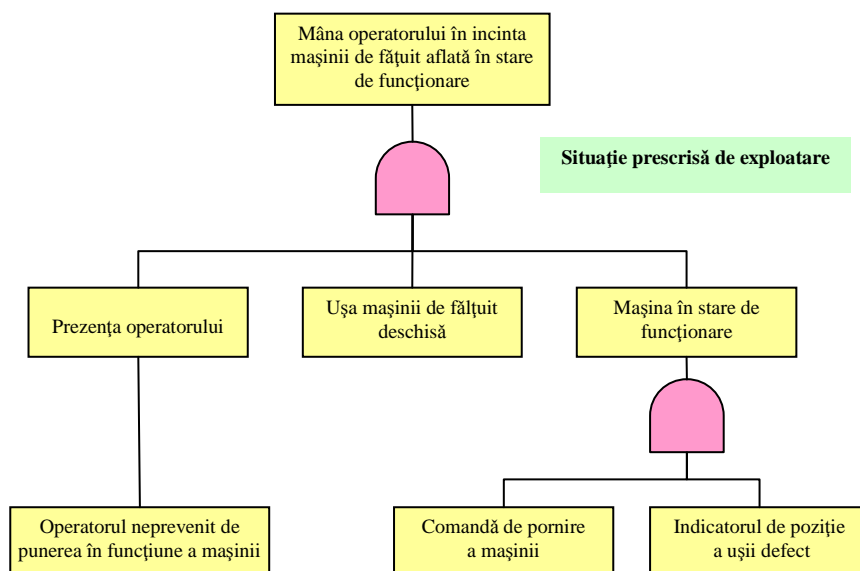


Fig. 2.7. Arborele cauzelor pentru evenimentul „prezența operatorului în incinta mașinii de fălțuit” în situație prescrisă în exploatare

Rezultă că, în situații prescrise doar o secțiune de ordinul 4 conduce la evenimentul nedorit, în timp ce în cazul SLAE se înregistrează 4 secțiuni de ordinul 3 care conduc la același eveniment.

Acest studiu de caz confirmă faptul că cauzele unui eveniment nu sunt aceleași în situații prescrise de exploatare și în cazul SLAE. Mai mult, este important să se remarce faptul că nu este posibil să se asocieze cauzelor primare ale primului arbore, cauzele celui de-al doilea.

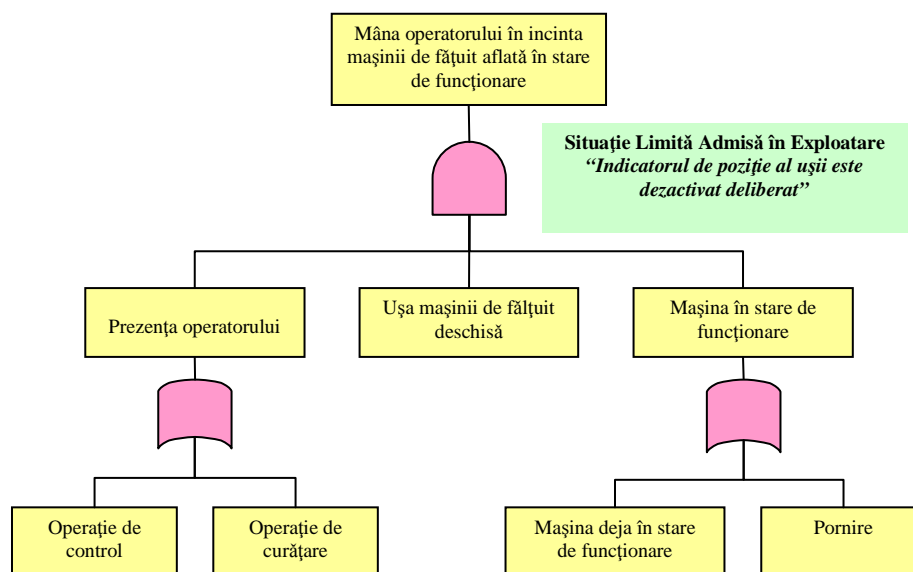


Fig. 2.8. Arborele cauzelor pentru evenimentul „prezența operatorului în incinta mașinii de fălțuit” în Situație Limită Admisă în exploatare

În exemplul studiat mașina se află în stare de funcționare prescrisă ca urmare a unei solicitări de pornire, iar operatorul, respectând prescripțiile, nu va interveni atât timp cât mașina este în funcțiune. În cazul SLAE operatorul va interveni când mașina este în stare de funcționare. Astfel, exploatarea calitativă a arborelui cauzelor (determinarea secțiunilor minimale) pune problema validării. Aceeași problemă apare și pentru exploatarea cantitativă a arborelui (estimarea probabilității de producere a evenimentului nedorit). De altfel, SLAE expun operatorul unor noi riscuri. Nerespectarea în cazul SLAE a procedurii de curățare a rulourilor cauciucate conduce la expunerea operatorilor la riscurile de strivire și la agresiuni chimice. Am dovedit astfel caracterul

limitat al analizelor de risc care iau în considerare doar situațiile prescrise. Studiul modurilor de defectare ale componentelor tehnice și al erorilor umane **trebuie completat** prin studiul modurilor de anihilare sau ocolire al măsurilor de securitate care conduc la SLAE. În acest scop am propus identificarea prealabilă a situațiilor de exploatare ale mașinii. Pentru luarea în considerare a SLAE în analizele a priori, demersurilor de analiză a riscurilor trebuie să li se adauge etapele de identificare ale SLAE. După analiza preliminară a riscurilor, în urma căreia se identifică sursele de pericol, trebuie să urmeze analiza măsurilor de securitate aplicate. În acest sens, se va studia în mod special funcția precisă a fiecărei măsuri de securitate și restricțiile introduse, în ceea ce privește modurile de operare ale operatorului uman. Acest ansamblu al etapelor de identificare a situațiilor de exploatare, reprezentat în fig. 2.9, poate fi facilitat prin analize operaționale și experiența dobândită.

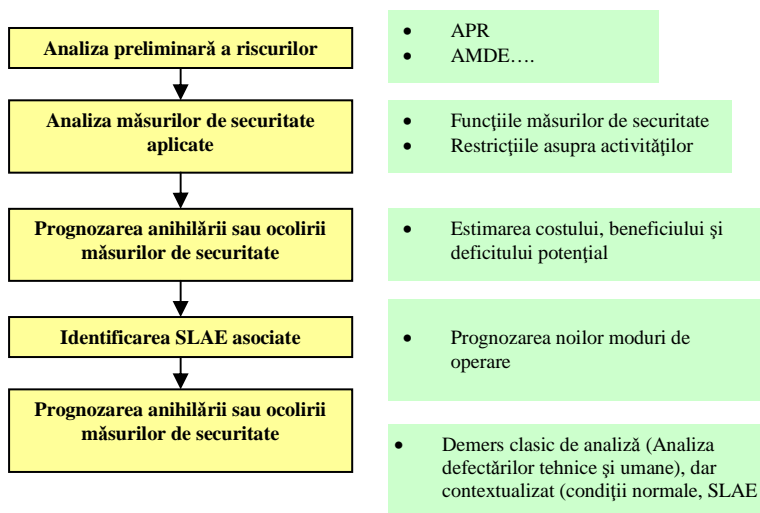


Fig. 2.9. Structura proiectată a demersului de integrare a SLAE în analiza riscurilor

Acest tip de demers trebuie să se găsească la baza prognozării anihilării sau ocolirii măsurilor de securitate, prin estimarea costurilor, beneficiului și deficitului potențial, facilitând analiza modurilor de operare asociate și prognozarea SLAE care decurg.

2.2. Elaborarea și operaționalizarea unui model al fiabilității umane specific pentru activitatea de dispecerizare

2.2.1. Fundamentare metodologică

Pentru evaluarea fiabilității umane [A3] se impune cunoașterea valorilor specifice probabilităților care definesc erorile posibile pe fiecare tip de operație, fapt care impune necesitatea achiziționării unui volum foarte mare de date privind erorile umane în vederea calculului indicilor fiabilității prin prelucrarea statistică a datelor [B4]. Datorită acestor dificultăți legate de achiziția datelor, abordările analitice bazate pe teoria probabilităților și statistica matematică sunt tot mai mult înlocuite prin abordări mai moderne [B10]. Problema relevanței datelor inițiale pentru estimarea fiabilității umane poate fi soluționată prin evaluarea cantitativă pe intervale. Această procedură, deși nu conduce la obținerea unor valori exacte a indicilor, permite stabilirea unui interval posibil al valorilor, iar mărimea intervalului este dependentă de nivelul impus a priori pentru validarea evaluării și de forma funcției statistice a distribuției evaluărilor. Intervalele de evaluare se exprimă prin valori – fuzzy și numere – fuzzy, astfel încât teoria probabilităților și teoria seturilor fuzzy pot fi aplicate în domeniul evaluării fiabilității umane. Aplicarea teoriei seturilor fuzzy nu se

limitează doar la modelarea procesului de gândire, ea extinzându-se și la alte caracteristici umane psihofiziologice (învățare, viziune de ansamblu asupra unor probleme, sarcină, stres) [B11].

Abordarea bazată pe opinia experților se aplică atunci când evaluarea nu poate fi realizată prin măsurare obiectivă și când volumul datelor inițiale este insuficient pentru o prelucrare statistică. Se consideră că valoarea exactă a probabilității se află în domeniul limitelor impuse raționamentelor experților [B12]. Parametrul cantitativ necunoscut este considerat ca o valoare accidentală, determinându-se prin raționamentele experților legea de distribuție a parametrului considerat. Această abordare poate fi considerată ca cea mai adecvată pentru aprecierea fiabilității umane, ținând seama de caracterul particular al incertitudinii asociate comportamentului uman care induce imposibilitatea cuantificării precise a parametrilor specifici, îndeosebi a celor legați de caracteristicile psihofiziologice și profesionale [B13].

2.2.2. Modelul matematic

Elaborarea unui model al fiabilității operatorului reprezintă prima etapă a evaluării riscurilor privitoare la activitatea operatorului. Modelul dezvoltat se bazează pe **metoda raționamentelor experților** [B12], metodă aplicabilă în cazurile când este imposibilă aprecierea factorilor de risc și a caracteristicilor acestora prin măsurători obiective sau când datele inițiale sunt insuficiente pentru o prelucrare statistică. Procesul de expertizare se structurează de către analiști, începând cu prezentarea scopului și finalității cercetării, încheindu-se prin interpretarea și prezentarea rezultatelor. Grupul de experți poate fi format din specialiști cu competențe recunoscute în domeniul cercetării efectuate pentru cazul operatorilor din dispecerate. Fluxul de informații provenit de la experți și orientat către analiști trebuie organizat astfel încât informațiile fiind prelucrate în scopul verificării concordanțelor existente între opiniile experților și formării opiniei grupului de analiză [A4].

Modelul fiabilității operatorului uman s-a exprimat sub forma unei funcții lineare aditive a factorilor de fiabilitate:

$$P = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot F_i \quad (2.8)$$

unde: F_i este valoarea normalizată a factorului de fiabilitate „i”;

γ_i - coeficient de ponderare care ține seama de influența factorului de fiabilitate „i” asupra fiabilității operatorului; acest coeficient îndeplinește condiția $\sum_{i=1}^n \gamma_i = 1$; n-numărul factorilor de fiabilitate.

Factorii de fiabilitate și valorile coeficienților de ponderare pot fi determinați prin metoda bazată pe raționamentele experților. **Prima etapă** se finalizează prin elaborarea a două liste:

- prima listă cuprinde toți factorii de fiabilitate relevanți identificați de către experți;
- a doua listă include doar factorii cu influență mai mare asupra fiabilității operatorului uman.

În cadrul celei de-a **doua etape** se determină coeficienții de ponderare. Experții stabilesc influența factorilor de fiabilitate prin acordarea de note cuprinse între 1 și 10, valoarea notei corespunzând nivelului de influență al fiecărui factor. În baza opiniilor experților se va construi o matrice de forma:

$$A = \|f_{ij}\|_{n,m} \quad (2.9)$$

unde: f_{ij} este nota acordată factorului de fiabilitate „i” de către expertul „j”; m-numărul total de experți consultați.

În continuare, se vor ierarhiza factorii de fiabilitate în conformitate cu matricea A. Rezultatul ierarhizării constituie baza verificării concordanțelor opiniilor experților. Se stabilește apoi coeficientul de concordanță, w, a cărui expresie în cazul ierarhizării stricte (fiecare factor are un rang diferit de toți ceilalți factori) este dată de relația:

$$w = \frac{S}{S_m} \quad (2.10)$$

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m r_{ij} - \frac{m \cdot (n+1)}{2} \right)^2 \quad (2.11)$$

$$S_m = \frac{1}{12} \cdot m^2 \cdot n \cdot (n^2 - 1) \quad (2.12)$$

unde: r_{ij} este rangul factorului „i” alocat de către expertul „j”. În cazul ierarhizării libere (unii factori pot avea ranguri egale cu ale altora), relațiile care permit determinarea coeficientului de concordanță sunt:

$$w = \frac{S}{S'_m} \quad (2.13)$$

$$S'_m = \frac{1}{12} \cdot m^2 \cdot n \cdot (n^2 - 1) - \frac{1}{12} (2 \cdot m - p) \cdot \sum_{j=1}^m S_j \quad (2.14)$$

$$S_j = \sum_{i=1}^{R_j} (r_k^3 - r_k) \quad (2.15)$$

unde:

p este numărul experților a căror ierarhizare conține ranguri identice;

R_j -numărul de grupuri cu ranguri identice atribuite de expertul „j”;

r_k -numărul de ranguri identice din grupul k , atribuite de expertul „j”.

Concordanța raționamentelor experților este considerată satisfăcătoare dacă $w > 0,5$.

Semnificația coeficientului de concordanță se poate stabili prin aplicarea criteriului χ^2 . Numărul gradelor de libertate poate fi determinat cu ajutorul relației:

$$v = m - 1 \quad (2.16)$$

Criteriului χ^2 poate fi exprimat printr-o relație de forma:

- în cazul ierarhizării stricte:

$$\chi^2 = m \cdot (m - 1) \cdot w \quad (2.17)$$

- în cazul ierarhizării libere

$$\chi^2 = \frac{12 \cdot S}{m \cdot n \cdot (n+1) - \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^m S_j} \quad (2.18)$$

Pentru valoarea v calculată anterior și semnificația α se determină direct din tabele valoarea χ^2_t .

Dacă:

$$\chi^2 > \chi^2_t \quad (2.19)$$

atunci se consideră că semnificația coeficientului de concordanță există la nivelul α . Dacă concordanța opiniilor experților este satisfăcătoare ($w > 0,5$), opinia grupului este stabilită. În caz contrar, fie se analizează motivele discordanțelor încercându-se reconcilierea opiniilor (dacă este posibil), fie se repetă întreaga procedură. Indicii care sintetizează opinia grupului de experți sunt:

- valoarea medie a notelor acordate factorilor individuali ai fiabilității;
- coeficienții de ponderare a factorilor individuali ai fiabilității.

Se admite că toți experții dețin același nivel de competență ($k_j^{(1)} = 1, j=1, \dots, m$), iar indicii care exprimă opinia grupului de experți se determină cu relațiile de mai jos:

$$M^{(1)} = \frac{1}{m} \cdot A \cdot E_1 = \left\| M_1^{(1)} M_2^{(1)} \dots M_3^{(1)} \right\|^T \quad (2.20)$$

$$\gamma^{(1)} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n M_i^{(1)}} \cdot M^{(1)} = \|\gamma_1^{(1)} \gamma_2^{(1)} \dots \gamma_n^{(1)}\|^T \quad (2.21)$$

unde: $E_1 = \|11\dots 1\|_{n \times 1}^T$

Dacă se admite că nivelurile de competență ale experților sunt diferite, caz mult mai frecvent întâlnit în practică, se definește măsura abaterilor notelor individuale ale factorilor fiabilității față de valoarea medie, prin relația:

$$\delta_{ij}^{(2)} = |M_i^{(1)} - f_{ij}| \quad (2.22)$$

Admițând condiția: $\sum_{j=1}^m k_j^{(2)} = m$, se pot determina coeficienții de competență $k_{ij}^{(2)}$ ai experților

pentru fiecare factor, precum și coeficienții globali de competență.

$$k_{ij}^{(2)} = \frac{m}{\delta_{ij}^{(2)} \cdot \sum_{j=1}^m \frac{1}{\delta_{ij}^{(2)}}} \quad (2.23)$$

$$K^{(2)} = \|k_{ij}^{(2)}\| \quad (2.24)$$

$$k^{(2)} = \frac{1}{n} \cdot E' \cdot K^{(2)} = \|k_1^{(2)} k_2^{(2)} \dots k_m^{(2)}\| \quad (2.25)$$

unde: $E' = \|11\dots 1\|_{n \times 1}$

Se construiește matricea:

$$B^{(2)} = \|k_{ij}^{(2)} \cdot f_{ij}\|_{n \times m} \quad (2.26)$$

și se determină indicii care exprimă opinia grupului de experți, în baza următoarelor relații:

$$M^{(2)} = \frac{1}{m} \cdot B^{(2)} \cdot E_1 = \|M_1^{(2)} M_2^{(2)} \dots M_n^{(2)}\|^T \quad (2.27)$$

$$\gamma^{(2)} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n M_i^{(2)}} \cdot M^{(2)} = \|\gamma_1^{(2)} \gamma_2^{(2)} \dots \gamma_n^{(2)}\|^T \quad (2.28)$$

Procedura iterativă se încheie când este îndeplinită următoarea condiție:

$$|\gamma_i^{(1)} - \gamma_i^{(1-1)}| \leq \varphi_i \quad (2.29)$$

unde parametrului φ_i i se atribuie o valoare în intervalul $\left(\frac{0.01}{n} \leq \varphi_i \leq \frac{0.1}{n}\right)$.

Prin procedura al cărei model matematic a fost prezentat anterior se obține matricea coeficienților de ponderare a factorilor de fiabilitate:

$$\gamma^{(1)} = \|\gamma_1^{(1)} \gamma_2^{(1)} \dots \gamma_n^{(1)}\|^T \quad (2.30)$$

După stabilirea factorilor de fiabilitate și determinarea coeficienților de ponderare, se formează ecuația care descrie modelul fiabilității operatorului în sistemul analizat.

2.2.3. Aplicarea metodei bazate pe raționamentul experților pentru elaborarea modelului fiabilității operatorilor din dispeceratele minelor de huiă din Valea Jiului

În vederea elaborării unui model al fiabilității umane, specific operatorilor din cadrul dispeceratele minelor de huiă din Valea Jiului, metoda descrisă anterior a fost aplicată practic în

baza raționamentelor și opiniilor a șapte experți care au estimat factorii caracteristici ai fiabilității [A4]. După parcurgerea primei etape, rezultatele obținute au condus la identificarea și clasificarea factorilor de influență ai fiabilității dispecerilor în următoarele categorii: **caracteristici psihofiziologice** (senzitivitate; adaptabilitate, selectivitatea; viteză de reacție); **educație, motivație, instruire; caracteristici tehnice și ergonomice ale panourilor de control**: culoarea și forma panoului; de control; structura, modul de grupare și funcționalitatea indicatoarelor și aparatelor; mijloacele de execuție de care dispune operatorul; **modul de prezentare a informațiilor**: claritate, nivel de iluminare, contrast, lizibilitate codificare (coduri de culori, coduri alfanumerice, grupuri de coduri); modul de prezentare a imaginilor (tabele, diagrame, histograme); *condiții de microclimat; iluminat; organizarea muncii (ore lucrate efectiv, pauze, lucrul în schimburi)*. De asemenea, după parcurgerea celei de-a doua etape a metodelor, experții au reținut un număr de patru factori care influențează determinant fiabilitatea dispecerului: **F₁**: modul de codificare a informațiilor; **F₂**: educația/instruirea; **F₃**: funcționalitatea mijloacelor de execuție ale operatorului; **F₄**: forma și dimensiunile panourilor de control.

În cadrul celei de a treia etape au fost formulate raționamentele experților privind mărimea influenței factorilor identificați. Rezultatele opiniilor experților, concretizate prin note, sunt centralizate în tabelul 2.5. Notele cuprinse în tabele corespund elementele matricii A.

Tabelul 2.5. Notele acordate de experți factorilor de fiabilitate

| Factorul de fiabilitate | Expertul | | | | | | |
|-------------------------|----------|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 8 | 10 | 8 | 9 | 8 | 10 | 10 |
| 2 | 10 | 9 | 8 | 10 | 8 | 9 | 8 |
| 3 | 8 | 8 | 10 | 8 | 10 | 5 | 8 |
| 4 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |

Rezultatele ierarhizării factorilor de fiabilitate (în baza tabelului 1.) sunt prezentate în tabelul 2.6.

Tabelul 2.6. Ierarhizarea factorilor de fiabilitate

| Factorul de fiabilitate | Expertul | | | | | | |
|-------------------------|----------|---|-----|---|-----|---|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 2.5 | 1 | 2.5 | 2 | 2.5 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 2 | 2.5 | 1 | 2.5 | 2 | 2.5 |
| 3 | 2.5 | 3 | 1 | 3 | 1 | 4 | 2.5 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 |

S-a determinat coeficientul de concordanță în cazul ierarhizării libere.

$$S = 157.75 ; S'_m = 225 ; w = 0.7$$

Se observă că $w > 0,5$, deci concordanța opiniilor experților a fost considerată satisfăcătoare. În continuare, s-a stabilit semnificația coeficientului de concordanță:

$$\chi^2 = 14.34 , \chi^2_t = 12.592 \text{ (pentru } v=6 \text{ și } \alpha=0.05).$$

Deoarece $\chi^2 > \chi^2_t$, se consideră că coeficientul de concordanță calculat este semnificativ. Confirmarea prin calcule a unui nivel semnificativ de concordanță a opiniilor individuale ale experților permite determinarea indicilor care exprimă opinia grupului de experți.

$$M^{(1)} = \begin{bmatrix} 9 & 8,86 & 8,14 & 6,28 \end{bmatrix}^T ; \quad \gamma^{(1)} = \begin{bmatrix} 0,279 & 0,274 & 0,252 & 0,195 \end{bmatrix}^T$$

Coeficienții de competență ai experților au fost calculați pentru fiecare factor de fiabilitate, după care au fost construite matricele corespondente.

$$K^{(2)} = \begin{bmatrix} 1,16 & 1,16 & 1,16 & - & 1,16 & 1,16 & 1,16 \\ 0,31 & 2,56 & 0,42 & 0,31 & 0,42 & 2,56 & 0,42 \\ 1,67 & 1,67 & 0,12 & 1,67 & 0,12 & 0,07 & 1,67 \\ 0,47 & 0,47 & 1,21 & 1,21 & 1,21 & 1,21 & 1,21 \end{bmatrix}$$

$$k^{(2)} = \begin{vmatrix} 0,90 & 1,46 & 0,73 & 1,06 & 0,73 & 1,23 & 1,12 \end{vmatrix}$$

$$B^{(2)} = \begin{vmatrix} 9,28 & 11,60 & 9,28 & - & 9,28 & 11,60 & 11,60 \\ 3,10 & 23,04 & 3,36 & 3,10 & 3,36 & 23,04 & 3,36 \\ 13,36 & 13,36 & 1,20 & 13,36 & 1,20 & 0,56 & 13,36 \\ 3,29 & 3,29 & 8,47 & 8,47 & 8,47 & 8,47 & 8,47 \end{vmatrix}$$

Din matricea coeficienților de competență a rezultat că al doilea expert ar fi cel mai competent, pe ultimele două locuri în această apreciere clasându-se al treilea și al cincilea expert. După a doua iterație indicii care exprimă opinia grupului de experți au devenit:

$$M^{(2)} = \begin{vmatrix} 8,95 & 8,91 & 8,06 & 6,99 \end{vmatrix}^T; \quad \gamma^{(2)} = \begin{vmatrix} 0,272 & 0,271 & 0,245 & 0,212 \end{vmatrix}^T$$

Pentru valoarea prestabilită $\varphi=0,025$ și valorile calculate $\gamma_i^{(1)}$ și $\gamma_i^{(2)}$ se obține îndeplinirea condiției: $|\gamma_i^{(2)} - \gamma_i^{(1)}| < 0,025$, pentru orice „i”. În consecință, procedura iterativă este încheiată și s-a stabilit ecuația care descrie modelul fiabilității umane, specific operatorilor din cadrul dispeceratelor minelor de cărbuni:

$$P = 0,272 \cdot F_1 + 0,271 \cdot F_2 + 0,245 \cdot F_3 + 0,212 \cdot F_4$$

Modelul elaborat a fost aplicat în vederea estimării fiabilității umane în cazul operatorilor care își desfășoară activitatea în dispeceratele minelor de cărbuni, în **regim normal de exploatare**. El poate fi utilizat și în cazul abaterilor de la funcționarea normală, cu condiția ca acestea să nu implice un flux mare de informații și/sau viteze mari de transfer a informațiilor. Modelul nu este însă recomandat pentru situații accidentale și în cazul avariilor. Pentru aceste cazuri se va impune continuarea cercetărilor în vederea elaborării unui model neliniar al fiabilității umane, model fundamentat pe metoda analizei de regresie.

2.3.Studiul securității sistemelor industriale prin aplicarea arborelui defectărilor

2.3.1.Procedura de lucru

Elaborată la începutul anilor 1960 de către compania americană Bell Telephone, metoda arborelui defectărilor a fost experimentată pentru evaluarea siguranței sistemelor de lansare a rachetelor [B1]. Vizând determinarea înlănțuirilor cauzale și a combinațiilor de evenimente ce pot genera un eveniment nedorit de referință, analiza prin arborele de defectări este aplicată în prezent în numeroase domenii, cum sunt aeronautica, industria nucleară, industria chimică și petrochimică etc [B14].

Metoda arborelui de defectări este de tip deductiv. Ca principiu, ea urmărește construirea, pornind de la un eveniment nedorit definit *a priori*, a lanțurilor de evenimente sau de combinații de evenimente, care îl pot genera. Practic, se urcă din cauză în cauză până la evenimentele de bază susceptibile să se situeze la originea evenimentului nedorit [B15]. Construirea arborelui de defectări se realizează în conformitate cu schema logică prezentată în figura 2.10.

Se acceptă că, pentru evenimentele de bază cu probabilitate mică, probabilitatea evenimentului final este egală cu suma probabilităților asociate secțiunilor minimale. În cazul analizei cantitative a arborelui se urmărește estimarea, pe baza probabilităților de incidență a evenimentelor de bază, a probabilității de apariție a evenimentului final, ca și a evenimentelor intermediare (Fig. 2.11).

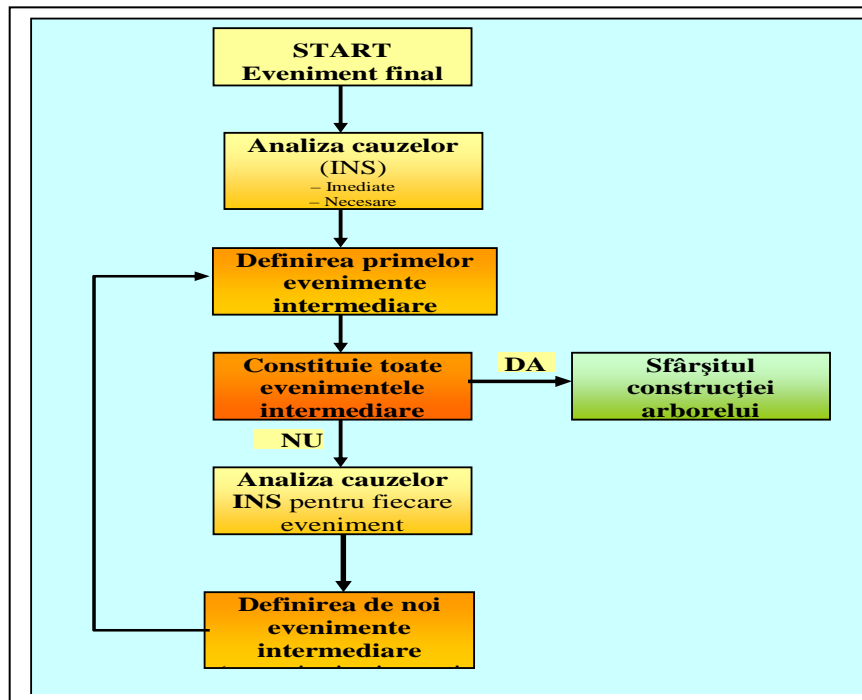


Fig. 2.10. Schema logică de elaborare a arborelui defectărilor

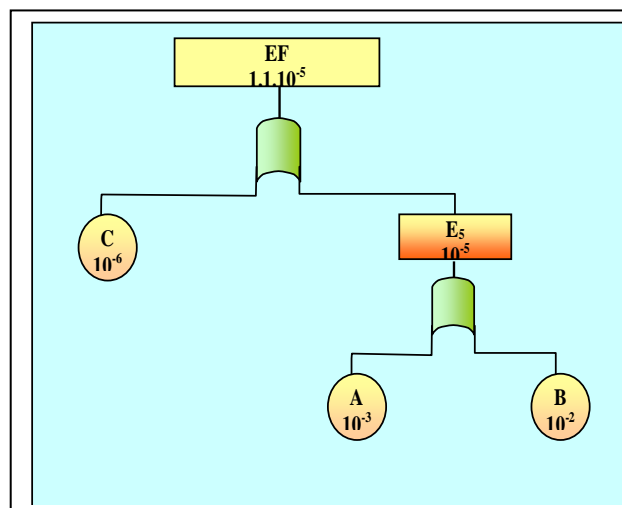


Fig. 2.11. Determinarea probabilității evenimentului final.

Fiecărui arbore de defectări îi sunt asociate un număr finit de tăieturi minimale care reprezintă căi unice în producerea evenimentului de vârf. De regulă, cu cât este mai mic rangul unei tăieturi minimale cu atât contribuția acesteia la defectarea sistemului este mai importantă. De aceea, o atenție deosebită trebuie acordată acestor componente pentru a elimina sau, dacă acest lucru nu este posibil, cel puțin pentru a reduce efectul acestora [B16].

Producerea evenimentului de vârf (T) poate fi exprimată în funcție de mulțimea finită tăieturile minimale (K_i) prin expresia:

$$T = K_1 \cup K_2 \cup \dots \cup K_k = \bigcup_{i=1}^k K_i \quad (2.31)$$

Identificarea tăieturilor minimale ale unui arbore de defectări poate fi făcută prin diverse metode. Metodele vârf-jos (*top-down*) și bază-sus (*bottom-up*) sunt evaluări care se bazează pe algebra booleană și diferă doar prin locul de începere a analizei. În cazul metodei vârf-jos, identificarea tăieturilor minimale se face pornind de la evenimentul de vârf către nivelele inferioare

până la nivelul cel mai de jos. În cazul metodei bază-sus identificarea tăieturilor minimale se face pornind de la evenimentele primare aflate la nivelul cel mai de jos către evenimentul de vârf.

Analiza cantitativă a arborelui de defectare constă în sinteza caracteristicilor de fiabilitate ale evenimentului de vârf cu ajutorul caracteristicilor de fiabilitate ale evenimentelor primare. Evaluarea cantitativă se desfășoară în etape, calculele efectuându-se pornind de la nivelele de bază corespunzătoare evenimentelor primare către evenimentul de vârf. În cazul **independenței evenimentelor** defectare se pot face următoarele evaluări bazate pe probabilitatea de defectare sau evaluări bazate pe rate de defectare.

a. Evaluarea bazată pe probabilitatea de defectare

Pentru o poartă logică "ȘI" cu n intrări se poate scrie pentru evenimentul de ieșire relația:

$$P(E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_n) = P(E_1) \cdot P(E_2) \cdot \dots \cdot P(E_n) \quad (2.32)$$

Pentru o poartă logică "SAU" cu n intrări se poate scrie pentru evenimentul de ieșire relația:

$$P(E_1 \cup E_2 \cup \dots \cup E_n) \approx P(E_1) + P(E_2) + \dots + P(E_n) \quad (2.33)$$

b. Evaluarea bazată pe rate de defectare

În ipoteza că evenimentele de intrare E_i au rate de defectare λ_i constante se pot scrie relațiile pentru rata de defectare λ_E a evenimentului de ieșire:

- pentru o poartă logică "SAU" cu n intrări:

$$\lambda_E = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (2.34)$$

- pentru o poartă logică "ȘI" cu n intrări:

$$\lambda_E = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \frac{1}{1 - \exp(-\lambda_i t)}}{\prod_{i=1}^n \frac{1}{1 - \exp(-\lambda_i t)} - 1} \quad (2.35)$$

Indicatorii calculați anterior reprezintă caracteristici punctuale de fiabilitate ale sistemului analizat. În cazul arborilor de defectări care conțin unul sau mai multe evenimente repetate, metoda prezentată anterior nu poate fi aplicată deoarece unele evenimente de la ieșirile porților nu mai sunt independente. În această situație calculul probabilităților producerii evenimentului de vârf se face cu ajutorul mulțimii tăieturilor minimale identificate în faza de analiză calitativă a arborelui de defectare. De asemenea, metoda bazată pe mulțimea tăieturilor minimale poate fi aplicată la orice tip de arbore, cu sau fără evenimente repetate.

Fie K_i ; $i=1 \dots k$ mulțimea legăturilor minimale ale unui arbore de defectări. Realizarea evenimentului de vârf T , evenimentul critic analizat, în funcție de K_i se exprimă prin:

$$T = K_1 + K_2 + \dots + K_k = \bigvee_{i=1}^k K_i \quad (2.36)$$

și probabilitatea evenimentului de vârf:

$$P(T) = P\left(\bigvee_{i=1}^k K_i\right) \quad (2.37)$$

Relația (6) se poate rescrie sub forma:

$$P(T) = \sum_{i=1}^k P(K_i) - \sum_{i=2}^k \sum_{j=1}^{i-1} P(K_i \cap K_j) + \dots + (-1)^{k-1} P(K_1 \cap K_2 \cap \dots \cap K_k) \quad (2.38)$$

În această expresie primul termen are semnificația cea mai ridicată, al doilea termen are o semnificație mai redusă decât primul fiind produs de probabilități, ș.a.m.d, fiecare termen fiind mai puțin semnificativ decât precedentul.

Relația (2.37), care conține mulți termeni, și dă valoarea exactă a probabilității realizării evenimentului de vârf poate fi mult simplificată prin reținerea primului sau a primilor doi termeni. Aproximările care se obțin în cele două cazuri sunt cu atât mai apropiate de valoarea reală cu cât probabilitățile de nefuncționare ale componentelor sunt mai mici. Se constată cu ușurință că:

$$\underbrace{\sum_{i=1}^k P(K_i) - \sum_{i=2}^k \sum_{j=1}^{i-1} P(K_i \cap K_j)}_{\text{margine inferioară}} \leq P(T) \leq \underbrace{\sum_{i=1}^k P(K_i)}_{\text{margine superioară}} \quad (2.39)$$

Relația aproximativă de calcul pentru marginea superioară este cunoscută în teoria probabilității și sub denumirea de **legea evenimentelor rare**.

O altă metodă de aproximare a marginii superioare pentru probabilitatea de realizare a evenimentului de vârf, bazată tot pe utilizarea tăieturilor minimale este prezentată în continuare. Se folosesc notațiile:

$P(T)$ - probabilitatea realizării evenimentului de vârf;

$P(K_i)$ - probabilitatea realizării tăieturii minimale K_i ;

$P(\overline{K_i})$ - probabilitatea nerealizării tăieturii minimale K_i ;

Din relația (2.37) rezultă că:

$$P(T) \leq \sum_{i=1}^k P(K_i) \quad (2.40)$$

$$\text{Dar întrucât } \sum P(K_i) = 1 - \sum \overline{K_i} \quad (2.41)$$

se rescrie relația (2.40) după cum urmează:

$$P(T) \leq 1 - \sum_{i=1}^k P(\overline{K_i}) \quad (2.42)$$

Evenimentul constând în nerealizarea nici unei tăieturi minimale este dat de intersecția evenimentelor $\overline{K_i}$, deci:

$$\sum_{i=1}^k P(\overline{K_i}) \geq \prod_{i=1}^k P(\overline{K_i}) \quad (2.43)$$

Din relațiile (2.41) și (2.42) rezultă:

$$P(T) \leq 1 - \prod_{i=1}^k [1 - P(K_i)] \quad (2.44)$$

Deci:

$$P(T) \leq 1 - \prod_{i=1}^k [1 - P(K_i)] \leq \sum_{i=1}^k P(K_i) \quad (2.45)$$

Rezultă că acest mod de aproximare pentru probabilitatea realizării evenimentului de vârf conduce la o eroare mai mică decât atunci când se utilizează aproximarea bazată pe legea evenimentelor rare [A5].

2.3.2. Studiu de caz: Sistemul de alimentare cu apă al unui obiectiv industrial

Cercetarea [A6] a fost consacrată analizei unui sistem de alimentare cu apă a unui sistem secundar industrial (SA). Sistemul analizat, prezentat în fig. 2.12, este format din două conducte a căror funcționare simultană este necesară în permanență pentru alimentarea sistemului SA. Cele

două conducte pornesc de la același rezervor R și au montate pe ele în serie câte o vană manuală V, o pompă alimentată electric P și o clapetă antiretur C.

- *Funcția:* Sistemul SA trebuie să fie alimentat cu un debit de apă Q dat.
- *Mediul sistemului:* nu este luat în seamă deoarece este considerat pasiv din punctul de vedere al sistemului.
- *Starea inițială a componentelor:* vanele sunt deschise, pompele sunt activate, clapetele permit trecerea apei spre sistemul de alimentat SA și rezervorul este plin.

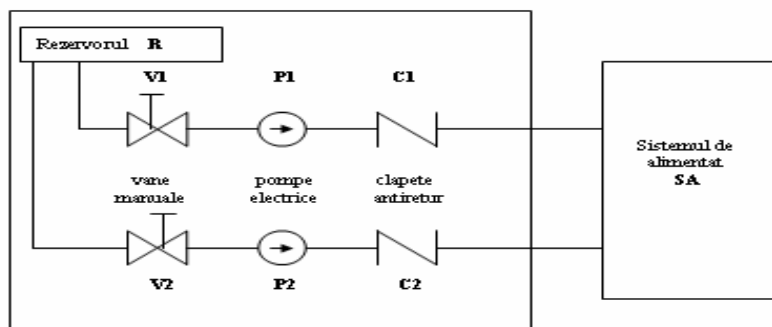


Fig. 2.12. Reprezentarea schematică a sistemului analizat

Definirea evenimentului indezirabil: Acesta este numit "Sistemul SA nu este alimentat" care pe scurt este scris " $Q_{SA}=0$ ".

Construirea schemei logice: Am pornit de la plasarea evenimentului indezirabil care reprezintă vârful schemei: $Q_{SA} = 0$. Acest eveniment este clasificat în categoria "defecțiunilor referitoare la sistem", ceea ce nu oferă nici o informație de tip "intrare". În cazul analizat am evidențiat faptul că sistemul SA nu este alimentat pentru că debitul în aval de clapetele C1 și C2 este nul. Se poate construi al doilea nivel al arborelui. Dezvoltând evenimentul intermediar $Q=0$ în aval de C1, el are cauze imediate apariția evenimentului "C1 blocat" sau evenimentul " $Q=0$ în amonte de C1". Realizarea unuia dintre cele două evenimente este suficient pentru a produce evenimentul intermediar.

În acest stadiu al descompunerii a apărut pentru prima dată un eveniment care se referă direct la o componentă și anume evenimentul "C1 blocat" care va fi urmat de o intrare SAU și de trei intrări care indică:

- **defecțiune primară** (datorată clapetei, de exemplu o înțepenire a clapetei C1 în poziție închisă),
- **defecțiune secundară** (care constă de obicei într-o defecțiune datorată condițiilor de utilizare, de exemplu o corodare care împiedică deschiderea clapetei; acest eveniment nu va fi dezvoltat în continuare și se reprezintă printr-un romb) și
- **defecțiune datorată unei comenzi inadecvate**, care nu se referă însă la clapetă.

Dezvoltând în continuare evenimentul intermediar " $Q=0$ în amonte de C1" care se încadrează în categoria defectelor referitoare la sistem și este echivalent cu " $Q=0$ în aval de P1", am revenit la cazul clapetei C1 tratat anterior. Procedând analog se ajunge la descompunerea din schema următoare în care se remarcă faptul că "P1 nu funcționează". În consecință, urmează o intrare SAU cu trei intrări din care una corespunde unei defecțiuni de comandă, redusă la evenimentul de bază "Pierderea alimentării cu energie electrică". (fig.2.13). Pentru această ramură, procedura deductivă se termină cu descompunerea evenimentului " $Q=0$ în amonte de P1" care este identic cu " $Q=0$ în aval de V1". Schema care reprezintă sistemul permite scoaterea în evidență a cauzelor imediate ale acestui ultim eveniment, care sunt "V1 închis" și " $Q=0$ în amonte de V1".

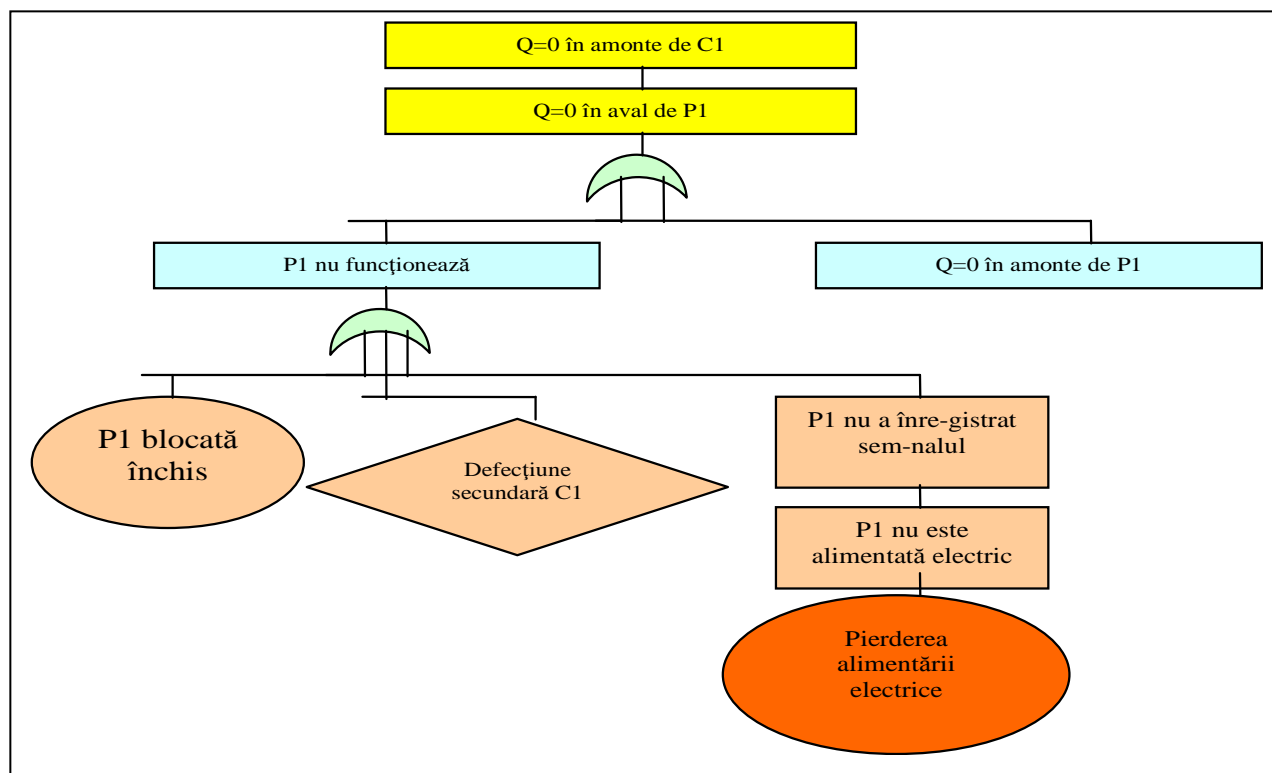


Fig. 2.13. Construcția nivelului 4 al arborelui

Schema logică relativă la al doilea traseu s-a realizat în mod analog, fiind simetrică cu cea realizată pentru primul traseu și completează schema logică a defecțiunilor sistemului, iar prezentarea integrală a acesteia este redată în fig. 2.14 [A7]. Se observă că apar aceleași evenimente în cele două trasee ale schemei logice ca de exemplu, evenimentele “rezervor gol” sau “pierdere alimentării cu energie electrică”. Acest tip de evenimente se numesc *defecțiuni din cauze comune*.

Analiza calitativă a unui sistem cu ajutorul schemei logice are ca prim scop determinarea secțiunilor sale minimale a căror listă reprezintă adevărate îndrumări de scenarii susceptibile să conducă la un eveniment indesezirabil. Ea pune în evidență punctele slabe ale sistemului care apar de regulă sub formă de secțiuni minimale de ordin inferior.

Analiza cantitativă permite determinarea unei mărimi probabilistice a evenimentului din “vârful” schemei logice atunci când există mărimi de același fel pentru evenimentele elementare care, în plus, pot fi independente. Se disting două cazuri, unul în care probabilitățile relative la evenimentele de bază sunt constante (independente de timp) și cele în care probabilitățile sunt funcții de timp. Analiza cu ajutorul schemei logice prezintă o serie de *avantaje* printre care amintim:

- detectarea punctelor critice,
- se realizează ușor o comparație între diferite dispuneri ale elementelor sistemului,
- îmbunătățirea fiabilității funcționării sistemului prin înlăturarea punctelor critice,
- buna cunoaștere a riscurilor,
- posibilitatea studiului cantitativ cu ajutorul teoriei probabilităților,
- cunoașterea sistemului prin studierea lui aprofundată.

Printre *dezavantaje* pot fi amintite:

- costul ridicat datorat studierii detaliate a sistemului,
- demersul probabilistic cu incertitudinile sale poate duce la interpretări greșite,
- factorul uman este greu de cuantificat,
- metoda presupune evenimente inițiale independente ceea ce nu se întâmplă întotdeauna.

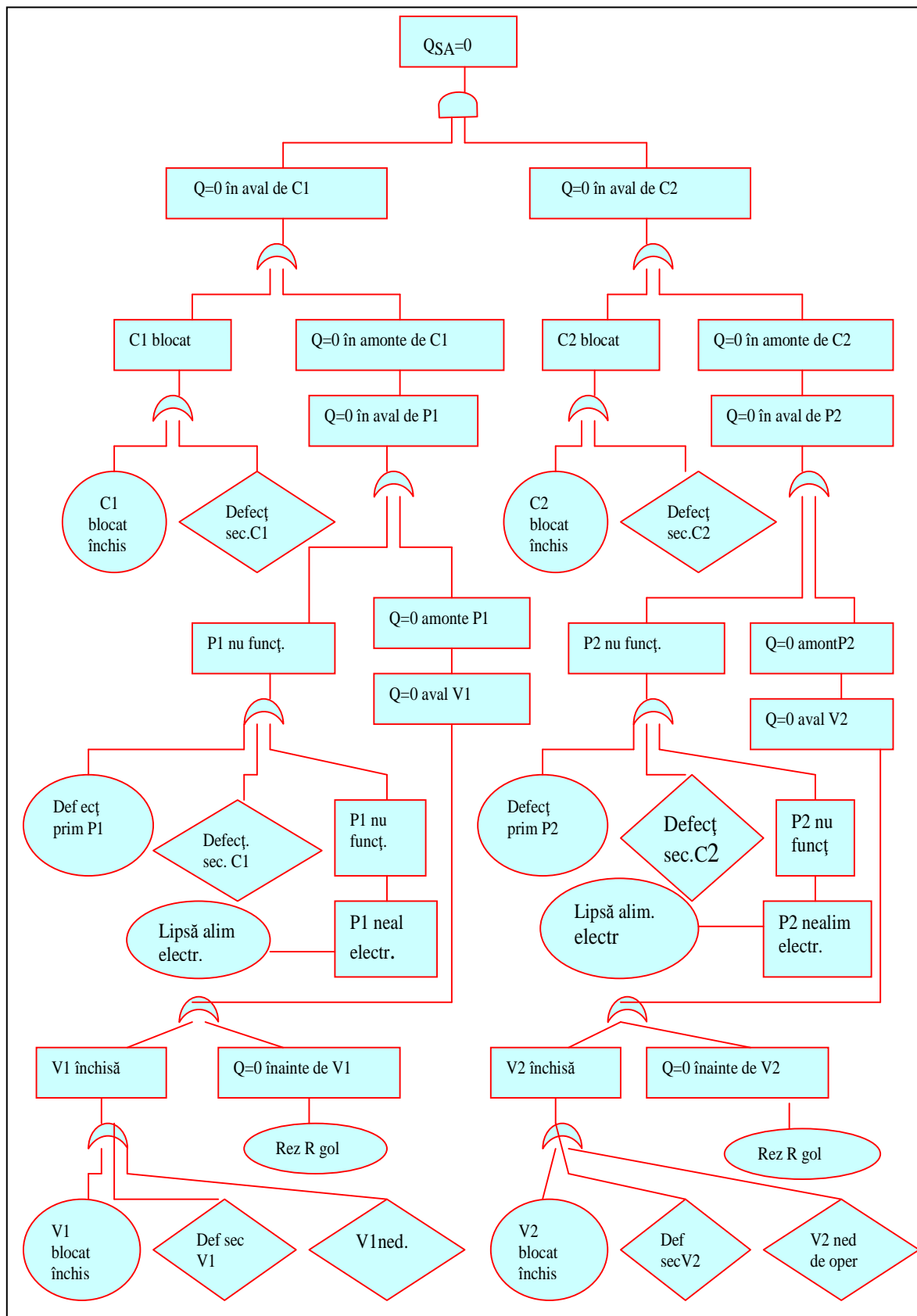


Fig. 2.14. Schema logică a analizei calitative sistemului studiat

Cu toate acestea, analiza rezultatelor care decurg din schema logică permite determinarea drumurilor critice și identificarea punctelor slabe ale sistemului, determinarea influenței unui eveniment dat, prezentarea rezultatelor studiului sub o formă care constituie un instrument de dialog eficace [A7].

