COMPANIA NATIONALA DE AUTOSTRAYI SI DRUMURI NATIONALE DIN ROMANIA - S.A.

D E C I Z I A
Directorului General al Companiei Nationale de Autostrazi si Drumuri Nationale din Romania S.A.
Nr. 939/24.11.2010

In conformitate cu O.U.G. Nr. 84/2003 privind infiintarea Companiei Nationale de Autostrazi si Drumuri Nationale din Romania S.A., prin reorganizarea Regiei Autonome Administratia Nationala a Drumurilor din Romania, aprobata prin Legea nr. 47/2004, in baza Ordinului Ministrului Transporturilor si Infrastructurii nr. 813/11.10.2010, Directorul General al C.N.A.N.D.R.-S.A. emite prezenta

D E C I Z I E

Art. 1. Se aproba reglementarea tehnica „Metodologia de efectuare a analizei riscurilor privind cerintele minime de siguranta pentru tunelurile situate pe sectiunile nationale ale retelei rutiere Trans-Europene TEN-T" – AND 601-2010.

Art. 2. Prezenta decizie se comunica prin grija Serviciului Reglementari Tehnice si Trafic din cadrul Directiei Tehnice a CNADNR SA, la DRDP 1-7 si CESTRIN care vor duce la indeplinire prevederile prezentei decizii.

Art. 3. Prezenta decizie s-a emis in 2 exemplare, un exemplar pentru Serviciul Arhiva si un exemplar la Serviciul Reglementari Tehnice si Trafic.

DIRECTOR GENERAL,
Liviu COSTACHE

egis
DOCUMENTATION

VIZA DE LEGALITATE

METODOLOGIE DE EFECTUARE A ANALIZEI RISCURILOR PRIVIND CERINŢELE MINIME DE SIGURANŢĂ PENTRU TUNELURILE SITUATE PE SECŢIUNILE NAŢIONALE ALE REŢELEI RUTIERE TRANS-EUROPENE TEN-T

CUPRINS

1. Capitolul I. Prevederi generale 8
1.1. Obiect, scop şi domeniu de aplicare....8
1.2 Termeni utilizaţi. Definiţii....11
1.3. Referinţe....15

2. Capitolul II. Analiza, Evaluarea şi Managementul riscurilor....16
2.1 Principii generale....16
2.2. Procesul de evaluare a riscurilor....17
2.2.1. Analiza riscurilor....18
2.2.1.1. Definirea sistemului....18
2.2.1.2. Identificarea pericolelor....20
2.2.1.3. Analiza probabilităţilor....20
2.2.1.4. Analiza consecinţelor....22
2.2.2. Evaluarea riscurilor....22
2.2.3 Reducerea riscurilor/ planificarea măsurilor de securitate....25
2.4. Procesul de Coordonare a riscurilor....25
2.4.1. Planificarea....25
2.4.2. Urmărirea....25
2.4.3. Controlul....25

3. Capitolul III. METODOLOGIE pentru analiza şi evaluarea riscurilor....26
3.1. Componenetele metodologiei de evaluare a riscurilor....26
3.1.1. Tipuri de metode....26
3.1.1.1.Metode calitative....26
3.1.1.2.Metode cantitative....26
3.1.2. Tipuri de moduri de abordare bazate pe riscuri....27
3.1.2.1. Moduri de abordare bazate pe scenarii....27
3.1.2.2. Moduri de abordare bazate pe sistem....29
3.2. Utilizarea diferitelor metode în fiecare etapă a procesului de evaluare a riscurilor....30
3.3. Limite datorate datelor....31
3.4. Selectarea metodelor – descriere detaliată....32

4. Capitolul IV. Concluzii....47
4.1. Concluzii generale....47
4.2. Recomandări pentru utilizarea practică a analizei riscului....49

ANEXE
Anexa A - Ghid identificare pericole....52
Anexa B - Analiza Arborelui de Defecte (FTA)....57
Anexa C - Modelarea comportamentului utilizatorilor....63
Anexa D - Modelarea propagării fumului....66
Anexa E - Prezentare Metode practice....69

METODOLOGIE DE EFECTUARE A ANALIZEI RISCURILOR PRIVIND CERINŢELE MINIME DE SIGURANŢĂ PENTRU TUNELURILE SITUATE PE SECŢIUNILE NAŢIONALE ALE REŢELEI RUTIERE TRANS-EUROPENE TEN-T	INDICATIV AND 601/2010

CAPITOLUL 1 - PREVEDERI GENERALE

1.1 Obiect, scop şi domeniu de aplicare

(1) Obiectul acestei Metodologii este efectuarea analizei riscurilor privind cerinţele minime de siguranţă pentru tunelurile situate pe secţiunile naţionale ale Reţelei rutiere transeuropene, conform prevederilor din art.13, aliniat 2 şi din Anexa 1 ale Legii 277/2007 (Lege privind cerinţele minime de siguranţă pentru tunelurile situate pe secţiunile naţionale ale Reţelei rutiere transeuropene) transpunere a Directivei 2004/54/EC din Aprilie 2004.

(2) Scopul prezentei Metodologii constă în descrierea utilizării ansamblului celor mai bune practici disponibile în domeniul analizei riscurilor, conbinând diferite metode de analiză, evaluare şi reducere a riscurilor şi identificarea opţiunilor şi avantajelor oferite, pentru asigurarea unui nivel minim de siguranţă pentru utilizatorii tunelurilor situate pe secţiunile naţionale ale Reţelei rutiere transeuropene.

(3) Analiza riscurilor poate fi utilizată în următoarele situaţii:
- pentru a verifica coerenţa globală a planului de securitate;
- pentru a alege între diferitele alternative;
- pentru a demonstra că cerinţele de siguranţă sunt satisfăcătoare, exemplu în cazul devierilor de la prescripţii;
- pentru a optimiza modul de asigurare a securităţii în termeni de cost.

Elaborat de: U.T.C.B.	Aprobat de: C.N.A.D.N.R. cu Decizia nr. 939/24.11.2010

(4) Conform Anexei 1 a Legii 277-2007, analiza riscurilor trebuie efectuată în următoarele cazuri specifice:

- În cazul în care un tunel are o caracteristică deosebită în privinţa parametrilor menţionaţi la pct.1.1.2, şi trebuie să se stabilească dacă sunt necesare măsuri de siguranţă şi/sau echipamente suplimentare pentru a se asigura un nivel ridicat al siguranţei în tunel conform pct. 1.1.3;
- În cazul în care pot fi permise derogări de la cerinţele minime de siguranţă, cu condiţia îndeplinirii unor proceduri (derogarea limitată ca perioadă şi/sau ca modalitate de aplicare, motive imperative, măsurile alternative de reducere a riscurilor care urmează să fie utilizate sau impuse pentru a se asigura cel puţin un nivel echivalent de siguranţă, inclusiv dovezi în acest sens) conform pct. 1.2.1.;
- În cazul în care numărul de vehicule grele pentru transportul de mărfuri cu masa de peste 3,5 t depăşeşte 15% din traficul mediu zilnic anual sau în cazul în care traficul zilnic sezonier depăşeşte în mod semnificativ traficul mediu zilnic anual, riscul suplimentar se evaluează şi este luat în considerare prin creşterea volumului traficului prin tunel conform pct. 1.3.2.;
- În cazul tunelurilor cu pante mai mari de 3% care necesită măsuri suplimentare şi/sau mai severe pentru creşterea siguranţei conform pct. 2.2.3.;
- În cazul în care lăţimea benzii pentru vehiculele cu viteză redusă este mai mică de 3,5m şi se permite circulaţia vehiculelor grele pentru transportul de mărfuri şi trebuie luate măsuri suplimentare şi/sau mai severe pentru creşterea siguranţei conform pct. 2.2.4.;
- În cazul în care în tunelurile existente, cerinţa drenajului lichidelor inflamabile şi toxice prin canale de scurgere proiectate în mod adecvat nu poate fi îndeplinită sau poate fi îndeplinită doar cu costuri disproporţionate, fapt ce trebuie luat în considerare atunci când se decide dacă este cazul să se permită transportul mărfurilor periculoase, conform pct. 2.6.2. ;
- În cazul tunelurilor cu trafic bidirecţional şi/sau unidirecţional aglomerat, pentru justificarea ventilaţiei longitudinale şi a adoptării unor măsuri specifice, cum ar fi gestionarea adecvată a traficului, distanţe mai scurte până la ieşirile de urgenţă, dispozitive de evacuare a fumului instalate la anumite intervale conform pct. 2.9.3.;
- În cazul marilor tuneluri bidirecţionale cu volum de trafic ridicat pentru stabilirea serviciilor de urgenţă ce trebuie amplasate la cele două extremităţi ale tunelului conform pct. 3.4.;
- În cazul tunelurilor în care este permis accesul vehiculelor care transportă mărfuri periculoase, conform pct. 3.7.
- În cazul tunelurilor care au mai multe benzi de circulaţie pe sens,

pentru a se decide dacă vehiculelor grele pentru transportul de marfă ar trebui să li se permită să depăşească conform pct. 3.8.

(5) Analiza riscurilor trebuie efectuată şi în cazul în care anumite cerinţe structurale prevăzute în anexa nr. 1 pot fi îndeplinite doar prin soluţii tehnice nerealizabile sau realizabile numai în baza unor costuri suplimentare iar autoritatea administrativă naţională acceptă aplicarea unor măsuri de reducere a riscurilor ca o alternativă la aplicarea prevederilor anexei nr.1, cu condiţia ca aceste măsuri alternative să asigure o protecţie echivalentă sau mai bună, conform art.3, aliniat (3) din Legea 277-2007.

(6) Analiza riscurilor este specifică fiecărui tunel, şi ia în considerare toţi factorii de proiectare şi condiţiile de trafic care afectează siguranţa, în special caracteristicile şi tipul de trafic, lungimea şi geometria tunelului, precum şi numărul prognozat de vehicule grele de marfă care îl tranzitează zilnic.

(7) Analiza riscurilor se realizează de către autoritatea de inspecţie, conform prezentei metodologii, aprobate prin ordin al inspectorului general de stat al Inspectoratului de Stat în Construcţii – I.S.C., conform art.13. din Legea 277-2007. Conţinutul şi rezultatele analizei riscurilor sunt incluse în documentaţia referitoare la siguranţă, prezentată autorităţii administrative naţionale.

(8) Documentaţia privind siguranţa unui tunel se realizează în special în stadiul de proiectare (la darea în exploatare) şi trebuie să conţină analiza riscurilor pentru transportul mărfurilor periculoase şi un studiu specific privind riscurile (conform pct. 2.3 anexa 2 a Legii 277-2007). Studiul specific privind riscurile trebuie să descrie accidentele ce s-ar putea produce în cursul exploatării tunelului şi care ar afecta în mod evident siguranţa utilizatorilor, precum şi natura şi magnitudinea consecinţelor acestor accidente potenţiale şi să specifice şi să fundamenteze măsuri pentru reducerea probabilităţii producerii accidentelor şi a consecinţelor acestora.

(9) Procedura de la pct.(8) se aplică şi în cazul deschiderii unui tunel pentru circulaţia publică după orice modificare majoră în construcţia sau exploatarea tunelului sau orice lucrări de modificări substanţiale efectuate în tunel, care ar putea schimba în mod semnificativ oricare dintre componentele constitutive ale documentaţiei privind siguranţa (conform pct.3.2 anexa 2 a Legii 277-2007).

(10) Prezenta Metodologie se aplică tuturor tunelurilor situate pe secţiunile naţionale ale Reţelei rutiere transeuropene, care au lungimi mai mari de 500 m şi îndeplinesc condiţiile specificate la pct.(4), (5), (8), (9).

(11) La baza elaborării materialului au stat în special documentaţiile: Analiza riscurilor pentru tunelurile rutiere (Risk analysis for road tunnels) PIARC - 2008 şi Ghidul dosarelor de securitate pentru tuneluri rutiere. Fascicula 4. Studii specifice ale pericolelor (Guide des dossiers de sécurité des tunnels routiers. Fascicule 4. Les etudes specifiques des dangers.) CETU-2005.

1.2 Termeni utilizaţi. Definiţii

Accident	Incident ce survine la apariţia unei situaţii de insecuritate pentru persoanele care se găsesc în tunnel.
AIPCR (PIARC)	(Asociaţia Mondială a Drumurilor) - Forum internaţional de analiză şi discuţii a problemelor de construcţie, exploatare şi siguranţă în domeniul rutier şi al tunelurilor rutiere.
Analiza consecinţelor	Procedura sistematică pentru descrierea şi/sau calculul consecinţelor.
Analiza probabilităţii	Procedura sistematică pentru descrierea şi/sau calculul probabilităţii asociată evenimentelor ce vor urma.
Analiza riscurilor	- Utilizarea sistematică a informaţiilor disponibile pentru identificarea pericolelor şi estimarea riscului (ISO IEC 51); - Analiza sistematică a secvenţelor şi a interacţiunii efectelor în accidente potenţiale; - Identificarea punctelor slabe în sistem şi recunoaşterea măsurilor de înbunătăţire posibile;
Analiza scenariului	Analiza consecinţelor unei game largi de accidente susceptibile a surveni în tunel.
Analiza siguranţei	Utilizarea sistematică a informaţiilor disponibile pentru identificarea riscurilor şi estimarea gradului de securitate.

Aprecierea riscului	Procedura globală ce conţine o analiză a riscurilor şi o evaluare a riscurilor (ISO IEC 51).
Aprecierea siguranţei	Procesul de ansamblu ce conţine o analiză a siguranţei şi o evaluare a siguranţei.
Consecinţă	Rezultatul unui eveniment care pune în pericol sănătatea oamenilor, a bunurilor sau a mediului înconjurător.
Criterii de risc	Elementele de referinţă faţă de care rezultatele analizei riscurilor trebuie să fie evaluate. Criteriile sunt în general bazate pe experienţă şi/sau cunoştinţe teoretice şi sunt utilizate ca bază de decizie în ceea ce priveşte nivelul de risc tolerabil.
Curba FN	Diagrama cu ordonata reprezentând distribuţia frecvenţei cumulate a lui N sau a mai multor tipuri ale consecinţe (de exemplu decese) şi abscisa reprezentând consecinţa corespunzătoare. Curba FN este folosită pentru reprezentarea riscului societal.
Estimarea riscurilor	Procedura de calcul a valorilor de risc, bazată pe analiza probabilităţii şi analiza consecinţelor.
Evaluarea riscurilor	Procedura bazată pe analiza riscurilor, pentru a determina dacă nivelul de risc tolerabil este atins (ISO IEC 51).
Evaluarea siguranţei	Procedura bazată pe analiza siguranţei pentru a determina dacă absenţa riscului inacceptabil a fost atinsă.
Eveniment	Împrejurare a unui set particular de circumstanţe care poate antrena un prejudiciu.
Frecvenţa	Specificarea numărului de unităţi în care se produce un eveniment într-un interval de timp definit (de exemplu accidente pe an).
Gestionarea riscului	Procesul sistematic condus de un organism în scopul atingerii şi menţinerii nivelului tolerabil de risc.

Gestionarea siguranţei	Proces sistematic întreprins pentru organizarea gestionării tunelului pentru obţinerea şi menţinerea nivelului conform de siguranţă.
Identificarea pericolelor	Risc legat de o persoană particulară (exprimat ca probabilitate de a fi rănit sau ucis).
Incident	Situaţie anormală sau neprevăzută cu efect nefavorabil asupra fluenţei traficului.
Manager (administrator) tunel	Organism public (naţional, regional sau local) sau privat sau public/privat, care este responsabil de gestiunea tunelului. În multe ţări gestionarul este şi proprietarul tunelului.
Metodologie	Ansamblul metodelor folosite într-o anumită ştiinţă, al cărui fundament îl constituie sistemul celor mai generale legi şi principii ale ştiinţei respective.
Metoda	Mod, procedeu sau ansamblu de procedee de cercetare, cunoaştere şi transformare a realităţii obiective. (Dicţionarul Enciclopedic Român).
Operator tunel	Agent de exploatare asigurând sarcinile de exploatare ale tunelului (pot exista mai multe persoane având responsabilităţi definite separat, de exemplu exploatare trafic şi gestiune tehnică). Operatorul poate face numai gestiunea traficului (în acest caz el este operator de trafic) sau poate gestiona traficul şi echipamentele, caz în care este operator tunel.
Percepţia riscului	Modul în care o parte percepe riscul, pe baza unui ansamblu de valori sau preocupări.
Pericol	Sursă potenţială de prejudiciu (rănire).
Prejudiciu	Rănirea prin atentarea la sănătatea persoanelor, sau punerea în pericol a proprietăţii sau a mediului înconjurător.
Probabilitate	Măsura în care un eveniment are şanse să se producă exprimat printr-un număr cuprins între 0 şi 1.

QRA	Evaluarea cantitativă a riscului
Reducerea riscurilor	Măsuri luate pentru a reduce probabilitatea şi/sau consecinţele negative asociate riscurilor.
Risc	- Combinarea probabilităţii de a se întampla un prejudiciu şi gravitatea sa (ISO IEC 51); - Combinarea probabilităţii şi consecinţele unui eveniment nociv; - Riscul unui sistem este suma riscurilor şi a tuturor evenimentelor nocive ale sistemului.
Risc societal	Riscul pertinent pentru societate (exprimat în general prin numarul aşteptat de decese sau prin curba FN)
Risc rezidual	Riscul ramas după ce măsurile de protecţie au fost luate.
Risc tolerabil	Riscul care este acceptat într-un context dat în funcţie de valorile actuale ale societăţii (ISO IEC 51)
Scenariu	Derularea unei situaţii iniţiate de un eveniment declanşator plasat în contextual său şi integrand dacă este cazul elementele agravante.
Siguranţă	Absenţa unui risc inacceptabil (ISO IEC 51).
Sistemul tunel	Include structura tunelului, instalaţiile tunelului, infrastructura interna şi externa, utilizarea tunelului şi gestionarea organizării tunelului.
Situaţie critică	Situaţie în tunel care necesită o atenţie sau o acţiune particulară din partea utilizatorilor tunelurilor (congestie, vehicul în pană, accident, incendiu).
Speranţa matematică	Suma frecvenţelor/probabilităţilor fiecarui eveniment sau scenariu multiplicată prin consecinţele corespunzătoare.
Utilizatori tunel	Conducătorii şi pasagerii vehiculelor care circulă prin tunel

1.3. Referinţe

1. EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL, Directive 2004/54/EC of the European Parliament and council of 29 April 2004 on the minimum safety requirements for tunnels of the trans-European road network, April 2004.

2. Parlamentul Romaniei. Legea 277/2007 (Lege privind cerinţele minime de siguranţă pentru tunelurile situate pe secţiunile naţionale ale Reţelei rutiere transeuropene)

3. PIARC Technical Committee C3.3. Road tunnel operation. Risk analysis for road tunnels. ISBN : 2-84060-202-4. 2008

4. Samuel Privara, Risk Analysis of Tunnels, Diploma Thesis, Czech Technical University Prague, Faculty of Electrical Engineering, Prague, 2009

5. PIARC Technical Committee C3.3. Integrated approach to road tunnel safety. ISBN : 2-84060-195-8. 2007

7. CETU. Guide des dossiers de sécurité des tunnels routiers. Fascicule 3. Les analyses des risques liés au transport des marchandises dangereuses. 2005

8. CETU. Guide des dossiers de sécurité des tunnels routiers. Fascicule 4. Les etudes specifiques des dangers (ESD). 2005

9. M. Holický, Risk analysis and optimization of road tunnels, 3rd International ASRANet Colloquium, 10 – 12th July 2006, Glasgow, UK.

10. Zografos, K., Androutsopoulos, K., Development and inplementation of an integrated Tunnel Safety Management System.

11. ISO/IEC Guide 51: 1999, Safety aspects –Guidelines for their inclusion in standards

12. ISO 9000: 2000, Quality management systems – Fundamentals and vocabulary

13. SAFE-T Consortium, "D61: Integrated Tunnel Safety Management Systems", Project Safety in Tunnels Thematic Network on Development of European Guidelines for upgrading tunnel safety, EC 5th Framework Programme Growth 2000, January 2005.

14. KHOURY, G.A., VAN DEN HORN, B, MOLAG, M., KALSTROM, H., TRIJSSENAAR, I., "Harmonised European Guidelines for Tunnel Safety", "Global Approach to Tunnel Safety", SAFE-T,WP7.1, 23 June 2006.

CAPITOLUL 2 - ANALIZA, EVALUAREA ŞI MANAGEMENTUL RISCURILOR

2.1. Principii generale

Tunelurile reprezintă sisteme tehnice complexe care pot fi expuse unor riscuri ce conduc la evenimente cu consecinţe serioase.

Siguranţa în tuneluri rutiere este asigurată printr-un ansamblu de reglementări descriptive (prescriptive) sau prin abordări bazate pe riscuri.

Reglementările descriptive specifică măsurile de siguranţă, acţiunile sau elementele procedurale care trebuie să fie incluse în proiectarea tunelurilor pentru atingerea obiectivelor dorite.

Modul de abordare bazat pe riscuri permite o apreciere structurată şi transparentă a riscurilor la un tunel dat, ţinând cont de condiţiile locale, factorii potentiali pertinenţi, interrelaţiile lor şi consecinţele posibile ale accidentelor.

Evaluarea riscurilor nu constituie un instrument simplu şi independent, ci reprezintă o procedură complexă, ce trebuie încorporată într-un Sistem de Management al Riscului (Fig1), care face parte din procesul de luare a deciziilor.

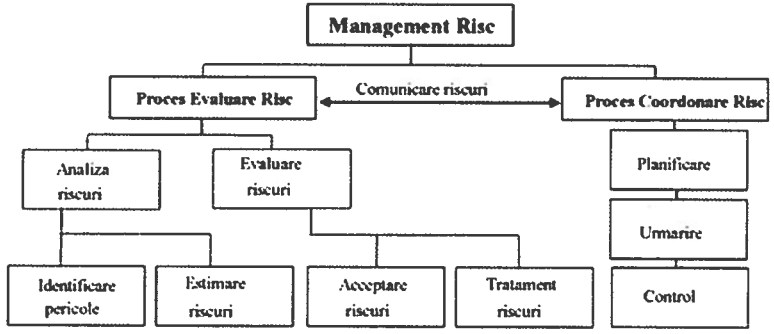


Fig. 1 - Schema Management risc (9), (12)

Principalele componente ale managementului riscului sunt Evaluarea riscurilor şi Coordonarea riscurilor legate printr-un inevitabil schimb de date (comunicarea riscului).

Procesul de evaluare a riscurilor cuprinde următoarele trei componente: analiza riscurilor, evaluarea riscurilor şi reducerea riscurilor.

Coordonarea riscurilor cuprinde următoarele trei componente: planificarea, urmărirea şi controlul. Analiza riscurilor constituie componenta principală a procesului de evaluare a riscurilor.

Analiza riscurilor este un mod de abordare sistematic de analiză a secvenţelor si interrelaţiilor aplicate incidentelor sau accidentelor potenţiale, care permite identificarea punctelor slabe ale unui sistem şi identifica măsurile de ameliorare posibile.

Analiza riscurilor serveşte la elaborarea unei strategii de securitate proactivă examinând riscurile potenţiale în mod sistematic, înlocuind astfel metodele empirice bazate în principal pe concluzii trase din incidente sau accidente care au avut deja loc.

Analiza riscurilor permite studierea şi compararea măsurilor de siguranţă complementare în termenii reducerii riscurilor şi propunerea unui ansamblu de măsuri complementare adaptate fiecărui caz în parte.

Rezultatele analizei riscurilor pot deasemeni servi ca bază pentru analiza cost beneficiu care ne poate asigura că investiţiile pentru reducerea riscurilor sunt alocate într-un mod care să garanteze nivelul optim de siguranţă.

Este esenţial de reţinut ca orice tip de analiză a riscurilor - oricare ar fi metoda utilizată – este un model mai mult sau mai puţin simplificator, bazat pe condiţii si ipoteze predefinite, si că nu este o reprezentare perfectă a realităţii.

2.2. Procesul de evaluare a riscurilor

Procesul de evaluare a riscurilor cuprinde urmatoarele trei componente: analiza riscurilor, evaluarea riscurilor şi reducerea riscurilor. Fig. 2 prezintă principalele etape ale procesului de evaluare a riscurilor.

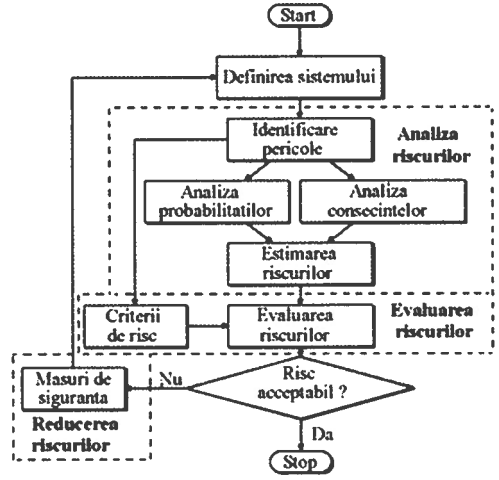


Fig. 2 - Procedura de evaluare a riscurilor (3), (11)

2.2.1. Analiza riscurilor

Analiza riscurilor are drept scop de a raspunde la o intrebare fundamentală: "Ce se poate întampla şi care sunt consecinţele posibile?"

Analiza riscurilor este un instrument care tratează, în general, consecinţele potenţiale nefaste ale unui sistem, prin dezvoltarea unui model al riscurilor inerente sistemului, cât mai realist posibil, în condiţiile imposibilităţii prezicerii unor evenimente din viitor.

Analiza riscurilor poate fi calitativă sau cantitativă sau o combinatie a celor două. În cazul analizei cantitative se estimeaza probabilitatea accidentelor, consecinţele lor (ex. decese, raniri, deteriorari materiale, intreruperea exploatarii etc.) şi indicatorii de risc care rezultă.

Procedura de analiză a riscurilor poate fi divizată în trei etape: identificarea pericolelor, analiza probabilităţilor, analiza consecinţelor.

Înainte de a intreprinde o analiză a riscurilor pentru un tunel rutier este necesar să se definească sistemul studiat compus din infrastructură, exploatare, utilizatori şi vehicule.

2.2.1.1 Definirea sistemului

Sistemul tunelului cuprinde infrastructura, echipamentele, traficul, procedurile etc., şi toate măsurile şi parametrii legaţi de securitate care au fost incluse în proiectarea unui tunel nou sau fac parte dintr-un tunel existent.

Se iau în considerare următorii parametri:

1. Infrastructura (tunel, galerii, echipamente, instalaţii)
- lungimea tunelului;
- numărul de galerii;
- numărul de benzi de circulaţie;
- geometria secţiunii transversale;
- traseul profilului longitudinal şi traseul în plan;
- tipul de construcţie;
- instalaţii (ventilaţie, iluminat, evacuare ape etc.);
- echipamente (comunicaţii, detectare, stingere incendii etc.) ;
- tipul şi alcătuirea galeriilor de evacuare.

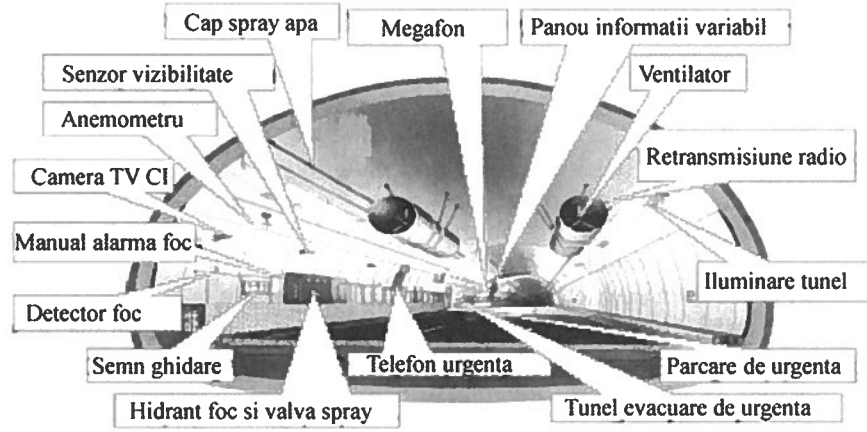


Fig. 3 - Sistemul tunel –Infrastructura (Structură, instalaţii, echipamente)

2. Exploatare
- tipul de trafic – unidirecţional sau bidirecţional;
- riscul de congestie, zilnic sau sezonier;
- timpul de acces pentru serviciile de urgenţă;
- caracteristicile drumurilor de acces;
- lăţimea benzii de circulaţie;
- aspecte privind viteza;
- situaţia centrelor de exploatare şi intervenţie în raport cu tunelul;
- mediul natural înconjurător (geographic, geologic, hidrologic şi meteorologic).