CAPITOLUL 3.

NOI METODOLOGII DE APRECIERE ȘI GESTIUNE A RISCURILOR PENTRU SECURITATE ȘI SĂNĂTATE ÎN MUNCĂ

3.1. Metodologie de apreciere a riscului de explozie și/sau foc în mediul industrial subteran

Asigurarea stării de securitate și sănătate a lucrătorilor impune inginerului de securitate din minele de huiă, tratarea riscurilor potențiale asociate exploziilor și focurilor subterane, precum și analiza impactului acestor evenimente nedorite asupra lucrătorilor și sistemelor de ventilație.

Pornind de la necesitatea abordării unitare și sistematice a riscurilor specifice, am dezvoltat cadrul general de apreciere a riscului de explozie în minele grizutoase, în baza cuantificării probabilității de producere și a gravității consecințelor, cu ajutorul analizei prin Arborele Cauzelor [A8].

Metodologia propusă se fundamentează pe cunoașterea și înțelegerea naturii pericolelor, a caracteristicilor materialelor combustibile și pe principiile ingineriei proceselor termodinamice [A9].

3.1.1. Stabilirea principiilor și cadrului general de apreciere a riscului de explozie în medii atmosferice grizutoase

Principiile și cadrul general de apreciere a riscului de explozie și de foc în lucrările miniere subterane din minele grizutoase sunt comune, datorită complexității interacțiunii parametrilor specifici și chiar a substanțelor implicate [A11].

Astfel, o explozie de metan conduce la ridicarea în suspensie a prafului de cărbune depus și îmbogățirea pe această cale a amestecului exploziv aflat în fața frontului de flacără. Una dintre consecințele directe ale exploziilor de metan poate fi incendiul, care amplifică gravitatea consecințelor. Pe de altă parte, însăși sursa de inițiere a unei explozii poate fi o combustie spontană [B17]

În consecință, am abordat cercetarea modului de realizare a aprecierii riscurilor în manieră integrată, luând în considerare ansamblul factorilor de influență, în baza unei *abordări arborescente a cauzalității*, rezultatul elaborării Arborelui Cauzelor fiind ilustrat în fig. 3.1 [A8].

Din considerente legate de coincidență, prezentăm succint doar aceste principii pe care se fundamentează cadrul general de apreciere (fig. 3.2):

3.1.2. Structura metodologiei integrate de apreciere a riscului de explozie/foc în subteran

Ca succesiune de derulare, metodologia integrată pe care am propus-o [A9] spre aplicare în condițiile specifice mediului subteran al minelor din Valea Jiului implică parcurgerea următoarelor etapelor evidențiate în caseta ce urmează imediat după fig. 3.2.

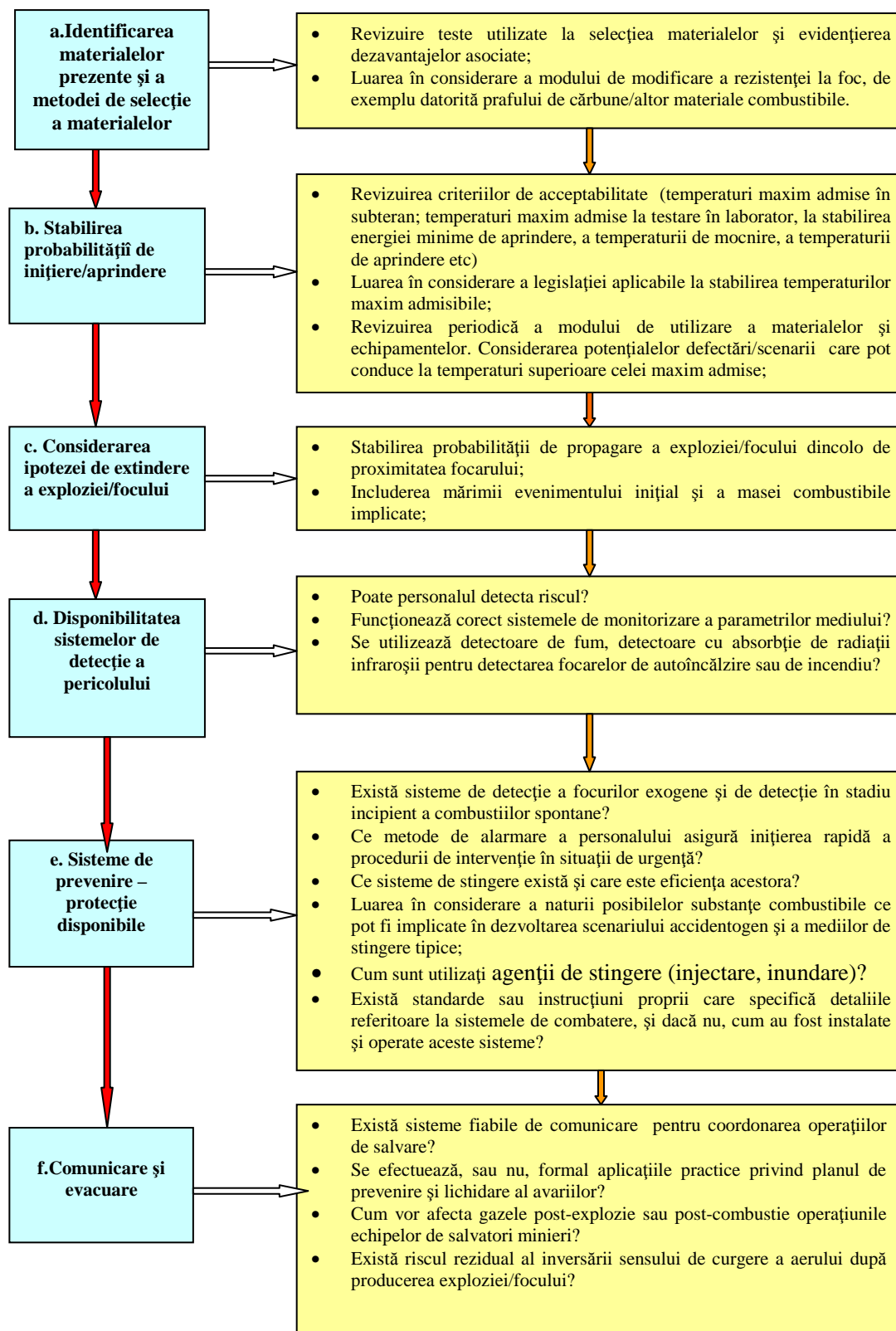


Fig. 3.2. Cadrul general al aprecierii riscului de explozie și/sau incendiu

ETAPA 1. Identificarea surselor de inițiere și a substanțelor combustibile (altele decât gazul metan) care pot fi implicate în propagarea fenomenului dinamic, concomitent cu analiza sarcinii și echipamentului de muncă specific unității funcționale analizate (abataj, sector, circuit de aeraj etc)

ETAPA 2. Stabilirea potențialului de inițiere/aprindere a amestecului exploziv/substanței combustibile

Se va estima probabilitatea de producere a exploziei/focului pentru toate combinațiile de surse de aprindere/substanțe inflamabile, alocându-se valoarea nivelului global de risc. În acest stadiu se va lua în considerare efectul potențial al curenților de aer asupra difuziei produselor gazoase de combustie, dat fiind faptul că este vorba de

gaze toxice care generează riscuri suplimentare pentru personalul care nu a fost afectat de unda de șoc și frontul de flacără. Se va acorda atenție studiului posibilităților de migrare a volumelor de gaz exploziv spre zone cu potențial de aprindere (scânteii, flame în proximitatea instalațiilor de tăiere și foraj, în zona lucrărilor de împușcare, zonelor de foc, defectărilor echipamentelor electrice și mecanice etc). Măsuri de prevenire vor fi stabilite pentru orice zonă particulară în care nivelul de risc este apreciat ca inacceptabil.

ETAPA 3. Stabilirea/implementarea măsurilor de prevenire: reducerea probabilității de aprindere

Metodele de reducere a riscului de explozie, în zonele identificate anterior ca având potențial exploziv, vor include mijloace de diminuare a probabilității de aprindere a amestecului metan-aer și de minimizare a volumului de substanță inflamabilă. Această categorie de măsuri poate include:

- *securitatea intrinsecă*, bazată pe evaluarea modului de concepție/proiectare a echipamentelor pentru a stabili dacă riscul poate fi redus prin modificări de proiectare;
- *proceduri de operare*: reducerea pericolelor asociate prin implementarea eficace a politicilor și procedurilor companiei miniere; filozofia de securitate trebuie fundamentată pe dualismul ce rezultă din îmbinarea unei energii decizionale a conducerii la vârf cu un nivel corespunzător de cultură a securității (în sensul standardului internațional ISO 31.000:2009 – Managementul riscurilor: Principii și linii directoare privind implementarea);
- *reconsiderarea intervalelor de mentenanță*;
- *proiectarea, instalarea și întreținerea adecvată a sitemelor de limitare a extinderii efectelor*. În cazul minelor din Valea Jiului, exemplul cel mai relevant îl constituie barajele de praf inert sau (mai rar) apă destinate blocării propagării exploziilor de praf de cărbune, diguri și alte construcții de aeraj.

ETAPA 4. Identificarea sistemelor de protecție (reducerea gravității consecințelor), a sistemelor de avertizare-alarmare, instalarea acestora și asigurarea accesibilității

Această etapă se subdivide în trei faze:

- **Faza 1: Considerarea tipului de avarie** (explozie de metan, metan cu praf de cărbune, foc, incendiu etc). Recurgând la informațiile colectate și sistematizate în etapa 1 privind natura avariei potențiale, tipul și cantitățile de combustibil, se stabilesc: tipul sistemului de supresiune-stingere, modul de aplicare al agentului de stingere, zonele în care, datorită riscului de propagare rapidă, trebuie amplasate echipamente destinate detecției în stadiu incipient și activării sistemului de oprire a propagării.
- **Faza 2: Sistemul de detecție precoce**. Scopul acestei faze va fi da a obține certitudinea că s-au luat în considerare toate zonele relevante, nu doar locațiile de amplasare a capetelor de detecție ale stației telegizumetrice.
- **Faza 3: Utilizarea echipamentelor de combatere directă** (dacă este cazul) și asigurarea vizibilității, implicând asigurarea semnalizării localizării mijloacelor de stingere, accesibilității, instruirii lucrătorilor. Se recomandă introducerea în formularul listei de verificare a unei coloane dedicate evidențierii necesității unor acțiuni viitoare.

ETAPA 5. Căi de refugiu – evacuare

Se vor lua în considerare căile de refugiu-evacuare în cazul unui eveniment, modul de alegere a măștilor de autosalvare, în funcție de natura și toxicitatea anticipată a fumului rezultat. Se va stabili numărul de membrii ai personalului care pot fi expuși și metoda de notificare privind traseul de evacuare de urgență.

ETAPA 6. Stabilirea și furnizarea către lucrători a informațiilor referitoare la riscul rezidual

Informațiile privind riscul remanent se sistematizează și transmit lucrătorilor. De exemplu lucrătorul va fi informat că în cazul deteriorării furtunului gofrat al măștii de autosalvare, el poate să inspire direct din cartușul filtrant.

ETAPA 7. Elaborarea unui tabel centralizator care va sintetiza zonele potențiale de producere a exploziei/focului, combustibilul principal, toxicitatea produselor de combustie, căile de evacuare de urgență (inclusiv în situația înversării aerajului), consecințele posibile ale întreruperii sistemelor de comunicație.

ETAPA 8. Elaborarea listei sau tabelului cu cerințele și instrucțiunile ulterioare de securitate care trebuie îndeplinite sau, respectiv, aplicate pentru ca sistemele implementate să rămână în stare operațională și să-și mențină eficacitatea (instruire personal, testare echipamente, completare praf inert în baraje etc).

ETAPA 9. Ierarhizarea priorităților, alocarea resurselor și materializarea acțiunilor evidențiate ca prioritare în urma procesului de apreciere a riscurilor, pentru a obține un nivel ridicat de încredere în eficacitatea măsurilor întreprinse.

Faza inițială a metodologiei va avea drept obiectiv primar stabilirea potențialului de explozie/foc și implică „inventarierea” surselor potențiale de inițiere a amestecului exploziv, atât în regim normal de funcționare, cât și în condiții de defectare. După cum s-a menționat, cel mai puternic instrument analitic aplicabil în această fază constă în metoda arborelui cauzelor de analiză a riscurilor. După generarea registrului inițial al pericolelor, se va putea estima probabilitatea de producere a unei explozii, prin luarea în considerare și agregarea cantitativă sau calitativă a următoarelor aspecte determinante:

- probabilitatea de realizare a amestecului exploziv metan-aer;
- probabilitatea coexistenței mai multor surse de aprindere;
- studiul accidentelor și incidentelor anterioare generate de explozii și aprinderi de metan, pe

- categoriile de operații, datorită posibilității de repetare a acestora;
- analiza și revizuirea periodică a procedurilor de mentenanță, a modului de derulare, a modificării ratelor de defectare, a concordanței pieselor de schimb cu cele recomandate de furnizor, identificarea posibilității ca însăși operațiile de întreținere să genereze creșterea nivelului de risc etc;
 - stabilirea gradului în care riscul de explozie este afectat de standardele de mentenanță.

Metodologia integrată propusă în vederea aprecierii riscului a implicat, la nivel procedural, dezvoltarea unui set de liste de verificare care permit utilizatorilor **stabilirea probabilității de producere a exploziei , a numărului de lucrători expuși riscului de explozie, a metodelor de evacuare și a zonelor care necesită o examinare mai detaliată, prin recurgerea la metode de analiză cantitativă a riscului de explozie** [A8; A9; A10]. După identificarea priorităților privind prevenirea și protecția, am recomandat efectuarea unei analize aprofundate a zonelor cu pericol deosebit, ca parte integrantă a planului de prevenire și protecție.

3.2. Analiza critică și modalități de îmbunătățire a metodei I.N.C.D.P.M. București de evaluare a riscurilor de accidentare și îmbolnăvire profesională

3.2.1. Scopul și metodologia cercetării

În contextul armonizării legislației naționale cu cea comunitară evaluarea riscurilor a devenit și în țara noastră piatra unghiulară a abordării în domeniul securității și sănătății în muncă. Din multitudinea de metode utilizate pe plan mondial și național pentru evaluarea riscurilor de accidentare și îmbolnăvire profesională, cea mai frecvent utilizată în România este metoda de evaluare a riscurilor de accidentare și îmbolnăvire profesională elaborată de I.N.C.D.P.M București, avizată de Ministerul Muncii și Protecției Sociale în anul 1993, reavizată în 1996, editată în 1998 și reeditată în 2002, experimentată până în prezent în majoritatea ramurilor industriale [B18; B30].

A trecut deja o perioadă semnificativă de când recursul la metoda elaborată de I.N.C.D.P.M. București, autodenumită „de cuantificare” a riscurilor, se realizează pe scară largă, pentru ierarhizarea riscurilor proprii unei meserii, profesii sau loc de muncă. Aplicând acest instrument în cadrul contractelor de cercetare cu diverși beneficiari din țară, am evidențiat limitările și dezavantajele acestei metode, considerându-o incompletă, nefiabilă, cu un prea pronunțat caracter subiectiv, propunând ca ea să fie aplicată doar ca instrument complementar [A12; A13].

În practică, s-a observat faptul că ierarhizarea locurilor de muncă, în funcție de valoarea nivelului global de risc, nu corespunde întotdeauna cu percepția umană asupra pericolozității acestora. Astfel, un loc de muncă mai puțin expus la riscuri poate avea un nivel global de risc mai mare decât un alt loc de muncă mai expus la riscuri. Chiar dacă se poate invoca argumentul că această percepție este bazată pe „*bun simț*” fiind, ca urmare, potențial subiectivă, nu trebuie neglijat faptul că ea corespunde, în general, realității obiective, cu excepția situațiilor în care s-au produs erori grosolane în aplicarea metodei. La momentul actual, sunt destul de numeroase cazurile în care persoanele care derulează procesul de evaluare și management al riscurilor sunt puse în postura de a explica și soluționa situațiile paradoxale de tipul celei menționate anterior, în condițiile în care nu există în prezent un instrument care să permită analiza și corectarea acestora [A14].

Din această perspectivă, pornind de la analiza critică a metodei elaborate de I.N.C.D.P.M. București, ne-am propus identificarea cauzelor care conduc la anomaliile de tipul celei menționate anterior și stabilirea modalităților de îmbunătățire a metodei, astfel încât aceste anomalii să fie corectate. În acest scop **am exprimat nivelurile globale de risc a două locuri de muncă prin două familii de funcții cu șapte variabile**. Am demonstrat că, pentru o anumită corelare a variabilelor celor două familii de funcții, nivelul global de risc al locului de muncă mai puțin expus la riscuri

este întotdeauna mai mare decât nivelul global de risc al locului de muncă mai expus la riscuri. Totodată am identificat cauzele aceste anomalii și am propus și analizat soluțiile de remediere. Soluțiile propuse s-au validat prin intermediul unei aplicații practice.

3.2.2. Exprimarea nivelului global de risc ca funcție de șapte variabile

3.2.2.1. Identificarea funcțiilor. Definirea corelației

După cumularea tuturor factorilor de risc identificați pentru fiecare element al sistemului de muncă (executant, sarcina de muncă, mijloace de producție/echipamente de muncă și mediu de muncă) se obține, corespunzător fiecărui nivel de risc „ R_j ” ($R_j = 1, 7$), un anumit număr de factori de risc notat „ n_j ”. Formula de calcul a nivelului de risc global, conform metodei elaborate de I.N.C.D.P.M. București, este:

$$N_r = \frac{\sum_{i=1}^n r_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^n r_i} \quad (3.1)$$

unde:

N_r este nivelul de risc global pe loc de muncă;

r_j - rangul factorului de risc „ i ”;

R_i - nivelul de risc pentru factorul de risc „ i ”;

N - numărul factorilor de risc identificați la locul de muncă.

Utilizând notația menționată anterior, relația (3.1) poate fi exprimată sub forma:

$$N_r = \frac{\sum_{j=1}^7 n_j \cdot r_j \cdot R_j}{\sum_{j=1}^7 n_j \cdot r_j} \quad (3.2)$$

Am definit două familii de funcții, $f_A(n_j)$ și $f_B(n_j)$, care descriu variația nivelurilor de risc ale locurilor de muncă A și B:

$$f_A(n_{jA}) = N_{rA} = \frac{\sum_{j=1}^7 n_{jA} \cdot r_j \cdot R_j}{\sum_{j=1}^7 n_{jA} \cdot r_j} \quad (3.3)$$

$$f_B(n_{jB}) = N_{rB} = \frac{\sum_{j=1}^7 n_{jB} \cdot r_j \cdot R_j}{\sum_{j=1}^7 n_{jB} \cdot r_j} \quad (3.4)$$

Considerăm între variabilele celor două funcții o corelație de forma:

$$n_{jB} = (8 - R_j) \cdot n_{jA} \quad (3.5)$$

Adică:

$$n_{1B} = 7 \cdot n_{1A}; n_{2B} = 6 \cdot n_{2A}; n_{3B} = 5 \cdot n_{3A}; n_{4B} = 4 \cdot n_{4A}; n_{5B} = 3 \cdot n_{5A}; n_{6B} = 2 \cdot n_{6A}; n_{7B} = n_{7A} \quad (3.6)$$

Cu alte cuvinte, pentru orice nivel de risc R_j , numărul de factori de risc identificați la locul de muncă B este mai mare sau cel puțin egal cu numărul factorilor de risc identificați la locul de muncă A. Firesc, asta înseamnă ca nivelul global de risc al locului de muncă B este mai mare decât nivelul global de risc al locului de muncă A. Am demonstrat că aplicând formula de calcul propusă

de metoda elaborată de I.N.C.D.P.M. București rezultatul este invers. În acest scop am exprimat cele două funcții în formă desfășurată:

$$f_A(n_{jA}) = \frac{n_{1A} \cdot 1 \cdot 1 + n_{2A} \cdot 2 \cdot 2 + n_{3A} \cdot 3 \cdot 3 + n_{4A} \cdot 4 \cdot 4 + n_{5A} \cdot 5 \cdot 5 + n_{6A} \cdot 6 \cdot 6 + n_{7A} \cdot 7 \cdot 7}{n_{1A} \cdot 1 + n_{2A} \cdot 2 + n_{3A} \cdot 3 + n_{4A} \cdot 4 + n_{5A} \cdot 5 + n_{6A} \cdot 6 + n_{7A} \cdot 7} =$$

$$= \frac{n_{1A} + 4 \cdot n_{2A} + 9 \cdot n_{3A} + 16 \cdot n_{4A} + 25 \cdot n_{5A} + 36 \cdot n_{6A} + 49 \cdot n_{7A}}{n_{1A} + 2 \cdot n_{2A} + 3 \cdot n_{3A} + 4 \cdot n_{4A} + 5 \cdot n_{5A} + 6 \cdot n_{6A} + 7 \cdot n_{7A}} \quad (3.7)$$

$$f_B(n_{jB}) = \frac{n_{1B} \cdot 1 \cdot 1 + n_{2B} \cdot 2 \cdot 2 + n_{3B} \cdot 3 \cdot 3 + n_{4B} \cdot 4 \cdot 4 + n_{5B} \cdot 5 \cdot 5 + n_{6B} \cdot 6 \cdot 6 + n_{7B} \cdot 7 \cdot 7}{n_{1B} \cdot 1 + n_{2B} \cdot 2 + n_{3B} \cdot 3 + n_{4B} \cdot 4 + n_{5B} \cdot 5 + n_{6B} \cdot 6 + n_{7B} \cdot 7} =$$

$$= \frac{n_{1B} + 4 \cdot n_{2B} + 9 \cdot n_{3B} + 16 \cdot n_{4B} + 25 \cdot n_{5B} + 36 \cdot n_{6B} + 49 \cdot n_{7B}}{n_{1B} + 2 \cdot n_{2B} + 3 \cdot n_{3B} + 4 \cdot n_{4B} + 5 \cdot n_{5B} + 6 \cdot n_{6B} + 7 \cdot n_{7B}} \quad (3.8)$$

Înlocuind în relația (3.8) ecuațiile (3.6) rezultă:

$$f_B(n_{jB}) = \frac{7 \cdot n_{1A} + 4 \cdot 6 \cdot n_{2A} + 9 \cdot 5 \cdot n_{3A} + 16 \cdot 4 \cdot n_{4A} + 25 \cdot 3 \cdot n_{5A} + 36 \cdot 2 \cdot n_{6A} + 49 \cdot n_{7A}}{7 \cdot n_{1A} + 2 \cdot 6 \cdot n_{2A} + 3 \cdot 5 \cdot n_{3A} + 4 \cdot 4 \cdot n_{4A} + 5 \cdot 3 \cdot n_{5A} + 6 \cdot 2 \cdot n_{6A} + 7 \cdot n_{7A}} =$$

$$= \frac{7 \cdot n_{1A} + 24 \cdot n_{2A} + 45 \cdot n_{3A} + 64 \cdot n_{4A} + 75 \cdot n_{5A} + 72 \cdot n_{6A} + 49 \cdot n_{7A}}{7 \cdot n_{1A} + 12 \cdot n_{2A} + 15 \cdot n_{3A} + 16 \cdot n_{4A} + 15 \cdot n_{5A} + 12 \cdot n_{6A} + 7 \cdot n_{7A}} \quad (3.9)$$

Definim funcția:

$$f(n_j) = f_A(n_{jA}) - f_B(n_{jB}) \quad (3.10)$$

Înlocuind relațiile (3.7) și (3.9) în relația (3.10) se obține:

$$f(n_j) = \frac{n_{1A} + 4 \cdot n_{2A} + 9 \cdot n_{3A} + 16 \cdot n_{4A} + 25 \cdot n_{5A} + 36 \cdot n_{6A} + 49 \cdot n_{7A}}{n_{1A} + 2 \cdot n_{2A} + 3 \cdot n_{3A} + 4 \cdot n_{4A} + 5 \cdot n_{5A} + 6 \cdot n_{6A} + 7 \cdot n_{7A}} -$$

$$- \frac{7 \cdot n_{1A} + 24 \cdot n_{2A} + 45 \cdot n_{3A} + 64 \cdot n_{4A} + 75 \cdot n_{5A} + 72 \cdot n_{6A} + 49 \cdot n_{7A}}{7 \cdot n_{1A} + 12 \cdot n_{2A} + 15 \cdot n_{3A} + 16 \cdot n_{4A} + 15 \cdot n_{5A} + 12 \cdot n_{6A} + 7 \cdot n_{7A}}$$

Efectuând calculele se obține:

$$f(n_j) = \frac{42 \cdot n_{7A} \cdot n_{6A} + 140 \cdot n_{7A} \cdot n_{5A} + 252 \cdot n_{7A} \cdot n_{4A} + 336 \cdot n_{7A} \cdot n_{3A} + 350 \cdot n_{7A} \cdot n_{2A} + 252 \cdot n_{7A} \cdot n_{1A} + 30 \cdot n_{6A} \cdot n_{5A} + 96 \cdot n_{6A} \cdot n_{4A} +}{(n_{1A} + 2 \cdot n_{2A} + 3 \cdot n_{3A} + 4 \cdot n_{4A} + 5 \cdot n_{5A} + 6 \cdot n_{6A} + 7 \cdot n_{7A}) \cdot (7 \cdot n_{1A} + 12 \cdot n_{2A} + 15 \cdot n_{3A} + 16 \cdot n_{4A} + 15 \cdot n_{5A} + 12 \cdot n_{6A} + 7 \cdot n_{7A})} +$$

$$+ \frac{162 \cdot n_{6A} \cdot n_{3A} + 192 \cdot n_{6A} \cdot n_{2A} + 150 \cdot n_{6A} \cdot n_{1A} + 20 \cdot n_{5A} \cdot n_{4A} + 60 \cdot n_{5A} \cdot n_{3A} + 90 \cdot n_{5A} \cdot n_{2A} + 80 \cdot n_{5A} \cdot n_{1A} + 12 \cdot n_{4A} \cdot n_{3A}}{(n_{1A} + 2 \cdot n_{2A} + 3 \cdot n_{3A} + 4 \cdot n_{4A} + 5 \cdot n_{5A} + 6 \cdot n_{6A} + 7 \cdot n_{7A}) \cdot (7 \cdot n_{1A} + 12 \cdot n_{2A} + 15 \cdot n_{3A} + 16 \cdot n_{4A} + 15 \cdot n_{5A} + 12 \cdot n_{6A} + 7 \cdot n_{7A})} +$$

$$+ \frac{32 \cdot n_{4A} \cdot n_{2A} + 36 \cdot n_{4A} \cdot n_{1A} + 6 \cdot n_{3A} \cdot n_{2A} + 12 \cdot n_{3A} \cdot n_{1A} + 2 \cdot n_{2A} \cdot n_{1A}}{(n_{1A} + 2 \cdot n_{2A} + 3 \cdot n_{3A} + 4 \cdot n_{4A} + 5 \cdot n_{5A} + 6 \cdot n_{6A} + 7 \cdot n_{7A}) \cdot (7 \cdot n_{1A} + 12 \cdot n_{2A} + 15 \cdot n_{3A} + 16 \cdot n_{4A} + 15 \cdot n_{5A} + 12 \cdot n_{6A} + 7 \cdot n_{7A})}$$

Deoarece $n_j \geq 0$, rezultă că $f(n_j) \geq 0$. Ca urmare, $f_A(n_{jA}) \geq f_B(n_{jB})$, ceea ce conduce la concluzia că $N_{rA} \geq N_{rB}$. În situația analizată, determinarea nivelului global de risc a două locuri de muncă cu metoda de evaluare a riscurilor de accidentare și îmbolnăvire profesională elaborată de I.N.C.D.P.M. București conduce la obținerea unei valori mai mari pentru locul de muncă expus la riscuri mai mici și mai puține [A12].

3.2.2.2. Identificarea cauzelor anomaliei

Ca element de ponderare în relația de calcul a nivelului de risc global se utilizează rangul factorului de risc pentru a crește importanța factorilor de risc cărora le corespunde un nivel ridicat de risc în expresia nivelului global de risc. Ponderarea cu rangul factorului de risc nu este suficientă în situații extreme ca cea prezentată anterior, adică în cazurile în care numărul factorilor de risc de nivel parțial de risc mic identificați la un loc de muncă este cu mult mai mare decât al altor locuri de muncă, iar numărul factorilor de risc de nivel parțial de risc mare este redus sau are valori apropiate

pentru toate locurile de muncă evaluate. Pentru evitarea rezultatelor aberante de tipul celor prezentate anterior este necesar ca, sub o formă sau alta, numărul total al factorilor de risc identificați să fie același, pentru toate locurile de muncă. Pentru egalizarea numărului de factori de risc am propus trei variante care vor fi prezentate în continuare.

3.2.3. Propuneri de corectare a formulei de calcul a nivelului global de risc

3.2.3.1. Varianta 1 - Egalizarea numărului factorilor de risc prin eliminarea factorilor de risc de nivel parțial de risc scăzut

Egalizarea numărului de factori de risc se poate face la minimumul identificat pentru locurile de muncă analizate. Pentru locurile de muncă în care numărul factorilor de risc identificați este mai mare, se elimină factorii de risc de nivel parțial de risc mic. În acest caz, relația de calcul a nivelului global de risc al locului de muncă va fi:

$$N_r = \frac{\sum_{i=n-n_{\min}+1}^n r_i \cdot R_i}{\sum_{i=n-n_{\min}+1}^n r_i} \quad (3.11)$$

unde:

N_r este nivelul de risc global pe loc de muncă;

r_i - rangul factorului de risc „i”, cu mențiunea că factorii trebuie ordonați crescător;

R_i - nivelul de risc pentru factorul de risc „i”;

n - numărul factorilor de risc identificați la locul de muncă;

n_{\min} - numărul minim al factorilor de risc identificați la locurile de muncă analizate.

Avantaje:

- asigură un raport corect între locurile de muncă analizate;
- eliminarea factorilor de risc de nivel parțial de risc mic conduce la creșterea ponderii factorilor de nivel parțial de risc mare la calculul nivelului global de risc;
- asigură diferențe semnificative între nivelurile globale de risc ale diferitelor locuri de muncă.

Dezavantaje:

- în cazuri extreme (diferențe foarte mari între numărul minim de factori de risc identificați la un loc de muncă și numărul maxim al factorilor de risc identificați la un loc de muncă în aceeași unitate), se poate ajunge la eliminarea unor factori de risc de nivel parțial de risc mare;
- presupune evaluarea simultană a tuturor locurilor de muncă identificate în sistem;
- nu permite compararea rezultatelor între sisteme diferite.

3.2.3.2. Varianta 2 - Egalizarea numărului factorilor de risc la numărul maxim de factori de risc identificați în sistemul evaluat

Egalizarea numărului de factori de risc se poate face la maximumul identificat pentru locurile de muncă analizate. Pentru locurile de muncă în care numărul factorilor de risc identificați este mai mic decât maximumul identificat, se adaugă un număr de factori de risc ipotetici, de nivel parțial de risc egal cu unu. În acest caz, formula de calcul a nivelului global de risc al locului de muncă va fi:

$$N_r = \frac{\sum_{i=1}^n r_i \cdot R_i + (n_{\max} - n)}{\sum_{i=1}^n r_i + (n_{\max} - n)} \quad (3.12)$$

unde:

N_r este nivelul de risc global pe loc de muncă;

r_i - rangul factorului de risc „i”;

R_i - nivelul de risc pentru factorul de risc „i”;

n - numărul factorilor de risc identificați la locul de muncă;

n_{\max} - numărul maxim al factorilor de risc identificați în sistemul evaluat.

Avantaje:

- asigură un raport corect între locurile de muncă analizate;
- asigură diferențe semnificative între nivelurile globale de risc ale diferitelor locuri de muncă.

Dezavantaje:

- presupune evaluarea simultană a tuturor locurilor de muncă identificate în întreprindere;
- introducerea de factori de risc de nivel parțial de risc mic conduce la scăderea ponderii factorilor de nivel parțial de risc mare la calculul nivelului global de risc;
- nu permite compararea rezultatelor între întreprinderi diferite.

3.2.3.3. Varianta 3 - Egalizarea numărului factorilor de risc la numărul maxim de factori de risc identificați în sistemul evaluat

Egalizarea numărului de factori de risc se poate face la maximum al factorilor de risc inventariați în anexa 1 a metodei elaborate de I.N.C.D.P.M. Bucuresti, egal cu 121. La calculul nivelului global de risc al locului de muncă, se adaugă un număr de factori de risc ipotetici, de nivel de risc egal cu unu. În acest caz, formula de calcul a nivelului global de risc al locului de muncă:

$$N_r = \frac{\sum_{i=1}^n r_i \cdot R_i + (n_{\max \max} - n)}{\sum_{i=1}^n r_i + (n_{\max \max} - n)} \quad (3.13)$$

unde:

N_r este nivelul de risc global pe loc de muncă;

r_i - rangul factorului de risc „i”;

R_i - nivelul de risc pentru factorul de risc „i”;

n - numărul factorilor de risc identificați la locul de muncă.

$n_{\max \max}$ - numărul maxim maximorum al factorilor de risc din Anexa 1, $n_{\max \max} = 121$.

Avantaje:

- asigură un raport corect între locurile de muncă analizate;
- introducerea unui număr mare de factori de risc de nivel parțial de risc mic conduce la scăderea ponderii factorilor de risc de nivel parțial de risc mare la calculul nivelului global de risc;
- nu presupune evaluarea simultană a tuturor locurilor de muncă identificate în sistem;
- permite compararea rezultatelor între sisteme (întreprinderi) diferite.

Dezavantaje:

- nu asigură diferențe semnificative între nivelurile globale de risc ale diferitelor locuri de muncă.

Analiza comparativă a avantajelor și dezavantajelor oferite de relațiile de calcul ale nivelului global de risc din metoda elaborată de I.N.C.D.P.M. București și din cele trei variante propuse este prezentată sintetic în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1. Analiza comparativă a avantajelor și dezavantajelor oferite de relațiile de calcul ale nivelului global de risc din metoda elaborată de I.N.C.D.P.M. București și din cele trei variante propuse

| | Metoda | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I.N.C.D.P.M. București | Varianta 1 | Varianta 2 | Varianta 3 |
| Formula de calcul | $N_r = \frac{\sum_{i=1}^n r_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^n r_i}$ | $N_r = \frac{\sum_{i=n-n_{\min}+1}^n r_i \cdot R_i}{\sum_{i=n-n_{\min}+1}^n r_i}$ | $N_r = \frac{\sum_{i=1}^n r_i \cdot R_i + (n_{\max} - n)}{\sum_{i=1}^n r_i + (n_{\max} - n)}$ | $N_r = \frac{\sum_{i=1}^n r_i \cdot R_i + (n_{\max \max} - n)}{\sum_{i=1}^n r_i + (n_{\max \max} - n)}$ |
| Avantaje/ dezavantaje | | | | |
| Asigură un raport corect între locurile de muncă analizate | Nu | Da | Da | Da |
| Crește ponderea factorilor de risc de nivel parțial de risc mare la calculul nivelului global de risc | Da | Da | Nu | Nu |
| Asigură diferențe semnificative între nivelurile globale de risc ale diferitelor locuri de muncă | Da | Da | Da | Nu |
| Face posibilă eliminarea factorilor de risc de nivel mediu-mare | Nu | Da | Da | Da |
| Presupune evaluarea simultană a tuturor locurilor de muncă identificate în sistem | Nu | Da | Da | Nu |
| Permite compararea rezultatelor între sisteme (întreprinderi) diferite | Nu | Nu | Nu | Da |

3.2.4. Validarea practică a soluțiilor propuse

3.2.4.1. Stabilirea subiecților și a circumstanțelor dezvoltării studiului de caz

Pentru validarea rezultatelor analizei și a posibilităților de rezolvare a problemelor identificate am luat în studiu un scenariu realist pentru a releva concret utilitatea metodelor de calcul a nivelului global de risc propuse.

Sistemul analizat a fost un depozit de substanțe explozive, situat în afara localității și ocupând o suprafață de 1000 m². Pereții sunt confecționați din cărămidă. În incinta depozitului sunt compartimentate biroul magazionerului, toaleta și sala de mese. Iluminatul se realizează natural, prin ferestrele termopan și artificial cu tuburi cu descărcare în gaz, ventilația este naturală și artificială, prin instalația de ventilare. Instalația de climatizare menține temperatura și presiunea la valori optime. Subiecții sunt: un *manipulant materiale* și un *magazioner*. Pentru fiecare dintre subiecți am evaluat riscurile folosind metoda elaborată de I.N.C.D.P.M. București, după care am recalculat nivelurile globale de risc prin soluțiile alternative propuse [A12].

3.2.4.2. Analiza comparativă a nivelului global de risc pentru locurile de muncă investigate

Determinarea nivelului global de risc pentru cele două locuri de muncă, prin intermediul metodei elaborate de I.N.C.D.P.M. București, conduce la constatarea că rezultatele obținute contrazic previziunile bazate pe „*bun simț*”, nivelul global de risc calculat pentru locul de muncă „*magazioner*” fiind, în mod paradoxal, mai mare decât pentru locul de muncă „*manipulant materiale*”. În tabelul 3.2 sunt prezentate comparativ rezultatele obținute prin utilizarea relațiilor de calcul ale nivelului global de risc utilizate în cadrul metodei elaborate de I.N.C.D.P.M. București și în cele trei variante alternative propuse.

Tabelul 3.2. Calculul comparativ al nivelului global de risc pentru cele două locuri de muncă

| <i>Locul de muncă evaluat</i> | Manipulant materiale | Magazioner |
|--------------------------------------|--|--|
| Metoda de evaluare | | |
| Metoda I.N.C.D.P.M. București | $N_r = \frac{\sum_{i=1}^{17} r_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^{17} r_i} = 3,13$ | $N_r = \frac{\sum_{i=1}^9 r_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^9 r_i} = 3,57$ |
| Varianta 1 | $N_r = \frac{\sum_{i=9}^{17} r_i \cdot R_i}{\sum_{i=9}^{17} r_i} = 3,86$ | $N_r = \frac{\sum_{i=1}^9 r_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^9 r_i} = 3,57$ |
| Varianta 2 | $N_r = \frac{\sum_{i=1}^{17} r_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^{17} r_i} = 3,13$ | $N_r = \frac{\sum_{i=1}^9 r_i \cdot R_i + 8}{\sum_{i=1}^9 r_i + 8} = 3,00$ |
| Varianta 3 | $N_r = \frac{\sum_{i=1}^{17} r_i \cdot R_i + 104}{\sum_{i=1}^{17} r_i + 104} = 1,65$ | $N_r = \frac{\sum_{i=1}^9 r_i \cdot R_i + 112}{\sum_{i=1}^9 r_i + 112} = 1,51$ |

3.2.4.3. Interpretarea rezultatelor și concluzii

În ansamblu, interpretarea rezultatelor obținute confirmă previziunile sintetizate în tabelul 1. Toate cele trei variante ordonează corect nivelurile globale de risc, obținându-se valorile cele mai mari pentru locul de muncă expus la riscuri mai multe și mai mari. Diferența cea mai mare între valorile nivelurilor de risc se obține în cazul utilizării variantei 1. Pentru simplitatea aplicării relației de calcul și pentru meritul de a nu exclude din calcul factori de risc cu nivel parțial de risc mediu și mare, apreciem că utilizarea variantei 2 este cea mai rațională.

Oricare ar fi relația selectată pentru calculul nivelului global de risc, eliminarea unor factori de risc (ca în varianta 1) sau adăugarea unor factori de risc ipotetici nu trebuie să afecteze celelalte puncte ale raportului de evaluare. Fișa de evaluare a locului de muncă, histograma nivelurilor parțiale de risc, fișa de măsuri propuse, interpretarea rezultatelor evaluării și ciclograma ponderii elementelor sistemului de muncă se vor face luând în considerare totalitatea factorilor de risc real identificați. Ponderarea cu rangul factorului de risc nu este suficientă în situații extreme, și anume în

cazurile în care numărul de factori de risc cu nivel parțial de risc mic identificați la un loc de muncă este mult superior numărului de factori de risc de nivel parțial mic ai altor locuri de muncă sau când numărul factorilor de risc de nivel parțial de risc mare este redus sau are valori apropiate pentru toate locurile de muncă evaluate. **Pentru evitarea rezultatelor aberante (în sens matematic)** de acest gen este necesar ca sub o formă sau alta, numărul total al factorilor de risc identificați să fie același, pentru toate locurile de muncă. Egalizarea numărului de factori de risc se face la maximum identificat pentru locurile de muncă analizate. Pentru locurile de muncă în care numărul factorilor de risc identificați este mai mic decât maximum identificat, se adaugă un număr de factori de risc ipotetici, de nivel de risc egal cu unu. Totodată, aplicarea metodei poate conduce la rezultate foarte diferite, pentru aceeași situație sau sistem de muncă, dacă componența echipelor de evaluare este diferită [A13]. Pe de altă parte, deși cifrele obținute pot fi utile în demersul de sensibilizare a conducerii unei organizații economice, cuantificarea are limite. Ea conferă aparența unei evaluări matematice, fără însă a avea rigoarea unei asemenea abordări [A14].

3.3. Dezvoltarea de criterii și recomandări pentru selecția metodelor de analiză a riscurilor ocupaționale

3.3.1. Fixarea atributelor și criteriilor de selecție a metodelor

Deși, în principiu, evaluarea riscului constituie un instrument puternic și eficient, dacă nu este utilizat cu atenție și discernământ, rezultatele obținute pot fi complet incorecte, conducând la decizii eronate, neaplicabile practic [B19]. **Scopul cercetării** a vizat relația conceptuală dintre diversele **categorii de metode** de evaluare a riscurilor și **criteriile aplicabile** pentru selecția lor [B20], furnizând **recomandări** privind modul în care organizațiile își pot alege tehnicile adecvate de pentru o anumită situație [A14].

În termeni generali, tehnicile selectate trebuie să întrunească următoarele caracteristici:

- i. ar trebui să fie justificabile și adecvate pentru situația sau organizația în cauză, în raport cu relevanța și compatibilitatea lor;
- ii. ar trebui să furnizeze rezultate într-o formă care să sporească înțelegerea naturii riscului și a modului în care acesta poate fi tratat;
- iii. ar trebui să poată fi utilizate într-o manieră detectabilă, repetabilă și verificabilă.
- iv. la integrarea rezultatelor din diverse studii, tehnicile utilizate și rezultatele trebuie să fie comparabile.

Atunci când decizia de realizare a evaluării riscurilor este luată iar obiectivele au fost definite, tehnicile ar trebui selectate pe baza următoarelor **criterii**:

- i. *obiectivele studiului;*
- ii. *nevoile factorilor decizionali;*
- iii. *magnitudinea posibilă a consecințelor;*
- iv. *gradul de expertiză, resurse umane și alte resurse necesare;*
- v. *disponibilitatea informațiilor și datelor;*
- vi. *nevoia de modificare/actualizare a evaluării riscurilor;*
- vii. orice cerințe de reglementare și contractuale.

În tabelul 3.3 am ilustrat modul în care tehnicile de evaluare se aplică fiecărui pas al procesului de evaluare a riscurilor: *larg aplicabilă* (LA), *aplicabilă* (A) sau *inaplicabilă* (NA). Din nou, din considerente de sistematizare, prezentăm doar 31 metode din cele 62 incluse în acest studiu [A15].

Tabelul 3.3. Aplicabilitatea instrumentelor utilizate pentru analiza riscurilor

| Instrumente și tehnici | Procesul de evaluare a riscurilor | | | | |
|---|-----------------------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|
| | Identificarea riscurilor | Analiza riscurilor | | | Estimare risc |
| | | Consecința | Probabilitate | Nivel de risc | |
| Brainstorming | LA ¹ | NA ² | NA | NA | NA |
| Interviuri structurate sau semistructurate | LA | NA | NA | NA | NA |
| Delphi | LA | NA | NA | NA | NA |
| Liste de verificare | LA | NA | NA | NA | NA |
| Analiza preliminară a pericolelor | LA | NA | NA | NA | NA |
| Studii ale pericolelor și operabilități (HAZOP) | LA | LA | A ³ | A | A |
| Analiza pericolelor și puncte critice de control (HACCP) | LA | LA | NA | NA | LA |
| Evaluarea riscurilor de mediu | LA | LA | LA | LA | LA |
| Structura „Ce s-ar întâmpla dacă...?” (. <i>What if</i>) (SWIFT) | LA | LA | LA | LA | LA |
| Analiza scenariului | LA | LA | A | A | A |
| Analiza de impact asupra afacerii | A | LA | A | A | A |
| Analiza cauzei rădăcină | NA | LA | LA | LA | LA |
| Analiza efectelor modului de defectare | LA | LA | LA | LA | LA |
| Analiza arborelui de defecte | A | NA | LA | A | A |
| Analiza arborelui de evenimente | A | LA | A | A | NA |
| Analiza cauză-consecință | A | LA | LA | A | A |
| Analiza cauza și efect | LA | LA | NA | NA | NA |
| Analiza nivelurilor de protecție | A | LA | A | A | NA |
| Arbore de decizii | NA | LA | LA | A | A |
| Analiza fiabilității factorului uman | LA | LA | LA | LA | A |
| Nodul fluture | NA | A | LA | LA | A |
| Mentenanța bazată pe fiabilitate | LA | LA | LA | LA | LA |
| Analiza circuitelor parazite | A | NA | NA | NA | NA |
| Analiza Markov | A | LA | NA | NA | NA |
| Simulare Monte Carlo | NA | LA | NA | NA | LA |
| Statistici Bayes și rețele Bayes | NA | LA | NA | NA | LA |
| Curbele FN | A | LA | LA | A | LA |
| Indici de risc | A | LA | LA | A | LA |
| Matricea consecință /probabilitate | LA | SA | SA | LA | A |
| Analiza cost/beneficiu | A | SA | A | A | A |
| Analiza deciziei pe bază mai multor criterii (MCDA) | A | SA | A | LA | A |

3.3.2. Identificarea criteriilor determinante

a.Disponibilitatea resurselor: resursele și capacitățile care pot afecta selectarea tehnicilor de evaluare a riscurilor includ:

- abilitățile, experiența, capacitatea și capabilitatea echipei de evaluare a riscurilor;
- constrângeri privind timpul și alte resurse din cadrul organizației;
- bugetul disponibil dacă sunt necesare resurse externe.

b.Natura și nivelul de incertitudine

Natura și nivelul de incertitudine necesită înțelegerea calității, cantității și integrității informațiilor disponibile privind riscul în cauză, ceea ce include măsura în care sunt disponibile informații suficiente despre risc, sursele și cauzele acestuia, precum și consecințele asupra realizării obiectivelor. Incertitudinea poate proveni din slaba calitate a datelor sau lipsa datelor esențiale și de încredere.

c. Complexitatea

Riscurile pot fi complexe, ca de exemplu, în sisteme complexe care necesită evaluarea globală a riscurilor decât să se trateze fiecare componentă separat și să se ignore interacțiunile. Înțelegerea complexității unui singur risc sau a unui portofoliu de riscuri ale unei organizații este crucială pentru selectarea metodei sau tehnicilor adecvate de evaluare a riscurilor. În continuare (tabelul 3.4), atributele metodelor au fost sistematizate prin prisma [A15]:

- complexității problemei și metodelor necesare pentru analiza acesteia;
- naturii și nivelului de incertitudine a evaluării riscurilor pe baza volumului de informații disponibile și a ceea ce este necesar pentru a atinge obiectivele;
- mărimea resurselor necesare prin prisma timpului alocat și a nivelului de expertiză, a nevoilor de date sau a costului;
- dacă metoda poate furniza un rezultat cantitativ.

Tabelul 3.4. Criterii și atribute propuse pentru selecția instrumentelor de analiză a riscurilor

| Tip tehnică de evaluare riscuri | Descriere | Relevanța factorilor de influență | | | Poate furniza un rezultat calitativ? |
|-------------------------------------|---|-----------------------------------|----------------------|--------------|--------------------------------------|
| | | Resurse/capacitate | Natură/grad incertit | Complexitate | |
| METODE DE IDENTIFICARE | | | | | |
| Liste de verificare | O formă simplă de identificare a riscurilor. Furnizează o listă a incertitudinilor tipice care trebuie avute în vedere. | Redus | Redus | Redus | Nu |
| Analiza preliminară pericole | Metodă simplă inductivă de analiză al cărei obiectiv este de a identifica pericolele, situațiile și evenimentele periculoase care pot afecta negativ o activitate, facilitate sau sistem date | Redus | Ridicat | Mediu | Nu |
| METODE DE SPRIJIN | | | | | |
| Brainstorming | Modalitate de a colecta o varietate largă de idei, evaluarea și clasificarea acestora de o echipă.. | Redus | Redus | Redus | Nu |
| Tehnică Delphi | Modalitate de a combina opiniile experților care pot realiza identificarea surselor și influențelor, estimarea și probabilitatea consecințelor și estimarea riscurilor. | Mediu | Mediu | Mediu | Nu |
| SWIFT-„What if” | Sistem pentru stimularea unei echipe pentru a identifica riscurile. | Mediu | Mediu | Oricare | Nu |
| Analiza fiabilit. factor uman (HRA) | Impactul oamenilor asupra performanței sistemului și poate fi utilizată pentru a evalua influențele erorilor umane asupra sistemului. | Mediu | Mediu | Mediu | Da |
| ANALIZA SCENARIILOR | | | | | |
| Analiza cauzei rădăcină | Se analizează o pierdere singulară care a avut loc pentru a înțelege cauzele care au contribuit la aceasta . | Mediu | Redus | Mediu | Nu |
| Analiză scenariu | Se identifică posibile scenarii viitoare prin imaginație și extrapolare de la situația prezentă și sunt avute în vedere diverse riscuri presupunând că pot avea loc scenariile. | Mediu | Ridicat | Mediu | Nu |
| Evaluarea riscului toxicității | Sunt identificate și analizate pericolele și posibile modalități prin care o țintă particulară poate fi expusă la pericolul respectiv | Ridicat | Ridicat | Mediu | Da |

| | | | | | |
|--|---|---------|---------|---------|----|
| Analiza de impact asupra afacerii | Furnizează o analiză a modului în care riscuri de perturbare majore pot afecta funcționarea unei organizații, identifică și cuantifică capabilitățile care ar fi necesare pentru gestionarea acestora. | Mediu | Mediu | Mediu | Nu |
| Analiza arborelui de defecte | Pornește de la un eveniment nedorit (primar) și determină toate modalitățile în care acesta poate avea loc. Aceste modalități sunt reprezentate grafic printr-o diagramă logică arborescentă. | Ridicat | Ridicat | Mediu | Nu |
| Analiză arbore de evenimente | Se folosește un raționament inductiv pentru a traduce probabilitățile diferitelor evenimente în posibile consecințe. | Mediu | Mediu | Mediu | Da |
| Analiza cauze-consecințe | Combinație între analiza arborelui de defecte și analiza arborelui de evenimente care permite includerea de întârzieri. Se au în vedere atât cauzele, cât și consecințele unui eveniment inițiator. | Ridicat | Mediu | Ridicat | Da |
| Analiza cauză-efect | Un efect poate avea un număr de factori contributory care pot fi grupați în diverse categorii. Factorii contributory sunt identificați deseori prin <i>brainstorming</i> și reprezentați într-o diagramă Os de pește. | Redus | Redus | Mediu | Da |
| ANALIZA FUNCȚIEI | | | | | |
| FMEA și FMECA | Utilizată pentru a identifica modurile de defectare și efectele acestora. | Mediu | Mediu | Mediu | Da |
| Mentenanța bazată pe fiabilitate | Metoda de identificare a politicilor care să fie implementate pentru gestionarea defectelor astfel încât să se realizeze eficient și efectiv nivelul de siguranță necesar, disponibilitatea. | Mediu | Mediu | Mediu | Da |
| Analiza viciilor ascunse (anal.circ. parazite) | Metodologie pentru identificarea erorilor de proiectare. O condiție ascunsă este un <i>hardware</i> , <i>software</i> sau condiție integrate care poate conduce la apariția unui eveniment nedorit sau poate inhiba un eveniment dorit și care nu este cauzat de o defectare a componentei. | Mediu | Mediu | Mediu | Nu |
| HAZOP | Proces general de identificare a riscurilor pentru a defini posibile devieri de la performanța anticipate sau dorită. | Mediu | Ridicat | Ridicat | Nu |
| HACCP | Un sistem proactiv și preventiv pentru asigurarea calității produselor, a fiabilității și siguranței proceselor | Mediu | Mediu | Mediu | Nu |
| EVALUAREA MIJLOACELOR DE CONTROL | | | | | |
| LOPA | Poate fi denumită și analiza obstacolelor. Permite evaluarea mijloacelor de control și a eficienței acestora. | Mediu | Mediu | Mediu | Da |
| Nodul fluture | Diagramă, care descrie și analizează traseul unui risc pornind de la pericole până la consecințe și care analizează mijloacele de control. | Mediu | Ridicat | Mediu | Da |
| METODE STATISTICE | | | | | |
| Analiza Markov | Uneori denumită analiza <i>stare-spațiu</i> , este utilizată în analiza sistemelor complexe reparabile care pot exista în multiple stări, inclusiv diverse stări de degradare. | Ridicat | Redus | Ridicat | Da |
| Analiza Monte-Carlo | Este utilizată pentru a stabili variația totală a sistemului care rezultă din variații ale sistemului, pentru un număr de intrări, în care fiecare intrare are o distribuție definită, iar intrările sunt raportate la rezultate prin relații definite. În mod obișnuit, pentru evaluarea riscurilor sunt utilizate distribuții triunghiulare sau beta. | Ridicat | Redus | Ridicat | Da |
| Analiza Bayes | Procedura statistică care utilizează date anterioare privind distribuția pentru a evalua probabilitatea rezultatului. Analiza bayesiana depinde de acuratețea distribuției anterioare pentru a deduce un rezultat precis. | Ridicat | Redus | Ridicat | Da |

3.4. Riscuri emergente: evaluarea și controlul riscurilor ocupaționale asociate nanoparticulelor de sinteză

Numeroase studii de cercetare au fost lansate, și sunt în curs de realizare, pentru a diminua absența cunoștințelor privind efectele nanomaterialelor asupra sănătății și securității lucrătorilor [A16; B21; B22; B24]. Pentru a veni în sprijinul dezvoltării sigure a nanotehnologiilor, atât în domeniul industrial, cât și în cercetare, am abordat principalele repere strategice referitoare la identificarea pericolelor, evaluarea și managementul riscurilor generate de nanoparticulele de sinteză, furnizând un fundament al dezvoltării bunelor practici în domeniu [A17].

3.4.1. Aprecierea riscului generat de nanoparticulele de sinteză

Aprecierea riscului asociat nanoparticulelor de sinteză presupune cunoașterea corespunzătoare a **identității** pericolelor (securitate și toxicitate a produselor, relații doză - răspuns), a **nivelurilor de expunere** și **caracterizarea pericolelor** în diverse posturi de lucru sau sisteme de muncă. În acest context, aprecierea riscului va reprezenta o modalitate de a determina dacă condițiile care prevalează în mediul de muncă vor putea permite:

- emisia de nanoparticule toxice în aer, la concentrații suficient de mari pentru a prejudicia sănătatea lucrătorilor;
- acumularea aerosolilor solizi ai nanoparticulelor inflamabile sau explozive, la concentrații și în condiții care să favorizeze producerea unui eveniment nedorit.

Datorită dimensiunilor atât de reduse, nanoparticulele sunt extrem de **mobile în orice compartiment de mediu** (fig. 3.4).

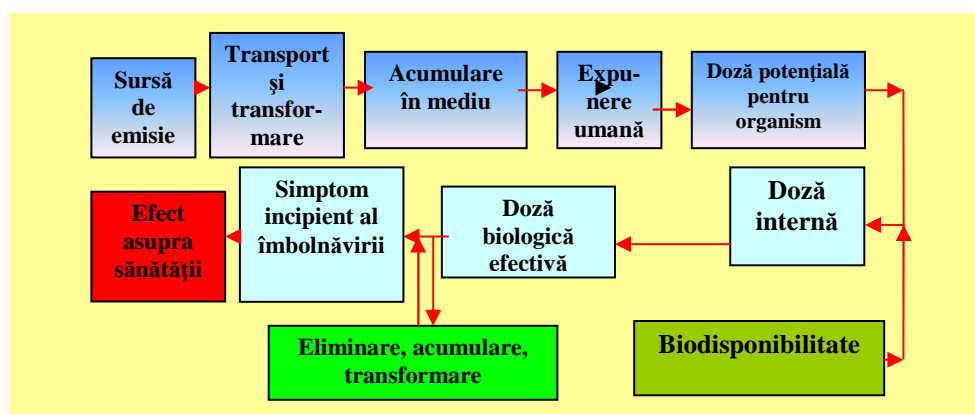


Fig. 3.4. Schema de principiu a emisiei și expunerii la contaminant, interconectată cu expresia efectelor asupra sănătății

Lucrul cu nanoparticulele poate conduce la formarea unei fracțiuni de pulberi respirabile în suspensie (aerosoli), în special dacă activitatea se desfășoară cu produsul în stare solidă, fără utilizarea solvenților. Desigur că lucrul în mediu umed va reduce substanțial potențialul de generare al aerosolilor, fără însă a-l elimina complet. Metoda umedă trebuie însă aplicată ori de câte ori este posibil din punct de vedere tehnologic, datorită eficienței sale de reducere a expunerii profesionale. Abordarea globală a procesului de management al riscurilor generate de nanoparticule pe care am elaborat-o este sintetizată în fig. 3.5. Demersul include anumite etape complementare și este parte a unei abordări cuprinzătoare, care are ca prim obiectiv **controlul factorilor de risc**. Procesul are un caracter iterativ, trebuind repetat, revizuit și detaliat de o manieră regulată.

Prima etapă a procesului de apreciere a riscului va consta în colectarea tuturor **informațiilor scrise** disponibile, care permit identificarea factorilor de risc pentru securitatea și sănătatea lucrătorilor, existenți la locul de muncă. Informațiile principale necesare evaluării riscului

toxicologic asociat nanoparticulelor sunt sintetizate în fig. 3.6. Este esențial să reamintim faptul că riscul nu depinde exclusiv de toxicitatea produsului, ci de combinația dintre toxicitate și nivelul de expunere.

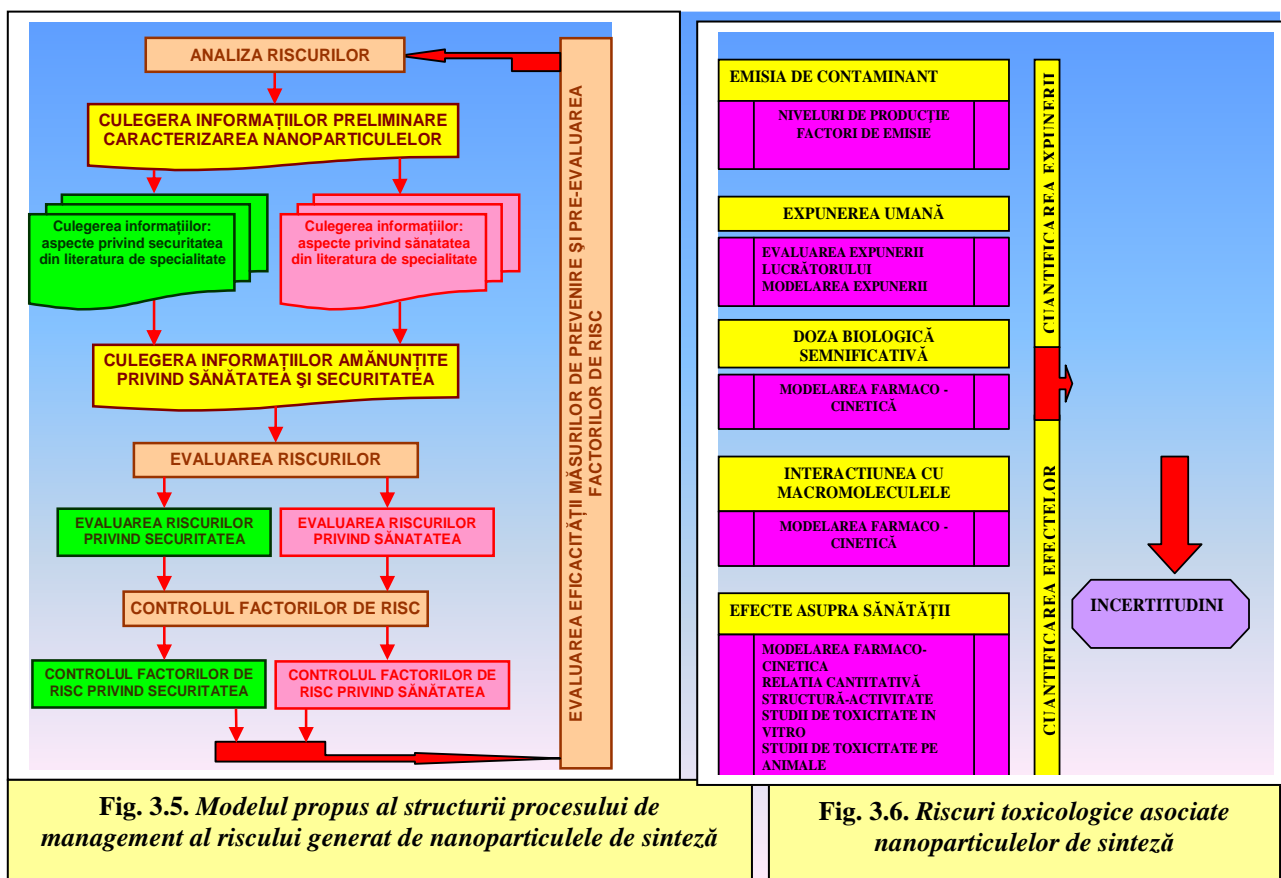
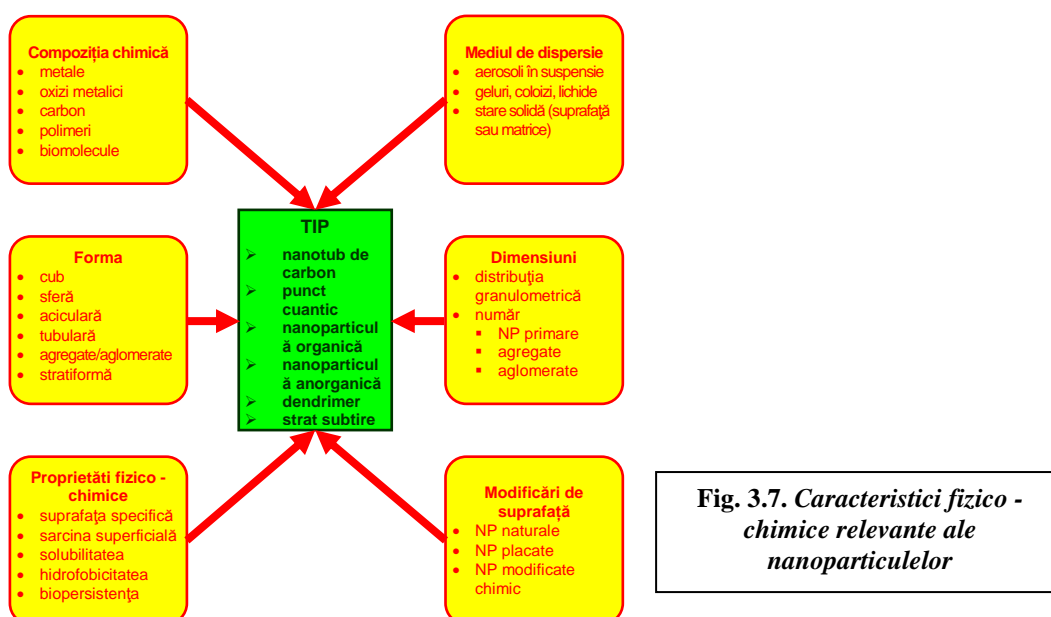


Figura 3.7 sintetizează diferiți parametri fizici și chimici care pot fi documentați cu privire la natura și caracteristicile nanoparticulelor.



Parametrii relevanți se vor grupa în categorii principale, informațiile putând fi obținute din diverse *surse*, cum ar fi: fișe tehnice de securitate, articole și sinteze documentare din literatura tehnică și științifică, ghiduri de bună practică etc.

Atunci când datele obținute în stadiul preliminar al documentării oferă argumente pentru a suspecta un potențial risc referitor la nanoparticulele produse și/sau utilizate în sistemul de muncă, se va impune extinderea și, mai ales, detalierea procesului de colectare a datelor și informațiilor. După o primă luare de contact cu personalul lucrător și membrii vizați ai managementului de linie și de vârf, se recomandă vizitarea tuturor locațiilor și estimarea calitativă globală a potențialului de expunere profesională, care poate duce la intoxicație sau poate genera concentrații ridicate de nanoparticulele combustibile sau explozive.

Am recomandat ca, în particular, să se realizeze documentarea detaliată pentru fiecare unitate funcțională din mediul de muncă și pentru toate categoriile de sarcini de muncă efectuate, vizând următoarele aspecte:

- **preocupările lucrătorilor și managerilor** referitoare la factorii de risc percepuți și cu prezență certă în mediul de muncă;
- **forma fizică** în care nanoparticulele sunt produse sau manipulate (materii prime, produse intermediare, bunuri finite) și ușurința dispersiei sau emisiei în aer a acestora; în fază solidă nanoparticulele trec mult mai ușor și rapid în stare de suspensie decât în fază lichidă, în suspensie sau în stare coloidală;
- **procesele și echipamentele:** gradul de izolare (etanșare), circuit închis/deschis, scurgeri potențiale etc;
- **cantitățile de nanoparticule utilizate:** nanoparticulele sunt vehiculate într-un flux continuu sau în aplicații punctuale?
- **etapele procesului de fabricație, departamente implicate:** operațiile tehnologice, modul de manipulare al nanoparticulelor, durata și specificul sarcinilor de muncă;
- **căile de expunere posibile;**
- **mijloacele colective și individuale de control existente în practică și operaționale:** datele disponibile privind performanțele reale ale sistemelor de control existente;
- **numărul de lucrători expuși** fiecărui factor de risc și **durata expunerii**.

Parcursul etapelor de colectare a informațiilor preliminare și a celor detaliate ar trebui să furnizeze datele necesare unei estimări cantitative a riscului existent într-un mediu de muncă dat, indiferent dacă riscul este **de natură toxicologică** (conducând fie la intoxicație acută, fie la îmbolnăvire profesională), fie **de natură fizică** (caz în care poate conduce la incendiu, explozie sau reacție chimică nedorită).

3.4.2. Managementul riscurilor generate de nanoparticule: o abordare practică

Un nivel sporit de atenție trebuie acordat nanoparticulelor care fie implică riscuri majore, fie implică riscuri necunoscute, precum și celor care sunt caracterizate de solubilitate scăzută sau nulă. În acest context, am considerat abordarea prin „**niveluri de control**” drept un instrument valoros, deoarece el poate fi utilizat pentru stabilirea unor măsuri de control **sigure, dar realiste**, care pot fi implementate chiar și în situațiile în care informațiile disponibile sunt incomplete [B25].

Strategia de control este limitată la trei niveluri sau benzi de control ingineresc (denumite **niveluri de control**), bazate pe fundamente solide în domeniul igienei muncii, cărora li se adaugă un al patrulea nivel de control (NC) care necesită implicarea unui expert, pentru situațiile considerate ca fiind cele mai periculoase. Fiecare nivel de control poate fi apoi estimat în baza unui punctaj global de risc care se determină pentru fiecare sarcină de muncă în parte și ia în considerare aspectele de gravitate (punctaj de toxicitate) și componenta probabilistică (punctaj asociat probabilității de expunere sau nivel de expunere potențial).

Tabelul 3.5 prezintă diferitele niveluri de control, în corelație cu punctajele asociate).

Tabelul 3.5. Matricea nivelurilor de control corelată cu punctajele gravității și probabilității

| | | PROBABILITATE | | | |
|-----------|------------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|
| | | Extrem de improbabil (0 – 25) | Improbabil (26 – 50) | Posibil (51 – 75) | Probabil (76 – 100) |
| GRAVITATE | Foarte mare (76 – 100) | NC 3 | NC 3 | NC 4 | NC 4 |
| | Mare (51 – 75) | NC 2 | NC 2 | NC 3 | NC 4 |
| | Medie (26 – 50) | NC 1 | NC 1 | NC 2 | NC 3 |
| | Mică (0 – 25) | NC 1 | NC 1 | NC 1 | NC 2 |

Niveluri de control:
 NC 1: Ventilație generală;
 NC 2: Hotă sau sistem de aspirație;
 NC 3: Lucru în circuit închis (izolare completă a pericolului);
 NC 4: Consultanță de specialitate acordată de un expert.

Elementele definitorii ale principalelor trei categorii de măsuri de control a riscurilor sunt sistematizate în schema din figura 3.8. Menționăm faptul că măsurile tehnice sunt mai eficiente decât cele organizatorice (administrative) și decât echipamentul individual de protecție, deoarece ele sunt independente de comportamentul lucrătorilor și previn realizarea contactului dintre poluant și lucrător. Figurile 3.8 și 3.9 ilustrează principalele componente ale unui program de prevenire care ar putea fi aplicabil într-o facilitate industrială, indiferent dacă în aceasta se sintetizează nanoparticule sau se încorporează nanoparticule într-un proces pentru a produce bunuri cu caracteristici distincte și valoare adăugată mare.

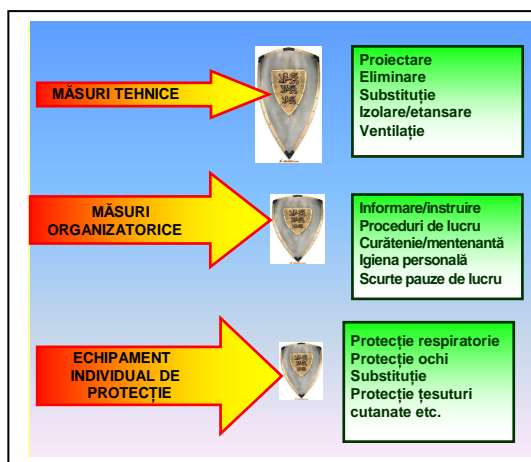


Fig. 3.8. Ierarhia măsurilor de control a riscurilor

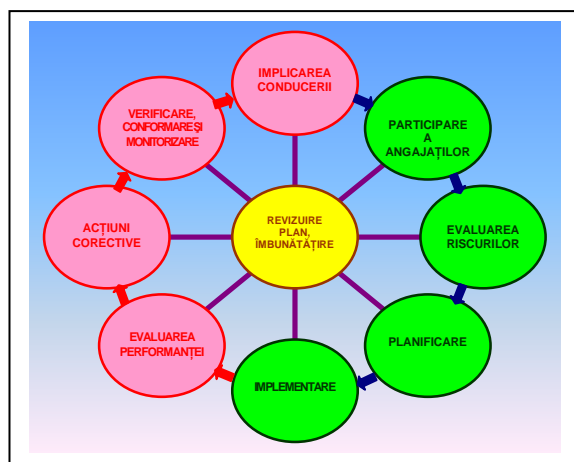


Fig. 3.9. Succesiunea etapelor de management al riscurilor

Figura 3.10 detaliază principalele elemente care ar trebui să intre în componența unui program de prevenire la scară industrială. Această abordare pune accentul pe necesitatea îmbunătățirii continue a programului de prevenire, prin integrarea noilor informații în procesul de apreciere a riscului [A17; A18; B23].

Un program de prevenire și management al riscurilor în domeniul nanoparticulelor va fi o entitate dinamică, care necesită actualizare continuă pentru a putea fi îmbunătățit și a lua în considerare noile informații științifice, tehnice sau de altă natură, care devin disponibile în timp. Această actualizare trebuie să se realizeze, la rândul ei, printr-un proces iterativ, desfășurat pe baza unei periodicități cu caracter regulat.

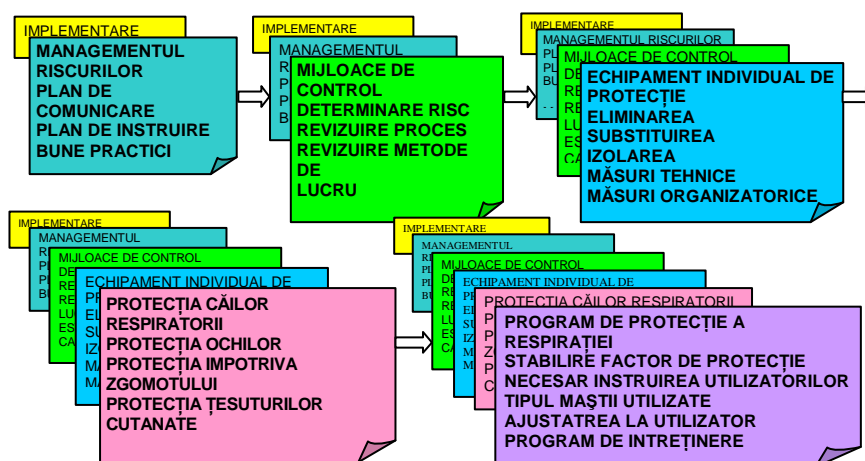


Fig. 3.10. Componentele principale ale unui program de prevenire a riscurilor asociate nanoparticulelor

Abordarea intuitivă în privința riscurilor induse de către nanotehnologii constă în stabilirea nivelului de dezvoltare sau a celui de limitare, în funcție de o minimizare a costurilor, respectiv de o maximizare a beneficiilor. Această abordare este *de tip cauzal* și va baza pe studiile toxicologice efectuate, încă recente și foarte puțin dezvoltate (fig. 3.11).

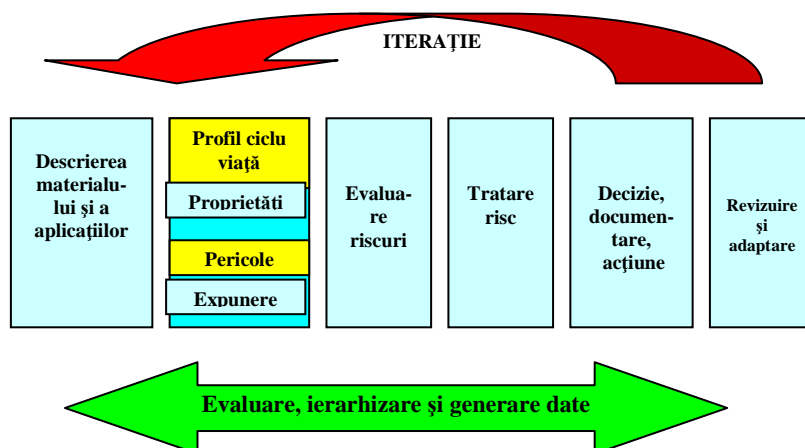


Fig. 3.11. Metodologie de evaluare și management al nanoriscurilor

Totuși, o asemenea abordare cauzală simplă, oricât de indispensabilă ar fi, trebuie integrată într-o abordare mai largă, de ansamblu, care este cea a ecotoxicologiei, având în vedere specificitatea riscurilor induse în mod direct sau indirect de către nanotehnologii.

Dar, dincolo de abordarea sistemică, o altă etapă calitativă trebuie parcursă, dacă este posibil în cooperare internațională, aceea a *abordării dinamice*, singura care poate, ținând cont de coordonatele spațio-temporale, să ducă la elaborarea unor *norme metodologice de evaluare a riscurilor combinate sau metariscurilor* induse de nanotehnologii. Nevoia unei astfel de metodologii este presantă și în fig. 3.12 am sintetizat schema strategică de dezvoltare a unei metodologii de apreciere a riscurilor asociate nanoparticulelor de sinteză.

Analiza riscurilor asociate nanoparticulelor va presupune o cunoaștere detaliată a tipurilor de nanoparticule utilizate și a toxicității acestora, a nivelurilor de expunere potențială și a riscurilor pentru securitate, la diferitele posturi de lucru și pentru toate sarcinile de muncă. Presupunând că riscurile sunt rațional analizate de către experți, evaluarea în termeni de probabilitate și gravitate este adesea dificilă. În general, evenimentele implicate sunt puțin frecvente, și nu permit decât rar să se obțină date statistice reprezentative. Pe de altă parte, adesea exprimările numerice sunt periculoase, în special când sunt fondate pe statistici îndoielnice. Trebuie oare ca, din acest motiv, să se renunțe la orice cuantificare? Absența acesteia poate fi și mai periculoasă, conducând la o repartizare greșită a resurselor disponibile, deoarece se cunoaște că fiabilitatea unui sistem este condiționată de cea mai slabă verigă.

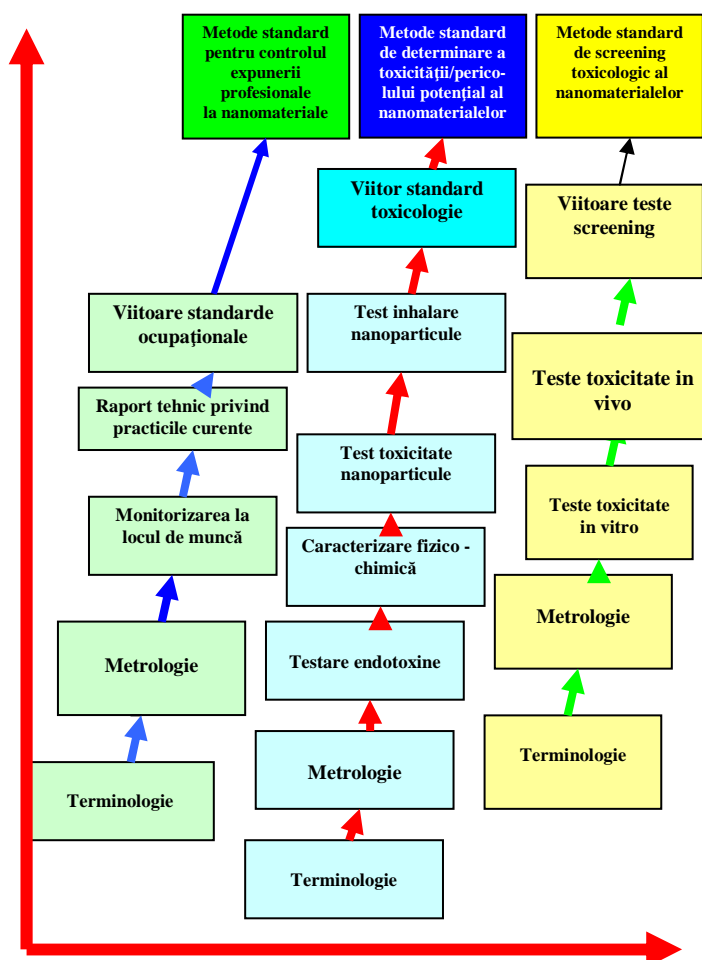


Fig. 3.12. Schema strategică de dezvoltare a unei metodologii de apreciere a nanoriscurilor

Din acest motiv, recomandăm recurgerea la evaluarea cantitativă a riscurilor în manieră relativă, pentru *a compara variante sau a ierarhiza decizii* și nu în sens absolut al valorilor obținute la aplicarea diverselor metode [A17; A18].

3.5. Riscuri emergente: fundamentarea și elaborarea unui instrument național de evaluare a riscurilor ocupaționale psihosociale

3.5.1. Scop și finalitate

Stresul la locul de muncă este unul dintre factorii de risc major care afectează atât lucrătorii, cât și companiile românești. Din păcate, în zilele noastre se pare că încă prea puțini manageri percep corect legătura directă dintre nivelul de stres al lucrătorilor și performanța organizațională și economică. La scară națională, studiile și cercetările consacrate stresului ocupațional și determinantilor săi în raport cu structura demografică profesională sunt relativ reduse ca număr și aplicabilitate directă. Bazat pe o analiză aprofundată a literaturii de specialitate [B52; B53; B54; B55; B56; B57], ne-am propus să stabilim premisele de elaborare, principiile și structura unui instrument de evaluare a riscurilor profesionale psihosociale, adaptat nevoilor și condițiilor specifice companiilor românești, în cadrul juridic existent. Metodologia propusă vizează să servească drept ghid de orientare proactivă pentru toate părțile interesate implicate în gestiunea securității și sănătății în muncă la nivel național. În acest context, recurgerea la un instrument de evaluare rapidă a probabilității de manifestare a unui risc psihosocial de nivel ridicat în diverse

situații și medii de muncă va permite stabilirea gradului de relevanță și necesitate a unei viitoare evaluări de detaliu, efectuată de un specialist în psihologia muncii [A33].

Scopul studiului de față a vizat stabilirea principiilor de elaborare a unui instrument care permite evaluarea prealabilă (pre-diagnosticul) a riscurilor psihosociale în cadrul unei organizații. Necesitatea unei metodologii adecvate pentru situația specifică din companiile românești este susținută de ineficiența campaniilor de evaluare și control a riscurilor psihosociale desfășurate până în prezent pe plan național [A34].

3.5.2. Metodologia de cercetare

S-a efectuat o amplă documentare bibliografică din literatura de specialitate, pornind de la premiza că acțiunile preventive, corective și/sau de protejare a personalului presupun, într-o primă etapă, cunoașterea problemelor, situațiilor, identificarea și evaluarea factorilor profesionali de risc precum și a efectelor acestora asupra stării de confort, securitate și sănătate [B49; B50].

Natura multidimensională a factorilor de risc psihosocial sugerează faptul că informațiile, datele care urmează a fi culese trebuie să fie la fel de variate și complexe pentru a putea reprezenta indicatori valizi și suficienți ai situațiilor reale. Pentru fiecare componentă a procesului de evaluare a riscului am identificat elemente semnificative privind ceea ce trebuie urmărit și implementat în compania care constituie obiectul studiului. Am evidențiat că la alegerea metodelor, instrumentelor și indicatorilor destinați realizării demersului de evaluare a riscurilor psihosociale trebuie avută în vedere structura generică a demersului de management. Realizarea echilibrului dintre condițiile externe (profesionale, existențiale) și cele interne (umane, cu caracter general și individual) nu depinde doar de datele cantitative și calitative obiective ale celor două categorii mari de factori, ci și de modul în care percepe și apreciază din punct de vedere subiectiv individul respectiv relația (fig. 3.13) [A33].

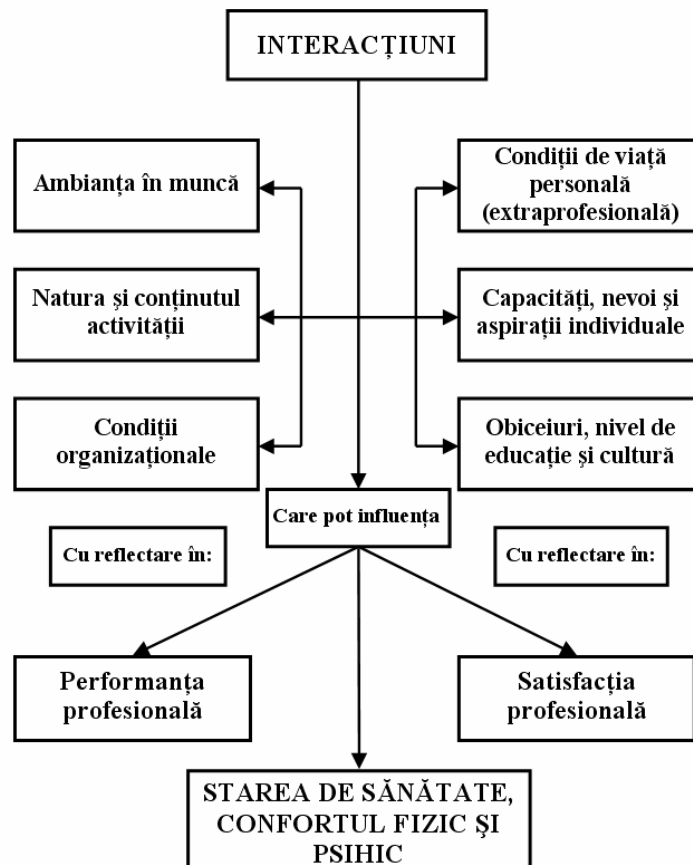


Fig. 3.13. Interacțiunea dinamică a factorilor profesionali cu cei umani individuali și relația cu starea de sănătate în muncă

Ulterior am dezvoltat modelele instrumentelor aplicabile, elaborând recomandări practice privind aplicarea și valorificarea rezultatelor. Considerăm că aplicarea sistematică și integrată a metodologiei va permite diagnosticarea realistă și eficace a riscurilor psihosociale în muncă la nivelul companiilor românești, cu efecte benefice asupra securității, sănătății și stării de bine a lucrătorilor și - implicit - a organizațiilor economice [A34].

3.5.3.Stabilirea etapelor de bază ale procesului

Am sintetizat etapele procesului de evaluare a riscurilor psihosociale în modul următor:

- **identificarea riscurilor.** Factorii de risc care trebuie identificați sunt următorii:
 - *cultura organizației* și modul de abordare a problemei stresului în muncă;
 - *solicitările locului de muncă*, cum sunt sarcina de muncă și expunerea la riscuri fizice din mediul de muncă;
 - *controlul asupra propriei munci* - cât de mult pot influența angajații modul în care realizează propria lor muncă;
 - *relațiile de muncă*, în special intimidările și hărțuirea la locul de muncă;
 - *schimbări în organizarea locului de muncă* - cum sunt conduse și comunicate schimbările organizatorice;
 - *rolul* - dacă angajații înțeleg bine rolul lor în cadrul organizației și, dacă în cadrul acestui rol, sunt evitate conflictele
 - *susținerea sau sprijinul* din partea colegilor și a managerilor;
 - *instruirea*, pentru a oferi angajaților cunoștințele necesare pentru îndeplinirea sarcinilor lor de muncă;
 - *factorii individuali* - luarea în considerare a diferențelor inter-individuale.
- **stabilirea persoanelor care pot fi afectate de stres și modul în care pot fi afectate;**
- **evaluarea riscului prin:**
 - identificarea măsurilor care au fost deja adoptate;
 - verificarea dacă măsurile adoptate sunt suficiente, și
 - dacă nu sunt suficiente, stabilirea unor măsuri suplimentare care ar putea fi adoptate.

3.5.4.Dezvoltarea metodologiei și a instrumentelor de evaluare

Grila elaborată propune multiple repere care facilitează înțelegerea factorilor și indicatorilor ce au un impact asupra sănătății psihologice, permițând astfel decidentului fundamentarea deciziilor în cunoștință de cauză.

Grila este completată de către utilizator cu ajutorul informațiilor obținute pe parcursul unui interviu realizat cu 2 sau 3 persoane de contact (persoane cheie) din cadrul întreprinderii supuse evaluării (de exemplu: director sau reprezentant al acestuia, președintele sindicatului, copreședinții comitetului de securitate și sănătate în muncă sau un reprezentant al angajatorului și unul al lucrătorilor din cadrul acestui comitet).

Persoanele menționate în final nu vor avea acces la grilă, pentru ca aceasta să nu fie confundată cu un chestionar. De altfel, aceste persoane vor avea acces la un tabel (tabelul 3.6) care prezintă sintetic elementul la care face referire fiecare indicator.

Tabelul 3.6. Descrierea sintetică a riscurilor psihosociale

| PARTEA 1 - CONTEXTUL ORGANIZAȚIONAL | |
|---|---|
| Descrierea indicatorului | Indicatorul vizează: |
| A. Contextul de muncă și de angajare | Cunoașterea importanței insecurității locului de muncă și schimbărilor organizaționale, în derulare sau prognozate, care amenință locurile de muncă |
| B. Absenteism din cauze medicale | Cunoașterea frecvenței și a numărului mediu de zile de absență datorate unor cauze medicale și evoluția acestora pe parcursul ultimilor 3 ani |
| C. Politica de securitate și sănătate în muncă | Cunoașterea importanței acordate prevenirii problemelor de sănătate în general și pentru sănătatea psihologică în particular |
| D. Politica împotriva violenței și a hărțuirii psihologice | Cunoașterea importanței acordate prevenirii violenței și hărțuirii psihologice în muncă |
| E. Activități sau programe de reintegrare în procesele de muncă, după absențele generate de cauze de natură psihologică | Cunoașterea importanței acordate activităților de reintegrare în procesele de muncă, după absențele generate de cauze de natură psihologică |
| F. Activități sau programe de conciliere muncă - viață personală | Cunoașterea importanței acordate activităților care facilitează concilierea aspectelor legate de muncă cu cele ale vieții personale |
| PARTEA 2 - COMPONENTE CHEIE ALE ORGANIZĂRII PROCESELOR DE MUNCĂ | |
| Descrierea indicatorului | Indicatorul se referă la: |
| A. Sarcina de muncă | Cantitatea de muncă de realizat, exigențele mentale și emoționale, precum și constrângerile temporale |
| B. Recunoașterea muncii prestate | Diferite moduri de recunoaștere a eforturilor lucrătorilor (remunerație, stimă, respect, stabilitate, perspective de promovare) |
| C. Sprijinul social al superiorilor ierarhici | Disponibilitatea și capacitatea superiorilor de a-și sprijini subordonații |
| D. Sprijinul social al colegilor | Spiritul de echipă, gradul de coeziune al grupului, asistența și colaborarea colegilor |
| E. Latitudinea decizională | Posibilitatea de exercitare a unui control asupra muncii și de utilizare și dezvoltare a propriilor competențe și abilități |
| F. Informare și comunicare | Mijloacele implementate de conducere pentru informare și consultare privind contextul organizatoric și viziunea managerială. |

Pentru a spori gradul de interes al persoanelor implicate în evaluare, se poate utiliza o versiune simplificată a grilei (tabelul 3.7).

Tabelul 3.7. Grila simplificată de evaluare a riscurilor psihosociale
(se acordă un punctaj cuprins între 1 și 5 pentru următoarele elemente:)

| ÎN MANIERĂ GENERALĂ, ÎN ÎNTREPRINDERE... |
|---|
| <p>Contextul organizatoric:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Perspectivele privind siguranța locului de muncă sunt nesatisfăcătoare. ➤ Costurile de asigurare pentru invaliditate și absenteism din motive medicale sunt ridicate, în special în ceea ce privește problemele de sănătate psihologică. ➤ Activitățile de prevenire în domeniul securității și sănătății în muncă vizează exclusiv componenta fizică. ➤ Politica împotriva hărțuirii morale este aplicată sporadic. ➤ Activitatea de reinserție în muncă se limitează la controlul absențelor și reacomodarea cu munca, cu referire la problemele de securitate a muncii. ➤ Organizația prevede puține măsuri privind concilierea muncii cu viața personală. |
| <p>Componente cheie ale organizării:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Suprasolicitarea în muncă se manifestă constant. ➤ Nu există activități de recunoaștere a muncii, nici măcar în momentul pensionării. ➤ Superiorii sunt foarte greu accesibili. ➤ Nivelul colaborării între colegi este redus. ➤ Participarea angajaților la adoptarea deciziilor este ca și inexistentă. ➤ Angajații nu dețin informații referitoare la contextul întreprinderii și viziunea globală a conducerii. |

Grila va fi subdivizată în două secțiuni, care includ datele de bază (partea 1) și componentele cheie ale organizării muncii (partea 2). Datele de bază furnizează informații privind contextul de muncă și de angajare: absenteismul datorat îmbolnăvirilor, politica de sănătate și securitate și sănătate în muncă, politica împotriva violenței și hărțuirii morale și sexuale, activitățile și programele de reinsertie la locul de muncă, activitățile de consiliere în muncă și în viața personală.

În derularea practică a interviului, se va pleca de la colectarea informațiilor primare și a datelor de bază. Acestea permit situarea companiei în ansamblul său, înainte de a se trece la înțelegerea detaliată a practicilor de management aplicate. Această categorie de informații și date pot servi la explicitarea, cel puțin parțială, a diferitelor practici de management care sunt luate în considerare în cea de a doua parte a chestionarului. Pentru fiecare indicator, evaluatorul adresează o întrebare cu caracter general, cum ar fi: „Cum calificați un anumit aspect al mediului de muncă?”. În funcție de răspunsul furnizat de către respondent, se alege unul dintre cele patru enunțuri care caracterizează mediul de muncă. Fiecărui enunț reținut îi corespunde un rezultat cuprins între 3 și 0. Pentru a sprijini evaluatorul în aprecierea nivelului de risc corespunzător realității mediului de muncă, pentru fiecare nivel de risc este prezentat un exemplu (tabelul 3.8).

Tabelul 3.8. Modul de particularizare a unui indicator specific în grila de evaluare - Exemplu

| A. CONTEXTUL DE MUNCĂ ȘI DE ANGAJARE | | |
|---|---|--|
| <i>Acest indicator vizează cunoașterea importanței insecurității locului de muncă și schimbările organizaționale, în derulare sau prognozate, care amenință locurile de muncă</i> | | |
| Risc | Definirea operațională a fiecărui nivel de risc | Exemple |
| 3 | Siguranța locului de muncă și perspectivele de promovare sunt extrem de nesatisfăcătoare | <ul style="list-style-type: none"> • raționalizarea efectivelor; • disponibilizări în curs sau prognozate; • schimbări organizatorice (noi tehnologii, fuziuni, schimbarea conducerii). |
| 2 | Securitatea locului de muncă este nesatisfăcătoare, iar perspectivele de promovare sunt rezervate unui număr limitat de persoane | <ul style="list-style-type: none"> • recurgere frecventă la agenții; • subcontractare; • proporția locurilor de muncă temporare sau ocazionale, %. |
| 1 | Perspectivele de siguranță a locului de muncă sunt satisfăcătoare, dar trebuie ameliorate | <ul style="list-style-type: none"> • posturi de lucru temporare sau ocazionale pe termen lung. |
| 0 | Siguranța locului de muncă și perspectivele de promovare sunt foarte satisfăcătoare și nicio schimbare organizatorică nu este percepută ca o amenințare pentru siguranța locului de muncă | <ul style="list-style-type: none"> • garanția de a nu fi concediat datorită absenței comenzilor de lucru; • dreptul la plasare prioritară pe posturile vacante; • creare de noi locuri de muncă permanente. |
| Punctaj acordat: | | |
| Comentarii: | | |

Cu cât totalul obținut în final este mai mare, cu atât situația este considerată ca fiind mai defavorabilă pentru sănătatea psihologică a lucrătorilor. Desigur, cu cât rezultatul obținut este mai scăzut, cu atât nivelul de risc psihologic este mai mic. La finalul procesului, se însumează toate punctajele acordate (scor total maxim posibil de 36).