3. Utilizatori
- mediul rutier (tipul utilizatorilor, principalele itinerarii, condiţii de circulaţie);
- mediul uman înconjurător (populaţie şi tipul de activitate desfăşurat)

4. Vehicule
- tipul şi procentajul vehiculelor care tranzitează tunelul;
- volumul traficului pentru fiecare tub, inclusiv distribuţia temporală;
- prezenţa şi procentajul vehiculelor grele pentru transportul de mărfuri;
- prezenţa şi procentajul traficului de mărfuri periculoase, precum şi tipul de mărfuri periculoase transportate;

2.2.1.2. Identificarea pericolelor

Identificarea pericolelor reprezintă procedura sistematica de identificare şi erarhizare a tuturor pericolelor pertinente şi de analizare a efectelor lor combinate.

Pentru a ajuta la identificarea pericolelor şi la constituirea unui limbaj comun pentru toţi factorii implicaţi, în Anexa A este prezentată o listă ghid a evenimentelor periculoase ce se pot produce în tuneluri. Această listă trebuie adaptată la specificul tunelului studiat.

În acest ghid au fost utilizaţi următorii termeni:

- **Situaţii generatoare de accidente** (viteza excesivă, vehicul oprit pe carosabil etc.) sunt situaţii care, fără a crea un pericol imediat, sunt de natură să crească probabilitatea de producere a unui eveniment declanşator sau a mai multor evenimente declanşatoare în lanţ.
- **Evenimente declanşatoare** sunt evenimentele care marchează debutul unei situaţii de pericol grav pentru utilizatori (accident, incendiu, etc.) şi care constituie puncte de plecare pentru scenarii.
- **Elemente agravante** sunt elementele de context care sunt de natură să agraveze consecinţele unui eveniment declanşator (deficienţe ale ventilaţiei unui tunel, condiţii meteo defavorabile etc.).

2.2.1.3. Analiza probabilităţilor

Analiza probabilităţilor reprezintă procedura de determinare a probabilităţii de producere a unor evenimente/scenarii relevante. Scenariul este derularea unei situaţii iniţiate de un eveniment declanşator plasat în contextual său şi integrând dacă este cazul elementele agravante.

Fiecare scenariu începe printr-un eveniment declanşator şi se urmăreşte apoi cronologia evenimentelor până la punerea în siguranţă a utilizatorilor. Aceste evenimente şi derularea lor depind de:

- dezvoltarea fenomenelor într-un mediu închis (propagarea fumului, lichidelor, gazelor şi căldurii în interiorul unui tunel sub efectul condiţiilor geometrice, mecanice şi a caracteristicilor şi deplasării vehiculelor);
- comportamentul utilizatorilor (în special deplasarea către ieşirile de evacuare) ;
- punerea în operă a dispozitivelor şi procedurilor de securitate (sisteme de detecţie, declanşarea şi funcţionarea echipamentelor, reacţia administratorului, intervenţia serviciilor de ajutor, etc.).

Studiul scenariilor trebuie să permită:

- definirea rolului concret al fiecărui dispozitiv sau procedură în limitarea efectelor care pun în pericol utilizatorii tunelului;
- evidenţierea interacţiunilor între diferite dispozitive şi proceduri;
- identificarea slăbiciunilor fiecăruia individual astfel încât să funcţioneze ansamblul;
- determinarea existenţei zonelor mai mult sau mai puţin periculoase, atât la nivelul tunelului cât şi al mediului (opacitate, gaz toxic, temperatură, suprapresiune, etc.) şi evaluarea numărului de personae susceptibile de a fi expuse.

Pentru studiul scenariilor anumite elemente care au o influenţă determinantă trebuie standardizate:

- parametrii surselor de incendiu (cantitatea de căldură, de fum şi de gaz toxic emise de un incendiu în funcţie de timp, după tipul vehiculului al cărui incendiu este luat drept eveniment declanşator);
- criterii de supravieţuire în atmosferă viciată (fum, gaze, căldură);
- comportamentul utilizatorilor (atât la formarea dopurilor de vehicule cât şi la părăsirea vehiculelor pentru a ajunge la ieşirile de evacuare).

Fiecare scenariu de accident este dezvoltat în manieră inductivă cu un instrument probabilistic numit Arbore de Evenimente (Event Tree, ET). Un ET incepe cu un eveniment declanşator iniţial (IE) şi continuă prin evenimente pivot până ce se atinge starea finală.

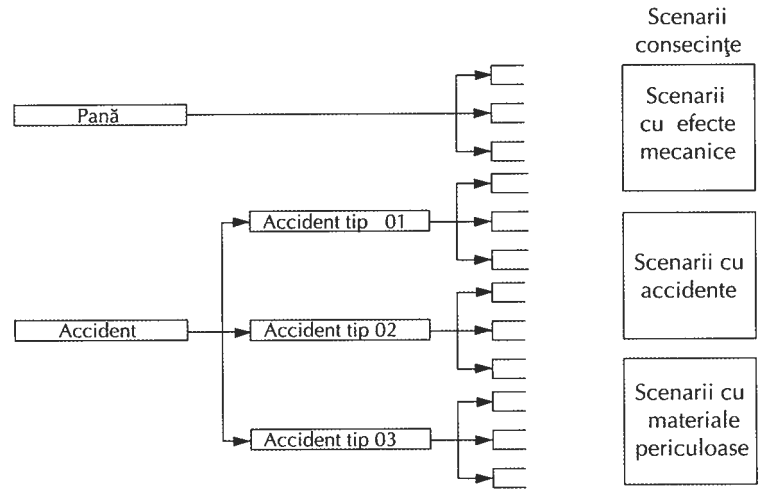


Fig. 4 - Arbore evenimente

Desfăşurarea accidentului este modelată prin acest instrument grafic inductiv ET, deoarece acest mod de prezentare permite o conexiune complexă între IE şi secvenţele ulterioare evenimentului, fiind mai puţin rigid şi mult mai uşor de înţeles de manageri şi de personalul ne-tehnic. ET permite o legătură convenabilă şi cu Arborele de Defecte (Fault Tree, FT) (Anexa B).

Fiecare defect al evenimentului pivot în scenariul accidentului este modelat în manieră deductivă cu ajutorul FT. Evenimentul superior al FT este dat ca o negare a evenimentului pivot definit în scenariul accidentului (Fig. B4, Anexa B).

Există un număr infinit de posibilităţi ale apariţiei evenimentelor periculoase şi este imposibil de a lua în considerare toate situaţiile. Studiile trebuie să se limiteze la un anumit număr de scenarii reprezentative, cu riscul că scenarii importante pot fi neglijate, sau că o importanţă mai mare să fie acordată efectelor minore.

2.2.1.4. Analiza consecinţelor

Analiza consecinţelor reprezintă procedura de investigare a consecinţelor riscurilor relevante.

Consecinţele fiecărui mod de defectare al sistemului sau ale funcţiilor acestuia trebuie să fie identificate, evaluate şi înregistrate. Consecinţele pot fi clasificate din punct de vedere al gravităţii evenimentelor produse in tunel în clase de gravitate.

Clase de gravitate	Grad	Consecinţe
I Catastrofice	10	Răniri, intoxicări grave, morţi
II Critice	7-9	Răniri, intoxicări uşoare
III Semnificative	4-6	Nivel redus expunere persoane, pierderi minore sistem
IV Minore sau nule	1-3	Pierderi materiale minore fără răniri persoane

Fig.5 - Clase de gravitate

Clasificarea consecinţelor după gravitate constituie baza pentru stabilirea priorităţilor şi acţiunilor corective.

2.2.2. Evaluarea riscurilor

Evaluarea riscurilor se referă la nivelul de acceptabilitate şi trebuie să raspundă la intrebarea: "Este riscul estimat acceptabil?" Pentru o evaluare a riscurilor sistematică şi fezabilă este necesar să se definească criteriile de risc şi să se determine care sunt nivelurile de risc considerate acceptabile;

Diferite tipuri de criterii de risc sunt disponibile in cadrul evaluării riscurilor. Acestea nu pot fi alese arbitrar şi depind de metoda utilizată pentru analiza riscurilor.

Următoarele tipuri de criterii de risc pot fi utilizate:

- aprecierea unui expert (criterii subiective calitative);
- normele sau recomandările prescriptive (criterii calitative);
- criterii asociate scenariilor: valorile de plecare pentru probabilităţi, timpi de evacuare, timpi de acces, pentru serviciile de salvare, definirea unei situaţii tolerabile (criterii calitative sau cantitative);
- riscul individual aşteptat: probabilitatea de a fi rănit/omorât pe an a unei persoane date expusă la un risc (criteriu cantitativ);
- risc societal - valoare probabilă: numărul mediu de decese în tunel în timpul unui an (crteriu cantitativ);
- risc societal cumulativ - curba F/N; linii sau zone de acceptabilitate pe graficele FN, care reprezintă grafic riscul societal în termeni de frecvenţă şi număr de decese simultane (criterii cantitative);
- parametri de eficacitate bugetară: costul masurilor de securitate în relaţie cu capacitatea lor de a reduce riscurile (criterii cantitative).

Criteriile de risc cantitative pot fi utilizate ca valori de început (un sistem va fi considerat ca sigur dacă valoarea riscului asociat este inferioară valorii definite la început) sau ca bază de comparaţie relativă (de exemplu compararea între diferite masuri de securitate sau compararea unui sistem cu un sistem de referinţă în materie de securitate).

Anumite criterii cantitative permit deasemeni integarea influenţei percepţiei riscurilor (efectul asupra publicului a catastrofelor importante care antrenează numeroase decese) în procesul de evaluare a riscurilor (de exemplu reducerea valorii de început a riscurilor pentru accidentele prezentând consecinţe grave).

Nivelul de risc este funcţie de frcvenţa producerii unui eveniment nedorit şi efectele potenţiale finale nefavorabile (gravitatea consecinţelor) şi poate fi reprezentat prin matricea riscului (matricea Frecvenţă - Consecinţe) care este compusă din matricea frecvenţei (Fig. 6) şi matricea consecinţelor (Fig. 5,7).

Nr.	Categorii frecvenţă	Frecvenţă anuală
6	Foarte des	>10
5	Frecvent	1 - 10
4	Ocazional	0.1 - 1
3	Moderat	0.01 - 0.1
2	Rar	0.001 - 0.01
1	Foarte rar	0.0001 - 0.001
0	Extrem de rar	<0.0001

a

Nr.	Frecvenţa
1	Foarte inprobabil
2	Inprobabil
3	Ocazional
4	Probabil
5	Frecvent

b

Fig.6 - Reprezentarea frecvenţei

Matricea frecvenţei exprimă modul de producere al unui eveniment nedorit atât în reprezentare calitativă (rar, f. rar) cât şi cantitativă (0.1, 1). Frecvenţa producerii unui eveniment nedorit poate fi exprimată şi sub altă formă calitativă (Fig. 5b). Matricea consecinţelor poate fi deasemeni reprezentată calitativ (serios, neglijabil) sau cantitativ (3,4).

Tip consecinţe	Neglijabile	Marginale	Considerabile	Serioase	F. serioase
	0	1	2	3	4
Angajaţi					
Utilizatori					
Mediu					

Fig. 7 Matrice consecinţe

Matricile de risc sunt combinaţii de riscuri şi consecinţe şi stabilesc posibile nivele de risc (acceptabil, acceptabil cu condiţii, inacceptabil).

		Consecinţe				
		Neglijabile	Marginale	Considerabile	Serioase	F. Serioase
Frecvenţa		0	1	2	3	4
Foarte des	6	6	7	8	9	10
Frecvent	5	5	6	7	8	9
Ocazional	4	4	5	6	7	8
Moderat	3	3	4	5	6	7
Rar	2	2	3	4	5	6
Foarte rar	1	1	2	3	4	5
Extrem de rar	0	0	1	2	3	4

Fig. 8 Matrice evaluare riscuri

Frecvenţa/ Consecinţe	1 F. Improbabil	2 Improbabil	3 Ocazional	4 Probabil	5 Frecvent
Catastrofic				Inacceptabil	
Critic					
Major			Acceptabil cu condiţii		
Minor	Acceptabil				

Fig. 9 Matrice prioritizare risc

2.2.3. Reducerea riscurilor/ planificarea măsurilor de securitate

Dacă riscul estimat este considerat ca nefiind acceptabil, măsuri de siguranţă complementare trebuie să fie propuse. Planificarea măsurilor de securitate trebuie să raspundă la întrebarea : "Care sunt măsurile de securitate necesare pentru a garanta securitatea sistemului (şi optimizarea costurilor)?".

2.4. Procesul de Coordonare a riscurilor

2.4.1. Planificarea

Planificarea decide ce va fi urmărit, acţiunile corective de început şi acţiunile de control ale riscului. Există o varietate de moduri de abordare a riscului:

- reducerea (scopul este de a elimina riscul sau a reduce probabilitatea lui);
- acceptarea (un plan de recuperare documentat şi testat trebuie să fie făcut cu scopul de a răspunde la consecinţele riscului acceptat în caz de producere al acestuia);
- cercetarea (colectarea, analizarea şi evaluarea informaţiilor adiţionale ce conduc la cea mai bună decizie viitoare);
- monitorizarea (monitorizarea comportării riscului).

2.4.2. Urmărirea

În această etapă se urmăresc performanţele programului şi se compară cu planul initial.

Aceasta inplică colectarea, evaluarea şi analizarea datelor de risc pentru a determina tendinţele riscului. Urmărirea trebuie să răspundă la întrebarea dacă reducerea riscului şi măsurile de reducere sun eficiente sau tendinţele riscului sunt apropiate de nivelul de activare.

2.4.3. Controlul

Controlul dă o soluţie pentru riscul cel mai apropiat, execută acţiuni de control corespunzătoare şi verifică eficienţa lor. Acţiunea de control este bazată pe un proces de reacţie sau monitorizarea datelor curente. Actiunile includ schimbarea planului curent, închiderea riscului, acceptarea unui nou plan sau continuarea celui existent.

CAPITOLUL 3. METODOLOGIE PENTRU ANALIZA ŞI EVALUAREA RISCURILOR (3)

3.1. Componenetele metodologiei de evaluare a riscurilor

3.1.1. Tipuri de metode

Există o gamă largă de metode calitative şi cantitative pentru fiecare etapă a procesului de evaluare a riscurilor. Fig. 10 prezintă o panoramă a metodelor care pot fi utilizate în cele trei etape de evaluare a riscurilor. Metodele disponibile pot fi împărţite în două grupe: metode calitative şi cantitative.

3.1.1.1. Metode calitative (A)

Metodele calitative au în mod normal o complexitate mai mică decât metodele cantitative şi sunt bazate pe aplicarea criteriilor de evaluare definite în mod arbitrar.

Metodele calitative sunt adesea simple, suple şi uşor de aplicat şi pot fi utilizate la aproape orice tip de problemă (chiar dacă nici o dată cantitativă nu este disponibilă).

Totuşi ele prezintă riscul ca o prea mare importanţă să fie acordată impresiilor subiective, iar corelaţiile între diferite elemente ale sistemului studiat să nu fie luate, sau să fie luate insuficient, în consideraţie.

3.1.1.2. Metode cantitative (B)

Metodele cantitative încearcă să structureze evenimentele susceptibile de a interveni într-un sistem într-un mod logic şi integrat.

Diferite scenarii sunt studiate împreună cu dezvoltările lor posibile şi factorii care-i influenţează. Frecvenţa şi/sau consecinţele asociate scenariilor sunt estimate pentru fiecare cale de dezvoltare potenţială.

Parametrii cantitativi care influenţează diferitele evenimente sunt identificaţi şi riscurile asociate sunt determinate.

Unul din principalele avantaje ale metodelor cantitative este reprezentarea transparentă a riscurilor estimate, ceea ce permite să se obţină o mai bună înţelegere a corelaţiilor complexe.

Totuşi, anumite aspecte nu pot fi modelate în mod adecvat (cu resurse rezonabile de timp şi bani) şi deasemeni este posibil ca datele cantitative să fie insuficiente pentru a permite o cuantificare corectă a principalilor parametri.

Metodele cantitative prezintă adesea un nivel de complexitate ridicat care le face mai greu de înţeles şi utilizat.

3.1.2. Tipuri de moduri de abordare bazate pe riscuri

3.1.2.1. Moduri de abordare bazate pe scenarii

În acest tip de mod de abordare este definit un set de scenarii relevante, este estimată probabilitatea fiecărui scenariu şi sunt analizate consecinţele potenţiale.

Evaluarea riscurilor este efectuată separat pentru fiecare scenariu în funcţie de caracteristicile proprii (ex. frecvenţa scenariului, parametrii care descriu efectele şi consecinţele scenariului). O aplicaţie tipică a modului de abordare bazat pe scenarii poate fi optimizarea proiectării căilor de evacuare.

Modurile de abordare bazate pe scenarii permit o analiză detaliată a problemelor specifice, şi includ corelaţii între efecte, fără a fi necesară cuantificarea fiecărui parametru individual.

Acest mod de abordare este bine adaptat analizelor detaliate dependente de timp a evenimentelor sau pentru stabilirea realistă a unui plan de intervenţii de urgenţă.

egis
DOCUMENTATION

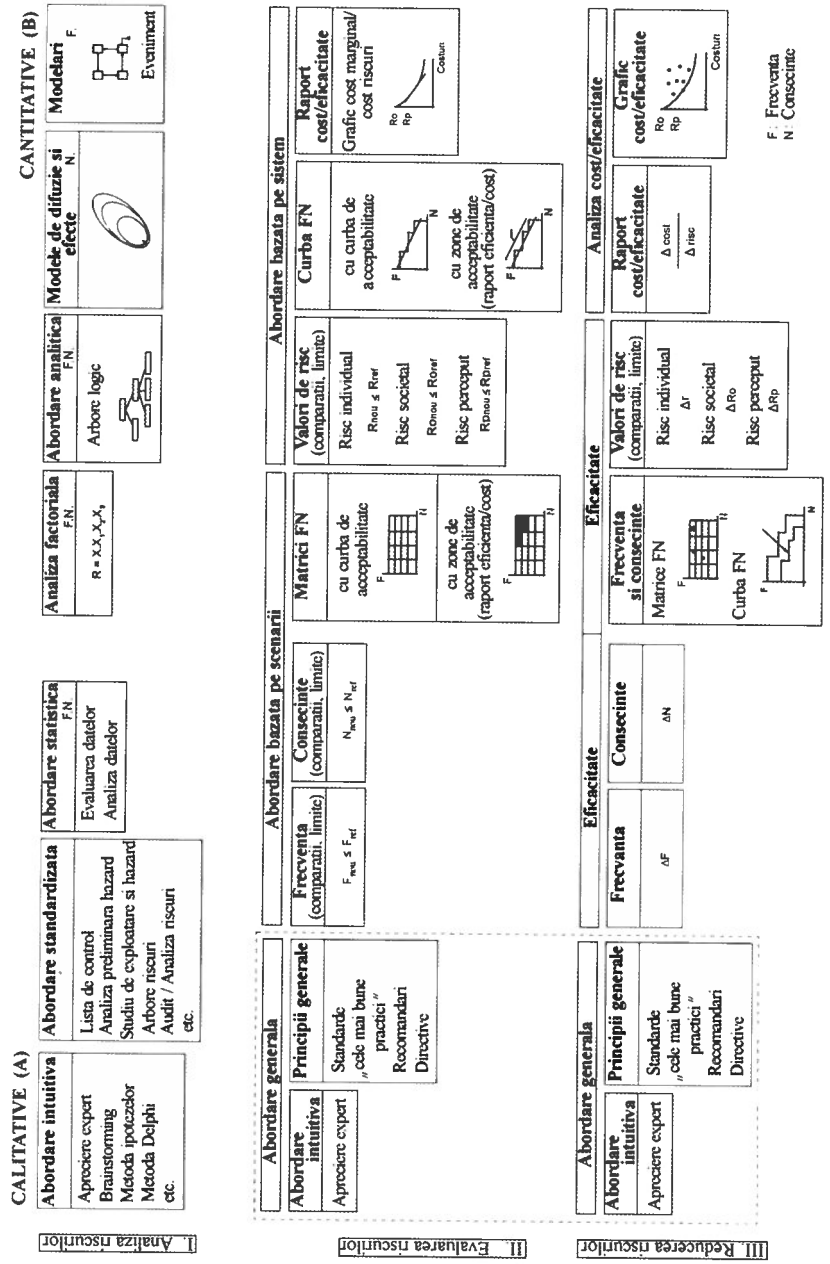


Fig. 10 Vedere de ansamblu a metodelor utilizate în cadrul evaluării riscurilor (3)

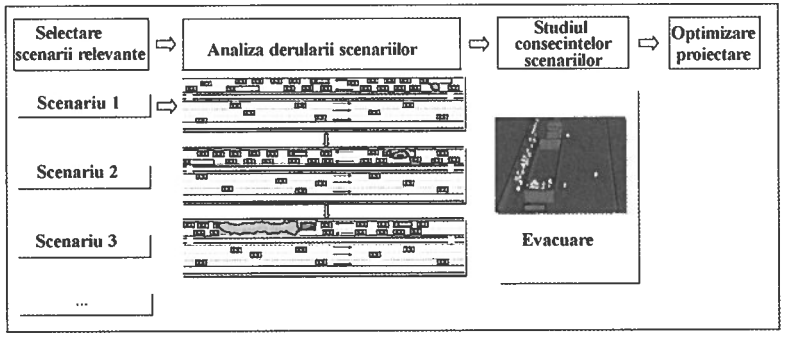


Fig. 11 Exemplu de mod de abordare bazat pe scenarii

3.1.2.2. Moduri de abordare bazate pe sistem

În acest tip de mod de abordare, indicatorii de risc sunt estimaţi pentru sistem în ansamblul său.

Astfel, toate evenimentele/scenariile susceptibile a afecta persoanele legate de sistemul studiat sunt luate în considerare. Evaluarea riscurilor este efectuată pentru sistemul tunel în ansamblul său, pe baza indicatorilor de risc ai sistemului (speranţa matematică, curba F/N).

Un exemplu tipic de aplicare a acestui tip de mod de abordare este evaluarea diferitelor măsuri de securitate complementare în termenii impactului lor asupra riscurilor.

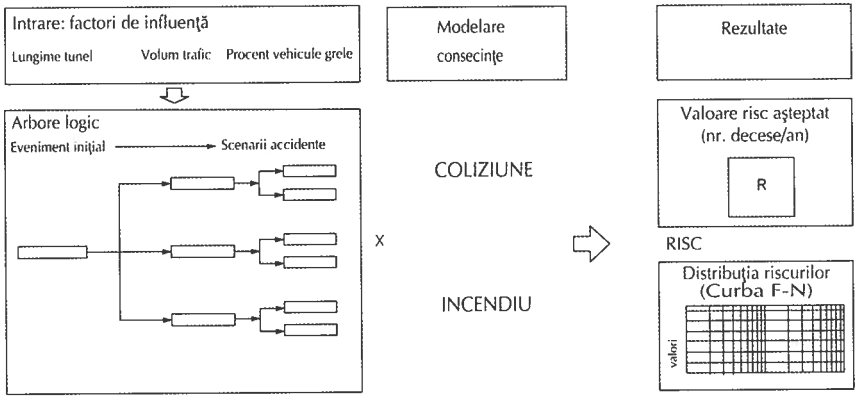


Fig. 12 Exemplu de mod de abordare bazat pe sistem

3.2. Utilizarea diferitelor metode în fiecare etapă a procesului de evaluare a riscurilor

Diferite metode pot fi specificate pentru fiecare din cele trei etape ale procesului de evaluare a riscurilor:

- **analiza riscurilor (I)**: Pentru analiza riscurilor, diferite metode sunt adesea combinate. De exemplu, în aplicaţii practice este uzual, necesar să se combine componentele calitative şi cantitative, datorită datelor insuficiente;
- **evaluarea riscurilor (II)**: Alegerea metodei pentru evaluarea riscului este strâns legată de metodologia de analiză a riscului aplicată. Uzual metodele de evaluare pot fi combinate numai în mod limitat;
- **reducerea riscurilor (III)**: Studiul măsurilor de securitate (complementare) pentru reducerea riscurilor trebuie să facă apel la aceleaşi metode utilizate pentru analiza şi evaluarea riscurilor. Măsurile de securitate trebuie să fie integrate în scenarii şi în sistem şi efectele lor trebuie să fie estimate şi evaluate.

O procedură completă de evaluare a riscurilor poate fi pusă la punct combinând metode de analiză, evaluare şi reducere a riscurilor.

Aceste componete diferite nu pot fi combinate de o manieră arbitrară. Anumite metode de evaluare necesită anumite metode de analiză.

Alegerea celor mai adecvate metode pentru evaluarea riscurilor la un tunel rutier dat depinde de criterii variate: exigenţele specifice ale problemei studiate, complexitatea şi carateristicile sistemului, disponibilitatea datelor specifice sau a altor informaţii pertinente (performanţa sub-sistemelor etc.)

Metodele calitative simple cum este "aprecierea unui expert" (expertiza) nu fac adesea suficientă distincţie între analiza riscurilor şi evaluarea riscurilor şi în consecinţă nu sunt adaptate problemelor complexe. Totuşi aceste metode sunt adesea indispensabile şi vin în completarea metodelor mai complexe prin furnizarea unor răspunsuri la probleme speciale specifice, în special în situaţii în care nu sunt date disponibile.

Complexitatea crescândă a sistemelor încurajează recursul la metodele calitative care sunt arborii logici şi metodele de simulare a consecinţelor.

Arborii logici de evenimente sunt adesea utilizaţi pentru a analiza probabilităţile şi mijloacele de simulare (permiţând de exemplu să se calculeze distribuţia fumului sau să se simuleze evacuarea utilizatorilor în caz de incendiu) ce pot fi utilizate pentru a modela consecinţele în cadrul modelelor globale şi integrate.

Complexitatea acestor metode necesită o limitare la parametrii cei mai importanţi (şi cuantificabili), ceea ce antrenează pierderi de informaţii specifice.

Numeroase proceduri cantitative se bazează pe date statistice şi sunt adesea asociate cu aprecierile unui expert care sunt necesare pentru a completa lipsă de informaţii din baza de date.

Pentru modurile de abordare bazate pe scenarii, metodele calitative şi cantitative pot fi utilizate în combinaţie. Modul de abordare bazat pe sistem necesită metode cantitative.

3.3. Limite datorate datelor

În contrast cu accidentele produse pe secţiunile rutiere în aer liber, există relativ puţine date asupra accidentelor în tunelurile rutiere şi statistici nu sunt publicate decât în puţine ţări.

Informaţiile asupra incendiilor în tuneluri sunt şi mai rare.

Utilizarea statisticii incidentelor necesită luarea în considerare a diferenţelor posibile în ceea ce priveşte nivelul de securitate.

În practică, ratele incidentelor variază de la un tunel la altul în funcţie de factori cum sunt ţara, situaţia geografică, geometria, tipul de trafic, densitatea, sistemele de securitate şi procedurile de gestionare. Ratele accidentelor pot deasemeni să suporte importante evoluţii în timp.

Utilzarea datelor istorice fără a aduce corecţii pentru compensarea evoluţiei şi circumstanţelor diferite poate da rezultate greşite, care nu corespund realităţii observaţiilor asupra frecvenţei incendiilor de vehicule în tuneluri şi în aer liber.

Anumite metode de evaluare a riscurilor pot stabili categoriile de scenarii de incendii în funcţie de puterea termică şi de numărul şi tipul de vehicule implicate.

În practică poate fi dificil de a distinge anumite categorii în termeni statistici, ceea ce sugerează că în astfel de cazuri poate fi de preferat a recurge la categorii mai largi şi mai numeroase.

Probabilitatea ca un incendiu implicând un vehicul greu să degenereze într-un incendiu de mare amploare depinde de natura combustibilului şi de cantitatea marfurilor transportate şi de faptul dacă mărfurile sunt atinse de foc.