Astfel, acordând fiecărui item o pondere identică cu a celorlalți, se va considera că compania prezintă un nivel de risc mic dacă scorul total este inferior valorii de 12, un nivel de risc mediu dacă scorul se situează între 12 și 24 și un nivel de risc mare dacă valoarea scorului este mai mare decât 24. Comunicarea rezultatelor se va realiza sub forma unui raport sintetic (tabelul 3.9).

Tabelul 3.9. Raport final și măsuri de prevenire

| PARTEA 1 | | | |
|--|------------------|--|---|
| Descriere indicator | Nivel risc (0-3) | Definirea operațională a nivelului de risc | Măsuri generice de prevenire |
| A. Contextul de muncă și angajare | | | <ul style="list-style-type: none"> • garantarea locului de muncă; • plasarea prioritara în posturile vacante; • crearea de locuri de muncă permanente. |
| B. Absenteism din cauze medicale | | | <ul style="list-style-type: none"> • monitorizarea absenteismului și a cauzelor acestuia; • evaluarea ponderii asociate muncii. |
| C. Politica de securitate și sănătate în muncă | | | <ul style="list-style-type: none"> • activități vizând îmbunătățirea componentelor cheie ale organizării muncii (a se vedea partea 2). |
| D. Politica împotriva violenței și a hărțuirii psihologice | | | <ul style="list-style-type: none"> • formarea angajaților în spiritul aplicării politicilor; • dezvoltarea mecanismelor care favorizează declararea, de către victime și de către martori; |
| E. Activități sau programe de reintegrare în procesele de muncă | | | <ul style="list-style-type: none"> • repartizarea la un alt post de lucru; • întâlnire cu managerul, înainte de reînceperea lucrului. |
| F. Activități sau programe de conciliere muncă - viață personală | | | <ul style="list-style-type: none"> • posturi cu program parțial de lucru; • concedii de boală părinte/copil. |
| Subtotal | | | |
| PARTEA 2 | | | |
| A. Sarcina de muncă | | | <ul style="list-style-type: none"> • obiective adecvate și realizabile în timpul normal de muncă; • lucrul organizat cu respectarea capacităților, abilităților și competențelor lucrătorilor. |
| B. Recunoașterea muncii prestate | | | <ul style="list-style-type: none"> • recunoașterea sistematică a meritelor și acțiunilor deosebite ale tuturor lucrătorilor; • sensibilizarea și formarea managerilor în spiritul recunoașterii meritelor lucrătorilor. |
| C. Sprijinul social al superiorilor ierarhici | | | <ul style="list-style-type: none"> • superiorul se preocupă de starea de bine a lucrătorilor, le ascultă opiniile și doleanțele, desfășoară periodic întruniri. |
| D. Sprijinul social al colegilor | | | <ul style="list-style-type: none"> • informațiile necesare sunt împărtășite între colegi; • sunt promovate comportamentele pozitive. |
| E. Latitudinea decizională | | | <ul style="list-style-type: none"> • încurajarea lucrătorilor în utilizarea competențelor și abilităților proprii și dezvoltarea acestora. |
| F. Informare și comunicare | | | <ul style="list-style-type: none"> • mecanisme de comunicare funcționale în ambele sensuri. |
| Subtotal | | | |
| Total (maxim 36 puncte) | | | |

3.5.5. Elaborare recomandări privind interpretarea rezultatelor

Experiența existentă sugerează anumite recomandări practice și repere metodologice care trebuie avute în vedere înainte de realizarea interviurilor privind evaluarea riscurilor psihosociale. Aceste recomandări ar trebui să stea la baza unei colectări și interpretări cât mai corecte a informațiilor. În primul rând, evaluatorul trebuie să se asigure că respondenții au perceput și înțeles corect scopul demersului. Înainte de toate, instrumentul este destinat orientării și activării

vigilenței în raport cu riscurile pentru sănătatea psihologică în mediul de muncă. Trebuie, din start, clarificat modul de utilizare informațiilor și a datelor colectate, precizându-se faptul că doar persoanele care au furnizat informații vor avea acces la raportul final. Chiar dacă respondenții nu împărtășesc opinii similare, cum este și firesc, confruntarea punctelor de vedere constituie primul pas spre un angajament serios. Dacă acest lucru nu este posibil, interviurile trebuie realizate cu cel puțin două persoane, una reprezentând managementul, iar cealaltă sindicatul. După ce respondenții ajung la un consens privind aspectele care necesită îmbunătățire, acestea devin ținte de intervenție. Atunci când punctele de vedere diferă, se vor lua decizii analizând conținuturile interviurilor și făcând apel la raționamente. Punctele de vedere divergente se pot explica deseori prin subiectivismul asociat rolurilor diferite ale respondenților. Conținutul interviurilor va fi util în încercarea de a stabili ce este relevant pentru respondenți. La finalul interviurilor, este recomandabil ca respondenții să fie chestionați cu privire la indicatorii pe care îi consideră ca fiind cei mai importanți.

Comunicarea rezultatelor, sub forma unui raport sintetic, ar trebui să permită identificarea priorităților referitoare la îmbunătățirea situației existente în funcție de scorul obținut în raport cu datele de bază (partea 1) și componentele-cheie ale organizației (partea 2). Raportul va putea include recomandări privind pertinenta și necesitatea recurgerii la o analiză mai aprofundată a riscurilor psihosociale în mediul de muncă. În concluzie, menționăm că cei 12 parametri regăsiți în grila de evaluare pot fi asimilați unor indicatori de vigilență, care au ca finalitate detectarea prezenței factorilor de risc pentru sănătatea psihologică, în funcție de diferite niveluri de intensitate (3 - 2 - 1 - 0). De altfel, se va putea calcula un scor specific și pentru anumite departamente, servicii, subunități, sectoare, în cazul în care situația diferă semnificativ de la o subunitate administrativă la alta, în cadrul aceleiași organizații. În acest scop, este suficient să se completeze grila pentru fiecare dintre subunitățile evaluate. Această grilă permite o evaluare prealabilă, care trebuie ulterior nuanțată pentru luarea în considerare a problemelor particulare asociate anumitor itemi care apar ca importanți, înainte de a realiza o apreciere globală a nivelului de risc. Această apreciere globală se va fundamenta pe ansamblul factorilor considerați, făcând apel la cunoștințele generale, specifice și la experiența evaluatorului.

Practic, metodologia propusă și instrumentele dezvoltate se constituie într-un ghid de orientare și activare a acțiunilor de revenire întreprinse de toți actorii implicați în asigurarea componentei psihosociale a securității și sănătății în muncă în companiile românești. Metodologia ale cărei baze operaționale sunt puse în această cercetare comportă și o dimensiune pedagogică, pentru a sprijini lucrătorii desemnați și serviciile (interne sau externe) de prevenire și protecție în demersul de stabilire a acțiunilor care trebuie implementate.

CAPITOLUL 4.

CONTRIBUȚII PRIVIND CUANTIFICAREA RISCURILOR SPECIFICE SISTEMELOR INDUSTRIALE ȘI OPTIMIZAREA SECURITĂȚII INTRINSECI

4.1. Cuantificarea, cartarea și reducerea expunerii la zgomot a lucrătorilor din industria extractivă *off-shore*

În perioada cercetărilor (2008-2010) zăcământul *off-shore* era exploatat de Petromar – Constanța (zona Grup Zăcăminte - platformele Gloria, Orizont, Prometeu, Fortuna, Atlas, Jupiter și Saturn. Identificarea, stabilirea și proiectarea soluțiilor de reducere a expunerii la zgomot s-a realizat cu avizul și consultarea reprezentanților PETROM SA – Zona Grup Zăcăminte PETROMAR CONSTANȚA și colaborarea cu INCDPM București, laboratorul „Combaterea zgomotului și vibrațiilor”[B26].

4.1.1. Metoda aplicată și echipamentul de măsură utilizat

Metoda folosită pentru măsurarea și determinarea expunerii a fost cea stabilită de către standardul SR EN ISO 11202+AC :1999 „Zgomotul emis de mașini și echipamente – Măsurarea nivelurilor de presiune acustică ale emisiei la locul de muncă și în alte poziții precizate – Metodă de control *in situ*”. Pentru determinarea nivelului de zgomot în afara mediului de muncă (condiții de confort), a fost utilizată metoda de determinare stabilită de către STAS 6161/1989 - „Acustica în construcții. Măsurarea nivelului de zgomot în construcții civile. Metode de măsurare”. În mediul de muncă, nivelul de expunere zilnică a unui lucrător la zgomot se exprimă în dB(A) și reprezintă media ponderată în timp a nivelurilor de expunere pentru o zi de lucru nominală de 8 ore [B27]. Această noțiune acoperă și toate zgomotele prezente la locul de muncă, inclusiv zgomotul cu caracter de impuls [A19].

$$L_{E,z} = L_{Aech,T_e} + 10 \lg \frac{T_e}{T_0} \quad (4.1)$$

în care: L_{Aech,T_e} reprezintă nivelul acustic echivalent continuu pe timpul de lucru zilnic T_e ;

T_e - durata zilnică a expunerii angajatului la zgomot (T_e poate fi mai mare sau mai mic decât 8 h);

$T_0 = 8$ h;

În cazul în care nivelul de zgomot variază pe parcursul unei zile de muncă, dar este constant pe intervale de timp, nivelul de zgomot echivalent continuu se calculează cu relația:

$$L_{ech,z} = 10 \lg \left[\frac{1}{100} \sum f_i \cdot 10^{L_i/10} \right] \quad (4.2)$$

unde L_i este nivelul de zgomot pe intervalul de timp f_i ; f_i se exprimă în procente față de durata zilei de muncă.

Pentru determinarea și evaluarea expunerii la zgomot pe platformele marine au fost utilizate sonometrul 1/1- 1/3 octavă Brüel&Kjaer tip 2260 Investigator (pentru determinarea nivelului de zgomot în mediul de muncă și în condiții de confort); dozimetrele de zgomot Brüel&Kjaer tip 4442 și tip 4445 (pentru determinarea nivelului de zgomot în mediul de muncă) și calibratorul acustic Brüel&Kjaer tip 4231 (calibrarea aparatelor înaintea fiecărei serii de măsurători).

4.1.2. Evaluarea expunerii la zgomot pe platformele marine

Determinările de zgomot au fost efectuate la următoarele locuri de muncă ale platformelor de producție [A20]:

- **Platforma Centrală Fixă de Producție (PFCP –fig. 4.1)** : Șef platformă, Operator uscare gaz, Mecanic compresoare, Operatori extracție tr.I-a și tr.II-a, Operatori injecție-tratare apă, Dispecer producție, Dispecer gaze, Inginer automatist, Dispecer electrician, Operator turbine, Operatori AMC, Șef electric, Electrician mentenanță, Mecanici, Inginer producție, Operator stație radio, Cabine corpul C1 – Grup social.
- **Platformă Grup Social Utilități (PGSU4 – Fig. 4.2)**: Șef platformă, Inginer producție, Maistru producție, Operator extracție, Operator AMC, Motorist, Electrician, Operator stație radio, Cabine grup social
- **Platformă Fixă Social (PFS8 Gloria)**: Șef platformă, Inginer producție, Maistru producție, Operator producție, Operator injecție, Motorist, Șef electric, Electrician, Șef mecanic, Mecanic, Operator AMC, Infirmer, Cabine de odihnă grup social.
- **MIDIA oil terminal**: Șef secție, Șef tură, Operator primire-distribuție gaze, Operator tablou, Operator modul, Operator parc gazolină, Operator 1 – instalație primire-livrare țitei, Operator parc țitei, Operator separatoare, Operator AMC.



Fig. 4.1. Platforma fixă centrală de producție



Fig. 4.2. Platformă grup social utilități PGSU 4

Din punct de vedere al expunerii la zgomot activitatea lucrătorilor s-a structurat în 3 categorii:

- A. *Activități de monitorizare și control instalații în zone cu niveluri de zgomot cuprinse între 80 – 96 dB(A)* (ex: șefi platformă, mecanici, motorști, electromecanici, electricieni, operatori gaze, operatori țitei, operatori chimiști, etc.) ;
- B. *Activități de monitorizare și control instalații în zone cu niveluri de zgomot cuprinse între 50-80 dB(A)* (ex: dispeceri, personal administrativ, radiotelegrafiști, etc);
- C. *Activități specifice de odihnă și recreere după încheierea turei de lucru* (ex: cabine de odihnă – niveluri de zgomot între 35 - 64 dB(A));

În urma evaluării expunerii, s-a constatat :

- **Platforma Fixă Centrală de Producție PFCP**
 - În toate locurile de muncă în care s-au realizat măsurători, nivelul expunerii zilnice la zgomot depășește cu 3 – 6 dB(A) limita maximă admisă.
 - Nivelurile de zgomot din „cabinele de supraveghere aflate în instalațiile de producție ale platformei, Corpurile A și B - cotele 12,500m, 18,500m, 23,500m, depășesc limitele maxime admise conform HG 601/2007 (Leq în cabine > 75 dB(A)).
- **Platformă Grup Social Utilități PGSU 3**
 - *Electrician TPD* - expunerea zilnică la zgomot depășește cu 1 dB(A) limita maximă admisă;

➤ **Platformă Grup Social Utilități PGSU 6**

- Șef platformă - expunerea zilnică la zgomot **depășește cu 1 dB(A)** limita maximă admisă.
- Șef mecanic + electromecanic AMC - expunerea zilnică la zgomot **depășește cu 7 dB(A)** limita maximă admisă.
- Motorist - expunerea zilnică la zgomot **depășește cu 13 dB(A)** limita maximă admisă.
- Șef electric+electrician - expunerea zilnică la zgomot **depășește cu 5 dB(A)** limita maximă admisă.

➤ **Platformă Grup Social Utilități PGSU 7**

- Șef platformă - expunerea zilnică la zgomot **depășește cu 1 dB(A)** limita maximă admisă.
- Șef mecanic + electromecanic AMC - expunerea zilnică la zgomot **depășește cu 7 dB(A)** limita maximă admisă.
- Motorist - expunerea zilnică la zgomot **depășește cu 12 dB(A)** limita maximă admisă.
- Șef electric+electrician - expunerea zilnică la zgomot **depășește cu 5 dB(A)** limita maximă admisă.

➤ **Platformă Fixă Social GLORIA PFSU 8**

- Șef platformă - expunerea zilnică la zgomot **depășește cu 13 dB(A)** limita maximă admisă.
- Motorist - expunerea zilnică la zgomot **depășește cu 19 dB(A)** limita maximă admisă.
- Șef mecanic - expunerea zilnică la zgomot **depășește cu 14 dB(A)** limita maximă admisă;
- Mecanic - expunerea zilnică la zgomot **depășește cu 16 dB(A)** limita maximă admisă;
- Operator AMC - expunerea zilnică la zgomot **depășește cu 10 dB(A)** limita maximă admisă.

➤ **TERMINAL MIDIA**

- Operator primire-distribuție gaze - expunerea zilnică la zgomot **depășește cu 1 dB(A)** limita maximă admisă.

Rezultatele obținute în urma evaluării expunerii permit următoarele interpretări

- i) Categoria „A” - *activități de control și monitorizare a instalațiilor de producție*, (operatori uscarea gaze, distribuție gaze, extracție țitei, injecție-tratare apă) – **expunerea zilnică la zgomot nu depășește limitele maxime admise.**
- ii) Categoria „B” de angajați formată din *mecanicii compresoare, electromecanicii AMC, electricienii, motoristi*, adică personalul care asigură controlul, funcționarea și intervenția la instalațiile de prelucrare, transport, tratare, comprimare, răcire, separare țitei și gaze **înregistrează depășirea expunerii zilnice la zgomot peste limitele admise.**

4.1.3. Analiză spectrală pentru identificarea surselor generatoare de depășiri ale limitelor maxime admise

Analiza și identificarea tipului de frecvențe nocive emise de diverse surse de zgomot de pe platformele marine a ținut cont de domeniul nociv al spectrului de frecvențe 20Hz – 20kHz și de spectrul de zgomot recomandat ca optim pentru urechea umană [B28; B29].

Spectrul limită recomandat (curba de zgomot - Cz) analizat în benzi de frecvență de 1/3 octavă este precizat către STAS 6156/1986, iar determinările de analiză spectrală pe platformele marine de producție au ținut cont de aceste valori limită Cz. Pentru aceste determinări, a fost utilizat *Sonometrul Brüel&Kjaer tip 2260 Investigator*, prevăzut cu set de filtre de 1/1-1/3 octavă. Determinările de analiza spectrală s-au efectuat la un număr de 23 de surse existente, dintre care menționăm următoarele: compresor de înaltă presiune – aspirație, compresor de joasă presiune – motor, pompă Buster – electromotor, pompă Shulzer – aspirație, pompă transfer țitei FTA –

electromotor, caldarine – arzător, grup diesel generator, generator Caterpillar, pompă noroi – răcire, pompă țiței. Cu titlu de exemplu, în figurile 4.3, 4.4, 4.5 și 4.6, respectiv tabelele 4.1, 4.2, 4.3 și 4.4 sunt prezentate sintetic rezultatele obținute și curbele trasate pentru patru posturi de lucru reprezentative [A19].

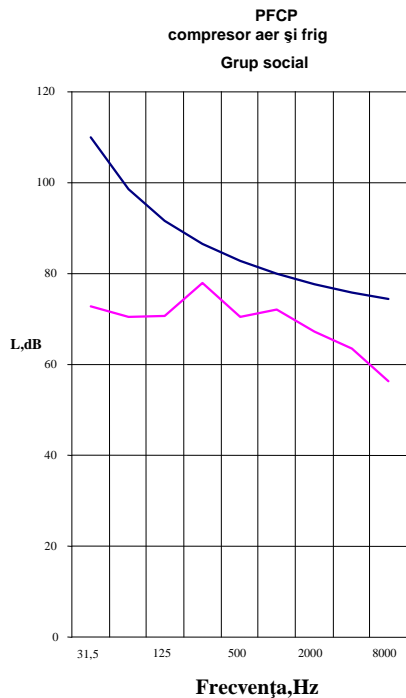


Fig. 4.3. PFCP: Compresor aer și frig

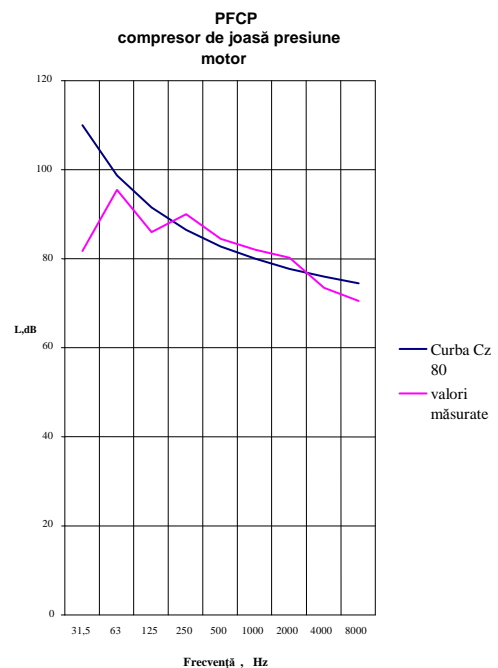


Fig. 4.4. PFCP: Compresor de joasă presiune – motor

Tabelul 4.1. Rezultate măsurători PFCP –compresor aer și frig

| Frecvența Hz | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | $L_A = 75 \text{ dB(A)}$ |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------------|
| Valori măsurate | 72,8 | 70,5 | 70,6 | 77,8 | 70,4 | 72 | 67,2 | 63,5 | 56,3 | |

Tabelul 4.2. Rezultate măsurători PFCP –motor-compresor de joasă presiune

| Frecvența Hz | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | $L_A = 92 \text{ dB(A)}$ |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------------|
| Valori măsurate | 81,7 | 95,5 | 85,9 | 90,1 | 84,5 | 81,9 | 80,2 | 73,5 | 70,4 | |

Analizând rezultatele obținute în urma măsurărilor în benzi de frecvență de 1/3 octavă din instalațiile de producție s-au constatat următoarele:

Platforma Fixă Centrală de Producție (PFCP)

Sursele de zgomot care generează depășiri ale curbei de zgomot Cz 80 sunt cele amplasate în zona instalației de uscare – comprimare gaze (compresoare de înaltă și joasă presiune), a instalației de injecție-tratare apă (pompă Sulzer, pompă Buster, Pompă cu Șnec) și a instalației de extracție tr.II-a (pompe țiței FTA și TDA). Existența unor încăper ide refugiu, denumite cabine, în zona instalațiilor de producție cu niveluri mari de zgomot determină depășirea nivelului de zgomot în interiorul acestor construcții, peste limita maximă admisă ($L_{eq} = 76 - 87$).

De asemenea, existența surselor de zgomot cu niveluri mari cum sunt compresoarele din instalația de uscare-comprimare gaze dar și turbinele de gaz, ambele amplasate vis-a-vis de corpul C2 (vezi anexa 1) își pun amprenta și asupra nivelurilor de zgomot din interiorul cabinelor de odihnă (L_{eq} în interiorul cabinelor de odihnă = $40 - 46 \text{ dB(A)}$)

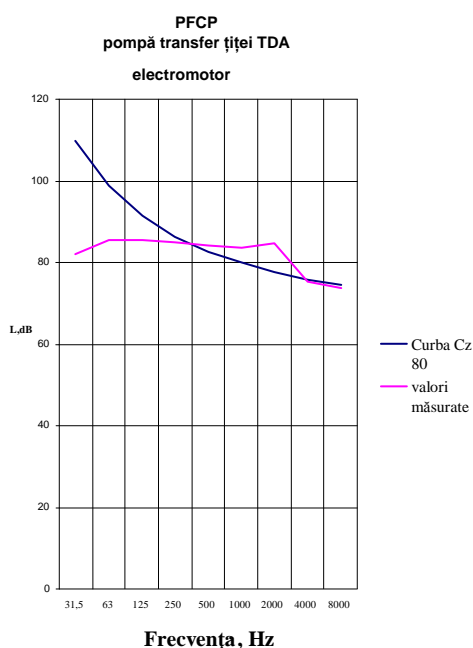
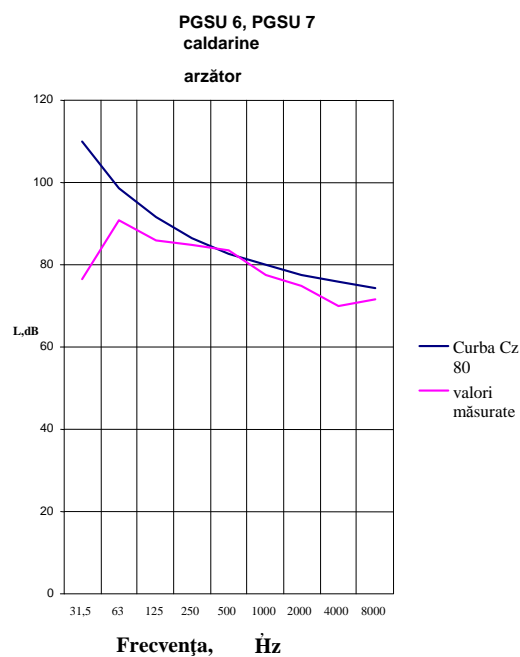


Fig. 4.5. PFCP: Pompă transfer țitei TDA

Fig. 4.6. PGSU 6, PGSU 7: Arzător caldarine
Electromotor

Tabelul 4.3. Rezultate măsurători PFCP Pompă transfer țitei TDA

| Frecvența Hz | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | $L_A = 85 \text{ dB(A)}$ |
|-----------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|--------------------------|
| Valori măsurate | 82 | 85,5 | 85,6 | 85 | 84,1 | 83,7 | 84,6 | 75,3 | 73,6 | |

Tabelul 4.4. Rezultate măsurători PGSU 6, PGSU 7: Arzător caldarine

| Frecvența Hz | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | $L_A = 89 \text{ dB(A)}$ |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------------|
| Valori măsurate | 76,5 | 90,8 | 85,9 | 84,8 | 83,6 | 77,5 | 75 | 70,1 | 71,7 | |

Platforma Grup Social Utilități (PGSU 6, PGSU7)

Principalele surse generatoare de zgomot peste limitele curbei de zgomot Cz 80, surse care generează depășiri și în ceea ce privește expunerea zilnică la zgomot a angajaților, au fost cele amplasate la nivelul cel mai scăzut, 12,500m, al platformelor în interiorul *Corpului Social + Utilități*, respectiv *Caldarinele și Grupurile Diesel Generator*. Un amănunt foarte important legat de aceste 2 platforme a fost **lipsa unei cabine cu caracteristici de fonoizolare**, cu rol de protecție împotriva zgomotului extrem de mare la care sunt supuși motorii platformelor (L_{eq} în sala mașinilor $> 100 \text{ dB(A)}$), acest fapt contribuind o dată în plus la depășirea expunerii zilnice la zgomot a acestuia. De asemenea, amplasarea echipamentelor zgomotoase în corpul social al platformei, constituie o problemă și în ceea ce privește confortul referitor la zgomot în cabinile de odihnă poziționate la nivelurile superioare ale acestui corp, vis-a-vis de instalația de producție (nivelul de zgomot în cabine $L_{eq} = 40 - 48 \text{ dB(A)}$).

4.1.4. Cartarea nivelurilor de zgomot

Harta de zgomot, considerată o metodă de control, nouă, modernă, monitorizare și evaluare a expunerii la zgomot a fost întocmită pentru cazul platformei de producție PFCP, considerată cea mai zgomotoasă. Hărțile de zgomot au fost realizate pe corpuri ale platformei astfel [A20]:

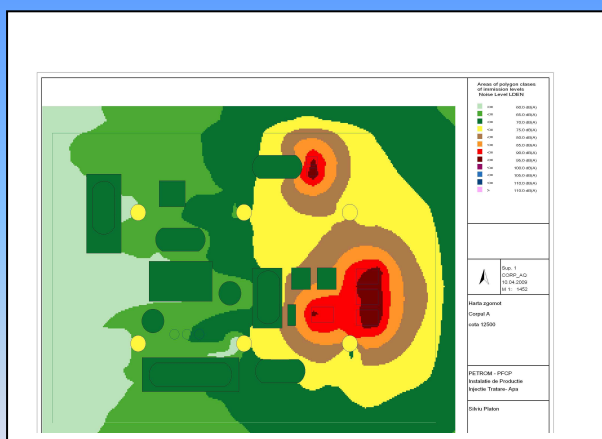
- Instalație Uscare-comprimare gaze – Corp A cota 18,500m;

- Instalație Extracție treapta II-a – Corpul B cota 18,500;
- Instalație Extracție treapta I-a - Corpul B cota 23,500m;
- Instalație Injecție tratare – apă – Corpul a cota 12,500m;
- Instalație Injecție tratare apă – Corpul B cota 12,500m;
- Instalație Turbine gaz – Corpul Energetic C1 cota 28,500m;

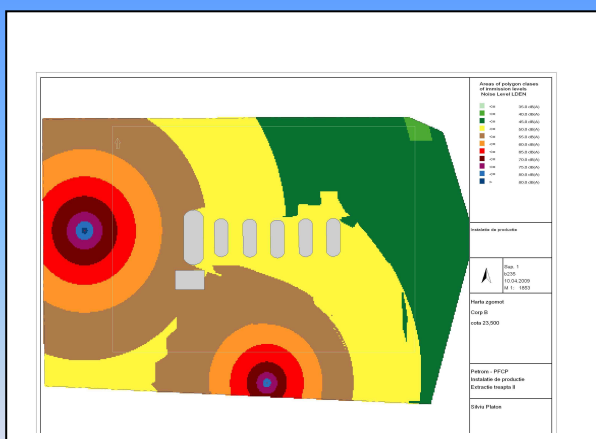
Procedura aplicată pentru realizarea hărților de zgomot a inclus:

1. Realizarea modelului GIS (schiță 2 D sau 3D/ cote) al platformei în vederea utilizării sale pentru realizarea hărții de zgomot;
2. Culegerea de informații și date necesare realizării hărții de zgomot și introducerea acestora în modelul GIS (surse, emisii, cote, distanțe);
3. Realizarea hărții de zgomot prin simulare informatică;
4. Efectuarea de măsurători de zgomot în teren și analizarea modelului de emisie al zgomotului pe tipuri de echipamente/loc de muncă;
5. Realizarea hărții finale de zgomot a întregii platforme prin simulare informatică;
6. Validarea și calibrarea rezultatelor cu măsurători în teren.

La realizarea acestor hărți (figurile 4.7, 4.8 4.9 și 4.10) s-a ținut cont de funcționarea permanentă a surselor de zgomot de pe fiecare corp al instalației de producție al platformei, duratele de funcționare fiind comunicate de către reprezentanții PETROM SA, - Zona Grup Zăcăminte Petromar.



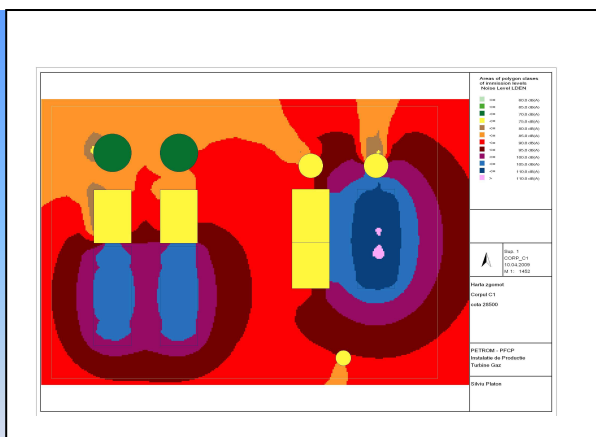
**Fig. 4.7. Harta de zgomot PFCP-Corp A:
Injecție, Cota 12500**



**Fig. 4.8. Harta de zgomot PFCP-Corp B:
Extracție, etapa II, Cota 23500**



**Fig. 4.9. Harta de zgomot PFCP-Corp C1:
Injecție și tratare apă, Cota 12500**



**Fig. 4.10. Harta de zgomot PFCP-Corp B:
Turbine gaz, Cota 28500**

Determinările de zgomot efectuate au scos în evidență faptul că platformele marine de producție unde se înregistrează depășiri ale limitelor admise sunt *Platforma Fixă Centrală de Producție (PFCP)*, *Platforma Grup Social Utilități (PGSU6)*, *Platforma Grup Social Utilități (PGSU7)*, *Platformă Fixă Social Utilități (PFSU 8)* *GLORIA* și *Teminal Midia*. Dintre toate acestea, platforma cu numărul cel mai mare de surse de zgomot, generatoare de depășiri ale limitelor maxime admise, este *Platforma Fixă Centrală de Producție (PFCP)*, considerată cea mai importantă dintre acestea. Practic, întreaga producție de țiței și gaze extrasă pe platoul continental este centrată aici, iar din acest punct materia procesată este trimisă printr-un sistem de conducte la țărm, în Teminalul Midia. **Determinările de analiză spectrală** au evidențiat de asemenea faptul că pentru în toate cazurile analizate pe toate cele 5 platforme (secții) de producție unde se înregistrează depășiri ale curbei de zgomot Cz 80, curbele determinate cuprind întreg spectrul de zgomot, atât cel de frecvențe joase cât și cel frecvențe medii și înalte.

4.2. Evaluarea și auditarea riscurilor pentru securitatea și sănătatea lucrătorilor din industria extracției gazelor naturale

4.2.1. Evaluarea riscurilor profesionale la o stație de comprimare standard

Îmbunătățirea securității și sănătății în muncă în industria extractivă de gaze naturale depinde de modul în care sunt conștientizate și aplicate în practică prevederile Directivelor Europene sau prevederile legilor și Hotărârilor de Guvern, aplicabile industriei extractive de gaze naturale [B30]. SN GN ROMGAZ SA Mediaș este cea mai importantă unitate din țară de extracție și înmagazinare în depozite subterane a gazelor naturale. Stațiile de compresoare utilizate la transportul pe conducte magistrale sunt de trei tipuri:

- stații de compresoare din punctul inițial al conductei;
- stații intermediare;
- stații din punctul final.

În stațiile intermediare se folosesc compresoare cu o singură treaptă și un raport de comprimare 1,6 – 2. Stațiile inițiale sunt asemănătoare cu cele intermediare având în plus, dacă este necesar o stație de uscare și una de purificare a gazelor. La stațiile inițiale presiunea de refulare este aceeași cu presiunea corespunzătoare de la stațiile intermediare, în schimb presiunea de intrare nu este constantă, aceasta depinzând de presiunea din conducta de colectare a câmpului de gaze. Stația finală trebuie să asigure o presiune de refulare suficientă pentru ca gazele odată ajunse în stația de predare să dispună de presiunea necesară pentru alimentarea diverșilor consumatori. Stația de comprimare gaze analizată (fig. 4.11) [A22], aparține SNGN Romgaz S.A. Sucursala Mediaș și realizează procesul de comprimare al gazului natural extras care este transmis, la presiune de transport, în rețelele naționale ale SNGN. Elementele componente ale sistemului de muncă studiat sunt:

a) *Echipamente de muncă (EM)*: motor pompă, buton comandă, electro ventil, presostat, magneton, motor răcitor, electromagnet, încălzitor electric, bendix, tablou conexiuni, cutie de conexiuni, cutie cu relee, etc.

b) *Sarcina de muncă (SM)*: sarcina de muncă pentru fiecare categorie profesională din cadrul stației de comprimare Botorca este descrisă în fișele postului care au fost puse la dispoziție de către beneficiar.

c) *Mediul de muncă (M)*: valori normale ale parametrilor: temperatură, umiditate, viteza curenților de aer, cât și de prezența noxelor zgomot și vibrații.

d) *Lucrătorul (E)*: 6 șefi de formație, 1 motorist, 7 compresoriști, 6 electricieni, 6 lăcătuși mecanici și 1 frezor.

Pentru postul de lucru „Compresorist”, considerând datele din Fișa de evaluare și aplicând formula de calcul din metoda adoptată, se calculează nivelul de risc global:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^{25} r_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^{25} r_i} = \frac{2(4 \times 4) + 14(3 \times 3) + 5(2 \times 2) + 4(1 \times 1)}{2 \times 4 + 14 \times 3 + 5 \times 2 + 4 \times 1} = 2,84$$

unde: N =nivelul de risc global pe locul de muncă; R_i =nivelul de risc pentru fiecare risc;
 r_i =rangul factorului de risc

Pentru postul de lucru „Compresorist” valoarea cuantificată a nivelului de risc de 2,84 indică un nivel de risc mic, o situație de lucru acceptabilă; este necesar și în acest caz adoptarea unor măsuri tehnico - organizatorice de prevenire a accidentelor de muncă și îmbolnăvirilor profesionale, care au și fost stabilite în decursul lucrărilor de cercetare. În figura 4.12 sunt reprezentate nivelurile parțiale de risc în funcție de factorii de risc pentru locul de muncă / postul de lucru „Compresorist”, pentru care nivelul global de risc are valoarea 2,84 [A22].



Fig. 4.11. Stație de comprimare gaze

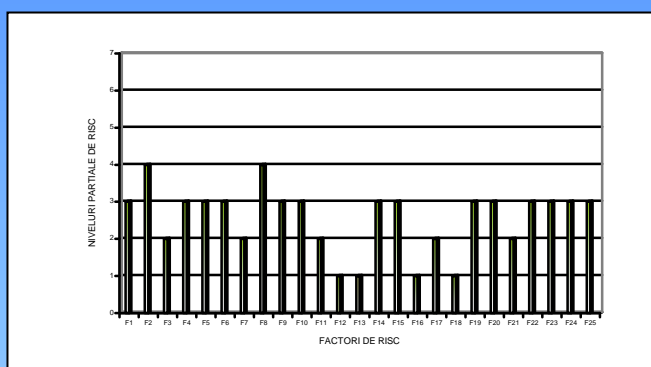


Fig. 4.2. Nivelurile parțiale de risc în funcție de factorii de risc pentru „Compresorist”

Riscuri inacceptabile

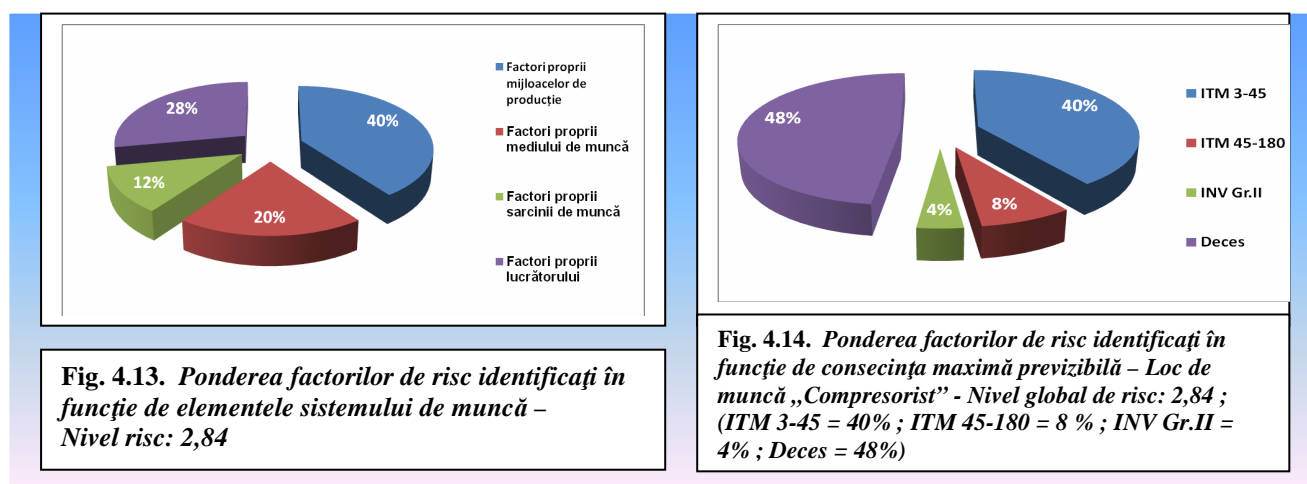
- | | | |
|-----------|--|--------------|
| F2 | Mișcări periculoase - Lipsa protectorilor pe zonele periculoase - transmisii prin curele, cardane, cuplaje, etc. | - N.V.P.R. 4 |
| F8 | Electrocutare prin atingere directă - capete de cabluri neizolate, panouri neasigurate, legături improvizate etc.; | - N.V.P.R. 4 |

Repartiția factorilor de risc în funcție de sursele generatoare:

- 40 %, factori proprii mijloacelor de producție;
- 20 %, factori proprii mediului de muncă;
- 12 %, factori proprii sarcinii de muncă;
- 28 % factori proprii lucrătorului

Nivelul de risc global calculat pentru locul de muncă “Compresorist” este egal cu **2,84** valoare ce îl încadrează în categoria locurilor de muncă cu nivel de risc acceptabil. Rezultatul este susținut de “Fișa de evaluare a locului de muncă”, din care se observă că din totalul de 25 factori de risc identificați, numai 2 depășesc, ca nivel parțial de risc, valoarea 3 încadrându-se în categoria factorilor de risc mediu. Ponderea factorilor de risc identificați în funcție de elementele sistemului de muncă pentru postul de lucru „Compresorist” cu nivelul global de risc = 2,84 este prezentată în fig. 4.13. Din analiza Fișei de evaluare a locului de muncă/postului de lucru Compresorist (Fișa nr. 1a) se constată că 48 % dintre factorii de risc identificați pot avea consecințe ireversibile (*DECES*) asupra lucrătorului. Ponderea factorilor de risc identificați în funcție de consecința maximă

previzibilă pentru postul de lucru „Compresorist” cu nivelul global de risc = 2,84 este prezentată în fig. 4.14, astfel : ITM 3-45 = 40% ; ITM 45-180 = 8 % ; INV Gr.II = 4% ; Deces = 48% [A23]



S-a determinat, în cadrul cercetărilor efectuate, nivelul de risc pentru toate profesiile și la celelalte stații de comprimare din cadrul SNGN Romgaz Mediaș (tabelul 4.5)

Tabelul 4.5. Nivelul global de risc aferent stațiilor de comprimare/profesie

| Sucursala Profesia | Stația Botorca | Stația Brateiu | Stația Deleni | Stația Filitelnic | Stația Țigandru |
|------------------------------|-------------------|----------------|---------------|----------------------|--------------------|
| Șef Stație | 2,38 | 2,50 | 2,42 | 2,38 | 2,38 |
| Conducător Formație de lucru | 2,38 | 2,38 | 2,38 | 2,38 | 2,38 |
| Electrician | 3,09 | 3,09 | 3,09 | 3,09 | 3,09 |
| Compresorist | 2,84 | 2,94 | 2,53 | 2,94 | 2,94 |
| Lăcătuș mecanic | 2,90 | 2,90 | 2,90 | 2,90 | 2,90 |
| Frezor | 2,97 | - | - | - | - |
| Motorist | 3,44 | 3,44 | 3,44 | 3,44 | 3,44 |
| Strungar | - | - | - | 3,24 | 3,24 |
| Sudor | - | - | - | - | 3,05 |

Din analiza valorilor obținute a rezultat că nivelul global de risc pentru aceeași categorii de profesie indiferent de locul de muncă este aproximativ același. Profesiile de electrician, motorist, strungar și sudor aparținând stațiilor de comprimare prezintă un nivel de risc mediu, iar celelalte profesii prezintă nivel de risc scăzut. Dintre profesiile aparținând stațiilor de comprimare aferente SNGN ROMGAZ Mediaș, cea de motorist prezintă valoarea riscului cea mai ridicată.

4.2.2. Evaluarea conformării cu cerințele de securitate și sănătate în muncă

Având la bază conținutul Legii nr. 319/2006 și a Normelor Metodice de aplicare aprobate prin HG nr. 1425/2006, s-a elaborat un **chestionar pentru evaluarea conformării** cu legislația națională (tabelul 4.6), care cuprinde 216 întrebări grupate în 13 capitole [A22]:

Răspunsurile care pot fi date la întrebările din chestionar sunt: da, nu și nu se poate aplica (nu s-au realizat alte acțiuni premergătoare acțiunii la care se referă întrebarea). Pentru fiecare din cele 13 capitole, am calculat nivelul de conformare, cu relația:

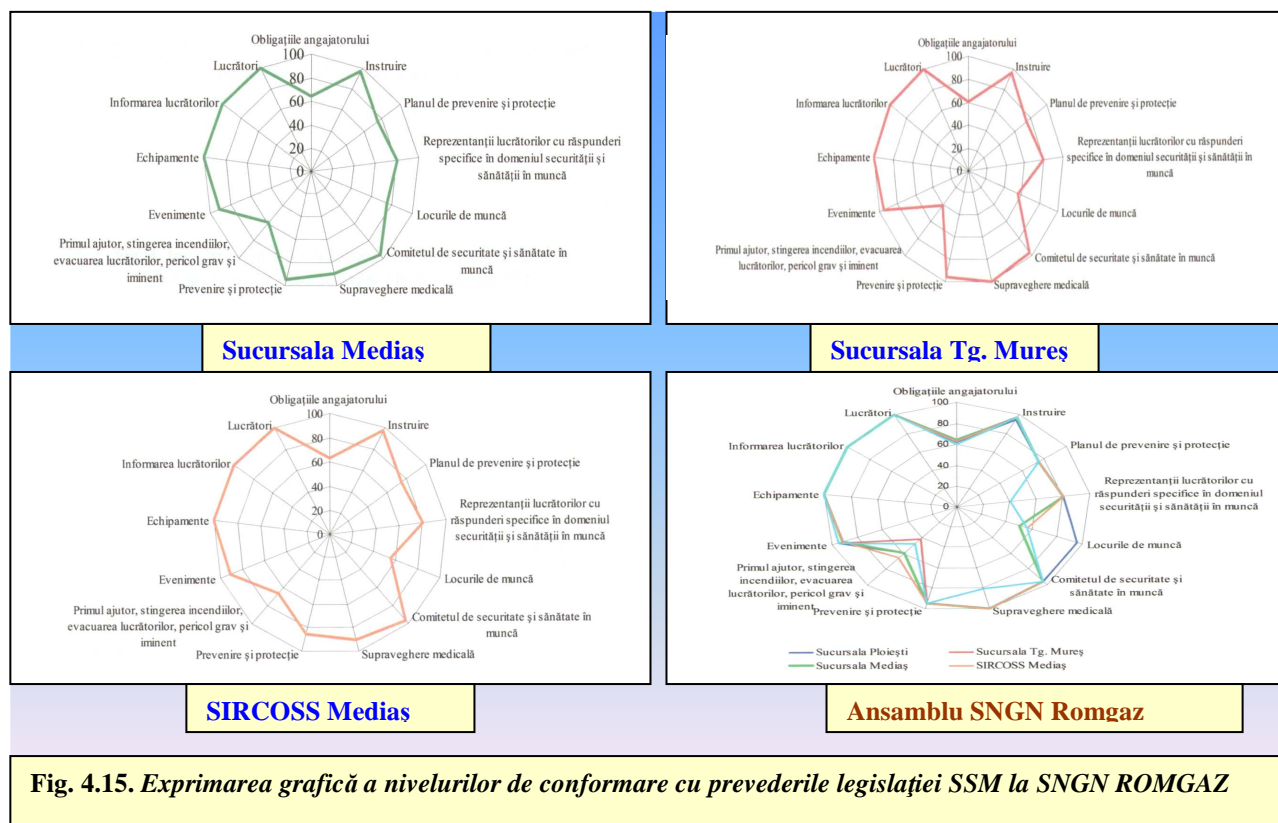
$$N_i = 100 \times R_{DA} / (R_{DA} + R_{NU}) \quad (\%) \quad (4.3)$$

unde, N_i reprezintă nivelul de conformare; R_{DA} – numărul total de răspunsuri pozitive; R_{NU} – numărul total de răspunsuri.

Tabelul 4.6. Numărul și structura pe întrebări/capitol în chestionarul de evaluare a conformității

| | | |
|----|---|----|
| 1 | Obligațiile angajatorului | 55 |
| 2 | Instruire | 20 |
| 3 | Planul de prevenire și protecție | 4 |
| 4 | Reprezentanții lucrătorilor cu răspunderi specifice în domeniul securității și sănătății în muncă | 5 |
| 5 | Locurile de muncă | 9 |
| 6 | Comitetul de securitate și sănătate în muncă | 12 |
| 7 | Supraveghere medicală | 11 |
| 8 | Prevenire și protecție | 20 |
| 9 | Primul ajutor, stingerea incendiilor, evacuarea lucrătorilor, pericol grav și iminent | 17 |
| 10 | Evenimente | 22 |
| 11 | Echipamente | 26 |
| 12 | Informarea lucrătorilor | 9 |
| 13 | Lucrători | 6 |

Chestionarul de evaluare a fost aplicat la : Sucursala Ploiești, Sucursala Tg. Mureș, Sucursala Mediaș, SIRCOSS Mediaș și STTM Tg. Mureș din ROMGAZ Mediaș. Pe baza răspunsurilor din chestionar am realizat diagrame tip radar cu nivelurile de implementare a prevederilor naționale pentru securitatea și sănătatea în muncă la fiecare din cele cinci sucursale SNGN ROMGAZ SA precum și la nivel de societate (fig. 4.15).

**Fig. 4.15. Exprimarea grafică a nivelurilor de conformare cu prevederile legislației SSM la SNGN ROMGAZ**

Din analiza diagramelor rezultă că implementarea prevederilor legislației de SSM pe cele 13 capitole din chestionar la nivelul sucursalelor SNGN ROMGAZ S.A. s-a realizat într-o proporție de 60 până la 100 %.

Un alt obiectiv vizat de studii a constat în **analiza corelațională** dintre acțiunile specifice de securitate și sănătate în muncă aplicate la nivelul societății și securitatea angajaților care lucrează la instalațiile de suprafață folosite pentru extracția gazelor naturale (fig. 4.16 și 4.17). Răspunsurile acordate de cele cinci sucursale: Mediaș, Mureș, Ploiești, SIRCOSS, STTM sunt relativ omogene fapt care a atestat același interes pentru securitatea și sănătatea în muncă la nivel de societate.