Presupuneri şi estimări pot fi făcute pentru fiecare din aceste aspecte, dar există puţine date statistice pentru a le susţine.

În termeni de consecinţe, prezicerea fiabilă a numărului de răniţi sau morţi este dificilă datorită influenţei capitale şi incerte a comportamentului uman.

Modelarea evacuării şi comportamentul utilizatorilor în cazul unei situaţii de pericol este posibilă, dar rezultatele vor fi întotdeauna tributare datelor şi ipotezelor de plecare.

Este posibil să se deducă estimări orientative ale numărului de victime plecând de la rapoarte existente asupra accidentelor survenite în tuneluri, dar această abordare suferă datorită informaţiilor reduse disponibile (ex. asupra dezvoltării efective a focului). Fără aceste informaţii este dificil de a interpreta corect accidentele.

3.4. Selectarea metodelor – descriere detaliată

În continuare, sunt sintetizate caracteristicile relevante ale celor mai importante metode selectate. Conform procedurii descrise, ele sunt dispuse în trei etape ale procesului de evaluare a riscului: analiza riscului, evaluarea riscului şi planificarea măsurilor de siguranţă. Pentru fiecare metodă, sunt prezentate următoarele caracteristici: - Metoda; - Descriere; - Scopul; - Avantaje/dezavantaje.

I. Analiza Riscului

I.A. Abordări calitative

I.A.1. Abordări intuitive

I.A.1.1. Apreciere expert. Expertiză

Descriere: Expertiza este o estimare a mai multor experţi din domeniul de activitate legat de subiectul particular tratat. Estimarea reflectă cunoştinţele şi experienţa acestor specialişti. Expertiza poate fi de tip calitativ sau cantitativ. Expertiza poate fi baza metodelor ulterioare.

Scop:
- Definirea frecvenţei consecinţelor şi riscurilor;
- Evaluarea comparativă a frecvenţei, extinderii şi riscurilor;
- Evaluarea măsurilor de siguranţă, estimarea costurilor, estimarea posibilei reduceri a riscului datorită măsurilor de siguranţă;
- Adecvat pentru estimarea în subsisteme sau în cazul lipsei bazelor de date;
- Verificarea plauzibilităţii

Avantaje / Dezavantaje:
- Complexitate redusă;
- „Calitatea" estimării depinde de experienţa şi cunoştinţele experţilor;
- Expertizele pot fi serios afectate de experienţe (curente, individuale);
- Pericolul de a ignora anumite aspecte („nu poate fi, ce nu ar putea fi");
- Lipsa unui studiu aprofundat.

I.A.1.2. Metoda ipotezelor "What if". („Ce se va întâmpla dacă...?")

Descriere: Metoda "What if" este o metodă creativă, ce se realizează în cadrul unui colectiv. Se pleacă de la întrebarea „Ce se va întâmpla dacă...?". Fiecare membru formulează întrebări specifice, la care se răspunde în cadrul colectivului. În acest fel, sunt recunoscute posibilele hazarduri din timpul unui proces. În continuare, sunt identificate posibile măsuri de combatere.

Scop:
- Identificarea şi analizarea riscurilor;
- Definirea măsurilor de siguranţă;
- Instrument de măsură şi siguranţă pentru planificarea sau îmbunătăţirea unui sistem bine orientat către corelări cauzale simple, neadecvat pentru sistemele complexe.

Avantaje / Dezavantaje:
- Complexitate redusă;
- Detector de puncte slabe în cadrul sistemului;
- Calitatea rezultatelor depinde direct de compoziţia colectivului;
- Uneori, elemente cruciale dintr-un sistem cu relevanţă în sfera riscului, pot fi ignorate sau nedepistate;
- Nu se aplică în cazul evaluărilor comparative ale siguranţei.

I.A.2. Abordări standardizate

I.A.2.1. Procedura de verificare listată "Checklist"

Descriere: Procedura de verificare listată (PVL) este o metodă simplă, pur calitativă, pentru o primă inspectare a unui sistem. Este utilizată frecvent în combinaţie cu alte metode, sau ca bază pentru alte metode de analiză. Verificările listate conţin o listă de întrebări. Pe baza procedurilor de verificare listată este analizat un sistem.

Scop:
- Analiza infrastructurii, sistemelor şi proceselor;
- Identificarea şi analiza pericolelor;
- Adecvată pentru analizele de rutină / repetitive;
- Procedura de verificare listată este folosită frecvent în industria chimică.

Avantaje / Dezavantaje:
- Complexitate redusă;
- (PVL) are avantajul unei structuri simple şi posibilităţii de aplicare pe scară largă;
- PVL dă o primă vedere de ansamblu a problemelor potenţiale de siguranţă;
- Cu cât sistemul analizat este mai complex, cu atât mai complexe devin şi verificările listate;
- Este discutabil dacă sunt recunoscute sau nu toate aspectele importante ale unui sistem;
- Riscurile care apar din combinaţiile condiţiilor specifice sau evenimentelor induse, deseori nu sunt identificate explicit;
- Calitatea analizei depinde direct de completitudinea listei de verificare si de cunoştinţele utilizatorilor.

I.A.2.2. Auditul siguranţei

Descriere: Auditul siguranţei are drept obiectiv examinarea unui sistem privind punctele slabe şi pericolele specifice. Se analizează un sistem/unitate în discuţie, împreună cu personalul operator în vederea identificării posibilelor pericole şi/sau puncte slabe. Procedura include o inspectare a unităţii.

Scop:
- Analiza punctelor slabe;
- Evaluarea măsurilor de siguranţă;
- Îmbunătăţirea unui sistem existent, nu instrument de planificare.

Avantaje / Dezavantaje:
- Efort mic pentru obţinerea primelor rezultate;
- Colaboratorii ce iau parte la interviuri pot deveni conştienţi de pericolele existente(efect de pregătire) ;
- Procedura este legată de practică;
- Nu sunt informaţii despre relevanţa unui pericol specific şi/sau unor puncte slabe;
- Nu se aplică la evaluarile comparative ale siguranţei.

I.A.3. Abordare statistică

I.A.3.1. Analiza statistică a datelor. Evaluarea statistică a datelor

Descriere: Analiza datelor colectate (experienţă). Analiza poate fi făcută pentru frecvenţă şi consecinţe. Având date suficiente, pot fi estimate informaţii despre parametrii de distribuţie, abateri standard, etc. Dincolo de analiza datelor, întotdeauna este necesară o interpretare.

Scop:
- Adecvată pentru sistemele cu următoarele particularităţi :
- Tehnologie bine stabilită;
- Date suficiente despre evenimente.
- Rezultatele analizei statistice a datelor pot constitui baza pentru evaluarea riscurilor. În plus, ele pot furniza date de alimentare pentru arborii logici (arbori de eroare sau de eveniment).
- Analizele statistice ale datelor sunt o bază importantă a tuturor analizelor cantitative.

Avantaje / Dezavantaje:
- Legătura dintre realitate şi modele;
- Condiţiile de limitare, în cadrul cărora sunt prelucrate datele, deseori sunt neuniforme şi nu mai sunt cunoscute la momentul analizei;
- Evenimentele extreme deseori nu au loc în timpul perioadei de investigare (incompletitudinea datelor).

I.B. Abordări cantitative

I.B. 1. Abordare analitică

I.B.1.1. Arbori logici. Analiza arborelui defectelor (FTA)

Descriere: FTA este utilizată pentru determinarea funcţiilor logice ale elementelor constitutive ale unui sistem sau ale subsistemelor sale, care poate duce la un eveniment nedorit (eveniment superior). În practică, acesta include identificarea sistematică a tuturor combinaţiilor posibile de defecte (cauze) şi a evenimentelor ce stau la baza acestora, care pot duce la un anumit eveniment dat nedorit. Metoda FTA este una deductivă (logică descendentă). Punctul de plecare este o stare definită a sistemului analizat (eveniment superior), care se continuă de sus în jos către un eveniment de bază. Pentru determinarea cantitativă a frecvenţei evenimentului nedorit (superior), sunt necesare caracteristicile de fiabilitate ale evenimentelor de bază analizate.

FTA sunt în general realizate grafic utilizând o structură logică cu circuite logice de tip AND (ŞI) şi OR (SAU) prezentate în AnexaB.

Scop:
- FTA este utilizată pentru sistemele noi şi pentru investigaţii în caz de distrugere.

- FTA poate fi folsită pentru analiza tuturor sistemelor tehnice:
  - Analiza cauzelor evenimentelor nedorite (evenimente de top);
  - Determinarea frecvenţei evenimentelor nedorite (evenimente de top);
  - Identificarea posibilelor sisteme de siguranţă.

Avantaje / Dezavantaje:
- FTA permite formulări cantitative exacte;
- Reprezentarea grafică într-un arbore logic de defecte presupune înţelegerea conexiunilor şi legăturilor unui sistem, care de obicei nu sunt uşor de recunoscut;
- FTA permite analizarea evenimentelor pentru care nu există informaţii / date disponibile. Deci sunt luate în calcul datele pentru elementele constitutive ale sistemului;
- Pentru sisteme mari, arborii de eroare se pot ramifica şi pot deveni foarte complicaţi;
- Pe planul elementelor constitutive, datele statistice disponibile sunt deseori insuficiente, şi apare necesitatea de estimări făcute de experţi;
- Disponibilitatea limitată a datelor statistice şi multitudinea factorilor de influenţă relevanţi nu permit decât o evaluare comparativă a variantelor.

I.B.1.2. Arbori logici. Analiza arborelui evenimentelor (ETA)

Descriere: Prin ETA, sunt determinate evenimentele care pot fi generate dintr-un eveniment dat iniţial. Este o analiză inductivă (evenimentul iniţial şi evenimentele generate). ETA ilustrează evenimentele posibile în sisteme sau unităţi (mari), care pot rezulta dintr-un eveniment iniţial. De aceea, consecinţele pe care le cauzează un eveniment iniţial într-un sistem, sunt parcurse gradat pâna la un stadiu final al sistemului (condiţia de „funcţionare" sau „blocare" a unităţii). Fiecare eveniment din acest lanţ preia consecinţele evenimentelor precedente. Prin folosirea unei reprezentări grafice simple, şirul operaţional logic arată care dintre subsistemele generate cedează sau funcţionează (logica binară).

Scop:
- ETA poate fi utilizată pentru descrierea şi cuantificarea evenimentelor de toate tipurile.
- În mod preferenţial, este folosită pentru investigarea disfuncţiilor şi incidentelor în cadrul sistemelor tehnice:
  - Analiza consecinţelor evenimentelor;
  - Determinarea frecvenţelor evenimentelor;
  - Identificarea posibilelor măsuri de siguranţă.

Avantaje / Dezavantaje:
- ETA permite formulări cantitative exacte.
- ETA ilustrează şi structurează sistematic posibilele consecinţe ale unui eveniment.
- Pentru sistemele mari, arborii pot deveni neclari.
- Aceleaşi dezavantaje şi dificultăţi ca şi în cazul FTA.

I.B.1.3. Arbori logici. Analiza cauzelor consecinţelor (CCA)

Descriere: Metoda CCA leagă analiza arborelui de defecte FTA şi analiza arborelui de evenimente ETA. CCA se foloseşte pentru determinarea scenariilor evenimentelor relevante. Defectele, ce pot duce la un eveniment critic, sunt analizate prin folosirea FTA. Consecinţele sunt analizate prin folosirea ETA→FTA şi ETA.

Scop:
- CCA se foloseşte preferenţial pentru investigarea disfuncţiilor şi incidentelor în sistemele tehnice. →FTA şi ETA

Avantaje / Dezavantaje:
- CCA are o aplicabilitate foarte flexibilă şi furnizează o documentaţie bună a evenimentelor posibile. →FTA şi ETA

I.B.2. Modele de împrăştiere şi efecte

Descriere: Determinarea cantitativă a consecinţelor evenimentelor, constând în mai multe etape: analiza împrăştierii, analiza expunerii şi analiza efectelor. Prin aplicarea unei analize de dispersie, se determină împrăştierea spaţială şi temporală a substanţelor emanate în mediul ambiant, luându-se în considerare caracteristicile mediului şi condiţiile atmosferice. Sunt determinate efectele concentraţiei poluanţilor şi/sau căldurii sau presiunii. Analiza de expunere examinează câte obiecte sau persoane sunt în pericol într-o anumită situaţie. Cu analiza efectelor, se examinează ce efecte pot avea toxicitatea, căldura sau presiunea asupra obiectelor şi/sau persoanelor aflate în pericol. Consecinţele rezultate, care pot fi cauzate de o eliberare de substanţe toxice şi/sau de o eliberare de energie, depind de tipul şi cantitatea de substanţă, tipul de emanare, comportarea la împrăştiere şi efectul relaţiilor cu materialele radioactive sau toxice, sau cu focul, sau comportarea la explozie. Deci, procedura este adecvată doar dacă proprietăţile şi efectele asupra persoanelor sau obiectelor afectate de materialele implicate, sunt cunoscute.

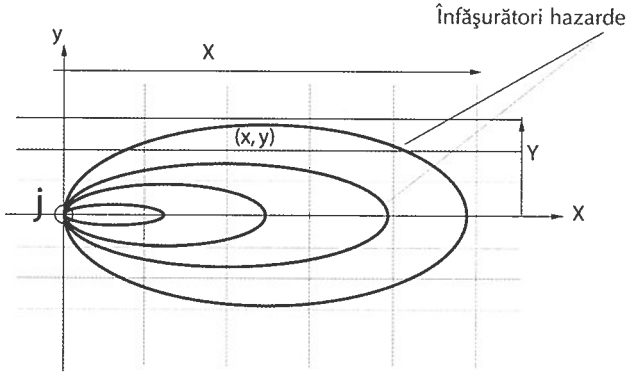


Fig. 13 Ilustrarea unui process periculos de dispersie şi formare nor a unui gaz

Scop:
- Utilizabile pentru analize detaliate, de exemplu pentru sistemele/unităţile cu potenţial ridicat de pericol (industria chimică) şi/sau în medii sensibile.
- Aplicabile pentru analize cu situaţie cunoscută a ambientului şi pentru materiale clar definite, etc.