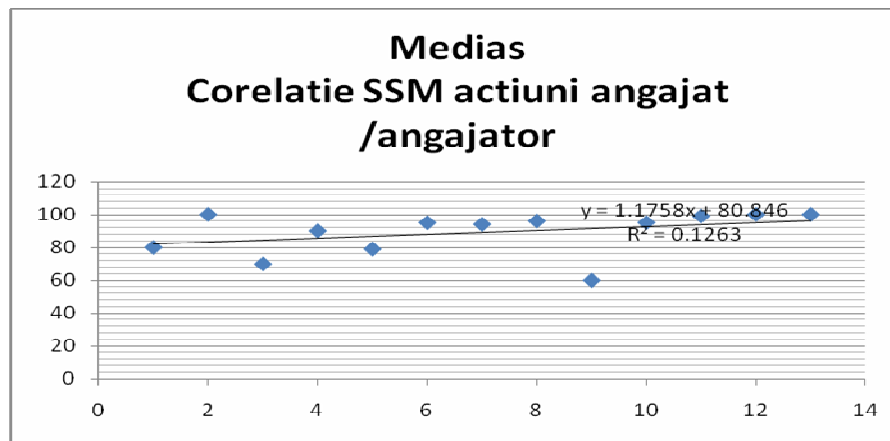


Fig. 4.16. Analiza corelatională la nivelul sucursalei Mediaș

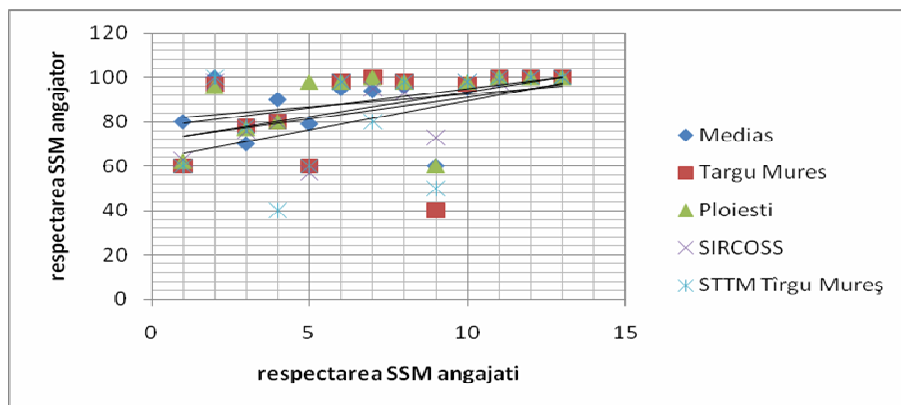


Fig. 4.17. Analiza corelatională la nivelul sucursalei companiei ROMGAZ

Rezultatele obținute la nivelul celor 5 sucursale implicate în studiu arată relația directă, corelatională dintre acțiunile întreprinse de angajator și angajat, pentru implementarea și respectarea SSM. Pentru că în mediul de lucru sunt multe variabile, nu se poate spune că este o relație cauzală directă, ci una corelatională directă: cât crește numărul de acțiuni pentru implementarea prevederilor legislative din partea angajatorului precum și cunoașterea acestora de către angajați, cu atât crește gradul de securitate la nivelul societății. Realizarea diagramelor tip radar care redau operativ, cu fidelitate, nivelul de implementare a prevederilor legislației de securitate și sănătate în muncă la toate sucursalele unei companii permite efectuarea operativă de sinteze privind nivelul global de implementare a prevederilor legislației de securitatea și sănătatea în muncă la nivel de societate prin obținerea unui nivel mediu pentru fiecare aspect legislativ vizat, facilitat de suprapunerea diagramelor tip radar. Optimizarea și crearea unei abordări unificate atât pentru creșterea gradului de siguranță în instalațiile de suprafață folosite pentru extracția gazelor naturale cât și pentru reducerea accidentelor de muncă și îmbolnăvirilor profesionale a fost astfel fundamentată pe gestionarea corespunzătoare a datelor de securitate și sănătate oferite de diagramele tip radar.

4.3. Evaluarea riscului indus de noxele emise de motoarele cu combustie internă în atmosfera subterană

4.3.1. Metoda operativă aplicată și indicele de cuantificare a calității aerului

Asigurarea unui control adecvat al emisiilor de evacuare Diesel este o problemă complexă în mediile închise, iar compoziția și nivelul de poluant din eșapare depind în mod direct condițiile de muncă, starea tehnică a motorului, parametrii mediului atmosferic subteran, experiența și capacitatea operatorului vehiculului. Măsurarea tuturor componentelor emisiilor de eșapare (NO_x ,

CO, SO₂, PCD-particule Combustibile Respirabile, hidrocarburi PNA, de tip benzo-alpha-pyren etc) este practic foarte greu de realizat din cauza mediului subteran închis, umed și încărcat cu praf [B31]. Ca urmare am studiat posibilitatea de a evalua riscul asociat operării acestor echipamente, prin intermediul unui **indice operativ de cuantificare a calității aerului**. În România, legislația și normele de securitate prevăd că utilajele acționate cu motor Diesel nu vor fi menținut în funcțiune, atunci când rezultatele măsurătorilor conduc la una dintre următoarele situații [B33]:

- concentrațiile de monoxid de carbon mai mare de 1200 ppm în țeava de eșapament, sau 40 ppm în aer;
- indicele de fum Bosch depășește valoarea 3 sau indicele de fum Hartridge este mai mare de 36%;
- în proximitatea motorului, dioxidul de carbon depășește 10.000 ppm și concentrația de oxizi de azot (NO_x) este de peste 4,8 ppm.

Deoarece CO₂ este singurul poluant stabil prezent în concentrații relativ mari în emisiile de eșapare Diesel, metoda aplicată, având în vedere cuantificarea tuturor ceilalți poluanți, se bazează pe măsurători ale acestui gaz, la bordul utilajului incluzând următoarele etape:

1. **Stabilirea curbelor caracteristice ale poluanților**, în funcție de concentrațiile de dioxid de carbon, măsurate simultan, în aceeași locație..

2. **Determinarea unui Indice de Calitate a Aerului**, care permite să se stabilească o valoare a concentrației de CO₂ în care toți ceilalți poluanți pot fi considerați nepericuloși.

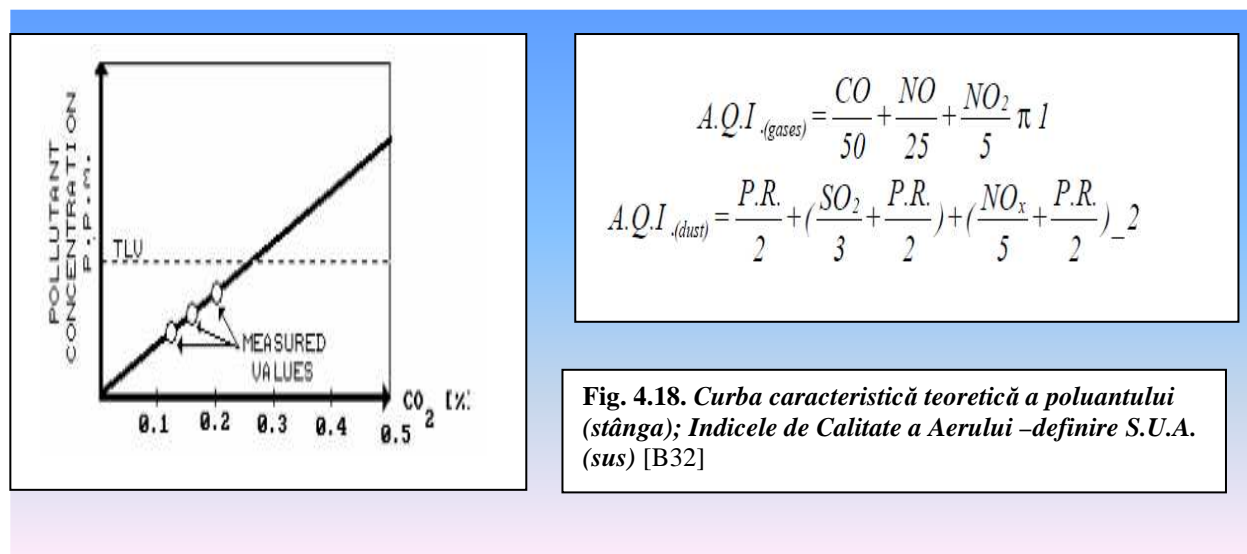
3. **Măsurători recurente ale emisiilor de noxe** în vederea verificării menținerii corelației predeterminate.

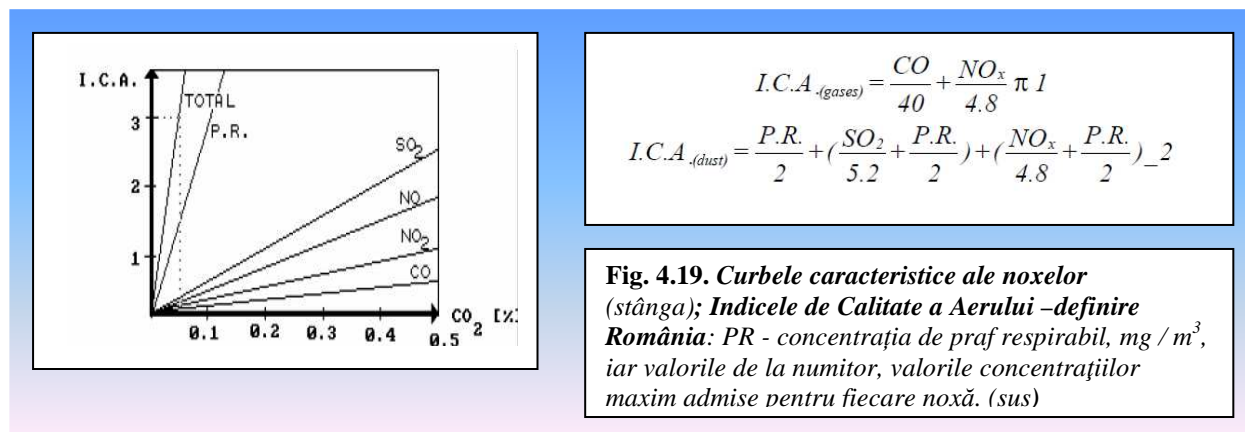
Curbele caracteristice ale noxelor sunt diagrame care ilustrează concentrațiile medii pentru fiecare poluant (CO, NO, NO₂, SO₂, Particule Diesel în Suspensie), în funcție de concentrația de dioxid de carbon, măsurată în același loc și în același timp [A32]

Raportul dintre concentrația de poluanți și concentrația de CO₂ este panta curbei caracteristice, și în consecință curbele caracteristice ideale vor fi linii drepte care trec prin sistemul de coordonate origine.

Pentru a cuantifica calitatea aerului într-o singură valoare numerică, ținând seama de efectul combinat al poluanților, am introdus un Indice de Calitate a Aerului (AQI – ICA, fig. 4.18) exprimat conform relațiilor de mai jos. Pentru o valoare cumulată AQI = 3, pericolul pentru lucrătorii din subteran este minim.

Graficul cumulat al Indicelui de Calitate a Aerului, care relevă contribuția fiecărui gaz, este prezentată în diagrama din fig. 4.19.





Pe baza acestei diagrame, pentru un ICA = 3, calitatea aerului de mină poate fi estimată numai prin măsurarea concentrațiilor medii de CO₂ la bordul chipamentului Diesel, folosind detectoare portabile.

4.3.2. Rezultatele măsurătorilor, prelucrarea și interpretarea datelor

Noua metodologie operativă a fost aplicată la două mine metalifere din bazinul minier Baia Mare. La Baia – Sprie, echipamente Diesel aflate în funcțiune la orizonturile XV - XVI, au fost [A24]:

- 3 încărcătoare - frontale (2 tip Wagner și unul tip I.M. - 180), fiecare având o putere instalată de câte 216 C.P.;
- 2 autobasculante TATRA, 215 C.P.

Rezultatele măsurărilor concentrațiilor de gaze în conductele de evacuare și în aerul mină, la nivelul operatorului, sunt prezentate în tabelul 4.7.

Tabelul 4.7. Rezultatele măsurătorilor concentrațiilor de noxe¹

| NR | DIESEL EQUIPMENT | MEASUREMENT LOCATION AND TIME | EXHAUST EMISSION COMPOSITION, P.P.M. | | | | |
|----|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|------|-----|-----------------|-----------------|
| | | | CO ₂ | CO | NO | NO ₂ | SO ₂ |
| 1. | TATRA Nr. 1 | E.R. | 8000 | 5000 | 9 | 2 | 2 |
| | | E.A. | 2400 | 8000 | 14 | 10.3 | 11.9 |
| | | N.M. | 8000 | 70 | 8 | 2.5 | 7.4 |
| 2. | SHOVEL LOADER I.M. - 180 | E.R. | 3000 | 800 | 28 | 9.3 | 4.2 |
| | | E.A. | 6000 | 3000 | 32 | 10.5 | 10.8 |
| | | N.M. | 12000 | 63 | 18 | 8.7 | 9 |
| 3. | WAGNER Nr. 1 | E.R. | 9000 | 170 | 7 | 9 | 2.3 |
| | | E.A. | 3600 | 1200 | 27 | 20.2 | 5.7 |
| | | N.M. | 11000 | 68 | 30 | 15 | 5 |
| 4. | WAGNER Nr. 2 | E.R. | 33000 | 1200 | 8 | 8 | 3 |
| | | E.A. | 13000 | 2000 | 130 | 14.2 | 8.7 |
| | | N.M. | 4600 | 11 | 90 | 10 | 2 |

1-E.R.- eșapare, mers în gol; E.A.- eșapare, mers în sarcină; N.M.- atmosferă subterană, nivel mecanic-operator utilaj.

Conform metodologiei elaborate, au fost reprezentate grafic curbele caracteristice individuale ale noxelor (pentru NO_x , curba este prezentată în fig. 4.20), precum și curba de dependență a ICA în funcție de concentrația de CO_2 (Fig.4.21).

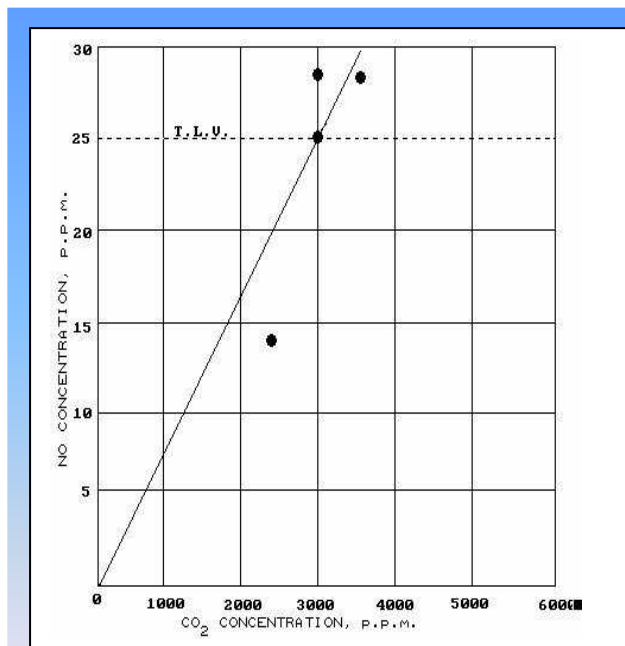


Fig. 4.20. Dependenta dintre concentrațiile de NO și CO_2 în mediul atmosferic subteran

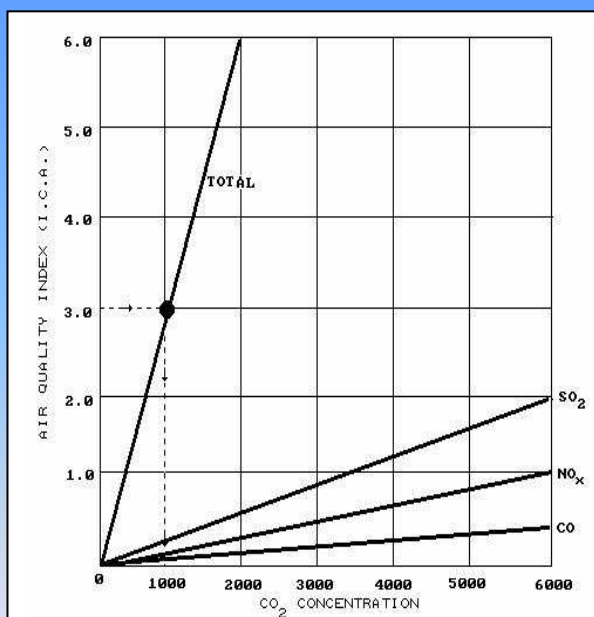


Fig.4.21. Dependenta dintre Indicele de Calitate a Aerului (I.C.A.) și concentrația de CO_2

Se poate observa din fig. 4.21 că pentru $\text{ICA} = 3$, corespunde o valoare de 1000 ppm a concentrației de CO_2 . Orice valoare superioară a concentrației de CO_2 indică un nivel periculos de expunere a operatorului la emisiile de noxe. **În mod similar, pentru mina Șuior**, valoarea concentrației de CO_2 care corespunde unui $\text{ICA} = 3$, a fost determinată ca fiind 1150 ppm. În vederea utilizării practice pe o scară mai largă a acestei metode în România, două principii ar trebui să fie urmate:

- punerea în aplicare a metodei nu ar trebui să solicite personal special calificat în măsurători și tehnici de analiză complexe;
- instituțiile care au atribuții în a decide asupra sănătății și securității muncii ar trebui să probeze utilizarea Indicelui de Calitate a Aerului și a valorilor sale limită.

4.4.Simularea numerică a parametrilor ventiloarelor auxiliare în sisteme de ventilație cu recirculare controlată

4.4.1.Sistemul coaxial de recirculare controlată

Posibilitatea de a recircula aerul în subteran a fost considerată mult timp ca o practică de ventilație nesigură. Ea a devenit o propunere practică doar în urma dezvoltării continue a monitorizării care urmăresc continuu calitatea curenților de aer proaspăt, recirculat și mixt care circulă în zonele de lucru [B34]. Recircularea controlată nu este încă permisă legal în România pentru sisteme de ventilație primare, dar bazat pe teoria existentă, bine documentată prin cercetările efectuate la Universitatea din Petroșani, s-au stabilit criteriile de fezabilitate ale recirculării controlate a aerului de mină [A25]. Poziția ventilatorului auxiliar și mărimea circuitului de recirculare sunt doi dintre cei mai importanți parametri în caracterizarea efectelor unui asemenea

sistem de ventilație. Există două principale locații posibile de amplasare pentru un ventilator de recirculare **coaxial**, situat în curentul de alimentare cu aer proaspăt, sau **transversal**, poziționat în galeria transversală de recirculare. Voi sintetiza în continuare o serie din rezultatele studiilor privind simularea numerică a efectelor realizării recirculării la diferite valori ale factorului de recirculare și ale creșterii rezistenței aerodinamice, studii efectuate admitând ipoteza menținerii constante a emisie de metan în abataj.

Prezentat în fig. 4.22, **sistemul coaxial** presupune utilizarea unui ventilator auxiliar de recirculare care se vehiculează cantitatea totală de aer necesară în front și un regulator plasat în ramificația 4 pentru controlul debitului de aer în circuit.

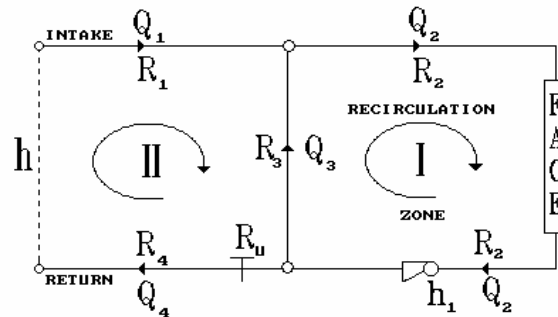


Fig. 4.22. Sistemul coaxial de recirculare controlată

În această configurație, funcționarea ventilatorului auxiliar tinde să crească debitul de aer total, ca urmare a debitului de aer mai mare vehiculat de ventilatorul principal și pierderile de aer diminuate prin căile de scurgere existente. Lucrările din exteriorul galeriei transversale de recirculare au fost înlocuite cu ramuri de rezistență echivalente, iar pierderea de presiune între alimentare și evacuare au fost considerate ca constante. Alegerea ventilatorului și stabilirea mărimii dispozitivului de reglare necesar se bazează pe aplicarea legilor lui Kirchhoff, după cum urmează

Legea I-a a lui Kirchhoff

$$Q_3 = F \cdot Q_2 \quad Q_1 + Q_3 = Q_2 \quad Q_2 = \frac{1}{1-F} \cdot Q_1 \quad Q_3 = \frac{F}{1-F} \cdot Q_1$$

Legea a II-a a lui Kirchhoff

$$\text{Mesh I: } h_1 = R_2 \cdot Q_2^2 + R_3 \cdot Q_3^2 \quad (4.4)$$

$$\text{Mesh II: } R_u = \frac{h + R_3 \cdot Q_3^2 - R_1 \cdot Q_1^2}{Q_4^2} - R_4 \quad (4.5)$$

Puterea consumată de ventilator:

$$N_1 = h_1 \cdot \frac{Q_2}{\eta_1 \cdot 1000} \quad (4.6)$$

unde: R_i = coeficientul rezistenței aerodinamice, $N \cong s^2/m^8$ ($i=1, 2, 3, 4$); Q_1 = debitul de aer proaspăt, m^3/s ; Q_2 = debitul de aer mixt, m^3/s ; Q_3 = debitul de aer recirculat, m^3/s ; Q_4 = debitul de aer proaspăt disponibil, m^3/s ; F = factorul de recirculare; η_1 = randamentul total al ventilatorului auxiliar; și N_1 = puterea consumată, kW. Am obținut:

$$h_1 = \left(\frac{1}{1-F} \cdot Q_1 \right)^2 \cdot (R_2 + F^2 \cdot R_3) \quad (4.7)$$

$$R_u = \frac{h}{Q_1^2} + R_3 \cdot \left(\frac{F}{1-F} \right)^2 - R_1 - R_4 \quad (4.8)$$

$$N_1 = \left(\frac{1}{1-F} \cdot Q_1 \right)^3 \cdot (R_2 + F^2 \cdot R_3) \cdot \frac{1}{\eta_1 \cdot 1000} \quad (4.9)$$

Pe baza relațiilor anterioare, dependențele dintre parametrii ventilatorului auxiliar și rezistența aerodinamică a regulatorului au fost simulate pe calculator, pentru diferiți factori de recirculare și valorile $R_1=0.2 \text{ kg/m}^7$, $R_2=0.2 \text{ to } 1 \text{ kg/m}^7$, $R_3=0.2 \text{ kg/m}^7$ (fig. 4.23).

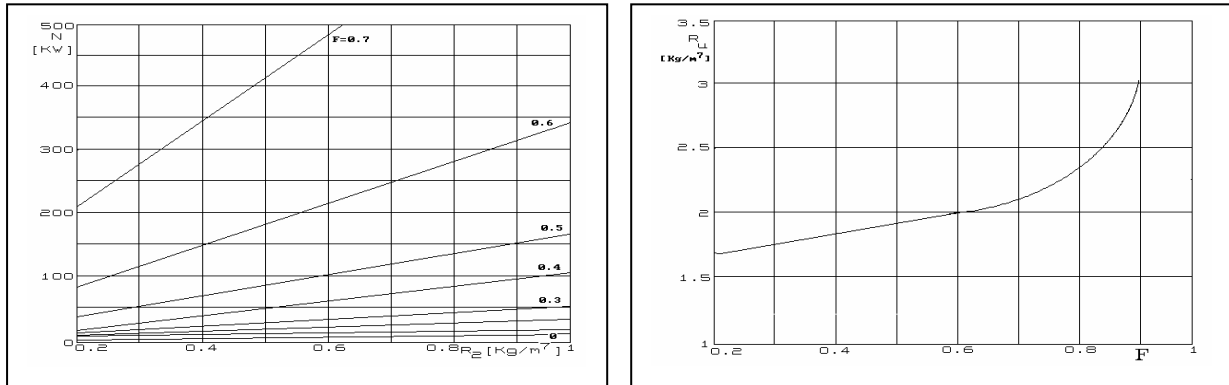


Fig. 4.23. Rezultatele simulării numerice pentru sistemul coaxial de recirculare

4.4.2. Sistemul transversal de recirculare controlată

Această configurație (fig. 4.24) presupune utilizarea a două ventilatoare auxiliare: primul amplasat în galeria transversală de recirculare, vehiculând doar cantitatea recirculat de aer, iar al doilea în curentul principal, compensând pierderile de presiune în curentul principal de evacuare și, în consecință, menținând un debit de aer proaspăt constant la intrarea în sector (Q_1). Eficiența sistemului depinde considerabil de interconectarea corectă a celor două ventilatoare auxiliare în vederea realizării un factor de recirculare prestabilit, fără reducerea debitului de aer în sector.

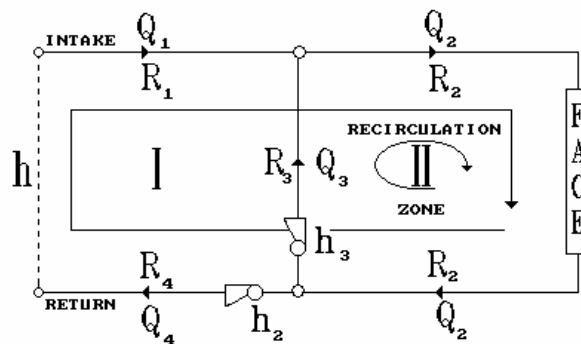


Fig. 4.24. Sistemul coaxial de recirculare controlată

Menținând - din motive de comparație - valori identice ale parametrilor de bază și o abordare similară celei aplicate pentru sistemul coaxial, s-au obținut următoarele ecuații

$$h_2 = (R_1 + R_4) \cdot Q_1^2 + R_2 \cdot \left(\frac{1}{1-F} \cdot Q_1 \right)^2 - h \quad (4.10)$$

$$N_2 = h_2 \cdot \frac{Q_1}{\eta_2 \cdot 1000} \quad (4.11)$$

$$h_3 = \left(\frac{1}{1-F} \cdot Q_1 \right)^2 \cdot (R_2 + F^2 \cdot R_3) \quad (4.12)$$

$$N_3 = h_3 \cdot \frac{F}{1-F} \cdot \frac{Q_1}{\eta_3 \cdot 1000} \quad (4.13)$$

unde indicii 2 și 3 referitori la presiunile "h" și la puterea consumată "N" indică ventilatorul pentru care sunt calculați parametrii, iar dependențele grafice corespunzătoare sunt redată în fig. 4.25.

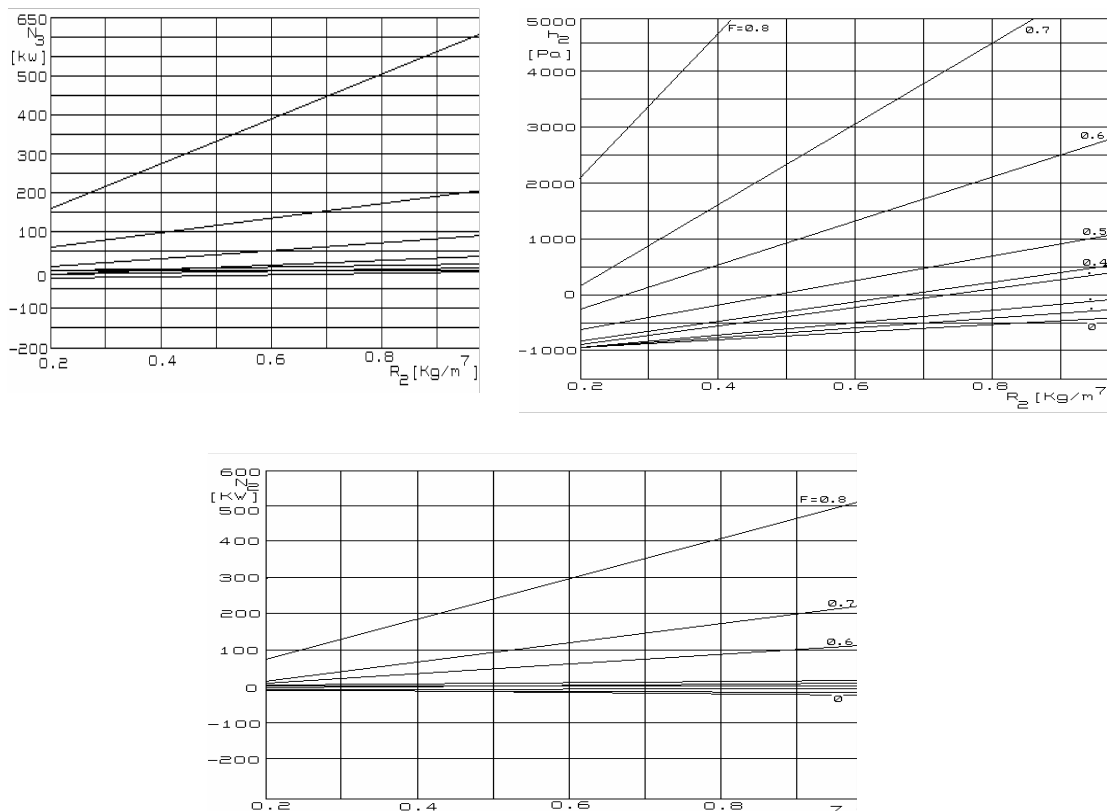


Fig. 4.25. Rezultatele simulării numerice pentru sistemul transversal de recirculare

Stabilirea configurației optime de amplasare a ventilatoarelor și dimensionarea circuitului circuitului de recirculare implică cunoașterea debitelor de aer proaspăt disponibil, a concentrațiilor de gaze în sistemul convențional existent, a pierderilor de presiune, a coeficienților de rezistență aerodinamică și a emisiilor de gaz (CH₄ sau CO₂). Pe această bază, utilizând relațiile și nomogramele elaborate se poate stabili **fezabilitatea recircuitării controlate**, facilitând-se studiile previzionale privind regimul de operare al sistemului.

4.5.Optimizarea amplasării traductoarelor în rețele reprezentative de ventilație

Implementarea sistemelor de monitorizare automată a parametrilor de ventilație în subteran a necesitat trecerea de la măsurarea vitezei medii în secțiunea transversală a lucrării (cu anemometre clasice) la măsurători punctuale, cu traductoare automate, și stabilirea unei corespondențe între cele două tehnici de măsurare, la un nivel de precizie corespunzător.

Cercetarea efectuată a urmărit două obiective [A26; A27]:

- stabilirea distribuției izoliniilor de viteză pentru diferite profile și tipuri de susținere;
- determinarea punctului rațional de poziționare a traductoarelor din sistemele de telemetrie și a valorilor factorilor de corecție necesari calculului vitezei medii. În acest scop, s-au efectuat măsurători sistematice la minele din Valea Jiului.

4.5.1. Evaluarea modelelor de distribuție a vitezei aerului în diferite lucrări miniere

4.5.1.1. Metoda de cercetare

Măsurători sistematice au fost efectuate, folosind patru tehnici instrumentale diferite - pe baza de anemometre manuale - în 43 de lucrări miniere din minele Lonea, Petrila, Vulcan și Livezeni, în vederea stabilirii modelelor de distribuție a vitezei aerului în curenții de alimentare și de evacuare. Rezultatele obținute au permis trasarea diverselor tipuri de profile de viteză pentru profile TH metal, lucrări susținute în zidărie și beton (fig. 4.26 și 4.27).

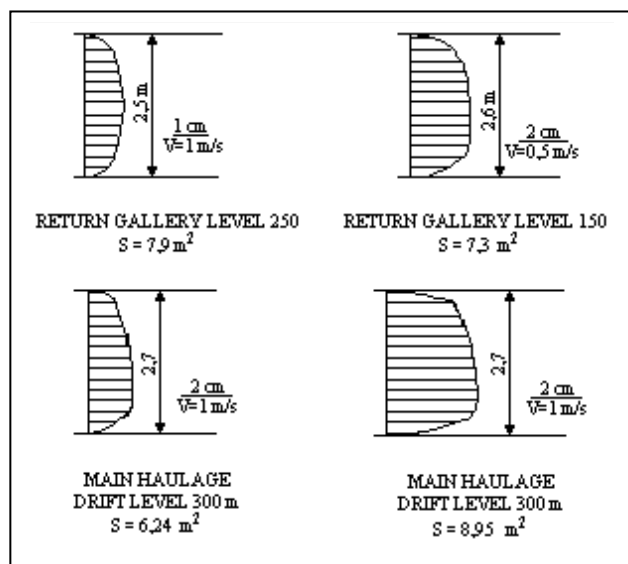


Fig. 4.26. Profilul vitezelor pentru susțineri metalice tip TH - E.M. Petrila

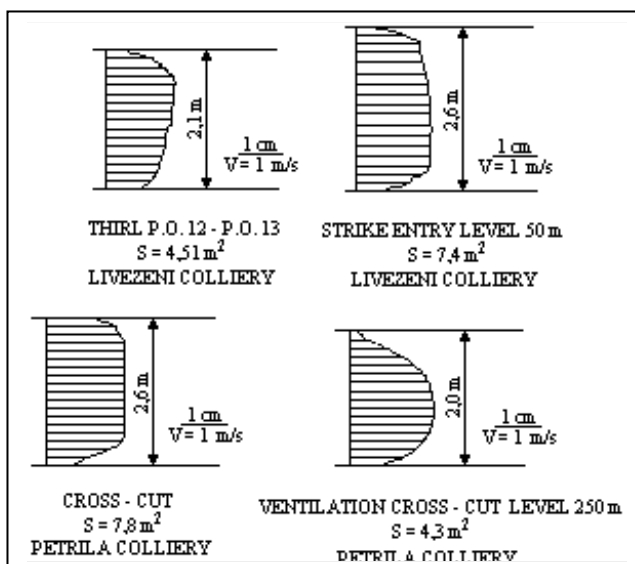


Fig. 4.27. Profilul vitezelor pentru susțineri în beton (E.M. Livezeni și E.M. Petrila)

4.5.1.2. Interpretarea rezultatelor

- valorile medii determinate prin toate metodele folosite au fost considerabil apropiate, curenții de aer fiind suficient de stabili în cursul unei perioade de două ore și afectate numai de erori minime;
- raportul dintre viteza medie V_m și viteza maximă V_M a variat de la 0,65 la 0,93, valori care demonstrează caracterul asimetric de profile de viteză; aceasta constatare indică faptul că profilurile pot fi dezvoltate inegal și că valoarea maximă a vitezei nu este în mod necesar plasată în centrul lucrării;
- la viteze ale aerului mai mari de 0,5 m/s, valoarea medie a vitezelor măsurate în treimea superioară a galeriei este apropiată viteza medie în întreaga secțiune;
- majoritatea profilelor obținute sunt cele parabolice, regulate sau neregulate. Pentru lucrările de alimentare cu aer proaspăt sunt specifice profilurile dezvoltate la partea de jos și aplatizate în partea de sus, ca o consecință a diferențelor de temperatură.

4.5.2. Determinarea punctului rațional de poziționare a traductoarelor din sistemele de telemetrie și a valorilor factorilor de corecție necesari

Pentru curgerea în conducte circulare, unde numărul Reynolds $Re = 105$, profilul vitezei este în întregime turbulent dezvoltat, raportul dintre media și centrală (maxim) viteze fiind:

$$\frac{V_{mean}}{V_{max}} = 0,83 \quad (4.14)$$

Ratele ridicate de creștere/scădere ale vitezei medii nu schimbă semnificativ acest raport (mai mult de 5 la sută). Prin urmare, am admis că a ști acest raport ar permite evaluarea directă a vitezei medii, dar numai dacă măsurarea poate fi practic realizată în axa centrală. Dacă măsurarea se efectuează în orice alt punct, este necesar să se evalueze un alt **factor de corelație**, respectiv un **factor poziție** FP, care înmulțit cu valoarea vitezei măsurate să dea valoarea medie a vitezei:

$$V_{mean} = FP \cdot V_x \quad (4.15)$$

Prin urmare, luând în considerare o conductă de rază "a", având viteza maximă V_M în axa centrală, profilul simetric al vitezei poate fi obținut, în funcție de următoarea funcție: $V_x = f(x, V_M)$, unde $0 < x < a$. Viteza aerului medie este dată de

$$V_{mean} = \frac{2}{a^2} \cdot \int_0^a x \cdot f(x, V_M) \cdot dx \quad \text{and} \quad FP = \frac{V_{mean}}{V_x} \quad (4.16)$$

Prin determinarea raportului dintre viteza medie și vitezele în diferite puncte plasate pe curbe de profil simetrice, pentru 3 funcții specifice (circulare, parabolice și neregulate), s-a obținut factorul de poziție FP în funcție de raportul x/a (fig. 4.28).

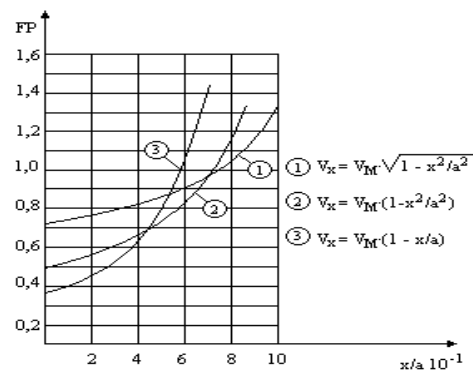


Fig. 4.28. Profilele distribuției de viteză (1 – profil circular; 2 – profil parabolic; 3 – profil neregulat)

Măsurătorile nu trebuie să se efectueze obligatoriu în punctul viteza maximă, ci într-un altul, și înmulțind valoarea măsurată cu un factor de poziție va fi obținută viteza medie. Pentru conducte circulare de rază "a", măsurarea punctiformă într-un punct $x/a = 0,6$ dă direct viteza medie, în timp ce FP este egal cu unitatea. În mod similar a fost abordat cazul lucrărilor miniere, dar acordând o atenție la modelul asimetric de profile de viteză și la necesitatea de a plasa traductoarele astfel încât să nu fie afectate de operațiunile tehnologice. În consecință, în funcție de profilele reale asimetrice obținute, s-a stabilit corelația dintre factorul de corecție (exprimată prin factorul poziție FP) și viteza punctiformă măsurată în treimea superioară a secțiunii transversale (fig. 4.29 și 4.30).

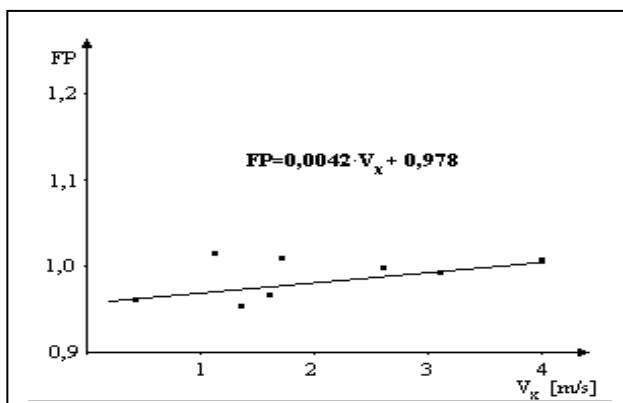


Fig. 4.29. Corelația dintre factorul de poziție FP și vitezele punctiforme – susținere metalică

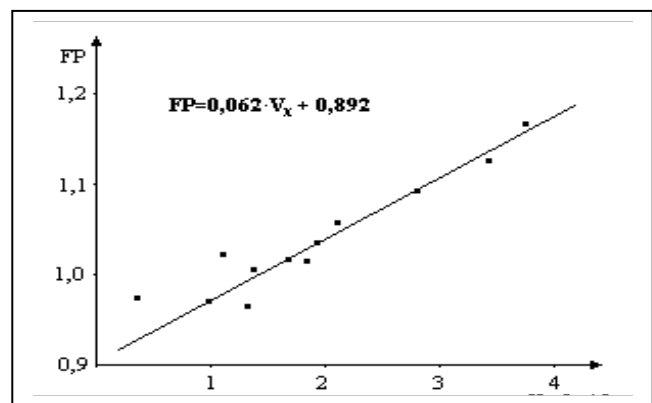


Fig. 4.30. Corelația dintre factorul de poziție FP și vitezele punctiforme – susținere beton

Măsurători au fost efectuate și în două lucrări la E.M. Vulcan, în intervalul de viteze 0,6-1,8 m/s și 4-6 m/s folosind *traductoare de viteză automate ATM-689* conectate la sistemul central de telemetrie. *S-a obținut o relație liniară între factorul de poziție FP și viteza aerului* la ambele stații de măsurare (fig. 4.31 și 4.32); $FP = 1$ a fost găsit stabil, cu variații maxime de la -3% la 7%, în cazul în care traductorul a fost situat central, la $h/6$ distanță de bolta lucrării.

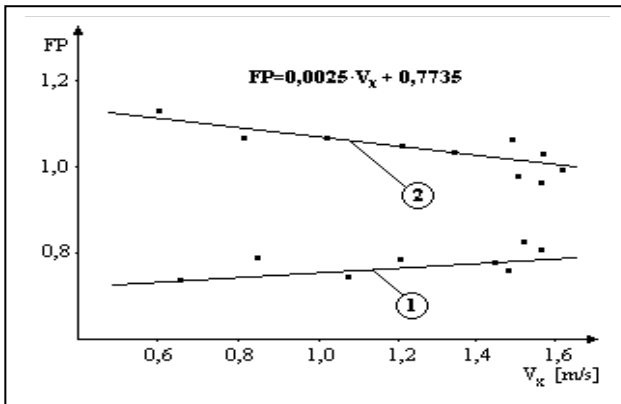


Fig. 4.31. Corelația dintre factorul de poziție FP și viteza aerului în ambele stații de măsurare (1 – traductor la $h/6$ de tavan și de perete; 2 – traductor plasat central, la $h/6$ de tavan)

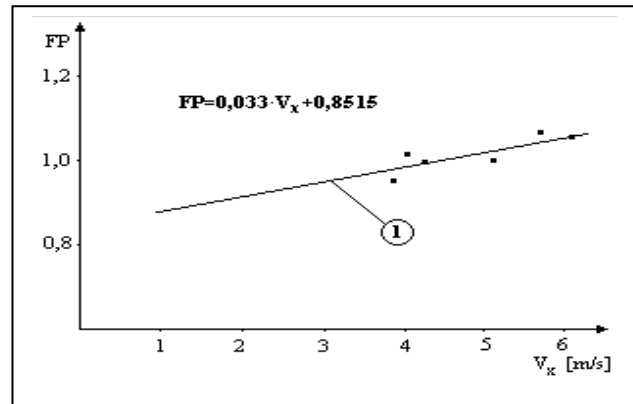


Fig. 4.32. Corelația dintre factorul de poziție FP și viteza aerului în ambele stații de măsurare (1 – traductor la $h/6$ de tavan și de perete)

4.5.3. Finalitatea practică a studiului

Pentru rețelele de ventilație specifice minelor complexe din Valea Jiului, implementarea sistemelor de monitorizare automată a vitezei aerului presupune două etape de bază:

- a. *Calculul debitelor de aer, în baza vitezelor medii* (multiplicarea vitezei punctiforme cu factorul de poziție), în lucrările prevăzute cu traductoare:

$$Q = V_x \cdot FP \cdot S \quad [m^3 / s] \quad (5)$$

- b. *Calculul debitelor de aer în ramificațiile fără traductoare automate*, cu legea I-a a lui Khirchhoff. Dacă luăm în considerare o rețea de ventilație cu "m" ramificații și "n" noduri, numărul total de traductoare necesare este dat de numărul de ochiuri independente $\gamma = m - n + 1$. De exemplu, mina Livezeni având o rețea de ventilație cu 73 ramificații și 43 de noduri ar necesita cel puțin 33 traductoare ($73 - 43 + 1$).

CAPITOLUL 5. SOLUȚII TEHNICE DESTINATE MINIMIZĂRII RISCURILOR ASOCIATE PREZENȚEI METANULUI ÎN INDUSTRIA MINIERĂ

5.1. Analiza contextuală a statisticii accidentelor de muncă produse în minele din Valea Jiului

5.1.1. Natura impactului gazului metan asupra securității și sănătății lucrătorilor din subteran. Obiectivele cercetărilor în domeniu

Gazul metan asociat zăcămintelor de ulei din bazinul carbonifer Valea Jiului a constituit o preocupare permanentă, de-a lungul timpului, atât din punct de vedere al securității și sănătății lucrătorilor, al protecției zăcămintului, echipamentelor și utilajelor utilizate în subteran, cât și din punct de vedere al impactului asupra atmosferei. În prezent, la minele din Valea Jiului se aplică metode de exploatare, care au ca element comun extragerea descendentă în felii a stratelor groase de cărbune, în speță stratul 3, cu dirijarea presiunii miniere prin surparea totală a rocilor [B39]. În cazul metodei de exploatare cu banc de cărbune subminat, fragmentarea și surparea masivului de rocă se face pe zone mult mai mari, generând apariția golurilor de exploatare și rămânerea în stare neevacuată a cărbunelui în spațiul exploatat [B42].

Măsurile tehnice și organizatorice destinate reducerii concentrațiilor de metan în mediul atmosferic subteran și a cantităților de metan evacuate în atmosfera liberă prin intermediul stațiilor principale de ventilație vizează, direct sau implicit, atingerea următoarelor *obiective*:

- Creșterea gradului de securitate și de protecție a zăcămintului;
- Asigurarea continuității în extragerea cărbunelui;
- Creșterea nivelului de securitate în procesul de extragere a cărbunelui;
- Reducerea timpului de imobilizare a rezervelor;
- Reducerea riscului formării amestecurilor explozive și diminuarea probabilității de apariție a focurilor endogene;
- Îmbunătățirea condițiilor de muncă și securitate, prin scăderea factorilor de risc generați de combustii spontane și exploziile de metan.
- Scăderea numărului de accidente tehnice și umane datorate fenomenelor dinamice;
- Creșterea stării de siguranță și confort a personalului implicat direct în procesul de exploatare a huilei;
- Minimizarea impactului asupra mediului.

Analiza statisticii accidentelor de muncă constituie un instrument util pentru identificarea tiparelor de incidență a accidentelor survenite în mediul profesional [B43]. În pofida tuturor precauțiilor, mineritul carbonifer subteran rămâne una din ramurile industriale cele mai periculoase, conducând la producerea accidentelor de muncă soldate cu decese [B40]. Accidentele de muncă reprezintă evenimente complexe generate de numeroși factori, iar prevenirea lor nu este posibilă fără analiza evenimentelor survenite în trecut și interpretarea adecvată a rezultatelor studiilor statistice.

Materializarea practică a principiilor științifice de prevenire a exploziilor de metan a contribuit, de-a lungul timpului, la scăderea semnificativă a riscurilor de explozie în minele de ulei [B41; B44]. Totuși, în pofida numeroaselor realizări științifice și tehnologice din acest domeniu, exploziile continuă să se producă, rămânând un potențial pericol pentru sănătatea și viața lucrătorilor, contribuind la generarea unor costuri considerabile asociate acțiunilor de combatere și salvare, imobilizării rezervelor și despăgubirilor acordate.