Avantaje / Dezavantaje:
- Procedura permite formulări cantitative detaliate pentru consecinţele unui eveniment;
- Modelele complicate sunt de obicei integrate în programe specifice de calculator;
- Analizele detaliate ale împrăştierii şi efectelor pot deveni laborioase;
- Utilizarea modelelor specifice se limitează la o gamă restrânsă de aplicaţii;
- Deseori, realitatea cu greu poate fi definită în cadrul unui model;
- Efectele substanţelor specifice asupra persoanelor (letalitatea) deseori nu sunt bine cunoscute;
- Calibrarea modelelor cu consecinţe „reale" este deseori problematică.

I.B.3. Modelări

I.B.3.1. Simulări

Descriere: O activitate (un proces) este modelată şi simulată de mai

multe ori. Modelul conţine în particular toate elementele relevante ca siguranţă, care pot ceda cu o anumită frecvenţă. Modelele de simulare dinamică pot lua în considerare dependenţa temporală, ca şi interacţiunea mai multor subsisteme. Influenţa măsurilor specifice de siguranţă asupra sistemului general poate fi examinată prin schimbarea unui anumit element din sistem (schimbarea componentelor, etc).

Scop:
- Modelele de simulare dinamică (schimbarea diferitelor situaţii iniţiale) ;
- Simularea activităţii: ex. Conducerea pe drum cu diverse evenimente posibile.

Avantaje / Dezavantaje:
- Posibilitatea de a studia un sistem în ansamblul său;
- Realitatea este reflectată în modele;
- Posibilitatea de a analiza efecte legate de interferenţele în sistem;
- Pot deveni foarte laborioase;
- Necesită programe informatice specifice;
- Comportamentul elementelor sistemului trebuie să fie cunoscut.

II. Evaluarea Riscului

egis
DOCUMENTATION

II.A. Abordări calitative

II.A.1. Abordări generale

II.A.1.1. Abordare intuitivă. Expertiza

Descriere: Expertiza este o estimare a mai multor experţi dintr-un domeniu de activitate în legătură cu o problemă particulară. Estimarea reflectă cunoştinţele şi experienţa acestor specialişti. Experienţa se poate aplica calitativ şi cantitativ.

Scop:
- Estimările expertului ca instrument pentru evaluarea riscului sunt aplicabile pentru toate tipurile de analiză;
- Adecvată pentru o primă evaluare aproximativă a problemelor complexe, ca şi pentru evaluarea problemelor de rutină.

Avantaje / Dezavantaje:
- Efort scăzut;
- „Calitatea" estimării depinde de experienţa şi cunoştinţele experţilor;
- Aprecierile experţilor pot fi serios afectate de experienţele proprii

(curente, individuale) ;
- Pericolul ignorării unor anumite aspecte ("nu poate fi, ce nu ar putea fi");
- Nu sunt date: profunzimea, transparenţa şi comparabilitatea diferitelor analize;
- Acceptarea expertizelor în cazul sistemelor complexe este discutabilă;
- Nu sunt definiri explicite asupra riscurilor remanente.

II.A.1.2. Principii generale. Cele mai bune practici - Standarde

Descriere: Evaluarea riscului este făcută prin demonstrarea faptului că sistemul examinat corespunde standardelor. Evaluarea riscului nu se face conform extinderii riscului, ci în prezenţa unor anumite măsuri sau prin atingerea unor anumite caracteristici (exemplu: la o anumită concentraţie a unui poluant). Procedura este strâns legată de planificarea măsurilor de siguranţă.

Scop:
- Evaluarea întrebărilor referitoare la domeniu, acolo unde există nivel superior mai mult sau puţin definit.

Avantaje / Dezavantaje:
- Efort scăzut, dacă nivelul superior "state of the art" este clar definit;
- Abordare simplă şi aprofundabilă;
- Procedura corespunde tradiţiei şi/sau specificului local;
- Procedurile nu iau în calcul extinderea riscurilor (şi/sau semnificaţia problemei) ;
- Nu există definiri explicite ale riscurilor remanente;
- Nu este luată în considerare adaptabilitatea posibilelor măsuri adiţionale de siguranţă;
- Sunt mai puţin adecvate pentru întrebări "noi" pentru care un nivel superior nu este încă definit.
- Comparabilitate limitată la alte probleme.

II.A.2. Abordare bazată pe scenarii

II.A.2.1. Compararea frecvenţei sau consecinţelor (valoare limită)

Descriere: Evaluarea se face prin compararea sistemului nou (cel care este examinat) cu un sistem existent (sistemul de referinţă).

Scop:
- Comparaţii în cadrul unui subiect definit sau între domenii cu subiecte comparabile.

Avantaje / Dezavantaje:
- Evaluarea pe bază de comparaţii este, în mod normal, simplu de înţeles şi de transmis;
- Frecvenţa şi/sau consecinţa este doar un aspect parţial al riscului (definire incompletă) ;
- Nu este dată compatibilitatea diferitelor sisteme cu scenarii mult diferite;
- O definire a întregului sistem nu este posibilă deoarece sunt evaluate doar aspecte discrete.

II.B. Abordări cantitative

II.B.1. Abordare bazată pe sistem

II.B.1.1. Compararea riscurilor individuale (valoare limită)

Descriere: Evaluarea se face prin compararea noului sistem (cel examinat) cu un sistem existent (sistemul de referinţă). Comparaţia este făcută prin riscul individual al unei persoane afectate. Riscul individual consideră toate scenariile şi efectele acestora asupra persoanei luate în considerare, din cadrul sistemului.

Scop:
- Adecvată pentru o definire cantitativă a riscului. Exemplu: siguranţa în industrie, practica în cadrul anumitor activităţi (de asemenea în trafic);
- Aplicabilă, dacă valorile de referinţă există sau pot fi estimate;
- Aplicată în mod uzual, dacă un număr restrâns de persoane este expus la pericole mari.

Avantaje / Dezavantaje:
- Evaluarea pe baza comparaţiilor este, în mod normal, simplu de înţeles şi de comunicat;
- Riscul individual acoperă toate pericolele generate de sistemul considerat şi care afectează o persoană;
- Oferă o imagine detaliată a hazardurilor;
- Sunt posibile comparaţiile dintre zone cu subiect diferit;
- Presupunerea că riscurile individuale existente sunt acceptabile nu trebuie neapărat să fie cea corectă;
- Nu este asigurată adaptabilitatea măsurilor de siguranţă.

II.B.1.2. Compararea riscurilor societale (valoare limită)

Descriere: Evaluarea se face prin compararea noului sistem (cel examinat) cu un sistem existent (sistemul de referinţă). Comparaţia se face la nivelul riscului societal. Riscurile societale determinate ale unui sistem sunt comparate cu acelea ale unui sistem de referinţă.

Scop:

- Adecvată pentru o definire cantitativă a riscului, pentru sistemele uşor de comparat. Exemplu : alegerea rutei pentru un transport din A în B.

Avantaje / Dezavantaje:

- Evaluarea pe baza comparaţiilor este, în mod normal, simplu de înţeles şi de comunicat;
- Cu ajutorul riscului societal, se ia în considerare întregul sistem (toate scenariile), şi este oferită o imagine completă a riscurilor;
- Nu este abordată compararea cu alte sisteme, deoarece dimensiunile şi caracteristicile sistemului (ex. distanţa rutei) afectează direct riscul societal;
- Nu este asigurată adaptabilitatea măsurilor de siguranţă.

II.B.2. Curba FN cu linie sau zone de acceptabilitate (F- frecvenţa N- consecinţe)

Descriere: Reprezentarea riscului societal în diagrama FN arată pentru care frecvenţă este atins sau depăşit un anumit nivel de consecinţă, pentru un sistem dat. Prin definirea unei linii de acceptabilitate în diagrama FN, valoarea limită a riscului societal acceptat este şi ea fixată.

Scop:

- Managementul riscului pentru transportul şi depozitarea materiilor periculoase;
- Evaluarea potenţialelor pericole chimice;
- Evaluarea riscurilor societale.

Avantaje / Dezavantaje:

- Evaluarea prin intermediul unei diagrame FN este, în mod normal, mai mult sau mai puţin uşor de înţeles şi de comunicat;
- Poate fi considerată adaptabilitatea măsurilor de siguranţă (zone de acceptare) ;
- Evaluarea este independentă de dimensiunea sistemului analizat, astfel încât sistemele mari sunt aprioric dezavantajate;
- Compararea sistemelor diferite este dificilă (definiţia liniei de acceptare) ;
- Sistemele liniare (de ex. pentru rutele de trafic) trebuiesc împărţite în secţiuni adecvate pentru a fi descrise;
- Alegerea unor dimensiuni rezonabile ale secţiunilor reprezintă o problemă de standardizare.

II.B.3. Eficientizarea costului (costuri marginale)

Descriere: Riscul societal al unui sistem tehnic poate (de obicei) să fie scăzut prin măsuri de siguranţă adiţionale. Cu cât sunt propuse mai multe măsuri de siguranţă, cu atât cresc cheltuielile. Trebuie să se considere, în fiecare caz, că toate măsurile posibile sunt studiate ca şi toate combinaţiile între acestea. Fiecare măsură sau combinaţie de măsuri este caracterizată printr-o anumită reducere a riscului societal şi prin anumite costuri. Aceste informaţii pot fi reprezentate sub forma unui punct într-o diagramă risc-costuri. Înfăşurătoarea inferioară a punctelor din diagrama risc-costuri descrie strategia optimă de reducere a riscului. Măsurile apropiate de această curbă reprezintă reducerea „optimă" a riscului pentru un anumit nivel al costului. Deci, fiecare sistem tehnic poate fi caracterizat şi de curba sa caracteristică de reducere a riscului în diagrama risc-costuri. Principiul eficientizării costului spune că riscurile societale ale unui sistem pot fi reduse până la acel punct al curbei de reducere a riscului, unde este atinsă o anumită eficientizare a costurilor măsurilor de siguranţă.

Scop:

- Adecvată pentru conceptele bazate pe sisteme, unde se urmăreşte siguranţa maximă şi unde fondurile pentru măsurile adiţionale de siguranţă sunt limitate.

Avantaje / Dezavantaje:

- Considerarea dimensiunii sistemului, facând o comparaţie a diferitelor sisteme posibile;
- Considerarea unei alocări optime de fonduri;
- Adaptabilitatea măsurilor de siguranţă este asigurată explicit;
- Asigurarea de maximă protecţie în sistemul examinat, cu fondurile disponibile (limitate);
- Necesită cunoaşterea măsurilor de siguranţă posibilă, precum şi a costurilor şi eficienţei acestora;
- Nivelul de siguranţă este definit indirect cu adaptabilitatea măsurilor adiţionale;
- Nu sunt explicitate limitele pentru riscul individual şi nici pentru cel societal.

III. Măsuri de reducere a riscurilor

III.A. Abordări calitative

III.A.1. Abordări generale

III.A.1.1. Abordări intuitive. Expertiza

Descriere: Expertiza este o estimare a mai multor experţi din domeniul de activitate legat de o problemă particulară. Estimarea reflectă cunoştinţele şi experienţa acestor specialişti. Expertiza poate fi aplicată calitativ şi cantitativ. Experţii evaluează măsuri sau le prioritizează. Experienţa experţilor, ca şi toate informaţiile disponibile ulterior, constituie baza acestei metode.

Scop:

- Estimările experţilor ca instrument pentru evaluarea măsurilor de siguranţă sunt aplicabile pentru toate tipurile de analize;
- Adecvată pentru o primă evaluare aproximativă a problemelor complexe, ca şi pentru evaluarea problemelor de rutină.

Avantaje / Dezavantaje:

- Nu sunt asigurate profunzimea, transparenţa şi comparabilitatea sugestiilor diferitelor măsuri de siguranţă;
- Nu sunt definiri explicite ale eficienţei măsurilor de siguranţă şi ale riscurilor remanente.

III.A.1.2. Principii generale. Cele mai bune practici, Standarde

Descriere: Evaluarea riscului este făcută pentru a se demonstra că sistemul examinat corespunde standardelor. Metode pentru evaluarea riscului: Cele mai bune practici, Standarde.

Scop:

- Evaluarea măsurilor privind domeniile unde există mai mult sau mai puţin reguli superior.

Avantaje / Dezavantaje:

- Nu sunt definiri explicite privind eficienţa măsurilor de siguranţă şi riscurile relevante;
- Nu este luată în calcul adaptabilitatea măsurilor de siguranţă.

III.B. Abordări cantitative

III.B.1. Eficientizare

III.B.1.1. Eficientizare privind frecvenţă sau consecinţe

Descriere: Evaluarea măsurilor de siguranţă se face cu ajutorul consideraţiilor pe marginea eficientizării. Evaluarea măsurilor de siguranţă în funcţie de eficientizarea lor privind frecvenţele şi/sau consecinţele. Sunt preferate măsuri de siguranţă cu o eficienţă mai mare.

Scop:

- Aplicabilă oriunde, acolo unde măsurile de siguranţă au o influenţă doar asupra uneia dintre cele două componente ale riscului (frecvenţele sau consecinţele).

Avantaje / Dezavantaje:

- Compararea frecvenţelor sau consecinţelor.

III.B.1.2. Eficientizare privind riscurile individuale

Descriere: Evaluarea măsurilor de siguranţă se face cu ajutorul consideraţiilor pe marginea eficientizării. Măsurile de siguranţă sunt evaluate în particular în funcţie de eficientizarea lor privind riscul individual al unei persoane afectate. Riscul individual consideră toate scenariile apărute în sistem şi efectul lor asupra persoanei vizate. Sunt preferate măsurile de siguranţă cu o eficientizare mai mare.

Scop:

- Metode pentru evaluarea riscului: Compararea riscurilor individuale (valoarea limită).

Avantaje / Dezavantaje:

- Metode pentru evaluarea riscului : Compararea riscurilor individuale (valoarea limită).
- Eficacitatea este studiată pentru riscurile individuale dar adaptabilitatea măsurilor adiţionale de siguranţă nu este luată în considerare.

III.B.1.3. Eficientizare privind riscurile societale

Descriere: Evaluarea măsurilor de siguranţă se face abordând noţiunea de eficacitate. Măsurile de siguranţă sunt evaluate în particular în funcţie de eficacitatea riscului societal al sistemului. Sunt preferate măsurile de siguranţă cu o eficacitate mai mare.

Scop:

- Metode pentru evaluarea riscului: Compararea riscurilor societale (valoarea limită).

Avantaje / Dezavantaje:

- Eficacitatea este studiată pentru riscurile societale dar adaptabilitatea măsurilor adiţionale de siguranţă nu este luată în considerare.

III.B.1.4. Curba FN

Descriere: Reprezentarea riscurilor societale în diagrama FN arată pentru care frecvenţă este atins sau depăşit un anumit nivel de consecinţă al unui sistem dat. Evaluarea riscurilor are loc prin compararea cu o linie fixă de acceptare (sau intervale de acceptare). Evaluarea măsurilor de siguranţă se face prin considerarea eficientizării lor. Măsurile de siguranţă sunt în particular evaluate în funcţie de eficienţa lor legată de poziţia curbei în diagrama FN.

Scop:

- Metode pentru evaluarea riscului: curba FN cu linie sau zone de acceptabilitate.

Avantaje / Dezavantaje:

- Metode pentru evaluarea riscului: curba FN cu linia sau zonele de acceptabilitate;
- Cu simple consideraţii de eficientizare privind frecvenţa şi consecinţele adaptabilitatea măsurilor de siguranţă adiţionale nu este luată în considerare.

III.B.2. Diagrama cost – eficienţă

II.B.2.1. Analiza eficientizării costului

Descriere: Evaluarea măsurilor de siguranţă se face prin considerarea eficientizării şi costurilor. Eficientizarea unei măsuri de siguranţă este comparată cu costurile aferente. Evaluarea măsurii de siguranţă se face prin considerarea raportului cost-eficienţă. Sunt preferate măsurile de siguranţă cu un raport cost-eficienţă scăzut. Cu principiul relaţiei cost-eficienţă, eficienţa măsurilor de siguranţă poate fi, în principiu, luată în considerare pentru riscurile individuale, societale sau percepute. Aplicaţia este în mod uzual legată de riscurile societale şi cele percepute.

Scop:

- Metode pentru evaluarea riscului: Eficientizarea costului (costurile marginale).

Avantaje / Dezavantaje:

- Metode pentru evaluarea riscului: Eficientizarea costului (costurile marginale).

III.B.2.2. Diagrama cost – eficienţă

Descriere: Riscul societal al unui sistem tehnic poate (uzual) să fie scăzut cu ajutorul măsurilor de siguranţă adiţionale. Cu cât sunt propuse mai multe măsuri, cu atât costurile sunt mai mari. Fiecare măsură de siguranţă sau combinaţie de măsuri este caracterizată printr-o reducere anume a riscului societal şi prin anumite costuri. Poate fi reprezentată ca un punct pe diagrama risc-costuri. Principiul eficientizării costurilor spune că riscurile societale ale unui sistem pot fi reduse până la punctul de pe curba de reducere a riscului, acolo unde se atinge o anumită eficienţă a costurilor măsurilor de siguranţă. Pentru această valoare limită a eficienţei costurilor, este folosit termenul „costuri marginale".

Scop:

- Adecvată pentru concepte bazate pe sisteme, acolo unde se urmăreşte siguranţa maximă şi unde fondurile alocate măsurilor de siguranţă adiţionale sau limitate.

Avantaje / Dezavantaje:

- Metode pentru evaluarea riscului : Eficientizarea costurilor (costuri marginale).

egis DOCUMENTATION

4. CONCLUZII

4.1. Concluzii generale

Conceptele bazate pe risc permit o definire structurată, armonioasă şi transparentă a riscurilor pentru un tunel individual incluzând luarea în considerare a situaţiei de risc local în funcţie de factorii de influenţă, inter-relaţionarea lor şi consecinţele posibile ale incidentelor. În plus, conceptele bazate pe risc fac posibil să se propună măsuri adiţionale de siguranţă pentru combaterea riscului şi pot constitui baza luării deciziilor considerându-se eficientizarea costurilor în vederea asigurării unei utilizări optime a resurselor financiare limitate.

În contextul coordonării siguranţei tunelurilor rutiere o gamă largă de metode calitative şi cantitative sunt disponibile pentru cele trei elemente ale procesului de evaluare a riscului, anume: analiza riscului, evaluarea riscului şi planificarea măsurilor de siguranţă. Toate metodele prezentate arată avantaje şi dezavantaje specifice şi investigaţiile au demonstrat că în practică se utilizează o combinaţie de metode diferite.

Totuşi, niciuna dintre aceste metode sau vreo combinaţie a acestora nu

pot pretinde a fi cea mai adecvată variantă în practică, în contextul definirii riscului unui tunel rutier. În consecinţă, alegerea metodelor ar trebui făcută prin considerarea avantajelor/dezavantajelor respective în contextul unei situaţii specifice. Selectarea metodei corespunzătoare pentru investigarea unei probleme date va depinde de natura problemei analizate, de nivelul de detaliu cerut pentru evaluare şi de resursele disponibile. Trebuie luat în considerare că metodele cantitative (cum ar fi simulările sau analiza statistică) sunt, în mod normal, mai complexe şi deci implică mai mult efort decât metodele calitative (cum ar fi rezultatele experţilor). Mai mult, metodele cantitative solicită date de alimentare cantitative specifice, care ar putea să nu fie disponibile sau ar putea să nu se ridice la nivelul calitativ dorit. În plus, trebuie luat în considerare faptul ca metodele nu pot fi alese arbitrar: anumite metode utilizate pentru evaluarea riscului necesitând metode specifice pentru analiza riscului.

După cum o arată studiile de caz, în practică, pentru o analiză pot fi alese mai multe metode diferite şi deseori este dificil a le distinge clar una de alta, deoarece sunt combinate laolaltă metode diferite. De pildă, rezultatele şi ipotezele expertizelor sunt deseori folosite în contextul conceptelor cantitative pentru compensarea lipsei de date, în caz că datele necesare pentru o analiză statistică sunt insuficiente.

Aceste rezultate indică clar că posibilităţile de armonizare a metodelor de analiză a riscului pentru tunelurile rutiere sunt limitate. Aceasta se datorează faptului că problemele care trebuiesc investigate precum şi caracteristicile, normele şi legile naţionale sunt atât de diferite încât o singură metodă nu poate să acopere în mod adecvat toate aspectele relevante.

Totuşi, în viitor, pare să fie posibilă apariţia unor norme generale universal-aplicabile pentru analiza riscului la tunelurile rutiere. Standardizarea unor elemente specifice ale analizei riscului (cum ar fi caracteristicile unor scenarii de incendiu relevante ca dimensiune şi desfăşurare a incendiului, colectarea şi evaluarea datelor) pare să fie deasemena realizabilă, fără a limita flexibilitatea metodelor.

Experienţa arată că problema evaluării riscului şi definirea nivelului de risc acceptabil sunt componente semnificative şi indispensabile ale definirii riscului.

Selectarea celei mai adecvate strategii de evaluare a riscului depinde şi de normele naţionale. Investigarea mai multor metode practice şi aplicarea lor în studiile de caz demonstrează clar că procesul de definire a siguranţei la tunelurile rutiere, bazat pe riscuri, permite o definire structurată, armonioasă şi transparentă a riscurilor pentru un anumit tunel, ţinând cont de factorii pertinenţi.

Rezultă că, indubitabil, în cadrul demersului de evaluare a siguranţei

tunelurilor rutiere, un concept bazat pe riscuri este un complement pertinent şi util pentru implementarea măsurilor cerute de recomandările şi normele prescriptive.

4.2. Recomandări pentru utilizarea practică al analizei riscului

Pot fi făcute următoarele recomandări pentru aplicarea practică al analizei riscului:

- Indiferent de metoda aleasă, se va folosi întotdeauna un model care este mai mult sau mai puţin o simplificare majoră a condiţiilor reale. Metoda nu poate niciodată să anticipeze cursul unui eveniment real, dar ajută la luarea deciziilor pe baza unor elemente raţionale şi comparabile;
- Metoda trebuie aleasă pentru a răspunde la o anumită problemă dată;
- La selectarea metodei de analiză a riscului trebuie să se ia în considerare modul de evaluare a rezultatelor având în vedere că metoda de analiză a riscului şi strategia de evaluare a riscului nu sunt independente;
- În măsura posibilului, este preferabil să se folosească pentru metodele cantitative date specifice cazului tratat. Dacă astfel de date nu sunt disponibile, este necesar sa se verifice cel puţin proveniența datelor (dacă condiţiile legate de infrastructură, trafic etc, sunt similare cu ale cazului studiat). Anumite modele de riscuri pot integra caracteristici particulare care nu se aplică la toate tunelurile;
- Este esenţial ca analiza riscului să fie efectuată de experţi cu suficientă experienţă şi capacitate de înţelegere a metodelor folosite;
- Este important de notat că rezultatele unei analize cantitative a riscului trebuie interpretate ca un ordin de mărime şi nu ca o valoare exactă. Modelele de risc în mod inevitabil generează rezultate interpretabile, aşa că evaluarea riscului prin comparare relativă (compararea diferitelor măsuri de siguranţă sau compararea unei stări existente cu o stare de referinţă a tunelului) poate îmbunătăţi robusteţea concluziilor trase;

- Având în vedere situaţia tunelurilor rutiere din Romania (lipsa actuală a tunelurilor cu lungimi mai mari de 500 m, pe secţiunile naţionale ale Reţelei rutiere transeuropene, şi perspectiva realizării unor astfel de tuneluri noi în viitor) considerăm indicată adoptarea modelului OECD/PIARC de evaluare cantitativă a riscurilor (QRA) pentru materiale periculoase (DG), datorită obligativităţii realizării unei astfel de

evaluări la tunelurile noi conform prevederilor Legii 277-2007 şi datorită ariei de răspândire a acestui model în rândul ţărilor europene;

- În ceea ce priveşte realizarea unei evaluări a riscurilor pentru restul situaţiilor inevitabile conform condiţiilor specificate la pct.(4), (5), (8), (9) din Cap.1 al prezentei Metodologii, considerăm indicată adoptarea acelor metode care corespund cel mai bine condiţiilor specifice concrete ale cazului studiat;

- Modelele (DG)- (QRA)- OECD/PIARC pentru materiale periculoase şi cele Austriac (Tu Ris Mo) şi Italian pentru restul situaţiilor, au fost selectate pentru prezentare detaliată, inclusiv cu studiu de caz, în Anexa E.

ANEXA A

Ghid identificare pericole (8)

A.1. Situaţii generatoare de accidente

A.1.1. Pericole legate de utilizatori

- Viteza excesivă;
- Utilizatori în dop de circulaţie;
- Utilizatori nerespectând interdistanţa între vehicule;
- Nerespectarea căii afectate;
- Conducere periculoasă (frânare bruscă, derapaj);
- Pană sau oprirea unui autoturism;
- Pană sau oprirea unui vehicul greu;
- Pană sau oprirea unui autocar;
- Utilizator circulând în contrasens;
- Convoi de vehicule pentru manifestaţie;
- Intrarea unui vehicul cu gabarit depăşit;
- Intrarea accidentală sau voluntară a unui pieton;
- Manifestaţie;
- Pătrunderea accidentală a unui animal sălbatic sau domestic;
- Animal domestic scăpat dintr-un vehicul;
- Etc.

A.1.2. Pericole legate de mediul fizic exterior

- Inundaţie în tunel;
- Ceaţă (vizibilitate redusă la capete);
- Vânt violent (curent incontrolabil, căderi de obiecte);
- Ploaie puternică (vizibilitate redusă la capete, film de apă;
- Ninsoare (carosabil înzăpezit, carosabil alunecos);
- Polei (carosabil alunecos la capete);
- Pătrunderea fumului de la un incendiu din exterior;
- Etc.

A.1.3. Pericole legate de mediul fizic interior

- Infiltraţii de apă în tunel (carosabil alunecos, polei);
- Acumulare de gaze în tunel (aer irespirabil, vizibilitate redusă);
- Luminozitate redusă sau variabilă;
- Etc.

A.1.4. Pericole legate de infrastructura tunelului şi de disfuncţiile echipamentului de siguranţă

- Declivităţi (pante/rampe) mari, schimbări de rază a le traseului în plan);
- Vechimea sau absenţa întreţinerii unor echipamente;
- Aglomerare bandă de oprire de urgenţă (BAU);
- Pată de ulei sau uzura şoselei (perdere aderenţă);
- Defectare sistem iluminat;
- Etc.

A.1.5. Pericole legate de intervenţii (interne şi externe)

- Defecte de organizare a exploatării;
- Absenţa formării personalului;
- Absenţa punerii în aplicare a măsurilor particulare atunci când condiţiile minimale de exploatare nu sunt respectate.

A.2. Evenimente declanşatoare de pericole

A.2.1. Pericole legate de utilizatori

- Indispoziţia unui utilizator în trafic;
- Căderea unei încărcături (parţiale sau totale);
- Accident fără răniţi a unui autoturism;
- Accident fără răniţi a unui vehicul greu;
- Accident fără răniţi a unui autocar;
- Accident cu răniţi a unui autoturism;
- Accident cu răniţi a unui vehicul greu;
- Accident cu răniţi a unui autocar;
- Accident al unui vehicul greu transportând mărfuri periculoase;
- Incendiu fără răniţi a unui autoturism;
- Incendiu fără răniţi a unui vehicul greu;
- Incendiu fără răniţi a unui vehicul greu transportând mărfuri periculoase;
- Incendiu fără răniţi a unui autocar;
- Incendiu cu răniţi a unui autoturism;
- Incendiu cu răniţi a unui vehicul greu;
- Incendiu cu răniţi a unui vehicul greu transportând mărfuri periculoase;
- Incendiu cu răniţi a unui autocar;
- Maşină capcană (exploziv la bord);
- Acţiune voluntară cu scop destructiv;

- Vandalism (acţiune spontană);
- Act de terorism;
- Căderea unui pieton pe şosea (accident sau sinucidere);
- Obiecte aruncate la capete;
- Etc.

A.2.2. Pericole legate de utilizatori

- Avalanşe la capete;
- Căderi de pietre sau prăbuşire portaluri;
- Seism;
- Temperaturi f. ridicate (încingere vehicule, echipamente etc.);
- Etc.

A.2.3. Pericole legate de infrastructura tunelului şi de disfuncţiile echipamentului de siguranţă

- Cădere echipament greu suspendat de boltă (ventilator);
- Incendiu la instalaţii în tunel.