5.1.2. Analiza statistică a accidentelor de muncă colective și a indicatorilor de securitate și sănătate în muncă în perioada 1981-2010

Statistica accidentelor colective care s-au produs în ultimii 33 de ani la minele de ulei din Valea Jiului [B45], este deosebit de elocventă pentru riscul asociat formării amestecurilor explozive în condițiile în care mijloacele de prevenire a acumulărilor de metan nu au eficacitatea scontată. Insuficiența dispersiei a metanului în curenții de aeraj, asociată cu defectări tehnice și/sau erori umane a generat numeroase evenimente cu consecințe deosebit de grave pe plan uman și economic. **Analiza globală a datelor** statistice disponibile mi-a permis evidențierea următoarelor aspecte [A28]:

- din totalul de 34 evenimente, încadrate ca accidente colective, 13 reprezintă explozii de metan, 12 aprinderi de metan, 3 surpări, 2 intoxicații cu monoxid de carbon, o explozie de hidrogen în urma disocierii termice a apei în hidrogen și oxigen, o explozie de praf de cărbune, o avarie tehnică prin manevrarea greșită a trolurilor de acționare și un incendiu; deci din totalul de 34 accidente colective investigate, 26 sunt generate de acumulările de metan, adică 76,5% din numărul total.
- din totalul de 344 victime ale acestor fenomene dinamice, 239 și-au pierdut viața (69%) iar celelalte 105 au înregistrat incapacitate temporară de muncă (31%);
- cele 13 explozii de metan s-au soldat cu 200 decese (83 % din numărul total al deceselor) și 87 cazuri de incapacitate temporară de muncă;
- cele 12 aprinderi de metan au avut drept consecințe 5 decese (2% din numărul total al deceselor) și 18 cazuri de incapacitate temporară de muncă;
- evenimentul încadrat în urma cercetărilor, ca fiind „explozie de praf de cărbune” a avut drept efecte umane 17 decese (7% din numărul total al deceselor) și 7 persoane care au suferit perioade variabile de zile de incapacitate temporară de muncă;

Putem aprecia deci că **92% dintre decesele rezultate** în urma accidentelor colective investigate s-au datorat unor evenimente având drept una din cauzele primare existența acumulărilor de metan în subteran. Acestea li s-a adăugat cauze de altă natură, care au creat condițiile de propagare a scenariilor de accidentare a personalului lucrător.

În vederea stabilirii măsurilor care se impun și găsirii soluțiilor pentru creșterea nivelului de securitate și sănătate la unitățile miniere din cadrul Companiei Naționale a Huilei, s-a impus o analiză a evoluției accidentelor de muncă și a indicatorilor de securitate și sănătate în muncă. Statistic situația evenimentelor este redată în tabelul 5.1.

Tabelul 5.1. Evoluția accidentelor de muncă și a indicatorilor de securitate la minele din Valea Jiului

| Anul | Număr accidente de muncă | | | | I _{frecvență} | I _{gravitate} | I _{durată medie} | Nr.acidente/ 1000 tone |
|------|--------------------------|--------------|--------|-------|------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | ITM | Invaliditate | Decese | Total | | | | |
| 1981 | 1002 | 14 | 21 | 1037 | 34,5 | 1259,3 | 32,8 | 0,11 |
| 1982 | 926 | 25 | 56 | 1007 | 39,5 | 1139,3 | 33,6 | 0,10 |
| 1983 | 907 | 10 | 17 | 934 | 35,6 | 1176,2 | 37,9 | 0,09 |
| 1984 | 826 | 23 | 25 | 874 | 34,5 | 991,4 | 33,5 | 0,08 |
| 1985 | 731 | 22 | 28 | 781 | 30,3 | 987,5 | 41,3 | 0,07 |
| 1986 | 751 | 15 | 45 | 811 | 27,3 | 752,4 | 33,3 | 0,07 |
| 1987 | 948 | 18 | 31 | 997 | 43,9 | 661,0 | 26,5 | 0,09 |
| 1988 | 1377 | 13 | 42 | 1432 | 52,8 | 927,2 | 30,7 | 0,13 |
| 1989 | 1625 | 24 | 77 | 1726 | 51,8 | 947,2 | 32,2 | 0,16 |
| 1990 | 1368 | 5 | 17 | 1390 | 34,7 | 925,7 | 26,1 | 0,26 |
| 1991 | 1337 | 2 | 23 | 1362 | 34,0 | 1042,5 | 31,9 | 0,28 |
| 1992 | 1489 | 7 | 23 | 1519 | 36,5 | 1539,3 | 39,3 | 0,29 |
| 1993 | 1646 | 3 | 24 | 1673 | 40,5 | 1237,6 | 32,5 | 0,33 |
| 1994 | 1669 | 0 | 21 | 1690 | 38,7 | 1243,8 | 34,7 | 0,3 |
| 1995 | 1506 | 0 | 16 | 1522 | 37,0 | 1433,1 | 39,4 | 0,27 |
| 1996 | 1940 | 0 | 43 | 1983 | 48,0 | 1782,8 | 35,9 | 0,32 |

| | | | | | | | | |
|------|------|---|----|------|------|--------|------|------|
| 1997 | 1413 | 0 | 28 | 1441 | 38,1 | 1543,2 | 40,6 | 0,28 |
| 1998 | 1136 | 0 | 6 | 1142 | 49,0 | 1709,2 | 35,6 | 0,28 |
| 1999 | 1131 | 0 | 10 | 1141 | 57,2 | 2043,0 | 36,7 | 0,31 |
| 2000 | 1278 | 0 | 12 | 1290 | 70,7 | 1399,6 | 30,2 | 0,34 |
| 2001 | 1338 | 0 | 18 | 1356 | 75,7 | 2657,1 | 35,5 | 0,33 |
| 2002 | 1165 | 0 | 17 | 1182 | 68,5 | 2328,3 | 34,6 | 0,29 |
| 2003 | 962 | 0 | 6 | 968 | 59,0 | 1966,1 | 35,4 | 0,28 |
| 2004 | 575 | 0 | 7 | 582 | 39,7 | 1402,8 | 37,9 | 0,19 |
| 2005 | 319 | 0 | 7 | 326 | 24,5 | 1096,4 | 45,4 | 0,1 |
| 2006 | 291 | 0 | 2 | 293 | 24,5 | 1261,7 | 51,7 | 0,11 |
| 2007 | 251 | 0 | 1 | 252 | 21,4 | 1154,7 | 53,4 | 0,09 |
| 2008 | 220 | 1 | 15 | 236 | 20,5 | 1036,1 | 52,6 | 0,08 |
| 2009 | 267 | 0 | 2 | 269 | 25,1 | 1356,8 | 52,1 | 0,12 |
| 2010 | 216 | 0 | 1 | 217 | 23,5 | 1066,9 | 45,4 | 0,09 |

5.1.3. Interpretarea rezultatelor

Am constatat că perioada cea mai defavorabilă din punct de vedere al securității și sănătății în muncă s-a înregistrat din 1988 până în anul 2002. Numărul cel mai mare de accidente s-a produs în 1996, respectiv 1983, reprezentând **peste 25% din numărul total de accidente produs în România**. Numărul cel mai mare de accidente mortale s-a înregistrat în anul 1989, respectiv 77 accidente mortale. Indicele de frecvență, respectiv numărul de accidentați raportați la o mie de lucrători, a avut valoarea cea mai mare în anul 2001, fiind de 75,7. În același an 2001 a fost înregistrat și indicele de gravitate cel mai mare, respectiv 2657,1. În anul 2000 au fost înregistrate cele mai multe accidente raportate la 1000 tone extrase, respectiv 0,34.

Din analiza evoluției accidentelor de muncă din ultimul deceniu, am evidențiat următoarele:

- a scăzut considerabil numărul accidentelor mortale și cu invaliditate;
- numărul accidentelor mortale a fost influențat de producerea accidentelor colective. Astfel se observă că numărul accidentelor mortale în anii, când nu au fost înregistrate accidente colective, este foarte redus, 1-2 accidente mortale/an;
- reducerea în termeni reali a numărului și gravității accidentelor de muncă rezultă și din evoluția indicatorilor de securitate și sănătate în muncă. Indicele de frecvență a scăzut de la 75,7 la 23,5, indicele de gravitate a scăzut de la 2657,1 la 1066,9, indicele care se raportează la producția extrasă a scăzut de la 0,33 la 0,09;
- cu toate că indicele de frecvență a scăzut de la 75,7 la 23,5, totuși el este cel mai ridicat din România. Dar dacă vom analiza indicele de frecvență și gravitate pe domenii de activitate, vom constata indici de gravitate mari în domenii de activitate cu indice de frecvență redus. Din această analiză se poate concluziona că în alte domenii de activitate se declară doar accidentele grave. Faptul că la SC CNH SA se declară toate accidentele de muncă (în ultimii ani fiind declarate și cercetate și accidentele ușoare) este un fapt pozitiv;
- singurul indicator care a crescut în ultimii 10 ani este indicele de durată medie, de la 35,5 la 45,4. Această creștere ne indică faptul că lucrătorii din minerit au o capacitate de recuperare din ce în ce mai redusă. Numărul de zile pentru recuperarea capacității de muncă după producerea unui eveniment este din ce în ce mai mare. Acest lucru se datorează creșterii vârstei medii la nivelul CNH-SA, afectării stării de sănătate a personalului, lipsei lucrătorilor tineri pentru executarea activităților care impun muncă fizică de intensitate ridicată.
- în intervalul 2000-2010 a crescut semnificativ numărul de decese la locul de muncă care nu pot fi încadrate ca accidente de muncă: infarcturi, accidente cerebrale și chiar sinucideri, evenimente care se produc pe fondul unor exacerbări acțiunii factorilor de risc psihosocial.

Analiza evenimentelor produse, accidente de muncă, boli profesionale, incidente periculoase, focuri de mină, fenomene de autoîncălzire, analiza indicilor de securitate, a costurilor non-securității și a pierderilor de producție și, mai ales, a cauzelor care au condus la aceste evenimente trebuie să stea la baza stabilirii oricărei politici în domeniul sănătății și securității în muncă.

Creșterea vârstei medii a personalului din cadrul Companiei Naționale a Huilei, a condițiilor specifice activității de subteran, a disponibilizărilor și a stopării angajărilor în minerit au condus la afectarea stării de sănătate a salariaților, cu următoarele **consecințe**:

- capacitate de recuperare mai scăzută;
- capacitate de reacție diminuată, respectiv predispoziție la accident;
- diminuarea atenției și predispoziție la stres;
- producerea evenimentelor care au cauze determinante stresul (accidente cardiovasculare, suicid, alcoolism);
- apariția inaptitudinii de a executa anumite activități;
- capacitate redusă la efort;
- apariția a noi boli profesionale în ultimii ani legate în special de manipularea manuală a maselor și zgomot.

Începând cu anul 2006, s-a pus accentul pe **evaluarea riscurilor** în vederea reducerii sau chiar evitării riscului de eveniment major, în special al exploziilor. Din păcate, nu rareori acest proces fundamental are un caracter formal, de exclusivă conformare legislativă. În ciuda imaginii pozitive ilustrate de statisticile din ultimul deceniu, realitatea poate fi mai nuanțată. O lipsă cronică de informații certe, la mai multe niveluri, combinate cu mijloace statistice insuficiente de interpretare pot induce un fals sentiment de siguranță, prin subestimarea probabilă a gradul de severitate al provocărilor de securitate.

5.2. Cercetări privind mecanismul și regimul de degajare a metanului în abatajele cu front lung

Industria extractivă se caracterizează prin condiții specifice de lucru, impuse atât de particularitățile naturale cât și de caracterul procesului de producție. Acestea necesită o serie de măsuri specifice care au menirea să creeze posibilități normale de lucru, fără periclitarea vieții lucrătorilor, fie prin accidente, fie prin îmbolnăviri profesionale. În toată lumea, cercetări asidue având ca scop cunoașterea elementelor legate de apariția și prevenirea pericolului provocat de gazul metan, demonstrează că nici un preț nu este prea mare pentru a răsplăti cuceririle în stăpânirea și controlul securității muncii în subteran. Degajarea metanului într-un câmp de abataj este un fenomen complex, care depinde de o multitudine de factori naturali geologici și tehnici de exploatare [B35]. De regulă această emisie de metan este lentă, legică și poate fi prognozată. Cunoașterea debitului și intensității emisiilor de metan, este necesară pentru alegerea judicioasă a tehnologiilor de execuție a lucrărilor miniere și pentru găsirea celor mai eficiente mijloace de luptă împotriva acumulărilor periculoase de metan [A29].

5.2.1. Factori tehnici și tehnologici care influențează variația conținuturilor de metan

Principalii factori de influență a emisiilor de metan sunt permeabilitatea, debitul de aer, producția, lungimea frontului, viteza de avansare, modul de abatare, modul de dirijare a presiunii.

Permeabilitatea: în majoritatea zăcămintelor de cărbune, stratele situate în zonele neafectate de exploatare sunt în mod natural foarte puțin permeabile [B36]. Permeabilitatea naturală (λ_*), poate fi determinată cu suficientă precizie, cu ajutorul unei formule simplificate, dedusă din teoria filtrației aplicată la încercări în subteran:

$$\lambda_* = 0,07 \cdot \frac{\mu_g \cdot P_*}{(P_*^2 - P_0^2) \cdot \rho_*} \cdot \frac{\bar{X}}{t}, (\text{m}^2) \quad (5.1)$$

unde: \bar{X} - distanța limită de influență a sondei utilizate pentru determinarea, $\bar{X} = X(t)$, exprimat în metri; P_* - presiunea naturală a metanului în strat, N/m²; P_0 - presiunea metanului la nivelul

peretelui sondei, N/m^2 ; ρ_* - densitatea naturală a metanului pur, N/m^3 ; μ_g - vâscozitatea dinamică a metanului, $N \cdot s/m^2$;

t - timp de definire a limitei de influență a unui sondaj, zile.

Debitul de aer: ipoteza influenței variației debitului de aer asupra modificării conținutului de metan a fost infirmată, deoarece la o creștere a debitului de aer de la $10 \text{ m}^3/\text{s}$ la $15 \text{ m}^3/\text{s}$ debitul de metan nu a variat într-o măsură semnificativă.

Lungimea frontului: în cazul abatajelor cu lungimi progresiv crescătoare sau descrescătoare nu există o creștere a degajării în timp, contrar observațiilor făcute pentru abataje cu lungime constantă. Debitul relativ de metan este influențat semnificativ de lungimea frontului pentru valori reduse ale acestuia, în cazul lungimilor de front mai mari constatându-se o ușoară reducere a degajărilor de metan [B34].

Producția de cărbune: în general, dacă producția crește debitul absolut de gaz crește, iar debitul relativ de metan scade, fenomen ce apare pregnant în evidență atunci când creșterea producției este datorată creșterii vitezei de avansare și a lungimii frontului de lucru.

Modul de dirijare a presiunii: dirijarea presiunii prin surpare, induce detensionarea totală și deci gradul de degazare a stratelor este mult mai intensă deasupra abatajelor cu surpare față de cele cu dirijarea presiunii prin rambleere, deoarece în primul caz fisurarea și fracturarea rocilor este mai intensă ceea ce permite o degazare mai intensă a stratelor.

Grosimea stratului exploatat: exploatarea unui strat mai subțire produce perturbări mai mici în starea de tensiune din masiv decât exploatarea unui strat gros. Gradul de degazare este mai mic. M. Noack a arătat că pe măsură ce grosimea stratului exploatat crește, debitul de metan crește la rândul său deoarece procesul de detensionare a rocilor se intensifică.

Presiunea barometrică: Cercetările întreprinse în minele de ulei din Germania de către G. Flugge K. Noack, F. Fischer [cf.B35]și alții, au concluzionat că aportul degajării barometrice la bilanțul total de metan al abatajului nu poate fi apreciat cu exactitate.

5.2.2. Studiul influenței vitezei de avansare a abatajului la mina Livezeni

Pentru stabilirea influenței vitezei de avansare asupra caracterului degajării de metan la mina Livezeni au fost luate în studiu nu numai perioadele de lucru ci și întreruperile tehnologice, metodologia de cercetare concepută făcând posibilă compararea productivității medii pe minut cu degajarea de metan în perioada corespunzătoare de timp. Observațiile și măsurătorile au fost efectuate la începutul unui ciclu de exploatare și la sfârșitul unui ciclu de exploatare, luând în calcul faptul că, în zilele săptămânii abatajul a lucrat în concordanță cu sarcinile de producție. (fig. 5.1) [A29].

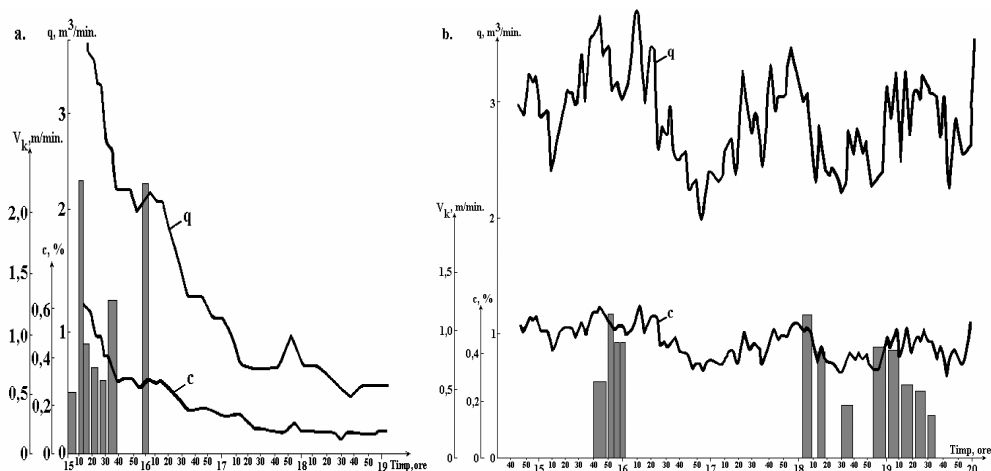


Fig. 5.1. Caracterul degajărilor de metan la lucrul cu combina în abataj: a. la începutul săptămânii (Luni); b. la sfârșitul săptămânii

La avansarea frontului de lucru fiecare volum elementar de cărbune din strat, ajungând în zona perturbată și apropiindu-se de linia frontului, treptat se afânează și fisurează sub acțiunea presiunii de reazem. Ca rezultat, crește permeabilitatea și se produce degajarea de metan prin suprafața dezvelită a stratului. În acest caz, conținutul de metan al stratului scade în zona de extracție cu valoarea „ X_B ” numită, **conținut de metan al stratului în zona de extracție**.

Pentru caracteristica scăderii conținutului de metan al cărbunelui, de la cel natural până la cel remanent, **a fost propus un model** care descrie schimbarea conținutului de metan al cărbunelui „ X ” în timpul „ t ” de la începutul degazării zonei de preabataj, până la momentul îndepărtării cărbunelui desprins de masiv, dincolo de limitele curentului de aer care spală frontul de lucru. Un factor important în determinarea degajării de metan este valoarea conținutului de metan a stratului în zona de exploatare X_B , determinat cu relația (5.2):

$$X_B = X \cdot e^{-b \cdot t}, m^3/t \quad (5.2)$$

unde: X - conținutul natural de gaz al stratului, m^3/t ; b - coeficient care caracterizează proprietățile fizico – chimice ale cărbunelui, în funcție de permeabilitatea cărbunelui și gradul de metamorfism; t - durata ciclului de avansare, din 24 ore, și se determină cu relația (5.3):

$$t = \frac{r}{n} \quad (5.3)$$

unde: r - lățimea de tăiere, m; n - viteza de deplasare a frontului de lucru, m/24 ore. În funcție de viteza de avansare a frontului de lucru, dependența cantitativă a coeficientului „ b ” se poate determina cu relația (5.4):

$$b = 0,018 \cdot (V^g)^{1,21} \quad (5.4)$$

unde: V^g – randamentul de substanțe volatile la masa inflamabilă, %. Relația (5.4), poate fi folosită pentru un randament de substanțe volatile $V^g = 3 - 45\%$.

Degajarea de metan de pe suprafața dezvelită a frontului de abataj care se deplasează, ținând cont de relațiile (1.18) și (1.20) poate fi determinată cu expresia (5.5):

$$q_{of} = x \cdot \left[1 - e^{-\frac{0,63 \cdot 0,018 \cdot (V^g)^{1,21}}{v}} \right], [m^3/t] \quad (5.5)$$

Analizând relațiile (5.3) și (5.4), am evidențiat că la aceeași viteză de avansare a abatajului, cu cât gradul de metamorfism este mai mare, cu atât este mai mic debitul de metan de pe suprafața dezvelită a stratului și mai mare conținutul de metan al cărbunelui în zona de extracție. Acest lucru este prezentat în fig. 5.2, iar dependența degajării de gaz în funcție de viteza de avansare este prezentat în fig. 5.3.

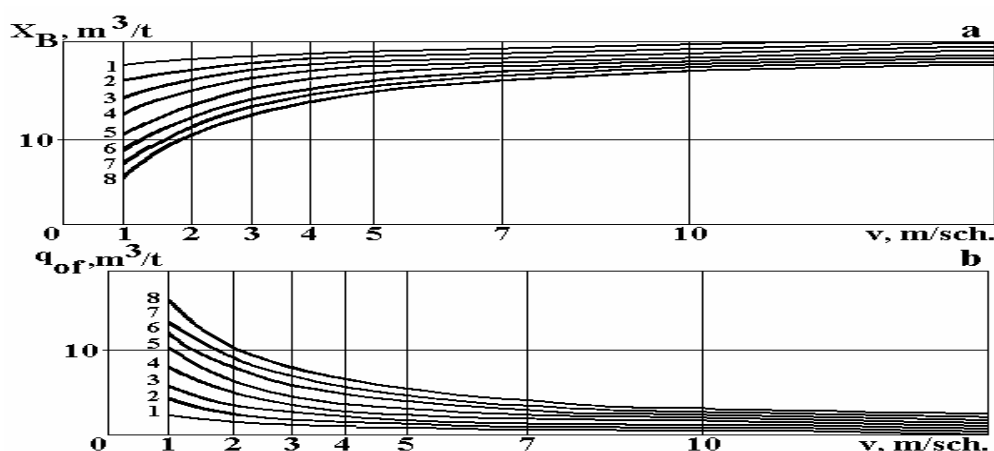


Fig. 5.2. Schimbarea conținutului de gaz în zona de extracție (a), și a degajării de gaz de pe suprafața dezvelită a stratului (b) în funcție de viteza de avansare a abatajului.

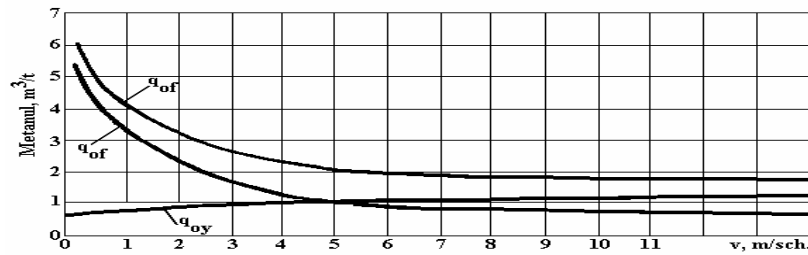


Fig. 5.3. Rezultate măsurători: dependența degajării de metan din stratul exploatat de viteza de avansare a frontului de lucru la un conținut de metan al stratului de $20 \text{ m}^3/\text{t}$ și indice al substanțelor volatile 18%.

Degajarea de metan din cărbunele excavat, în m^3/t , se determină prin conținutul de metan al stratului în zona de extracție și prin cedarea de metan și timpul degazării, cu relația (5.6) [cf. B35]:

$$q_{oy} = X_B \cdot [1 - (t + 1)^{-\beta}], \text{ m}^3/\text{t} \quad (5.6)$$

unde: t – timpul trecut după tăierea cărbunelui, min.; β – coeficient ce caracterizează proprietățile fizico-chimice ale cărbunelui, ce condiționează cedarea de gaz.

$$\beta = 0,00227V^g + 0,0672 \quad (5.7)$$

Analizând relația (5.7), pot afirma cu certitudine că degajarea cea mai intensă se produce în primele minute după excavarea cărbunelui, scăzând vizibil odată cu trecerea timpului. Determinarea degajării de metan din stratul exploatat, în m^3/t , prin relațiile obținute se poate face, conform relației (5.8):

$$q_{f,l} = X \cdot (1 - e^{-\frac{0,63 \cdot b}{v}}) + X \cdot e^{-\frac{0,63 \cdot b}{v}} \cdot [1 - (\tau + 1)^{-\beta}], \text{ m}^3/\text{t} \quad (5.8)$$

Din analiza relației (5.8), se observă că la creșterea vitezei de avans a frontului de lucru, poate avea loc schimbarea bilanțului de metan în abataj, astfel cota degajării de metan de pe suprafața dezvelită a stratului scade și va crește din cărbunele excavat.

5.2.3. Influența modului de excavare-tăiere

La exploatarea stratelor de cărbuni cu complex mecanizat și tăiere cu combina, lângă locurile de funcționare a combinelor de tăiere, se formează zone cu conținut mare de metan, iar ca influențe asupra degajării de metan considerăm avansarea frontului, adâncimea de tăiere a făgașului combinei. Emisia de metan cea mai intensă s-a evidențiat pe suprafața dezvelită a masivului de cărbune în apropierea combinei de abataj. În fig. 5.4 este prezentată emisia de metan de pe suprafața dezvelită a frontului de cărbune după anumite intervale de timp a) $t = 24$ ore; b) $t = 24$ ore; c) $t = 12$ ore. Din figură se observă că emisia de metan a suprafeței de curând dezvelite, este diferită și se explică prin gradul inegal de fisurarea masivului de cărbune lângă front.

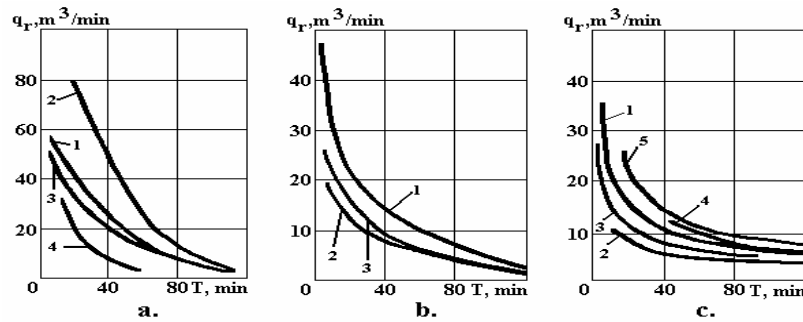


Fig. 5.4. Rezultate măsurători: emanațiile de metan de pe suprafața de curând dezvelită

Modificarea mărimii emisie de metan de pe suprafața de curând dezvelită în intervalul de timp t , am exprimat-o prin relația (5.9):

$$q_r = q_{\max} \cdot e^{-a \cdot t} \quad [\text{m}^3/\text{min}] \quad (5.9)$$

unde: q_r – emanația de metan de pe 1m^2 suprafață dezvelită a stratului, m^3/min .; q_{\max} - emanația de metan de pe 1m^2 suprafață de strat la primul minut după dezvelire, l/min .; a – coeficient de proporționalitate; t – timp de dezvelire a suprafeței stratului, min.

Emisia de metan de pe suprafața frontului în fața organului de tăiere al combinei este prezentată în fig. 5.5. Creșterea emanației de metan pe porțiunea din apropierea directă a organului de execuție a combinei a fost provocată prin redistribuirea presiunii rocilor acoperișului, aceasta fiind dirijată nu numai în interiorul masivului de cărbune dar și în direcția de mișcare a combinei.

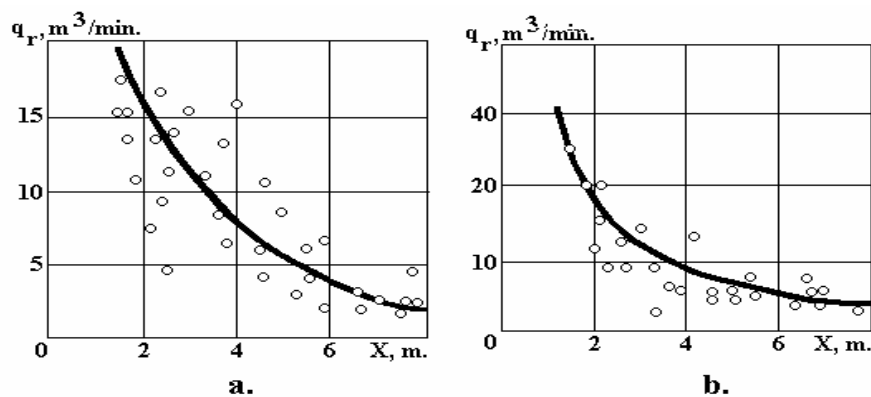


Fig. 5.5. Rezultate experimentale: emanațiile de metan de pe suprafața frontului de cărbune în fața organului de tăiere a combinei

Caracterul modificării emanației de metan de pe suprafața stratului în fața brațului combinei în primă aproximație poate fi exprimată de ecuația de mai jos:

$$q_1 = q_0 \cdot e^{b \cdot \tau} \quad (5.10)$$

unde: q_1 - emanația de metan de pe m^2 suprafață de front în fața brațului combinei, m^3/s ; q_0 - emanația de metan de pe m^2 suprafață de strat după terminarea ciclului, m^3/s ; b – coeficient de proporționalitate; t - durata emanației mărite de metan de pe suprafața masivului în fața organului de tăiere a combinei, exprimată prin relația (5.11):

$$t = \frac{l - z}{V_K} \quad [\text{s}] \quad (5.11)$$

unde: l – lungimea frontului în fața organului de tăiere al combinei, la care emanația de metan de pe suprafața frontului crește, în m; z – distanța de la treapta de cărbune la zona studiată, în m; v_K – viteza de avans a combinei, în m/min. Ecuația (5.11) este justă dacă $z \leq l$, pentru situația în care $0 < z < l$, emanația de metan de pe suprafața abatajului q_1 se determină conform relației (1.26). Din ecuațiile (5.10) și (5.11) am obținut expresia (5.12) care caracterizează emanația de metan de pe suprafața frontului de cărbune în apropierea combinei.

$$q = \begin{cases} q_0 \cdot e^{b \cdot t}; & 0 \leq t \leq \frac{l}{V_K} \\ \text{---} \\ q_{\max} \cdot e^{-a \left(t - \frac{1}{V_K}\right)}; & \frac{l}{V_K} \leq t \leq T \end{cases} \quad (5.12)$$

în care calculul timpului t se face de la începutul creșterii emanației de metan de pe suprafața frontului în fața brațului combinei. Având o oarecare curbă medie a emisiilor de metan de pe suprafața frontului, se va determina ușor q_{\max} prin rezolvarea unui sistem de ecuații de forma (5.13) :

$$\begin{aligned} q_n &= q_{\max} \cdot e^{-a \cdot \tau_n} \\ q_m &= q_{\max} \cdot e^{-a \cdot \tau_m} \end{aligned} \quad (5.13)$$

5.2.4. Interpretarea rezultatelor și concluziile studiului

O importanță deosebită în procesul de desorbție a gazelor o are presiunea minieră care provoacă deschiderea fisurației naturale și formarea fisurației de presiune. Pe măsura dezvoltării fisurării stratului de cărbune, crește permeabilitatea la gaz a acestuia, ceea ce duce la accentuarea emisiilor de metan în lucrarea și scăderea presiunii în masiv ca urmare a trecerii unei părți din metanul adsorbit în formă de gaz liber și se pune în mișcare prin pori și fisuri. Pe măsură ce frontul avansează, emisia de metan crește fiind necesar un anumit interval de timp până când va fi atinsă degajarea de regim. În urma calculelor referitoare la influența modului de tăiere cu combina a cărbunelui s-a concluzionat că:

- în funcție de cantitatea de metan din strat, lățimea de tăiere, viteza de avansare a frontului, viteza de avans a combinei, precum și valoarea coeficienților $a = 0,032 \div 0,034$ și $b = 0,23 \div 1,23$, q_{\max} poate atinge valori de $100 \div 300$ l/min.
- valoarea lui q_{\max} , este proporțională cu cantitatea naturală de gaz a stratului; crește cu creșterea lățimii de tăiere; este funcție de numărul ciclurilor de producție pe zi la lățime constantă de tăiere și viteză de avans a combinei

O altă concluzie a studiilor întreprinse este că o creștere a vitezei de avans poate genera o reducere a debitului relativ de metan dar că rapid degajarea va reveni la valoarea inițială. Fenomenul se explică prin faptul că, în cazul existenței unor roci plastice, cu rezistențe scăzute, acoperișul se surpă repede după trecerea frontului abatajului și în aceste condiții fisurile se închid rapid, degajarea de metan existând numai în spatele abatajului în zona exploatată la 80 - 150 m. În cazul unor roci cu rezistențe ridicate, în care fisurile rămân deschise perioade mai mari de timp, viteza de avans are o influență mai mică.

5.3. Soluție tehnică de dirijare emanațiilor de metan din spațiile exploatare ale abatajelor frontale în retragere

Pentru găsirea unor metode eficiente de dirijare a emanațiilor de metan în spațiul exploatat al abatajelor în retragere am admis ca necesară cunoașterea distribuției scurgerilor de aer, starea lucrărilor miniere și a abatajului, făcându-se observații asupra lucrărilor care se dirijează odată cu exploatarea abatajului [A30].

În aceste condiții s-a stabilit că în zona galeriei de cap datorită neînchiderilor se păstrează un timp mai îndelungat goluri, secțiunea transversală a golurilor poate fi determinată ca fiind $S_0 = (0,1 \div 0,3) \cdot S_G$, unde S_G – secțiunea galeriei de evacuare înaintea abatajului, m^2 [B37]. Existența unor astfel de goluri poate fi utilizată pentru crearea unui **nou mod de aerisire a spațiilor exploatare** ale abatajelor frontale. În principiu, realizarea aerajului spațiului exploatat constă în evacuarea amestecului de metan și aer în concentrații ridicate din spațiul exploatat al abatajelor frontale în retragere, prin golurile care rămân neînchise în zona galeriilor de evacuare a aerului viciat în curenții generali de ieșire a minei unde prin intermediul unei camere de amestec se diluează până la concentrații nepericuloase (2%) [B38]. Pentru a realiza diluarea amestecului de metan-aer se pot folosi cu succes curenții de aer subîncărcați a altor lucrări. La modul de evacuare a amestecului metan - aer trebuie luate în considerare:

- *Structura acoperișului direct.* Dacă acoperișul direct al abatajelor este constituit din șist argilos urmat de gresie sau numai din gresie, pasul de prăbușire al acoperișului poate fi cuprins între 2,5 – 5 m în primul caz sau de 20 – 40 m în cel de-al doilea caz;
- *Existența stratelor însoțitoare* (subminate și supraminate), din care datorită influenței abatajelor în exploatare emisiile de metan ajung în spațiul exploatat;
- *Unghiul de înclinare a stratelor;*
- *Debitul relativ de metan al abatajelor.*

Pentru evacuarea metanului din spațiul exploatat putem lua în considerare două metode și anume: a) pe seama depresiunii generale a minei care se crează prin intermediul ventilatoarelor principale în golurile sistemului de galerii închise; b) pe seama depresiunii generale a minei în canalele create prin intermediul aceluiași ventilatoare principale. În Fig. 5.14 sunt redată posibile scheme de distribuție a aerului în rețeaua de aeraj cu scopul completării curenților totali de ieșire până la norma admisibilă a conținutului de metan.

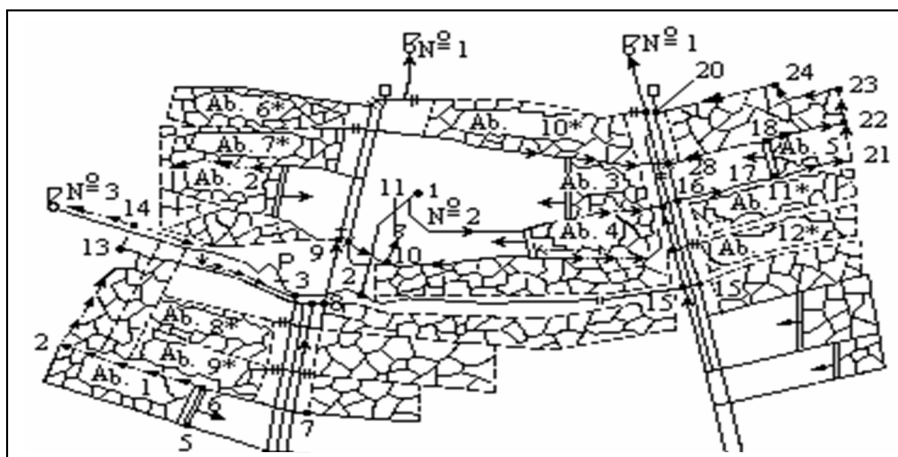


Fig. 5. 6. Schema de distribuție al aerului în rețele de aeraj cu scopul completării curenților totali de ieșire până la norma admisibilă a conținutului de metan

Corespunzător primei scheme curentul de aer proaspăt se împarte în curentul principal și curentul auxiliar. Curentul principal după ce spală spațiul abatajului trece prin galeria de aeraj și de aici prin sistemul lucrărilor de aeraj la ventilatorul principal (schemă în formă de „U”). Curentul auxiliar după ce va spăla spațiul exploatat al abatajului prin partea neîntreținută a galeriei de aeraj și

prin canalele golurilor lucrărilor închise spre un al doilea ventilator de aeraj principal. După cea de a doua schemă curentul de aer proaspăt care vine în abataj se împarte în cel principal și secundar care după spălarea frontului de abataj și a spațiului exploatat ajung la unul și același ventilator de aeraj principal. Eficiența modului de evacuare a amestecului metan-aer din zona spațiului exploatat depinde de îndepărtarea abatajului de suitorul de atac și de modul de etanșare al rocilor în spațiul exploatat al abatajului în exploatare.

Pentru a putea determina modificarea secțiunii golurilor în spațiul exploatat s-au luat în considerare câteva puncte arbitrare și anume 19, 18, a, b, c, d, e, f, g, h, funcție de care la determinarea secțiunilor se poate folosi relația:

$$S = S_0 + S_G \cdot e^{-\omega \cdot l} \quad (5.14)$$

unde: S – modificarea secțiunii galeriei de aeraj în spațiul exploatat al abatajului, m^2 ; S_G – secțiunea galeriei de aeraj înaintea abatajului, m^2 ; ω – viteza specifică a procesului de etanșare a rocilor în zona spațiului exploatat al abatajului, $\omega = 0,03$ l/m pentru rocile din acoperiș din clasele a II-a și a III-a; S_0 – secțiunea golurilor (canalelor) în lucrările închise:

- pentru galerii: $S_0 = (0,1 \div 0,05) \cdot S_G$
- pentru suitori și abataje oprite: $S_0 = (0,2 \div 0,15) \cdot S_{AB}$ unde: S_{AB} – secțiunea abatajului, m^2 .
- pentru rocile din acoperișul stratului din clasele a II-a și a III-a: $S_0 = \omega \cdot S_G$ și $S_0 = \omega \cdot S_{AB}$

În sens fizic mărimea $\frac{1}{\omega} = l$ este distanța la care apar schimbări considerabile ale secțiunii lucrărilor închise. Din relația 5.14, găsim că viteza de micșorare a suprafețelor secțiunii lucrării închise este egală cu $\frac{dS}{dl} = -\omega \cdot S_G \cdot e^{-\omega \cdot l}$ pentru distanța „dl”, micșorarea secțiunii va fi;

$$\frac{dS}{dl} \cdot dl = dS = -\omega \cdot S_G \cdot e^{-\omega \cdot l} \cdot dl$$

Pentru condițiile; $l = 0$ și $l = l$, obținem;

$$L_p = -\int_0^l \omega \cdot S_G \cdot e^{-\omega \cdot l} \cdot dl = S_G \cdot (1 - e^{-\omega \cdot l}) \quad (5.15)$$

unde: L_p – reprezintă zona stabilizată de descărcare.

În baza relației 5.7, am arătat că la l , secțiunea lucrării închise este $0,63 \cdot S_G$; la $2l$ se micșorează până la $0,23 \cdot S_0$ iar la $3l$ se micșorează până la $0,05 \cdot S_G$. de aceea se consideră că pe distanța $L_p = (2 \div 3)l$ procesul de deplasare activă a rocilor în spațiul exploatat al abatajului se stabilizează temporar. Prin urmare, mărimea L_p caracterizează lungimea zonei de degajare intensă de metan din stratele însoțitoare în spațiul exploatat al abatajelor frontale.

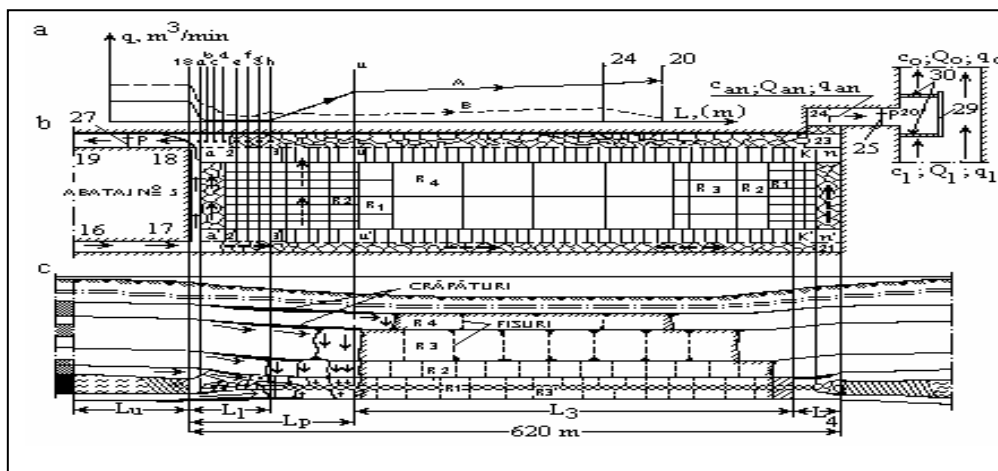


Fig. 5.7. Schema gazodinamică în spațiul exploatat al unui abataj frontal în retragere. a - măsurători asupra debitului de metan înainte de evacuare (B) și după evacuare (A); b - schema canalelor în spațiul exploatat al abatajelor; c - harta deformațiilor zonale dintre stratele subminate și supraminate.

Utilizând metoda de construire a hărții deformării zonelor dintre strate în fig. 5.7.c este prezentat tabloul de deformare a zonelor dintre strate pe lateral cu pașii de prăbușire R_1, R_2, R_3, R_4 cu subminare și R_3 cu supraminare. Schema deplasării metanului prin cavități și crăpături este indicată cu săgeți. Se vede că zona stabilizată de descărcare L_p , coincide cu valoarea $L_p = 2l$. Mărimea vitezei de deplasare a aerului în partea închisă a galeriei de aeraj, și anume, în punctele „d” și „e” alăturate de harta deformării zonelor dintre strate, permite să se împartă spațiul exploatat în câteva zone astfel;

- **Zona a, 2, 2', a'** (intervalul L_1) este zona neetanșată a surpării dezordonate a rocilor în spațiul exploatat al abatajului.
- **Zona 2, u, u', 2'** se caracterizează prin etanșarea rocilor cu canalele care s-au păstrat pentru deplasarea metanului.
- **Zona u, k, k', u'**, este zona rocilor etanșate la pilierul suitorului de atac.

Considerând zonele ca lucrări separate (camere) și construind schema legăturii de aeraj, fig.5.8, găsim că partea de închidere a galeriei de aeraj 2, 3 pe care se adună metanul din primul strat însoțitor subminat este diagonală. Cunoscând relația de mișcare a aerului în diagonală, în sectorul 2, 3 pentru $v = 0$, se poate scrie:

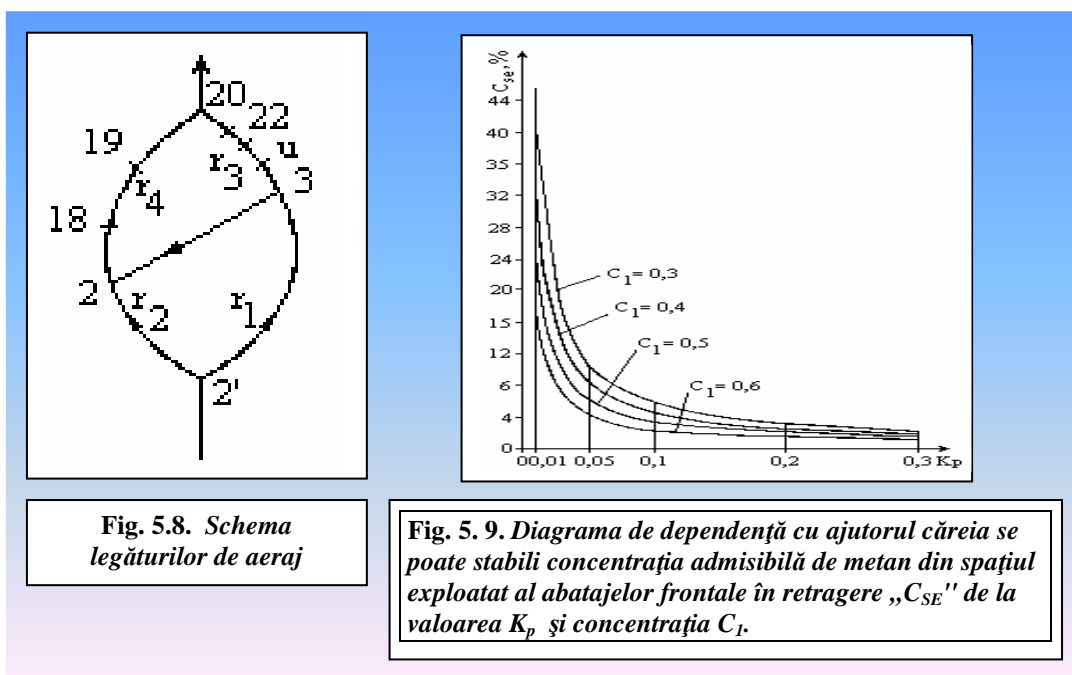


Fig. 5.8. Schema legăturilor de aeraj

Fig. 5.9. Diagrama de dependență cu ajutorul căreia se poate stabili concentrația admisibilă de metan din spațiul exploatat al abatajelor frontale în retragere „CSE” de la valoarea K_p și concentrația C_1 .

$$\frac{r_1 > r_2}{r_2} = \frac{r_3 > r_4}{r_4}$$

unde: r – rezistența ramurilor de legătură diagonală. În mod normal, regimul dorit de aeraj va fi astfel realizat încât să producă separarea curentului de aer auxiliar la 10 – 15 m de punctul „a” al abatajului, fig. 5.7.b. Un astfel de regim de aeraj este posibil cu condiția când

$$\frac{r_1 > r_2}{r_2} > \frac{r_3}{r_4 > r_3}$$

ceea ce se poate realiza cu ajutorul unei uși de aeraj cu registru, ce presupune creșterea valorii lui r_4 .

Pe de altă parte un regim optim de aeraj va fi acela la care se obține concentrația maximă posibilă de metan în camera de amestec la un debit minim de aer $Q_{S.E}$, pentru aerisirea spațiului exploatat al abatajului frontal cu exploatare în retragere. Plecând de la condiția încărcării normale a curentului general al minei după camera de amestec, $c_0 \leq 0,75\%$, se poate întocmi ecuația bilanțului de debit de metan

$$q_0 = 0,01 \cdot c_0 \cdot (Q_1 + Q_{S.E})$$

unde: Q_1 – cantitatea totală de aer în curentul total de ieșire înainte de camera de amestec, m^3/min ; $Q_{S.E}$ – cantitatea de aer pentru aerisirea spațiului exploatat, m^3/min .
În fig. 5.7.b, găsim deci;

$$q_0 = q_1 + q_{S.E}$$

$$0,01 \cdot c_0 \cdot (Q_1 + Q_{S.E}) = 0,01 \cdot c_1 \cdot Q_1 + 0,01 \cdot c_{S.E} \cdot Q_{S.E}$$

atunci concentrația admisibilă de metan din spațiul exploatat al abatajului frontal este egal cu:

$$c_{S.E} = \frac{Q_1(c_0 - c_1) + Q_{S.E} \cdot c_0}{Q_{S.E}} \quad (5.16)$$

Făcând substituția $Q_{S.E} = K_p \cdot Q_1$ în care, K_p – este coeficient de reglare a debitului de aer, obținem:

$$c_{S.E} = \frac{c_0 \cdot (1 + K_p) - c_1}{K_p} \quad (5.17)$$

În fig. 5.9, este prezentată dependența cu ajutorul căreia se poate stabili concentrația admisibilă de metan din spațiul exploatat al abatajului frontal „ $c_{S.E}$ ” funcție de valorile K_p și c_1 . Cu cât debitul secundar de aer $Q_{S.E}$ este mai mic, cu atât mai ușor și mai rentabil se realizează regimul de aerisire al spațiului exploatat. Într-adevăr așezând în locul camerei de amestec un dig etanș prin care este trecută o ieșire de la conducta generală de degazare a minei vom obține o sursă continuă de amestec metan-aer unde concentrația de metan este mare. În spațiul exploatat al abatajelor cu exploatarea terminată se adună o cantitate însemnată de metan care cu timpul va trece în rețeaua de aeraj al minei. Pentru combaterea acestui fenomen se poate folosi cu succes metoda evacuării amestecului de metan-aer prin tuburi în curenții totali de ieșire pe seama depresiunii generale a minei. Astfel în digurile care izolează abatajele oprite se zidesc țevi care se introduc prin camerele de amestec în curentul total de ieșire. Ca rezultat se face aspirarea metanului din fiecare abataj cu o intensitate medie estimativă de 3–7 m^3/min . Eficiența aerisirii spațiului exploatat al abatajului frontal exploatat în retragere prin metoda completării curentului total de ieșire poate fi evaluată cu criteriul $\Delta q = \Delta q_G - q_r'$, unde: Δq_G - debitul de metan în galeria de aeraj al abatajului frontal în retragere la ieșire fără evacuare de metan, m^3/min ; q_r' - debitul de metan la ieșirea din abataj la 5 – 10 m de galeria de aeraj, m^3/min . Astfel, eficiența utilizării modului de completare poate fi stabilit plecând de la relația:

$$E = \frac{0,01 \cdot Q_{S.E} \cdot c_{S.E}}{\Delta q} \quad (5.18)$$

Pentru asigurarea unei siguranțe de lucru și eficiențe mărite este necesară pregătirea din timp a rețelei lucrărilor ce se vor închide, pregătire ce constă din așezarea de fâșii de rambleu sau stive, pentru ca pe viitor să poată fi utilizate pentru evacuarea amestecului de metan-aer în curenții totali de ieșire a minei. La racordarea spațiului exploatat al abatajelor frontale în retragere la rețeaua de degazare a minei, se poate obține o metodă de evacuarea metanului la valoare industrială în scopul obținerii și utilizării gazului natural.

5.4. Simularea virtuală a procesului de captare – drenare a gazului metan prin degazare

Prin realizarea procesului de degazare înaintea celui de exploatare, pot fi obținute cel puțin trei beneficii simultane: o nouă sursă alternativă de combustibil, prin valorificarea metanului, o reducere a emisiilor de metan și o reducere a costurilor aferente procesului de ventilație [A31]. Cu ajutorul simulărilor computerizate se pot evidenția diferențele dintre situațiile care includ procesul de degazare și cazurile în care exploatarea este neperformantă în lipsa unei degazări prealabile a stratele de cărbune. Însă gazul metan eliberat din stratele de cărbune, datorită nivelului scăzut al

oxizilor de sulf, hidrocarburilor și monoxidului de carbon degajate prin combustie este văzut ca un combustibil cu numeroase avantaje în protecția mediului [B36].

Securitatea muncii din minele de cărbune depinde substanțial de cercetarea extensivă a proceselor gazo-dinamice care au loc în interiorul zăcămintelor (processe în continuă schimbare odată cu modificarea geometriei excavațiilor miniere) și de măsurile considerate, bazate pe aceste cercetări, pentru reducerea concentrațiilor de metan la locul de muncă. Metanul poate fi captat înaintea procesului de exploatare, măbind siguranța din frontul de lucru și micșorând emisiile, odată cu furnizarea unei surse de energie alternativă mai curată.

5.4.1. Ipoteze privind geometria și discretizarea rețelei. Date de intrare

Degazarea este un mijloc eficient de drenare a conținutului de metan din zăcămintele de cărbune și rocile din proximitatea straterelor de cărbune. Acest proces necesită analiza detaliată a factorilor ce influențează emanațiile de metan, o prognoză a emanațiilor de metan, o analiză diversificată a ventilației miniere, o cunoaștere clară a rezervelor utile și a dinamicii exploatării. Tehnologic, lucrările de captare a metanului pot fi găuri de sondă efectuate în stratele de cărbune, în fisuri și concavități create deasupra straterelor de cărbune, diguri de izolare a lucrărilor miniere vechi, sau galerii de drenare efectuate în stratele de cărbune. Figura 5.10 prezintă o schemă de amplasare a găurilor de sondă în vecinătatea unui abataj cu front lung în retragere [A33].

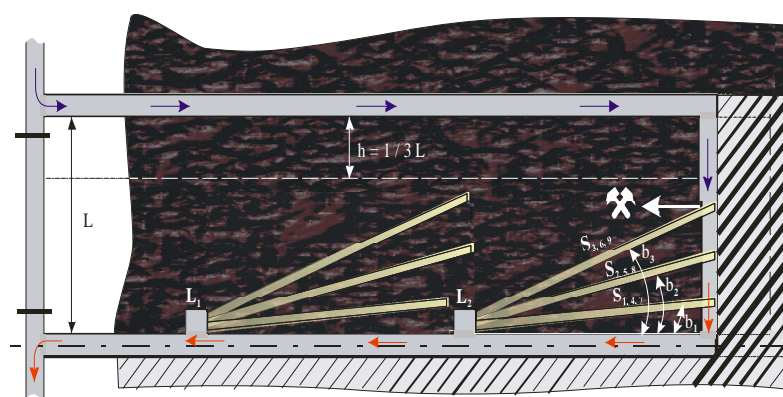
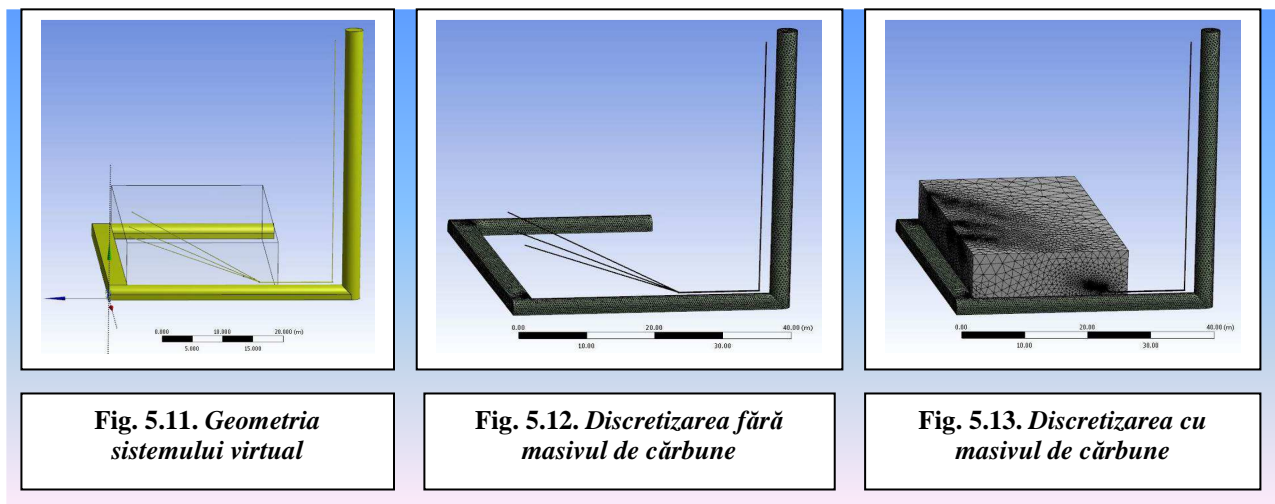


Fig. 5.10. Schema găurilor de sondă pentru un abataj cu front lung în retragere

Pentru modelul virtual, geometria frontului în retragere a fost mult simplificată, fără afectarea rezultatelor finale ale simulării, o geometrie complexă necesitând o creștere substanțială a efortului de calcul. Masivul de cărbune este dimensionat astfel: 46,9 m lungime pe direcție, 25 m lățime și un banc de 10 m înălțime (fig. 5.11). Abatajul are 2,5m înălțime, 3 m lățimea deschiderii în faza de lucru și o lungime egală cu a masivului. Galeria de bază, care alimentează abatajul cu aer proaspăt, are o lungime de 30 m. Galeria de cap, a aerului viciat, are o lungime de 40 m și continuă cu un puț de aeraj înalt de 50 m. suprafața superioară a puțului este setată a reprezenta ventilatorul de aeraj. La o distanță de 22 m de abataj sunt realizate 3 găuri de sondă în masivul de cărbune. Acestea au lungimi de 25, 30 și 40 m și converg într-o conductă ce urmează galeria de cap și apoi urcă de-a lungul puțului de aeraj, la suprafață. În mod normal, conducta este montată în interiorul galeriei, la perete, și urcă prin puțul de aeraj. În cazul virtual, conducta este în afara galeriei și a puțului, pentru a evita regiunile de contact ce ar îngreuna simularea.

Pentru rețeaua de discretizare s-a ținut cont de reducerea consumului de resurse hardware, menținând în același timp o înaltă acuratețe a procesului de simulare. Discretizarea este o parte importantă a lucrării, un număr mare de elemente poate duce la o blocare a sistemului computerizat, pe când o discretizare grosieră poate da rezultate inadecvate, departe de realitate.



În studiul de simulare, rețeaua de discretizare a fost constituită din aproximativ 2265000 elemente, cu o atenție mai mare acordată zonelor de proximitate și curbură (fig. 5.12 și fig. 5.13). Dimensiunea minimă a celulelor este de 41 mm. Totodată, discretizarea trebuie să fie în acord cu cerințele solverului din **aplicația FLUENT**. O altă cerință a fost designarea unei regiuni comune reprezentată de suprafața de contact dintre masivul de cărbune și atmosfera prezentă în abataj. Masivul de cărbune a fost considerat mediu poros. Formula de calcul a debitului de aer pentru un abataj sub depresiunea generală a minei, pentru diluția gazelor emanate din masiv, este :

$$Q_f = \frac{q_r \cdot T \cdot 100}{C \cdot 24 \cdot 60} \cdot K \quad (5.19)$$

unde: q_r - debitul relativ de metan pentru abataj ($10 \text{ m}^3/\text{t}$ pentru mine grizutoase); T - producția zilnică a abatajului, tone; C - 1% concentrația de metan luată în considerare; K - coeficient de neuniformitate pentru emisiile de gaz (1,1 pentru mine cu până la $15 \text{ m}^3/\text{tonă}$ metan emanat). A fost luată în considerare o valoare de $15 \text{ m}^3/\text{tonă}$ metan emanat, ceea ce corespunde cu $1048 \text{ m}^3/\text{min}$ la o producție zilnică de 915 tone/zi. Pentru sistemul de degazare, pompele creează o debit de $100 \text{ m}^3/\text{min}$.

Instrumentele software **Computer Fluid Dynamic**, utilizate pentru realizarea simulării sunt aplicații ce aparțin **pachetului multiphysics ANSYS**, care include software necesar pentru realizarea geometriei și a discretizării. ANSYS Fluent este un instrument puternic ce oferă, printre altele, posibilitatea procesării paralele. Au fost efectuate teste în ambele cazuri: exploatarea cărbunelui **în prezența unui sistem de degazare** și exploatarea **fără un sistem de degazare**. Pentru ambele cazuri, geometria a fost aceeași, cu excepția găurilor de sondă și a conductelor reprezentând sistemul de degazare. De asemenea, parametrii de intrare au fost aceiași, dar rezultatele sunt diferite.

5.4.2. Rezultatele simulării virtuale

În cazul *lipsei* unui sistem de degazare, *debitul de metan măsurat la ventilatorul puțului de aeraj* are o valoare de aproximativ 0.1210 kg/s CH_4 (fig. 5.14).

În cazul al doilea, unde *există* un sistem de degazare, sunt prezente 2 ieșiri din lucrările miniere: una este ventilatorul puțului de aeraj (ca și în cazul precedent), iar a doua reprezintă sistemul de pompe de degazare (în geometria virtuală e suprafața superioară a conductei). Debitul de metan a fost măsurat din nou la nivelul ventilatorului (fig. 5.15) și la ieșirea din conducta de degazare (fig. 5.16).

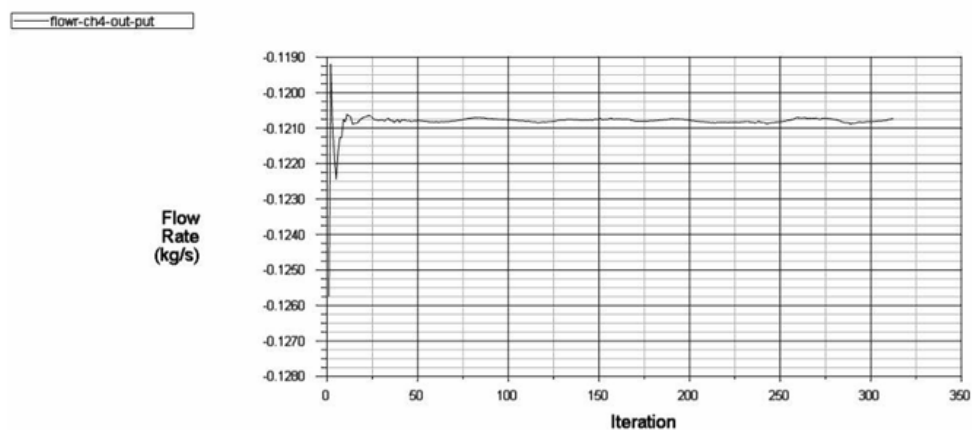


Fig. 5.14. Debitul de metan la ventilator (fără sistem de degazare)

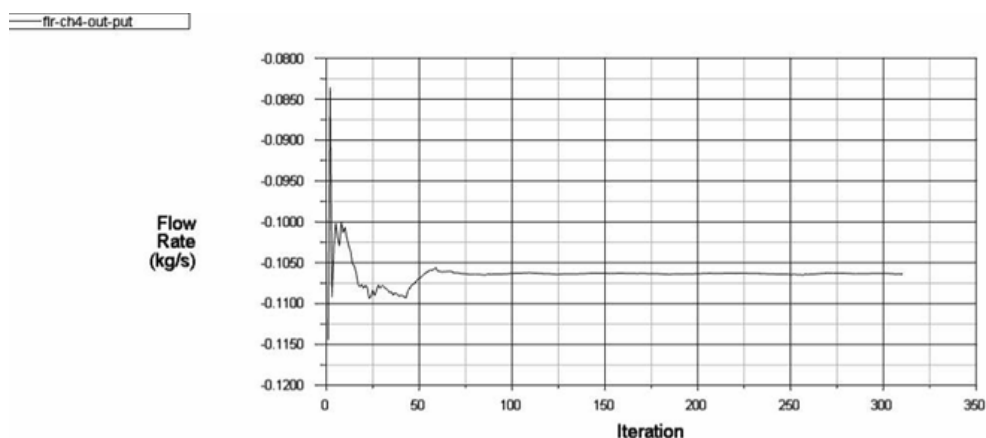


Fig. 5.15. Debitul la ventilator (cu sistem de degazare)

În general, prima sută de iterații nu este luată în considerare, până când calculația simulării devine stabilă. După aceasta, se poate observa faptul că suma celor 2 valori (ventilator și conductă) este aproximativ egală cu valoarea debitului de metan de la ventilator din primul caz ($0,1060+0,0145=0,1205\text{kg/s}$).

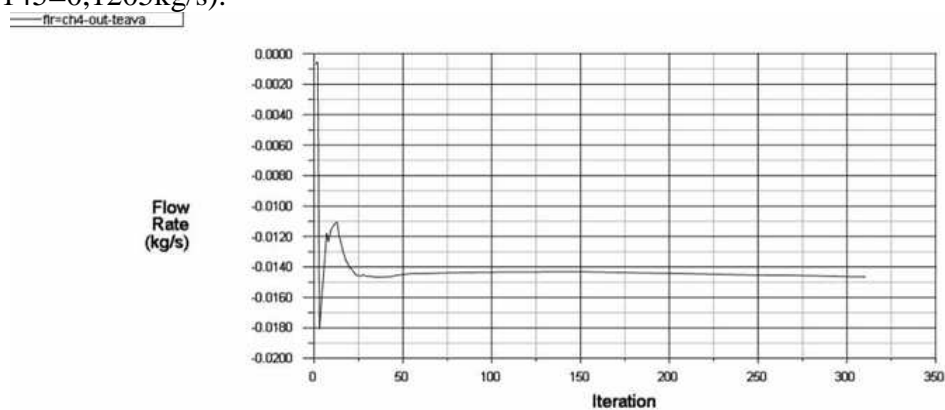


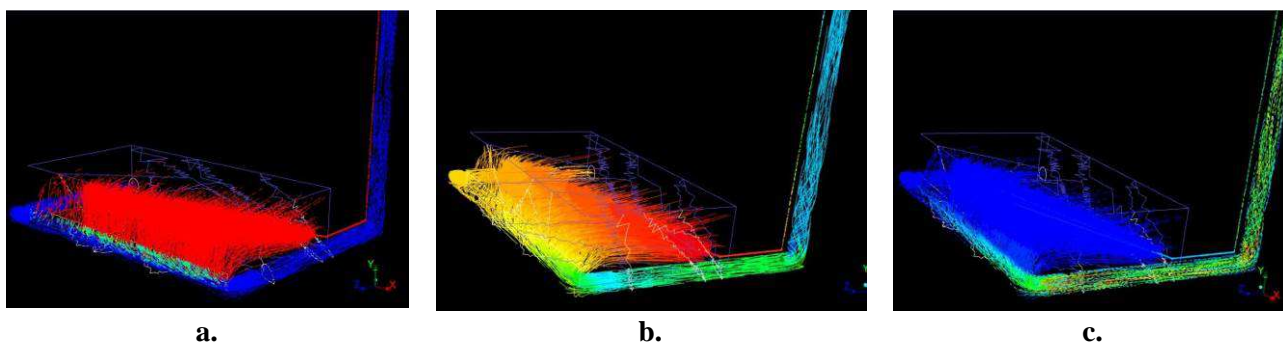
Fig. 5.16. Debitul la ieșirea din conducta de degazare

Semnul negativ denotă faptul că masa părăsește domeniul discretizat. Comparând rezultatele simulării virtuale cu rezultate din practică (tabelul 5.2), valorile debitelor calculate pot fi integrate cu succes în domeniul valorilor reale măsurate la sistemele de degazare ale exploatării miniere din Valea Jiului.

Tabelul 5.2. Rezultatele simulării

| Exploatare minieră | CH ₄ . Debit degazare [m ³ /min] | CH ₄ . Debit Ventilator [m ³ /min] | CH ₄ - Debit total [m ³ /min] | Eficiența degazări [%] |
|--------------------|--|--|---|------------------------|
| Lupeni | 6,8 | 39,2 | 46,0 | 14,7 |
| Paroseni | 4,68 | 28,94 | 33,62 | 13,9 |
| Livezeni | 1,26 | 17,85 | 19,11 | 6,6 |
| Simulare | 1,3 | 9,53 | 10,83 | 12,0 |

În fig. 5.17 sunt reprezentate *liniile de câmp* pentru fracțiile masice CH₄ (a), presiune (b) și viteze (c) din interiorul masivului de cărbune, de-a lungul frontului, galeriilor și puțului de aeraj și în interiorul conductelor de degazare, din timpul simulării virtuale.



a. b. c.
Fig. 5.17. Liniile de câmp ale fracțiilor masice de CH₄, presiune și viteze

Prin tehnicile CFD, eficiența degazificării poate fi previzionată cu o acuratețe destul de mare. Principalul obiectiv al proiectelor de degazare și captare a metanului este siguranța din subteran, datorită riscului major de explozie. Reducerea cantităților de metan din stratele de cărbune poate diminua concentrația de metan din locurile de muncă, astfel crescând factorul de siguranță și reducând costurile aferente procesului de ventilație minieră, sau reducând la minim întreruperile datorate unui nivel mare de metan.

5.5. Riscuri sinergice: deficiența în oxigen și evoluția combustibililor spontane

5.5.1. Obiective și metodă

Principalele probleme în *calculul și interpretarea indicilor „de foc”* sunt asociate tehnicilor de măsurare utilizate (și incertitudinilor asociate acestora), inadecvării ecuațiilor de calcul, diluării cu alte gaze și/sau alte surse de scădere a concentrației de oxigen în subteran. În general, deficiența în oxigen este supraestimată, cu consecința periculoasă a subestimării indicelui calculat. Din această perspectivă, am studiat principalele problemele asociate tehnicilor de măsurare și ecuațiilor aplicate în vederea determinării deficienței în oxigen [A11].

Indicii, cum sunt cei ai lui Graham, Young sau Jones-Trickett, sunt construiți prin raportarea produselor de combustie generate la proporția de oxigen consumată, permițând cuantificarea cantității de oxigen utilizată pentru generarea unui anumit volum de produse de combustie [B17]. Dacă însă există mai multe surse de reducere a oxigenului, acești indici sunt influențați, rezultând o subestimare a intensității care ar putea indica, eronat, un consum mai mare de oxigen decât cel real pentru generarea produselor de combustie [B47]. Tehnica de măsurare și relația de calcul a oxigenului consumat prin oxidare sau absorbție/adsorbție exercită, de asemenea, o influență semnificativă asupra valorilor calculate ale indicilor [B48]. Pentru interpretarea corectă a acestora este esențială cunoașterea stării mediului subteran, înțelegerea limitelor și implicațiilor tehnicilor analitice și ale ecuațiilor utilizate pentru măsurarea/determinarea deficienței în oxigen [B46].

5.5.2. Calculul și interpretarea deficienței în oxigen și a indicelui Graham

Indicele Graham poate fi exprimat prin relația:

$$G = \frac{100 \times CO_f}{0,265 \times N_{2f} - O_{2f}} \quad (5.20)$$

în care:

G = indicele Graham; CO_f = concentrația finală de monoxid de carbon, %; N_{2f} = concentrația finală de azot, %; O_{2f} = concentrația finală de oxigen%. Dacă aerul proaspăt conține un raport de 20,95% oxigen la 79,02% azot ($20,95/79,02 = 0,265$), atunci ecuația de mai jos permite calculul concentrației inițiale de oxigen, în urma determinării conținutului de azot într-o probă analizată:

$$O_{2i} = 0,265 \times N_{2f} \quad (5.21)$$

în care:

O_{2i} = concentrația inițială de oxigen, %; N_{2f} = concentrația inițială de azot, %; Concentrația de oxigen măsurată în probă este apoi obținută din valoarea calculată a oxigenului inițial, rezultând expresia de mai jos care exprimă deficiența în oxigen:

$$DO = 0,265 \times N_{2f} - O_{2f} \quad (5.22)$$

în care:

DO = deficiența în oxigen, %; N_{2f} = concentrația finală de azot, %; O_{2f} = concentrația finală de oxigen, %.

Utilizarea valorii de 79,02% pentru concentrația azotului în aerul proaspăt include argonul și este folosită când se recurge la tehnici de măsurare care nu pot diferenția cele două gaze. Utilizarea ecuației (5.22) este validă doar pentru probele în care gazul inițial are același raport oxigen/azot ca și aerul proaspăt. Rezultatele analizelor fiind exprimate în procente de volum, dacă oxigenul este consumat/îndepărtat și nu este substituit prin altceva, deși numărul moleculelor de azot rămâne constant, procentul de azot va crește.

Fenomenul este specific pentru cazul spațiilor exploatare, precum și al probelor colectate din zonele închise sau neventilate. Tabelul 5.3 ilustrează considerațiile precedente, prin aplicarea relațiilor (5.21) și (5.22), cunoscând concentrațiile de oxigen și azot în probe recoltate din spații izolate. Tabelul 5.4 evidențiază faptul că, la utilizarea ecuației (2) în cazurile în care deficiența în oxigen este semnificativă, oxigenul inițial calculate poate fi mai mare decât concentrația de oxigen în curentul de aer proaspăt (20,95%), ceea ce constituie o imposibilitate.

| O ₂ [%] | N ₂ (+ Ar) [%] | O ₂ , [%] inițial | DO, [%] Ec. 3 | O ₂ *, [%] inițial |
|--------------------|---------------------------|------------------------------|---------------|-------------------------------|
| 2,3 | 81,8 | 21,7 | 19,4 | 18,65 |
| 9,2 | 80,4 | 21,3 | 12,1 | 11,75 |
| 15,7 | 83,1 | 22,0 | 6,3 | 5,25 |
| 8,1 | 89,1 | 23,6 | 15,5 | 12,85 |

Tabelul 5.3. Calculul deficienței în oxigen

| CH ₄ [%] | O _{2i} [%] | O _{2f} [%] | CO _f [%] | Indicele Graham G |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|
| 0 | 20,95 | 20,8 | 0,0005 | 0,333 |
| 3% | 20,95 | 20,8x0,97 = 20,18 | 0,0005x0,97 = 0,00049 | 0,063 |
| 6% | 20,95 | 20,8x0,94 = 19,55 | 0,0005x0,94 = 0,00047 | 0,034 |

Tabelul 5.4. Calculul indicelui Graham cu ecuația (2)

*valori calculate presupunând concentrația inițială de oxigen egală cu 20,95%.

Dacă rezultatele inițiale ale măsurătorilor de gaze sunt disponibile, indicele Graham se determină cu relația de mai jos:

$$G = \frac{100 \times (CO_f - O_{2i})}{O_{2i} - O_{2f}} \quad (5.23)$$

în care:

G = indicele Graham; CO_f = concentrația finală de monoxid de carbon,%; CO_i = concentrația inițială de monoxid de carbon,%; O_{2i} = concentrația inițială de oxigen, %; O_{2f} = concentrația finală de oxigen, %.

Rezultatele calculelor centralizate în tabelul 2 demonstrează această constatare, pentru cazul unei probe care a fost diluată succesiv prin cantități crescătoare de metan, dar cu menținerea constantă a „consumului” de oxigen și a generării de monoxid de carbon (s-a luat în considerare doar diluția). Concentrația inițială de oxigen s-a considerat egală cu cea a aerului proaspăt (20,95%), iar monoxidul de carbon inițial s-a considerat nul. Pentru datele incluse în tabelul 2, a rezultat o scădere de 10 ori a indicelui Graham datorată diluției. Pentru surmontarea acestei probleme, am recomandat calculul deficienței în oxigen cu relația următoare:

$$DO=(N_{2f} / N_{2i}) \times O_{2i} - O_{2f} \quad (5.24)$$

în care:

DO = deficiența în oxigen, %; N_{2f} = concentrația finală de azot, %; N_{2i} = concentrația inițială de azot, %; O_{2i} = concentrația inițială de oxigen, %; O_{2f} = concentrația finală de oxigen, %. Multiplicând oxigenul inițial cu raportul dintre azotul final și cel inițial în ecuația (5) ține seama de orice diluție și permite depășirea problemelor apărute prin aplicarea ecuației (4). Același factor s-a aplicat și monoxidului de carbon inițial, rezultând:

$$G = \frac{100 \times \left(CO_f - CO_i \frac{N_{2f}}{N_{2i}} \right)}{\left(O_{2i} \times \frac{N_{2f}}{N_{2i}} \right) - O_{2f}} \quad (5.25)$$

Tabelul 5.5 relevă modul în care problemele legate de diluție sunt soluționate prin aplicarea ecuației 5.25. Concentrația inițială de oxigen a fost considerată de 20,95%, cea de azot-79,02% și cea de monoxid de carbon – 0ppm.

Chiar dacă utilizarea ecuațiilor (5.24) și (5.25) permite depășirea problemei diluției (evidențiată în tabelul 5.4), se menține problema din tabelul 5.3, în care deficiențele în oxigen sunt subestimate datorită valorilor concentrațiilor crescute ale azotului măsurat.

| CH ₄ [%] | N _{2r} [%] | O _{2r} [%] | CO _f [%] | Graham Index G |
|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|----------------|
| 0 | 78,8 | 20,8 | 0,0005 | 0,55 |
| 3 | 78,8x0,97 =76,44 | 20,8x0,97 =20,18 | 0,0005x0,97 =0,00049 | 0,55 |
| 6 | 78,8x0,94 =74,07 | 20,8x0,94 =19,55 | 0,0005x0,94 =0,00047 | 0,55 |

Tabelul 5.5. Determinarea indicelui Graham cu ecuația (6)

| O ₂ [%] | N ₂ [%] | DO [%] |
|--------------------|--------------------|--------|
| 20,61 | 76,63 | -0,07 |
| 20,57 | 76,73 | -0,01 |
| 20,33 | 75,84 | 0,00 |
| 20,23 | 75,71 | 0,06 |

Tabelul 5.6. Calculul deficienței în oxigen

5.5.3. Influența tehnicilor de analiză utilizate

Analizoarele de oxigen folosite în minerit trebuie să aibă un domeniu de precizie de +/-0,2%. În aceste condiții, o valoare măsurată de 20,7% poate de fapt oscila, ca valoare reală, între 20,5% și 20,9%. Dacă rezultatul analizei unei probe ar indica, de exemplu, 10 ppm CO, 0,1% CO₂ și 20,7% O₂, prin diferență ar rezulta o concentrație de azot egală cu 79,02%. Întrucât azotul poate varia de la

20,5% la 20,9%, concentrația de azot poate fi (prin diferență) cuprinsă între 79,4% și 79,0%. Valorile indicelui Graham, determinate cu relația (1) pot fi cuprinse între:

$$G = 100 \times 0,001 / (0,265 \times 79,4 - 20,5) = 0,18, \text{ și}$$

$$G = 0,001 \times 100 / (0,265 \times 79,0 - 20,9) = 2,86$$

Interpretarea acestor rezultate fără a lua în considerare erorile de măsurare ar duce la concluzii care merg de la „condiții normale” la „foc deschis”. În general, măsurarea concentrației de oxigen cu analizoare paramagnetice oferă rezultate mai stabile decât senzorii electrochimici implantați în sistemele de monitorizare continuă. Cromatografia în fază gazoasă (GC) permite determinarea concentrației de azot, scăzând incertitudinea referitoare la calculul indicilor de evoluție a combustibililor spontane. Toate ecuațiile anterioare admit că raportul oxigen/azot în aerul proaspăt este de 0,265 (20,95/79,02). În realitate, 0,9% din azotul total poate fi atribuit argonului, iar dacă cele două gaze sunt considerate separat, raportul corespunzător aerului proaspăt este de 0,268 (20,95/78,1). Ca atare, ecuația (5.20) va fi rescrisă, sub forma de mai jos:

$$G = \frac{100 \times CO_f}{0,268 \times N_{2f} - O_{2f}} \quad (5.26)$$

Ecuația (5.21) va avea forma următoare:

$$O_{2i} = 0,268 \times N_{2f} \quad (5.27)$$

și, în mod similar, ecuația (5.22) se va modifica după cum urmează:

$$DO = 0,268 \times N_{2f} - O_{2f} \quad (5.28)$$

5.5.4. Interpretarea rezultatelor și concluzii

Dacă nu se vor avea în vedere modificările evidențiate în subparagraful anterior, deficiența în oxigen și indicii de foc calculați în baza acestora vor fi incorecți; utilizarea factorului 0,265 pentru probe analizate cu separarea argonului față de azot (**cromatografe**) va putea conduce, în unele cazuri, la valori ale concentrațiilor inițiale de oxigen calculate mai mici decât valorile finale măsurate ale concentrației de oxigen, ceea ce ar constitui o evidentă imposibilitate. Rezultatele pot arăta chiar că s-a generat oxigen suplimentar, ceea ce este împotriva tuturor cunoștințelor existente privind mediul subteran din minele de cărbune. Explicația constă în faptul că diferența înregistrată se datorează, în totalitate, impreciziei (toleranței) asociate tehnicii de măsurare aplicate. Acest fapt este ilustrat în tabelul 4, care prezintă rezultatele aplicării relației (5.28) pentru date care corespund analizei separate a azotului și argonului, prin cromatografie în fază gazoasă.

Analog, dacă concentrația de oxigen măsurată ar fi fost de 20,53% în loc de 20,61%, deficiența de oxigen ar fi fost pozitivă. Diferența absolută de 0,08% sau cea relativă de 0,39% se înscrie și în acest caz în domeniul de toleranță al măsurătorii. Se poate continua raționamentul și pentru scăderi mai mici ale oxigenului, combinate cu creșteri ale concentrației de oxigen. De exemplu, dacă oxigenul ar avea concentrația de 20,57% și azotul de 76,77% (doar variații foarte scăzute), s-ar obține tot o valoare pozitivă a deficienței în oxigen. Situația descrisă nu este caracteristică exclusiv acestei prime probe, putând fi aplicată tuturor probelor din tabel care au generat deficiențe în oxigen negative. În general, scăderile concentrației de oxigen mai mici de 0,1% și creșterile celei de azot de circa 0,2% vor conduce pentru toate probele cu deficiențe în oxigen negative la trecerea spre valori pozitive. O eroare de 0,2% la măsurarea oxigenului va conduce la scăderea importantă a deficienței în oxigen calculate sau chiar la ceea ce apare ca o îmbogățire în oxigen.

În pofida problemelor evidențiate, indicii care încorporează deficiența în oxigen, rămân indicatori deosebit de utili pentru urmărirea intensității proceselor de oxidare a cărbunelui și a evoluției combustibililor spontane, dacă se acordă atenție următoarelor prescripții:

- calcul deficienței în oxigen va implica un grad minim de incertitudine privind corectitudinea rezultatului și o reprezentativitate corespunzătoare pentru probă și tehnica de analiză utilizată;
- indicii care încorporează deficiența în oxigen trebuie considerați cu precauție în cazul probelor pentru care s-a calculat o valoare a deficienței în oxigen inferioară celei de 0,3%;
- dacă există mai multe surse de consum a oxigenului, indicii bazați pe deficiență vor conduce la subestimarea evoluției procesului;
- se recomandă ca interpretarea datelor să se realizeze prin urmărirea tendințelor de evoluție ale indicilor, nu prin urmărirea rezultatelor succesiunii de probe;

Cercetările au evidențiat limitele și implicațiile asociate acestei problematici, prin recurgerea la indicele Graham, cu precizarea că aceleași precauții trebuie adoptate și puse în practică pentru orice alt indice care încorporează deficiența în oxigen.

PARTEA II

CAPITOLUL 6

PLAN DE DEZVOLTARE A CARIEREI. DIRECȚII VIITOARE PRIVIND EVOLUȚIA ACADEMICĂ ȘI DE CERCETARE ȘTIINȚIFICĂ

6.1. Principii, direcții și obiective

A doua parte a tezei de abilitare, referitoare la perspectivele de dezvoltare a carierei academice și de cercetare, se fundamentează pe abilitățile și competențele dobândite și confirmate cu privire la efectuarea și coordonarea activităților de cercetare și predare la înalt nivel academic și de a iniția colaborări naționale și internaționale de succes în domeniul securității industriale și ocupaționale. Ca planuri de viitor îmi propun să încerc să atragă fonduri naționale și europene (granturi Orizont 2020), pentru a extinde activitatea Centrului de Cercetare „Evaluarea Riscurilor în Industrie” și de a extinde dimensiunea cooperării științifice prin dezvoltarea unei rețele de inter-universitare de cercetare în domeniu, pe plan național (termen scurt) și internațional (termen

Planul de dezvoltare a carierei profesionale este corelat cu planurile strategice și operaționale de cercetare ale Facultății de Mine și Universității din Petroșani și îmi propun să realizez cât mai multe din imperativele didactice și științifice necesare care sunt în responsabilitatea mea, ca și cadru didactic, cercetător, coleg și membru în Consiliul Facultății și Senatul Universității. Îmi doresc să construiesc o carieră academică și o reputație profesională solide, care să asigure succesul și o vizibilitate crescută a Departamentului Inginerie Minieră, Topografie și Construcții, și în acest mod a Facultății de Mine. Instrumentele utilizate în îndeplinirea planului de dezvoltare vor fi atât menținerea și creșterea standardelor de excelență academică și profesională, cât și colaborarea nemijlocită cu colegii – cadre didactice și studenții. Dezvoltarea carierei mele universitare viitoare se va face, sper, în trei direcții principale:

- A1** Activitatea didactică (educațională);
- A2** Activitatea de cercetare științifică;
- A3** Activitatea de management universitar.

Pentru a valorifica avantajele acestor direcții și pentru a le putea îmbunătăți în mod continuu, ele nu sunt independente, ci trebuie neapărat corelate. Evoluția activității mele științifice și de cercetare a fost și continuă să fie ghidată de un set de *principii generale*, pe care le consider esențiale pentru dezvoltarea unui cadru universitar și cercetător:

- P1** Activitatea de cercetare-dezvoltare este un element cheie al carierei academice. Contribuțiile științifice proprii în domeniu, împreună cu cele mai recente rezultate raportate de alți experți, trebuie să furnizeze principala sursă de informare pentru procesul didactic;
- P2** Curiozitatea și spiritul investigativ, munca susținută, și un dram de inspirație, sunt principalii factori care generează rezultate remarcabile în domeniul științei. Toți acești factori, cu excepția celui din urmă, pot fi controlați și amplificați prin străduință și dedicație;
- P3** Menținerea continuității și a unui ritm constant al activității de cercetare, împreună cu publicarea onestă a rezultatelor relevante, constituie, de asemenea, aspecte cheie pentru o carieră științifică de succes;
- P4** Aplicabilitatea eficace a rezultatelor cercetării, contribuția lor benefică și impactul pozitiv asupra societății și mediului în viitorul apropiat, trebuie să fie preocupările prioritare pentru omul de știință;
- P5** Granturile și proiectele de cercetare-dezvoltare sunt factori-cheie care sprijină consolidarea echipelor de cercetare și creșterea nivelului lor profesional, oferind, totodată, sprijin financiar important pentru activitățile academice în general;

P6 Cercetarea doctorală trebuie să fie considerată ca o activitate științifică esențială pentru mediul academic și, prin urmare, aceasta trebuie susținută și utilizată cu eficiență cât mai mare;

P7 Studenții care pot fi implicați pentru intervale mai lungi (peste 2 ani) în proiecte dezvoltate în cadrul universității au șanse mai mari să devină cercetători de valoare în viitor.

Dezvoltarea carierei și prioritățile de evoluție vor fi structurate pe o serie de activități interconectate, care se completează reciproc, vizând obiective specifice. Planurile includ implicarea activă unor persoane dedicate (actuali și viitori colaboratori, precum și studenți/masteranzi), care vor avea șansa de a beneficia de oportunitățile sistemului de cercetare - dezvoltate și educație existent în Universitatea din Petroșani, ancorat în activitatea grupului coordonat al Centrului de Cercetare „Evaluarea Riscurilor în Industrie”, oportunități potențate de calificarea atribuită prin acest proces de abilitare.

Principalele direcții și obiective care vor constitui reperele propuse în dezvoltarea viitoare a carierei sunt sistematizate în tabelul 6.1.

Tabelul 6.1. Direcții și obiective privind dezvoltarea viitoare a carierei

| DIRECȚII (D) | OBIECTIVE | REZULTATE VIZATE |
|---|---|--|
| 1. Cercetare orientată | 1.1 Elaborare de noi metode de analiză a riscurilor în industrie 1.2 Dezvoltare strategii inovative de management al riscurilor ocupaționale 1.3 Proiectare de noi aplicații și tehnici de prevenire și protecție | <ul style="list-style-type: none"> • Înființare laborator de cercetare „Monitorizarea riscurilor profesionale” • Noi sisteme și aplicații de securitate intrinsecă • Produse informatice dedicate evaluării și gestiunii riscurilor |
| 2. Extinderea potențialului de cercetare | 2.1. Identificare suport pentru echipamente de laborator 2.2. Soluții de finanțare a cercetării (inclusiv colaboratori) | <ul style="list-style-type: none"> • Capacități de investigare avansată • Implicarea resurselor umane adecvate în atingerea obiectivelor de cercetare |
| 3. Îmbunătățirea activității didactice și academice | 3.1. Implementarea unor oferte educaționale superioare 3.2. Conducere doctorat | <ul style="list-style-type: none"> • Ofertă educațională actualizată la nivel internațional • Contribuție la ierarhizarea și prestigiul Universității din Petroșani |
| 4. Diseminare și transfer de cunoștințe | 4.1. Vizibilitate științifică 4.2. Vizibilitate publică | <ul style="list-style-type: none"> • Publicare articole în reviste cu factor de impact ridicat • Conștientizare publică privind importanța activităților dezvoltate • Colaborări cu industria |
| 5. Colaborări internaționale | 5.1. Cercetare țintită pe rezultat 5.2. Networking | <ul style="list-style-type: none"> • Parteneriate și proiecte comune C-D • Colaborări educație și cercetare |

D1 Cercetare orientată²

D2 Extinderea potențialului de cercetare

Pe baza rezultatelor anterioare, a preocupării continue pentru extinderea limitelor cercetării și a capacității de a oferi consultanță și instruire în domeniul securității industriale și ocupaționale,

² Se va detalia în paragraful următor

identificarea oricăror resurse de sprijin (financiar, material, uman) va reprezenta o preocupare continuă. În paralel, se va urmări obținerea de finanțare pentru a sprijini includerea de noi membri în echipa de cercetare, cu accent pe tinerii care intenționează să se perfecționeze prin doctorat și masterat în domeniul analizei și managementului riscurilor industriale și ocupaționale. În acest sens, prioritatea absolută constă în dotarea cu aparatură, tehnică și echipamente moderne a unui laborator de cercetare „*Monitorizarea riscurilor profesionale*”.

D3 Îmbunătățirea activității didactice și academice

Ca o consecință directă a abilitării, este de așteptat o extindere a activității de cercetare-formare, care va favoriza selecția studenților interesați în a urma o carieră în cadrul programului de studii de licență „*Ingenieria Securității în Industrie*”. Materiale didactice îmbunătățite vor fi publicate iar actualizarea programelor de studii pentru cursurile de master și doctorat va rămâne o constantă a activității desfășurate. Din aceeași perspectivă, voi intensifica activitatea de redactare a suporturilor de curs/îndrumătoarelor de laborator sau proiect/culegeri de aplicații practice pentru disciplinele prevăzute în Planurile de învățământ ale următoarelor programe de studii acreditate la Universitatea din Petroșani: programul de studii de licență „*Ingenieria securității în industrie*” și programul de studii de masterat „*Managementul securității și sănătății în muncă*” de la Facultatea de Mine a Universității din Petroșani. Dezvoltarea activității educaționale se va baza pe continua îmbunătățire a metodologiei de predare, prin sprijinirea și implicarea studenților în procesul de învățare și cercetare și prin asigurarea unui schimb de informație la nivel național și internațional.

D4 Diseminare și transfer de cunoștințe

Dezvoltarea activității de cercetare se va axa pe participarea la evenimente științifice internaționale, prin publicarea și diseminarea rezultatelor obținute și prin dezvoltarea de noi proiecte de cercetare. Mai concret, pentru a crește relevanța și impactul lucrărilor mele științifice îmi propun următoarele:

- publicarea unui număr minim de două (2) articole pe an în reviste științifice cotate Thompson Reuters în domeniul securității ocupaționale, securității industriale, analizei riscurilor și al ingineriei industriale, în special în reviste cu factor de de impact minim 1,0.
- publicarea unui minim de cinci (5) articole, pe an, indexate în alte baze de date internaționale;
- participarea la conferințe, cu precădere de nivel internațional, desfășurate atât în țară, cât și în străinătate (minim 5 pe an). Participarea la conferințe asigură, pe lângă diseminarea rezultatelor, posibilitatea de a face schimb de experiență și informație cu alte instituții din domeniu, ceea ce va conduce nu doar la dezvoltarea mea ca cercetător, dar și la creșterea prestigiului departamentului IMTC (respectiv al facultății, și al universității) în domeniu.
- publicarea unor cărți de specialitate, cu precădere în edituri din străinătate sau în edituri naționale recunoscute CNCS;
- promovarea cercetării științifice din facultate la standarde naționale și internaționale prin participarea la Programele naționale/europene și internaționale de cercetare;

D5 Colaborări internaționale

Dezvoltarea unor mecanisme de colaborare pe termen lung în proiectarea unei platforme de cercetare cu partenerii internaționali este și va fi o preocupare continuă. Construirea unei rețele colaborative care să acceseze programe europene va implica cercetători din cadrul Czestochowa University of Technology (Polonia), Faculty of Occupational Safety, University of Nis (Serbia), Faculty of Safety Engineering, VSB Technical University of Ostrava (Cehia) și University of Middlesex University London (Marea Britanie).

6.2. Priorități în activitatea de cercetare - dezvoltare

6.2.1. Direcții de cercetare viitoare

Principalele mele domenii de activitate de cercetare viitoare sunt, pe de o parte, de interes major pentru comunitățile științifice și tehnologice la nivel mondial. Pe de altă parte, ele coincid cu domeniile în care am acumulat o expertiză științifică semnificativă de-a lungul anilor (tabelul 6.2).

Tabelul 6.2. Direcții de cercetare și rezultate vizate

| DOMENIU | DIRECȚII DE CERCETARE | REZULTATE VIZATE |
|--|--|---|
| <i>Activități de cercetare științifică conceptuală și metodologică</i> | Fundamentarea științifică a strategiei de dezvoltare a domeniului securității și sănătății în muncă | Cadru metodologic de îmbunătățire a sistemului de formare/educație securitară |
| | Dezvoltarea bazei teoretice și conceptuale a securității și sănătății în muncă | Modele ale genezei accidentelor de muncă |
| | Fundamentarea sistemului național de reglementări în domeniul securității și sănătății în muncă; | Standarde de securitate și sănătate în muncă |
| | Elaborarea de instrumente de identificare, analiză și evaluare a riscurilor în industrie | Metodă integrată de evaluare a riscurilor pentru securitate și sănătate în muncă în industrie |
| | Elaborarea de sisteme de management al securității și sănătății în muncă, integrate în managementul general al organizațiilor | Sisteme informatice pentru promovarea și diseminarea cunoștințelor din domeniul securității și sănătății în muncă |
| | Studiul fezabilității/opportunității aplicării metodelor cantitative de analiză a riscurilor în industrie | Metodologie-cadru de implementare a analizei cantitative a riscurilor în industrie |
| | Analiza taxonomiei și provocărilor constituirii bazelor de date pentru aplicațiile ACR | Dezvoltare bază date cantitative pentru aplicații ACR |
| | Fundamentarea și elaborarea criteriilor psihofiziologice de selecție și formare profesională în raport cu riscurile și exigențele profesionale | Metodă de evaluare a riscurilor psihosociale în muncă |
| | Optimizarea sistemului național de formare și perfecționare a personalului necesar domeniului securității și sănătății în muncă | Materiale suport pentru instruirea, formarea și perfecționarea personalului Sisteme expert de instruire - testare asistată de calculator |
| <i>Activități de cercetare-dezvoltare aplicativă</i> | Studii și cercetări aplicative pentru prevenirea și combaterea riscurilor chimice, biologice, mecanice, electrice, termice, zgomot, vibrații, iluminat, microclimat, riscuri ergonomice și psihosociale | Ghiduri de bune practici pentru proiectarea, fabricarea și utilizarea echipamentelor de muncă și echipamentelor individuale de protecție |
| | Cercetări aplicative vizând asigurarea securității privind instalații de ventilație industrială, de neutralizare a noxelor chimice, sisteme de iluminat, protecție împotriva electrocutării și incendiilor, riscurilor mecanice, zgomotului și vibrațiilor | Fișe de securitate pentru produse Instrucțiuni specifice de securitate și sănătate în muncă Instrucțiuni-cadru de securitate și sănătate în muncă |
| | Elaborarea de soluții tehnice pentru ameliorarea/normalizarea condițiilor de mediu de la locurile de muncă cu pericol de explozie și/sau intoxicare | Criterii și cerințe SSM pentru locurile de muncă cu pericol de explozie și/sau toxicitate din industrie |
| | Diminuarea riscurilor generate de atmosferele explozive prin utilizarea tehnicii de evaluare în timp real a rețelelor de ventilație | Sistem expert de conducere automată a rețelelor de ventilație și degazare |
| | Metode, soluții, tehnici și tehnologii de prevenire, diminuare și limitare a acțiunii factorilor de risc major în activitățile industriale | Planuri de urgență internă/externă fundamentate pe analiza cantitativă a riscurilor |
| | Optimizarea ergonomică a activităților și locurilor de muncă | Studii ergonomice de concepție și corective |

6.2.2. Proiecte pe termen scurt și mediu

A. Analiza fezabilității și oportunității utilizării metodelor cantitative de analiză a riscurilor în industrie

Metodele calitative și/sau semi-cantitative de analiză a riscurilor nu sunt în măsură să modeleze și să evalueze efectele a două sau mai multe moduri de defectare în același timp sau beneficiile pe care redundanța le poate aduce sistemul de siguranță. Unul dintre neajunsurile lor cheie este incapacitatea lor de a fi utilizate în mod eficient în modelarea și predicția de frecvență redusă de apariție a evenimentelor cu consecințe grave. Exemplele de metode cantitative de analiză a riscului includ: Analiza prin Arborele Defectărilor (AAD), Analiza prin Arborele de Evenimente (AAE), Analiza Nivelurilor de Protecție (LOPA), metoda Fiabilității de Ordinul Întâi (FOIM), simularea Monte Carlo, precum și alte metode matematice. Evaluările cantitative depășesc multe din neajunsurile de mai sus și sunt adaptate pentru situațiile în care sunt disponibile date adecvate în timpul proiectării, exploatării, întreținerii sau modificării unui sistem tehnic sau de muncă. Rezultatele analizelor cantitative pot fi utilizate în studiile cost – beneficiu și în demonstrarea faptului că riscurile pentru angajați, industrie, societate și mediu sunt atât de reduse pe cât este rațional posibil (ALARP), în special atunci când evaluarea se referă la riscurile cu consecințe catastrofale care pot fi prevenite defensiv doar prin analiză cantitativă. Ca urmare, cercetările *pe termen scurt* vor fi orientate spre analiza fezabilității și oportunității utilizării metodelor cantitative de analiză a riscurilor în industrie (fig. 6.1)

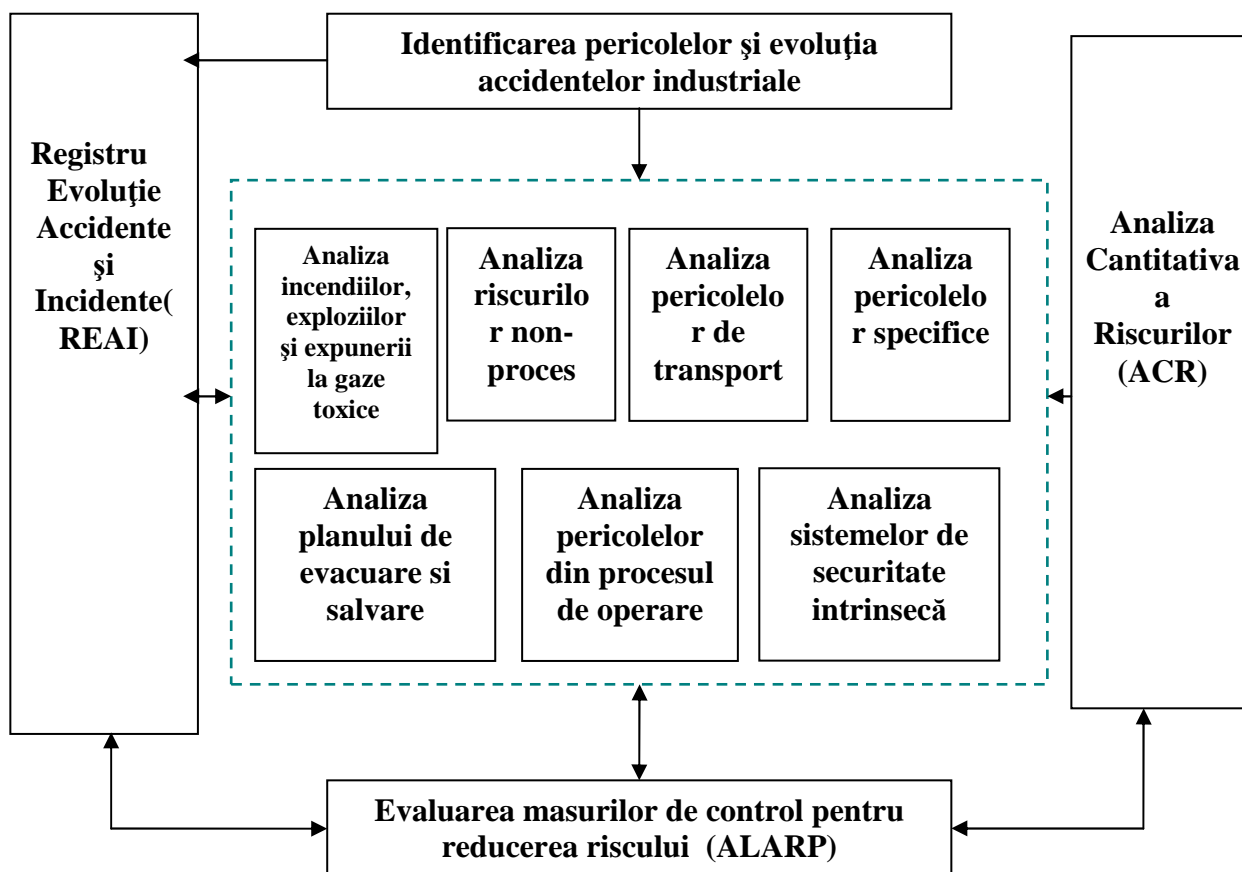


Fig. 6.1. Locul și rolul analizei cantitative a riscurilor în industrie

Utilizarea datelor de performanță va sprijini în mod obiectiv evaluarea și compararea sistemelor tehnologice complexe, testarea și evaluarea modificărilor capacității de adaptare în proiectare, exploatare și mentenanță. Această abordare este potrivită pentru a identifica vulnerabilitățile sistemului și strategiile de atenuare destinate reducerii expunerii la risc. Modelate

în mod corect și eficient, schimbările pot fi simulate înainte de a fi puse în practică. Evaluările cantitative își au originile în industriile cu risc ridicat, cum ar fi sectorul nuclear sau aviatic. Ele sunt, de asemenea, utilizate în multe alte metodologii, cum ar fi ingineria incendiilor și exploziilor, studii epidemiologice de sănătate sau alte domenii ale științei care utilizează modele matematice pentru a studia pericolele și riscul aferent. Propunându-ne să studiem științific fiabilitatea umană împreună cu cea tehnică și cu datele de performanță, ne propunem modelăm dinamic siguranța sistemului acestui sistem socio – tehnic complex.

B. Analiza taxonomiei și provocărilor constituirii bazelor de date pentru aplicațiile tip ACR

În prezent nu există o bază de date disponibilă public care să poată fi folosită pentru o Analiza Cantitativa a Riscurilor (ACR) în industrie. Pentru a efectua o evaluare cantitativă a riscurilor, experții ar putea folosi date ale instalațiilor sau date ale producătorului de echipamente atunci când sunt disponibile, pentru a stabili un model realist al instalațiilor, fiabilității sau siguranței acestora. Aceste date pot fi stocate în sistemul de management de mentenanță și sistemele de programare a echipamentelor, dar dacă nu a fost folosită o taxonomie strictă, datele ar putea necesita o prelucrare prealabilă înainte de a putea fi analizate și utilizate într-o aplicație de ACR. Alte surse de date din industrie sunt sistemul de raportare a incidentelor / accidentelor și "*Registrul de Pericol*", dacă acesta este implementat în unitatea industrială, precum și sistemul de Resurse Umane care urmărește numărul de ore lucrate. În combinație, acestea ar putea fi în măsură să ofere unele informații legate de frecvență, dar sunt, probabil, cel mai bine utilizate pentru a determina consecințele probabile ale unui eveniment.

Pentru a crea un sistem fiabil și cuprinzător de aplicare a ACR în industrie în general, mi-am propus o abordare similară celei aplicate în industria nucleară. Acest sistem de baze de date ar trebui să îndeplinească următoarele *cerințe*:

- să fie sursa primară de informații pentru siguranța echipamentelor și siguranța umană în ramura industrială investigată;
- să ofere o sursă sigură de cuantificare a defectărilor echipamentelor generate în mod independent, a datelor legate de incidente și consecințe, inclusiv a datelor privind sistemele de siguranță critice (Echipamente Importante pentru Securitate – IPS).
- să fie un registru central al tuturor cercetărilor privind incidentele și accidentele, să furnizeze modele de cauzalitate pentru incidente și accidente, precum și un instrument de conștientizare în managementul riscului.

Consider că determinantă pentru colectarea datelor este o *taxonomie flexibilă*³, care poate fi implementată la orice unitate industrială, indiferent de sistemele locale folosite. O diagramă a sistemului pe care doresc să îl dezvolt în viitoarele cercetări, cu intrări, procese și rezultate este prezentată în fig. 6.2. Constituirea unei baze de date fiabile în industrie va oferi, de asemenea, posibilitatea de a crea un set de bune practici și modele de documente formalizate pentru a facilita o adoptare mai rapidă a analizei cantitative de risc. Aceste documente formalizate ar putea ajuta, de asemenea, producătorii de echipamente în realizarea unor modele mai eficiente într-o perioadă mai scurtă de timp.

ACR va trebui de asemenea, să ia în considerare, informații referitoare la erorile umane ca o altă sursă de informații tehnice pentru a obține o soluție de design optim. Datorită procentului relativ mare de evenimente nedorite legate de erorile umane, examinarea adecvată a acțiunilor și comportamentul uman, pot aduce cele mai mari îmbunătățiri în ceea ce privește siguranța și performanța în muncă. Având în vedere capacitatea sa de a modela eficient dependențele (interfață om-mașină), acest lucru poate fi cel mai bine realizat prin ACR.

³ *Descriere, identificare, nomenclatură și clasificare*

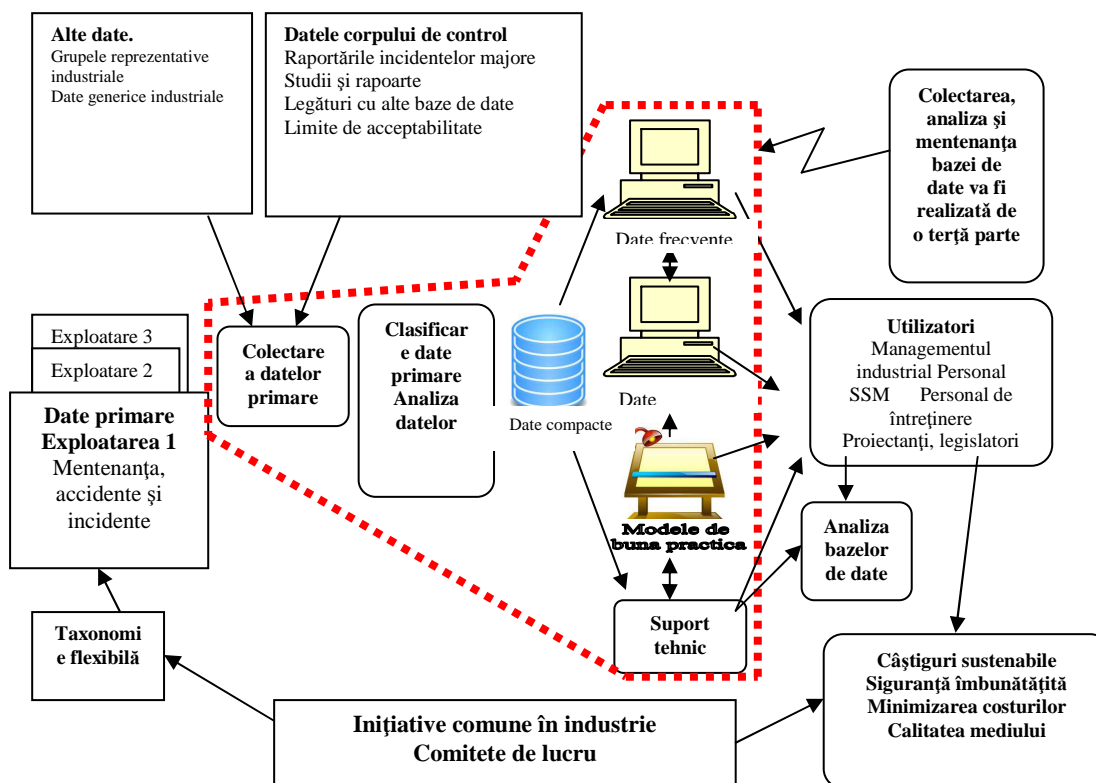


Fig 6.2. Structura conceptuală a unei baze de date privind defectările, securitatea echipamentelor și a muncii în industrie

Oportunitatea unei abordări cantitative a riscurilor bazate pe colectarea de date ar oferi industriei indicatori de performanță "aproape în timp real" și instrumente de predicție mai adecvate decât mijloacele calitative utilizate în prezent. Datele corespunzătoare, colectate folosind o abordare taxonomică, vor oferi o imagine directă a securității și performanțelor tehnice și economice.

C. Elaborarea unei metode integrate de evaluare a riscurilor pentru securitate și sănătate în muncă în industrie

C.1. Scopul și obiectivele cercetării

C. 1.1. Obiective generale

Modul actual de realizare al evaluării și managementului riscurilor ocupaționale în industrie nu este, în mod real, nici sistematic, nici sistemic și necesită îmbunătățiri semnificative astfel încât să poată acoperi toate situațiile care pot să se manifeste în practică. Cercetătorii și experții recurg pe plan mondial la o serie de metode și instrumente care sunt preluate din diverse sectoare industriale și adaptate la necesități, fără a se dispune însă de o metodologie – cadru și un instrument care să integreze factorul uman cu sistemele tehnice complexe, caracterizate de multiple forme de manifestare a unor riscuri de magnitudine majoră.

Obiectivul de bază al cercetărilor viitoare va consta în elaborarea unei metodologii – cadru și a unei metode holistice și integrate de evaluare a riscurilor, aplicabile în procesele industriale, furnizând atât un ghid de bune practici în domeniu, cât și un instrument operațional dedicat creșterii nivelului de securitate și sănătate în muncă al lucrătorilor, la nivelul evoluției științifice internaționale, dar și adaptat cerințelor legislației naționale în domeniu.

Modul de realizare al evaluării riscurilor depinde considerabil de obiectivele sale specifice și de utilitatea sa finală. Cercetările vor urmări dezvoltarea unei metode care să țină seama de obiectivul de a satisface necesitățile reale ale inginerilor de securitate. De aceea cercetările

întreprinse vor viza explicitarea principiilor și furnizarea de linii directe, concomitent cu identificarea intrărilor în sistemul de management al riscurilor industriale. De asemenea, îmi propun ilustrarea erorilor uzuale care survin actualmente în evaluarea riscurilor, astfel încât consecințele acestora să nu se mai regăsească în elaborarea și aplicarea planurilor de prevenire și protecție, a programelor de monitorizare a securității și sănătății în muncă, a modului de realizare a instruirii și antrenamentului personalului; scopul studiilor va include și dezvoltarea unui instrument de conștientizare a lucrătorilor și de instaurare a unei culturi de securitate proactive.

C.1.2. Obiective specifice

- Analiza principiilor pe care se fundamentează procesul de evaluare a riscurilor pentru securitate și sănătate în muncă în condițiile specifice proceselor industriale;
- Dezvoltarea unui model conceptual care să sprijine industria națională în realizarea unor evaluări de risc adecvate, suficiente și eficiente, ca bază a procesului de gestiune a securității și sănătății în muncă;
- Facilitarea procesului de adoptare a deciziilor referitoare la alocarea rațională a resurselor destinate minimizării consecințelor evenimentelor nedorite (accidente de muncă, îmbolnăviri profesionale, incidente, avarii, accidente majore etc);
- Analiza critică a metodelor uzuale de analiză a riscurilor, în vederea decelării alternativelor de îmbunătățire a demersului și integrării punctelor forte;
- Conceperea metodologiei cadru de evaluare și management a riscurilor, în conformitate cu constatările din etapa de analiză critică a situației existente;
- Elaborarea unei noi metode integrate, sistematice și dinamice de evaluare a riscurilor pentru securitate și sănătate în muncă în industrie;
- Validarea metodei prin studii de caz realizate utilizând date și informații colectate și sistematizate într-o bază de date aplicabile în analiza cantitativă a riscurilor;
- Dezvoltarea de instrumente pentru stimularea trecerii treptate a inginerilor de securitate și a specialiștilor SSM la aplicarea metodelor cantitative de analiză a riscurilor și de la funcția de “evaluator” la cea „decident în cunoștință de cauză” și ulterior la funcția de “monitorizare – revizuire”, în conformitate cu prevederile standardului SR ISO 31000:2010 privind managementul riscurilor;
- Furnizarea de recomandări privind implementarea și generalizarea aplicării metodei elaborate și formularea de viitoare căi de cercetare, în baza rezultatelor și performanțelor metodei.

Metodologia-cadru și metoda integrată de evaluare se doresc a deveni aplicabile în practica curentă a unităților industriale, pentru a permite evaluarea printr-o procedură sistematică, științifică, holistică și integrată, într-un format “user friendly”.

C.2. Metodologia de cercetare

Detaliile referitoare la metodologia de cercetare sunt structurate pornind de la definirea scopului și obiectivelor, prin intermediul studiului documentar și analizei critice privind situația actuală în domeniu, a modului de colectare a datelor, spre a conduce la conceperea și dezvoltarea metodologiei cadru și a metodei integrate. Cele două rezultate de bază care sunt vizate (*metodologia – cadru și metoda integrată de evaluare a riscurilor pentru securitate și sănătate în muncă*) vor fi calibrate și testate prin intermediul unui studiu de caz realizat la o unitate industrială, spre a se verifica validitatea în baza rezultatelor aplicării lor efective. Structura etapelor de cercetare pe care intenționez să le parcurg este ilustrată în schema – logică din figura 6.3.

C.3. Colectarea și analiza datelor. Validarea rezultatelor

În etapa de colectarea a datelor de la unitățile industriale se vor urmări informații referitoare la statisticile accidentelor de muncă și îmbolnăvirilor profesionale, ratele defectărilor

echipamentelor industriale și ale subansamblelor și componentelor acestora, cauzele generatoare ale evenimentelor nedorite produse în ultimii zece ani anteriori, toate acestea urmând a fi utilizate în testarea performanțelor metodologiei și a metodei de evaluare a riscurilor. Pe lângă datele statistice disponibile se va recurge la răspunsurile unor experți SSM din producție, prin intermediul tehnicii interviului și al elaborării unor chestionare dedicate categoriilor de probleme investigate. Validarea metodei elaborate se va realiza prin studii de caz constând din aplicarea sa efectivă la o unitate industrială.

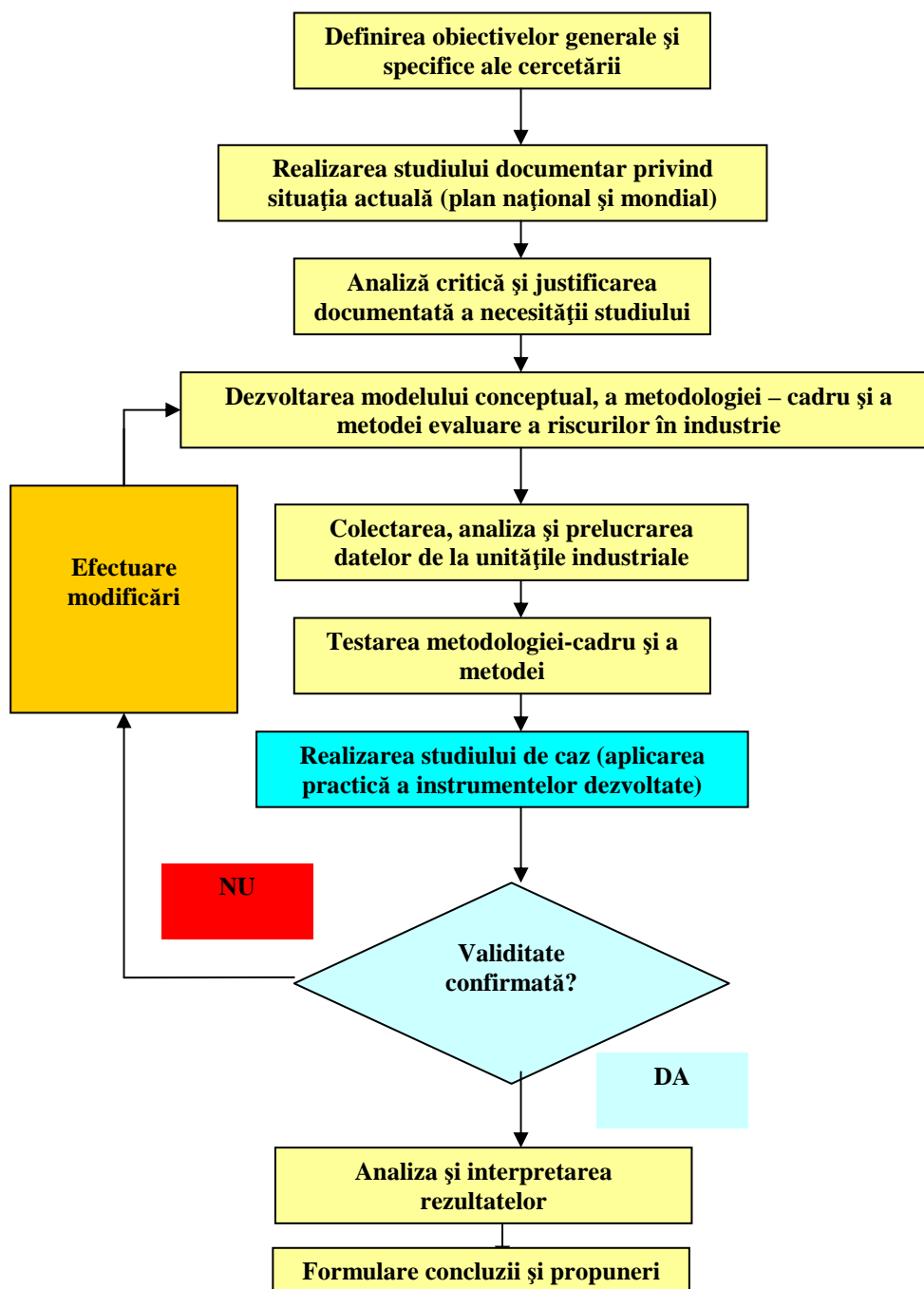


Fig.6.3. Metodologia-cadru de cercetare

PARTEA III

BIBLIOGRAFIE

III.1. Lucrări proprii relevante⁴

- [A1] **Moraru, R.I.**, *Integration of boundary situations tolerated in operation in industrial risk analysis*, **Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal Of Engineering**, Tome X, Year 2012, Fascicule 3, pp. 407-414, ISSN: 1584-2665, (printed editions, in two fascicules), ISSN: 1584-2673, <http://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2012/ANNALS-2012-3-71.pdf>
- [A2] **Moraru, R.I.**, Băbuț, G.B., *Intégration des situations limite tolérées en fonctionnement dans l'analyse du risque industriel*, **Annals of the University of Petroșani - Mining Engineering**, vol. 13 (XXXX), UNIVERSITAS Publishing House, pag. 90- 99 , Petroșani, 2012, ISSN 1454-9174,(B+, cod CNCIS 22; BDI MK PERIODICA - Rusia, ULRICH'S - Germania și EBSCO Publishing Inc. – SUA; SUWECO - Cehia; ISSN 1454-9174), <http://www.upet.ro/annals/mining/pdf/annals%20mining%202012.pdf>
- [A3] **Moraru, R., Băbuț, G.** - *Evaluarea și managementul participativ al riscurilor profesionale*, Editura Focus, Petroșani, 2010, ISBN:978-973-677-206-1.
- [A4] **Moraru, R.I.**, Băbuț, G.B., Cioca, LI., *Human Reliability Model and Application for Mine Dispatchers in Valea Jiului Coal Basin*, **Proceedings of the WSEAS International Conference on RISK MANAGEMENT, ASSESSMENT and MITIGATION**, RIMA 2010 april, Bucharest Romania ISSN: 1790-2769; ISBN: 978-960-474-182-3, pag. 45-50, Conference ID Number: 634-142, <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2010/Bucharest/RIMA/RIMA-05.pdf>
- [A5] **Moraru, R.**, Băbuț, G. - *Analiză de risc*. Editura Universitas, Petroșani, 2000.
- [A6] **Moraru, R.I.**, *Fault tree analysis features in industrial systems safety assessment: a case study*, **Fiability & Durability**, nr. 1/2012, pp. 55 - 66 Brancusi University of Targu Jiu, Editor in Chief Ghimisi S. STEFAN, p-ISSN 1844-640x, http://www.utgjiu.ro/rev_mec/mecanica/pdf/2012-01/11_Roland%20Iosif%20Moraru.pdf
- [A7] **Moraru, R.I.**, Băbuț, G.B., *The Use of Fault Tree in Industrial Risk Analysis: A Case Study*, **Proceedings of 1st WSEAS International Conference on INDUSTRIAL and MANUFACTURING TECHNOLOGIES (INMAT '13)**, Recent Advances in Industrial and Manufacturing Technologies, Vouliagmeni, Athens, Greece, May 14-16, 2013, Editors: Ming-Shen Jian, Mihaela Iliescu, Tiberiu Gabriel Dobrescu, Pages: 70 – 75, ISSN: 2227-4596 ISBN: 978-1-61804-186-9, <http://www.wseas.org/multimedia/books/2013/Vouliagmeni/INMAT.pdf>
- [A8] Cioca, LI., **Moraru, R.I.**, *Explosion and/or Fire Risk Assessment Methodology: A Common Approach Structured for Underground Coalmine Environments*, **Archives of Mining Sciences** Volume: 57 Issue: 1 Pages: 53-60 Published: 2012, ISSN: 0860-7001, DOI: 10.2478/v10267-012-0004-7, Web of Science Categories: Mining & Mineral Processing Research Areas: Mining & Mineral Processing IDS Number: 936XX ISSN: 0860-7001, Update: 2012-05-31 15:54:10; **Factor de impact 2012: 0,349** http://apps.webofknowledge.com/summary.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&qid=5&SID=U1p8bNfPcEifoaE72pJ&&page=3
- [A9] **Moraru, R.I.**, Băbuț, G.B., *Metodologie de apreciere a riscului de explozie și/sau foc: o abordare unitară și structurată pentru mediul minier subteran*, **Revista Minelor**, vol. 17, nr. 1/2011, pag. 14-18,(B+, cod CNCIS 293; EBSCO Publishing Inc. - SUA; ISSN 1220-2053) B+, <http://upet.ro/revistaminelor/res/nr.%201%20RO.pdf>
- [A10] **Moraru, R.I.**, Pavel, G., *Explosion risk generated by the natural gas distributed to the consumers*, **Annals of the University of Petroșani - Mining Engineering**, vol. 11 (XXXVII), UNIVERSITAS Publishing House, pag. 170-175 , Petroșani, 2010, <http://connection.ebscohost.com/c/articles/58602708/explosion-risk-generated-by-natural-gas-distributed-consumers>
- [A11] **Moraru, R.**, Băbuț, G. *Modul de interpretare a deficienței în oxigen din componența indicilor de apreciere a evoluției combustțiilor spontane/Oxygen deficiencies interpretation for use in ratios assessing spontaneous combustion activity*, **Revista Minelor**, vol. 16, nr. 3/2010, pag. 15-19
- [A12] Băbuț, G.B., **Moraru, R.I.**, *Analiză critică și modalități de îmbunătățire a metodei I.N.C.D.P.M. București de evaluare a riscurilor de accidentare și îmbolnăvire profesională /Critical analysis and ways to improve the I.N.C.D.P.M. Bucharest risk assessment method for occupational accidents and diseases,, „Calitatea - acces la succes”, vol 14, nr. 137/December 2013, pag. 55-66 (Română); pp. 113-120 (Engleză), ISSN 1582-2559* <http://calitatea.srac.ro/en/arhiva/2013>

⁴ -în ordinea citării.

- [A13] **Moraru, R.I.**, Băbuț, G.B., *A Romanian Occupational Health and Safety Risk Assessment Tool: premises, development and case study*. In: Zhang, Z. (Ed.), **Risk assessment and management**, pp. 292-311, Academypublish.org (Publishing Services LLC), Cheyenne, WY, USA, 2012.
- [A14] **Moraru, R.I.**, *Securitate și sănătate în muncă: tratat universitar*, Editura FocusPetroșani, Romania, , 2013.
- [A15] **Moraru, R.I.**, Băbuț, G.B., Cioca, L.I., *Rationale and Criteria Development for Risk Assessment Tool Selection in Work Environments*, **Environmental Engineering and Management Journal**, Vol. 13, No. 6, pp. 1371 - 1376, 2014, ISSN 1582 - 9596, Revistă **categorica A** cotată ISI - **Impact Factor 1,258**, cod CNCISIS 148; Science Citation Index Expanded™ (Thomson ISI), SJR (SCImago Journal&Country Rank) (Environmental Sciences, Ranked 480 of 825, H=14, SJR index/2012 = 0,306, SNIP index/2012 = 0,76), SCOPUS, Thomson ISI Master Journal List, Web of Science® (Thomson ISI) (H=17), http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/pdfs/vol13/no6/8_1080_Moraru_13.pdf
- [A16] **Moraru, R.I.**, *Current Trends and Future Developments in Occupational Health and Safety Risk Management*, In: Emblemavag, J. (Ed.), **Risk Management for the Future - Theory and Cases**, InTech, Rijeka, Croatia, 2012.
- [A17] **Moraru, R.I.**, **Cioca, L.I.**, *Nanosecuritate*, Editura Universității „Lucian Blaga” din Sibiu, Romania, 2011.
- [A18] **Moraru, R.I.**, Băbuț, G.B., *Riscuri ocupaționale asociate nanoparticulelor de sinteză: apreciere și măsuri de prevenire – control/ Occupational risk of engineered nanoparticles: assessment and prevention - control measures*, **Calitatea - acces la succes**, vol 14, nr. 133/April 2013, pag. 56-65 (Română), pp. 61- 67 (Română); pp. 96-100, (Engleză), ISSN 1582-2559), <http://calitatea.srac.ro/arhiva/2013/2013-02-Rezumate.pdf>
- [A19] **Moraru, R.I.**, Cioca, LI, *Assessment and Reduction of Noise Levels on Romanian Oil Drilling and Production Platforms Operating in the Black Sea –Abstract*, ,15-th International Conference on Noise Control NOISE CONTROL 2010, Zamek Książ - Wałbrzych, Poland, 6-9 June 2010, **Archives of Acoustics** DOI: 10.2478/v10168-010-0026-0 Arch. Acoust., 35, 2, 275–305 (2010), ISSN 0137-5075, Index 351873, Indexed and abstracted (from vol. 32(1) 2007) in Science Citation Index Expanded (SciSearch) and Journal Citation Reports., Chronicle, *XV International Conference Noise Control 2010 – Abstracts*, **Impact Factor : 0.504**, <http://acoustics.ippt.gov.pl/abstracts.html>
- [A20] **Moraru, R.I.**, Noise levels assessment on Romanian oil drilling platforms in the Black Sea, **Annals of the University of Petroșani - Mining Engineering**, vol. 12 (XXXVIII), UNIVERSITAS Publishing House, pag. 203-209 , Petroșani, 2011, http://www.ulrichsweb.com/ulrichsweb/ulrichsweb_news/ulrichslb3u.asp
- [A21] **Moraru RI**, Băbuț GB and Cioca L.I., *Adressing the human error assessment and management*, **Archives of Mining Sciences**, **Impact Factor: 0,306** ;Vol 55, No 4, pp 873-878, 2010.
- [A22] Cioca I.L., Popescu Stelea, M., **Moraru, R.I.**, *Occupational Safety and Health Risk Assessment in Romanian Surface Gas Extraction Facilities*, **14th SGEM GeoConference on Science and Technologies In Geology, Exploration and Mining SGEM2014 Conference Proceedings**, 17-26 June, Albena, Bulgaria , ISBN 978-954-91818-7-6 / ISSN 1314-2704, June 16-22, 2013, Vol. 1, 831 - 836 pp, DOI:10.5593/SGEM2014/B13/S3.053, <http://sgem.org/sgemlib/spip.php?article3917>
- [A23] **Moraru R.I.**, Matei, A., Morar, M., Herbei, R.C., *Safety and health at work risk assessment in a compression station from the major Romanian natural gas company*, **Proc. 18th Conference of Enviroment and Mineral Processing & Exhibition**, part II, Ostrava, Cehia, pag. 37-42, 29-31.05.2014 , ISBN 978-80-248-3427-6, http://homen.vsb.cz/hgf/546/18th_EaMP2014_programme.pdf
- [A24] Băbuț, GB; **Moraru, RI**; Babut, MC, *Underground Air Pollution in Metal Mines: New Control Method and Case Study in Two Romanian Mines From Baia Mare Ore Basin* , **10th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2010**, Date: JUN 20-26, 2010 Albena BULGARIA, VOL II, Pages: 301-308 Published: 2010 ISBN 10: 954-91818-1-2, ISBN 13: 978-954-91818-1-4, IDS Number: BUA32, http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&qid=13&SID=U213Ee6ledFn13ChE6L&page=1&doc=2
- [A25] **Moraru R.I.**, Băbuț G.B., *Computer Simulation Of Booster Fan Parameters In Recirculatory Mine Ventilation Systems*, **Proceedings of the International Symposium on Advances in Mining Technology and Management - AIMM'05**, pag. 423-426, Shyama Printing Works, Kharagpur, India, 30.11 - 02.12.2005. <http://www.iitkgp.ac.in/academics/?page=acadunits&&dept=MI>
- [A26] **Moraru R.I.**, Băbuț G.B., *Air Flow Assessment In Typical Ventilation Networks In Romanian Collieries Using Automated Velocity Transducers*, **Annual of the University of Mining and Geology „St. Ivan Rilski”**, vol. 48, part III: Mechanization, electrification and automation in mines, pp. 109-112, Publishing House „St. Ivan Rilski” Sofia, Bulgaria, 2005 (ISSN 1312-1820)
- [A27] **Moraru R.I.**, Băbuț G.B., Arad V, Băbuț C.M., *Optimum velocity sensor location in Valea Jiului collieries representative ventilation schemes* **Revista Minelor**, vol. 15, nr. 6/2009, pag. 31-34 (revistă categoria B+, cod CNCISIS 293, ISSN 1220-2053) Indexată EBSCO Publishing database USA, <http://www.ebscohost.com/titleList/a9h-journals.pdf>
- [A28] **Moraru, R.I.**, Băbuț, G.B., *O analiză contextuală a statisticii accidentelor de muncă produse în minele din Valea Jiului în ultimele patru decenii/A contextual analysis of occupational accidents occurred in Valea Jiului collieries during the last four decades*, **Revista Minelor**, vol. 13, nr. 3/2012, pag. 38-44 (ISSN-L 1220-2053/ISSN 2247-8590)
- [A29] **Moraru, R.I.**, Băbuț, G.B., *Research on Methane Emission Mechanism and Pattern in a Longwall Coal Face at Livezeni Colliery*, **14th SGEM GeoConference on Science and Technologies In Geology, Exploration and Mining SGEM2014 Conference Proceedings**, 17-26 June, Albena, Bulgaria , ISBN 978-954-91818-7-6 / ISSN

- 1314-2704, June 16-22, 2013, Vol. 1, 831 - 836 pp, DOI: 10.5593/SGEM2014/B13/S3.065, <http://sgem.org/sgemlib/spip.php?article3929&lang=en>
- [A30] **Moraru, R.I.**, Băbuț, G.B., Cioca I.L., *Study of Methane Flow in Caved Goafs adjacent to Longwall Faces in Valea Jiului Coal Basin*, **13th SGEM GeoConference on Science and Technologies In Geology, Exploration and Mining, SGEM2013 Conference Proceedings**, ISBN 978-954-91818-7-6 / ISSN 1314-2704, June 16-22, 2013, Vol.1, pp. 731 - 738 pp, DOI:10.5593/SGEM2013/BA1.V1/S03.067, <http://sgem.org/sgemlib/spip.php?article2659&lang=en>
- [A31] Iliș, N., **Moraru R.I.**, Popescu Stelea M. Rus, I. - Coal Seam Drainage Using Virtual Simulation, **Proc. of 14th International Scientific Conference of the Romanian-German University of Sibiu** in partnership with Wilhelm Löhe Hochschule für angewandte Wissenschaften form Fürth and Diakonie Neuendettelsau, Germany Social Entrepreneurship in the context of the post-crisis period and the implementation of the Europe 2020 Strategy, Sibiu, Romania, pp. 306 - 311, October 30th - 31st, 2014, <http://www.roger-univ.ro/ConferintaURGS/html/programm.html>
- [A32] Iliș, N., Cozma, E., **Moraru, RI**, Tomescu, C, Vlasin, N., - *Virtual simulation of the coal bed degassing and highlight of the beneficial consequences for the environment*, **Conferința Științifică de Cercetare-Dezvoltare cu participare internațională „Cunoaștere și dezvoltare durabilă”**, Ediția I, Petroșani, România, 6-7 martie 2015, Fundația pentru Dezvoltare Bazată pe Cunoaștere (FDBC), Editura Free Mind Publisher, The Journal of Economics and Technologies Knowledge, Universitatea din Petroșani, România, www.jetk.ro
- [A33] Cioca, I.L., **Moraru, R.I.**, *Occupational Psychosocial Risk Management* (in Romanian), Lucian Blaga University Publishing House, Sibiu, Romania, 2010
- [A34] **Moraru R.I.**, Băbuț, G.B., Popescu Stelea M., *Prerequisites for Structuring and Developing a Romanian Occupational Stress Assessment Tool*, „*Calitatea - acces la succes*”, vol 15, nr. 139/December, pag. 45-51(română), pp. 104-108 (engleză) (ISSN 1582-2559), 2014.

III.2. Referințe bibliografice generale

- [A35] **Desroches, A.** - *Concepts et méthodes probabilistes de base de la sécurité*. Editions Lavoisier TEC&DOC, Paris, 1995.
- [A36] **Favaro, M., Monteau, M.** - *Bilan des methodes d'analyse a priori des risques*. Cahiers de Notes Documentaires, nr. 139/1990, pag. 363.
- [A37] **Hollnagel, E.** - *Reliability of cognition: Foundations of Human Reliability Analysis*. Academic Press, Londra, 1996.
- [A38] **Macwan, A., Mosleh, A.** - *A methodology for modelling operator errors of commission in probabilistic risk assessment*. Reliability Engineering and System Safety, Elsevier Science Limited, pag. 139-157, 1994.
- [A39] **Polet, P., Vanderhaegen, F., Amalberti, R.** - *Modelling Border-line Tolerated Conditions of Use (BCTUs) and associated risks*. Safety Science, vol. 41, nr. 2-3/2002, pag. 111-136.
- [A40] **Price, H.E.** - *The allocation of functions in systems*. Human factors, vol. 27, pag. 33-45, 1985.
- [A41] **Savić, S., Vučković, Lj., Andelković, B.** - *Human operator as a risk factor in technological system*. Proceedings of III International Conference "Risk in Technological Systems and the Environment", Faculty of Occupational Safety, Niš, 30- 31.10.1997.
- [A42] **Vanderhaegen, F.** - *APRECIH: a human unreliability analysis method - Application to railway system*.
- [A43] **Villemeur, A.** - *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels*. Editions Eyrolles, Collection de la direction des études et recherches d'EDF, 1988
- [A44] **Kirwan, B.** - Validation of human reliability assessment techniques –Part 1 & 2. Safety Science, vol. 27, nr. 1/1997, pag. 25-75, Elsevier
- [A45] **Sava, I.M.** *Contribuții la elaborarea unor metode neconvenționale în vederea prevenirii și combaterii cauzelor ce pot genera avarii tehnice și accidente*. Teză de doctorat, Universitatea din Petroșani, 1999.
- [A46] **Savić, S.**, Operator's reliability assessment using expert method of paired comparison, University of Niš, The scientific journal FACTA UNIVERSITATIS Series: Working and Living Environmental Protection Vol. 1, No 3, 1998, pp. 33 - 40
- [A47] **Swain, A.D.** - Human reliability analysis: need, status, tends and limitations. Reliability engineering and system safety, vol. 29, pag. 301-313, 199
- [A48] **Mäckel, O., Rothfelder, M.** Challenges and Solutions for Fault Tree Analysis Arising from Automatic Fault Tree Generation: Some Milestones on the Way. ISAS-SCI (1) 2001: 583-588
- [A49] **Vanderhaegen, F., Polet, P.** - *Evaluation des performances dans l'analyse des risques*, Communication présentée au Groupement pour la Recherche en Productique, <http://www.univ-savoie.fr/grp2000>, Annecy, Franța, 23-24.03. 2000.
- [A50] **Vesely, W. E., Goldberg, F. F., Roberts, N. H., Haasl, D.F.** *Fault Tree Handbook*. U. S. Nuclear_Regulatory Commission, NUREG-0492, Washington, 1981

- [A51] Mitchell, D. W., *Mine Fires: Prevention Detection and Fighting*, Third Edition, 82-83 p (Intertec Publishing: Chicago), 1996.
- [A52] Pece, Șt., *Risk assessment in the workplace*, Rubin Publishing House, Galați, Romania, 2010.
- [A53] Joy, J., Griffiths, D., *National minerals industry safety and health risk assessment guideline*, version 3, March 2008, MCA and MISHC, Australia, www.planning.nsw.gov.au
- [A54] ASRO, *SR ISO 31000:2010, Managementul riscului – principii și linii directoare privind implementarea*, ASRO, 2010
- [A55] Borm, P.J.A., ș.a., *The potential risks of nanomaterials: A review*, ECETOC. Part. Fibre Toxicol., 3, 2006, 11.
- [A56] Donaldson, K., Aitken, R., Tran, L., Stone, V., Duffin, R., Forrest, G., Alexander, A., *Carbon nanotubes: A review of their properties in relation to pulmonary toxicity and workplace safety*, Toxicological Sciences, 92, 2006, 5-22.
- [A57] DuPont, *Environmental Defense Nanorisk Framework*, Environmental Defense, DuPont Nanopartnership, Washington D.C. June, 2007
- [A58] Maynard, A.D., Kuempel, E.D., *Airborne nanostructured particles and occupational health*, Journal of Nanoparticle Research, 7, 2005, 587-614.
- [A59] Paik, S.Y., Zalk, D.M., Swuste, P., Application of a pilot control banding tool for risk assessment and control of nanoparticle exposures. *Ann Occup Hyg* 52 (6) : 419-428.
- [A60] Platon, S., *Studiu privind diminuarea expunerii la zgomot a angajaților de pe platformele de producție ale PETROM SA – Zona Grup Zăcăminte Petromar Constanța*, studiu INCDPM 2007-2008
- [A61] Kotus J, Kostek B, The noise-induced harmful effect assessment based on the properties of the human hearing system, *Archives of Acoustics*, 33, 4, 435-440, 2008.
- [A62] Piechowicz J, Determination of the sound power of a machine inside an industrial room by the inversion method, *Archives of Acoustics*, 34, 2, 169-176, 2009.
- [A63] Mun S, Geem ZW, Determination of individual sound power levels of noise sources using a harmony search algorithm, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39, 2, 366-370, 2009
- [A64] Darabont A., Pece Ș., Dăscălescu, A., *Occupational Health and Safety Management*, (vol. I and II), AGIR Publishing House, Bucharest, Romania, 2002
- [A65] Harrison, A., *Feasibility of CO₂ Monitoring To Assess Air Quality in Mines Using Diesel Equipment*. U.S. Bureau of Mines, R.I.-9160/1988.
- [A66] French, I., *Health Implications of Exposure of Underground Workers to Diesel Exhaust Emissions*, Journal of Mine Ventilation of South Africa, nr. 3/1990.
- [A67] Matei, I., ș.a., *Stabilirea gradului de poluare a atmosferei datorat funcționării utilajelor cu combustie internă și concasării minereului în subteran cu aplicație la E.M. Baia Sprie*. Universitatea din Petroșani, Contract de Cercetare nr.3/1993.
- [A68] McPherson, M. J., *Ventilation and environmental engineering*, University Press, Cambridge, London, 1993, 903 p.
- [A69] Băbuț, G., Matei, I., *Modele și metode de prognoză a emanațiilor de metan*, INID București, 1995
- [A70] Lupu, C., *Metanul din minele de cărbune*. Editura INSEMEX, Petroșani, 2007
- [A71] Matei, I, Toth, I., Cioclea, D. ș.a., *Prevenirea combustibililor spontane la extragerea cărbunilor prin metoda de exploatare cu banc subminat*. Editura Agora Călărași, 2004.
- [A72] Simion S., Vasilescu D., ș.a., *Riscul de explozie*, Editura Europrint, Oradea, 2004
- [A73] Cozma, E. *Optimizarea parametrilor de exploatare a zăcămintelor stratiforme*, Editura Focus, Petroșani, 2002
- [A74] Davies, A.W., Isaac, A.K., Cook, P.M. . *Investigation of a coal mine explosion and relevance of risk assessment*. Trans Inst Min Metall 109(May-Aug)(Sect A):A61–A69, 2000
- [A75] Kucuker, H. *Occupational fatalities among coal mine workers in Zonguldak, Turkey, 1994-2003*. Occup Med (Lond). 2006 Mar;56(2):144-6.
- [A76] Onica, I., Chiril, G. *Exploatarea cu banc de cărbune subminat în abataje frontale*, Editura AGIR, București, 2005
- [A77] Vinson, R.P., Thimons, E.D., Kissell, F.N. *Methane accumulations in coal mine roof cavities*. Pittsburgh, PA: U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, RI 8267. NTIS No. PB277919, 1978
- [A78] Terazawa, K, Takatori, T, Tomii, S, Nakano, K. *Methane asphyxia. Coal mine accident investigation of distribution of gas*. Am J Forensic Med Pathol. 1985 Sep;6(3):211-4.
- [A79] x x x *Rapoarte de expertiză tehnică privind cauzele de producere ale evenimentelor, accidentelor, avariilor în perioada 1991-2008*, S.C. INSEMEX S.A. Petroșani
- [A80] Cliff, D., Rowlands, D., Sleeman, J., *Spontaneous Combustion in Australian Coal Mines*, 113 p Simtars:Redbank, Australia, 1996.
- [A81] Strang, J. and MacKenzie-Wood, P., *A Manual on Mines Rescue, Safety and Gas Detection*, 256 p (Weston & Co. Publishers Pty Ltd), 1985.
- [A82] x x x *Fire Safety and Employer's guide*. Health and Safety Executive, Marea Britanie, 2002. (www.hse.gov.uk)
- [A83] Amiel, R. (1985), *Entreprise santé: manuel de psychopathologie du travail et de psychiatrie sociale*, Maloine, Paris, France.
- [A84] Andersson, J. (2001), *Rapport sur le harcèlement au travail*, Parlement Européen, Commission de l'Emploi et des Affaires Sociales, no. 2001/2339.

- [A85] **Karnas, G.** (1997), *Evaluation du stress dans une perspective ergonomique*, Médecine du Travail et Ergonomie, vol. 24, no. 2, pp. 69-74.
- [A86] **Lauver, K.J., Kristof-Brown, A.** (2001), *Distinguishing between employees' perceptions of person-job and person-organization fit*, Journal of Vocational Behavior, 59, pp. 454-470.
- [A87] **Morris, J., Feldman, D.** (1996), *The Dimensions, Antecedents, and Consequences of Emotional Labor*, Academy of Management Review, vol. 21, no. 4, pp. 986-1010.
- [A88] **Vartia, M.** (2001), *Consequences of workplace bullying with respect to well-being of its targets and the observers of bullying*, Scandinavian Journal of Work, Environment and Health, vol. 27, no. 1, pp. 63-69.
- [A89] * * *, *Risques psychosociaux: Prévenir le stress, le harcèlement ou les violences*, l'Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS), Paris, France, available at: <http://www.inrs.fr/accueil/risques/psychosociaux.html>.
- [A90] * * * (2008), *Rapport sur la détermination, la mesure et le suivi des risques psychosociaux au travail* (Nasse, P. and Légeron, P.), Ministère du Travail, des Relations sociales et de la Solidarité, available at: http://www.dgdr.cnrs.fr/drh/protect-soc/documents/fiches_rps/rapport_1%C3%A9geron.pdf.
- [A91] * * *, *Psychosocial risks and stress at work*, European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA), available at: <https://osha.europa.eu/en/topics/stress>.