A.2.4. Pericole legate de intervenţii (interne şi externe)

- Manevre greşite de exploatare.

A.3. Elemente agravante

A.3.1. Pericole legate de utilizatori

- Nerespectarea regulilor de siguranţă în caz de pană, accident sau incendiu.

A.3.2. Pericole legate de mediul fizic exterior

- Contra-presiune atmosferică;
- Temperatură f. scăzută (îngheţarea conductei de incendiu);
- Industrie locală poluantă;
- Etc.

A.3.3. Pericole legate de infrastructura tunelului şi de disfuncţiile echipamentului de siguranţă

- Aglomerare trotuar;
- Guri de canal astupate;
- Bazin de stocaj plin sau la limita capacităţii;
- Ieşiri de ajutor cu capacitate mică şi la distanţe mari;
- Trecere între tuburi debuşând direct pe şosea;
- Disfuncţie a sistemului de ventilaţie;
- Disfuncţie a analizorilor de CO-NO, densimetre, anemometre;

- Prize de aer neprotejate;
- Pană generală a alimentării electrice;
- Disfuncţie a unei staţii electrice;
- Depăşire rapidă sinuoasă;
- Pană de iluminat;
- Disfuncţie a semnalizării dinamice;
- Disfuncţie a sistemului de închidere a tunelului;
- Disfuncţie a sistemului de videosupraveghere;
- Disfuncţie a sistemului de detecţie automată a incidentelor;
- Disfuncţie a reţelei de apel de urgenţă;
- Disfuncţie a sistemului de detecţie incendii;
- Disfuncţie a sistemului de retransmisie radio;
- Pană a gestiunii tehnice centralizate;
- Golire accidental a rezervorului de incendii;
- Ruperea reţelei de incendiu.

A.3.4. Pericole legate de intervenţii (interne şi externe)

- Întârzierea centrului de control în detectarea unui incendiu
- Întârzierea centrului de control în validarea unui incendiu;
- Întârzierea centrului de control în închiderea tunelului;
- Întârzierea centrului de control în lansarea ventilaţiei;
- Întârzierea centrului de control în lansarea procedurii de alertă de ajutor;
- Pierdere de timp la sosirea ajutoarelor;
- Indisponibilitatea unui vehicul de intervenţie de urgenţă;
- Comunicare radio rea pe teren;
- Comunicare rea între centru de control şi teren;
- Etc.

egis
DOCUMENTATION

ANEXA B

Analiza Arborelui de Defecte (FTA) (4)

FTA este un mod de abordare deductiv bazat pe defecte care începe cu un eveniment nedorit (eveniment superior) şi apoi determină cauzele acestuia utilizând metoda paşilor înapoi. Simbolurile utilizate în FTA indică tipul de eveniment şi tipul de legătură implicat. Arborele de defecte (FT) este un model calitativ cu posibilitatea unei evaluări cantitative care prevede informaţia despre probabilitatea evenimentului superior. FTA poate fi aplicată atât pentru sisteme existente cât şi pentru sisteme în curs de proiectare. Pentru sisteme în faza de proiectare, FTA poate prevede o estimarea probabilităţii de defectare şi cine contribuie, utilizând date generice. La un sistem existent FTA poate identifica slăbiciunile, evalua posibilele upgradari, monitoriza şi prezice comportarea. FTA este o tehnică analitică, în care o situaţie nedorită este specificată şi sistemul, mediul înconjurător şi modurile de operare sunt analizate.

Un Arbore de defecte (FT) este un instrument grafic de exprimare logică a propagării defectului prin sistem, care descrie interrelaţiile dintre evenimentele de bază care conduc la evenimentul superior. Evenimentul superior corespunde unui mod particular de defectare şi astfel FT include numai acele defecte care contribuie la acest eveniment superior. Un Arbore de defecte (FT) este compus dintr-un complex de entităţi, „intrări, porţi", care permit sau interzic trecerea unui defect în sus pe arbore. Porţile arată astfel legătura dintre evenimente, necesară pentru producerea unui defect, la ieşirea pe poartă. Chiar dacă este de natură calitativă, FT poate fi evaluat cantitativ prin determinarea probabilităţii evenimentului superior şi a importanţei evenimentului de bază.

Analiza Arborelui de Defecte (FTA) constă în următorii paşi:

1. Identificarea obiectivului

2. Definirea evenimentului superior

Evenimentul superior este evenimentul pentru care cauzele defectării sunt identificate şi probabilitatea este calculată. Formularea corectă a evenimentului superior este extreme de important şi aceasta poate fi sursa celor mai frecvente erori de proiectare. Evenimentul superior trebuie definit cu respectarea criteriilor ce defines producerea acestuia. Aceasta se face adesea prin definirea defectării unui sistem prin opoziţie cu un sistem ideal. Din punct de vedere practice sistemul de studiat este mai întâi definit şi un mod de defectare particular este selectat ca eveniment superior.

3. Definirea scopului analizei

Scopul analizei include: determinarea modurilor de defectare, condiţiile limită (starea iniţială şi intrările asumate sistemului) pentru analiză şi perioada de timp considerată.

4. Definirea rezoluţiei analizei

Rezoluţia analizei defineşte la ce nivel de detaliu va fi realizată analiza. Nivelul de detaliu trebuie să depindă de cantitatea de date posibil a fi obţinute.

5. Definirea regulilor de bază

Regulile de bază stabilesc modul în care evenimentele şi ieşirile sunt numite şi deasemeni determină maniera de modelare a defectelor specifice. Regulile de bază sunt:

- Scrie formulările care sunt introduse în căsuţa evenimentului ca defect;
- Stabileşte precis ce eveniment este şi condiţiile în care se produce;
- Nu amesteca defectele cu reuşitele;
- Clasifică defectele în „stare defect element component" sau „stare defect sistem"

6. Construcţia arborelui de defecte

Pentru un eveniment superior dat se determină cauzele immediate, necesare şi suficiente pentru a se produce. Aceste cause sunt în continuare tratate ca sub-evenimente superioare pentru care trebuie să se determine cauzele lor immediate, necesare şi suficiente.

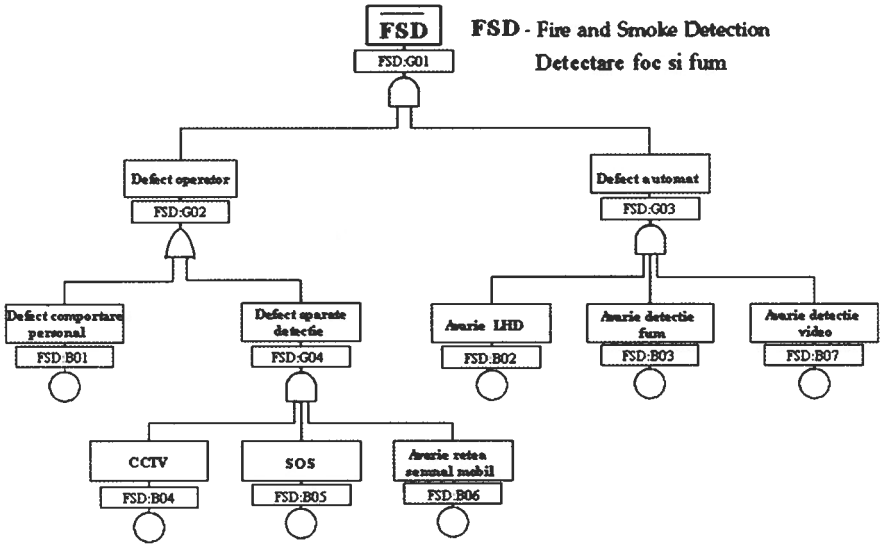


Fig. B.1. Arbore defecte FSD

Cod	Nume	Descriere
FSD:G01	FSD nedetectat	Evenimentul superior (focul şi propagarea fumului), nu a fost corect şi în timp detectat şi identificat.
FSD:G02	Defect operator	Deficienţe ale personalului operator - reacţie improprie sau reacţie întârziată.
FSD:G03	Defect automat	Defect al echipamentului de detectare automată.
FSD:G04	Defect aparat de detectare	Defect al altor echipamente de siguranţă.
FSD:B01	Defect comportare personal	Reacţie umană improprie.
FSD:B02	Defect LHD	Defect senzor detectare cădură.
FSD:B03	Defect detectare fum	Defect senzor detectare fum.
FSD:B04	CCTV	Defect Circuit TV.
FSD:B05	SOS	Cabina SOS nu funcţionează.
FSD:B06	Defect reţea semnal mobil	Nu există semnal în tunel.
FSD:B07	Detectare video	Avarie detectare video.

Fig. B.2. Evenimente Arbore defecte FSD

În construcţia arborelui de defecte FT, conceptul de bază al efectelor, modurilor şi mecanismelor de defectare este important în introducerea conexiunilor corecte între evenimente. Efectele defectării arată **de ce** o defectare particulară este de interes. Modurile de defectare descriu **ce** aspect al defectării unui component este de interes. Mecanismul defectării prevede răspuns la întrebarea **cum** poate să se producă un mod de defectare particular. Modurile de defectare ale sistemului sunt evenimente superioare pe care analistul le poate considera. Cauzele imediate investigate pentru producerea lor vor fi mecanisme de defectare. Procedând pas cu pas analistul va ajunge la cauzele componentelor de bază (evenimente de bază) care sunt definite prin rezoluţia arborelui.

Regulile de bază ale construcţiei Arborelui de Defecte sunt:

- Rezoluţia arborelui de defecte trebuie să fie determinată de cel mai înalt nivel al datelor existente;
- Reţelele de fire şi conducte nu trebuie modelate având o probabilitate mică de a se defecta;
- Condiţiile necuprinse în proiect nu trebuie modelate;
- Cauzele commune identice pe toate componentele active trebuie să fie modelate;

- Erorile umane care implică acţiuni umane comise neforţat nu trebuie modelate;

7. Evaluarea arborelui de defecte

Acest pas include atât evaluarea calitativă cât şi cea cantitativă. Evaluarea calitativă identifică seturile minimale care sunt apoi sortate printr-un număr de setare (număr sau eveniment în set) aplicând algebra Booleană. Aceste evenimente ale arborelui care sunt iniţiate de alte evenimente sunt numite defecte, pe când cele care sunt evenimente de bază ale FT sunt numite defectări (avarii). Defectele şi avariile sunt legate între ele prin porţi. Evaluarea cantitativă prevede probabilitatea unui eveniment superior, la fel de bine ca a oricărui eveniment care este de interes. Aceste probabilităţi sunt apoi propagate în sus prin arbore utilizând algebra Booleană.

8. Interpretarea şi prezentarea rezultatelor

Rezultatele trebuie să fie correct interpretate pentru a avea inpactul dorit. Prezentarea este important să fie făcută de cineva care ia decizii pentru a lua rezultatele analizei în serios. În momentul luării deciziei este util a avea evenimentele sortate după anumite criteria.

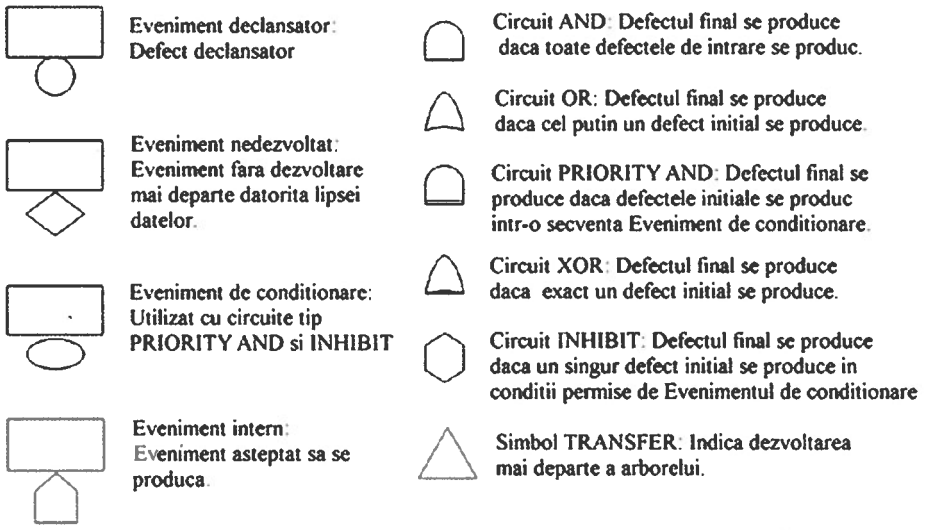


Fig. B.3. Simboluri utilzate în Analiza Arborelui de Defecte

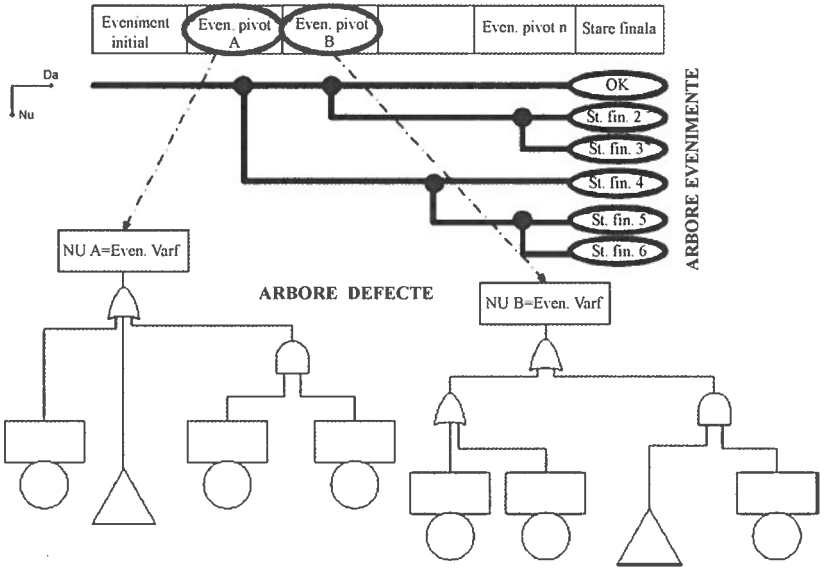


Fig. B.4. Relaţia între Arborele de Evenimente şi Arborele de Defecte

ANEXA C

Modelarea comportamentului utilizatorilor. (8)

Comportamentul utilizatorilor trebuie descris pentru principalele situaţii critice care pot interveni în tunel: congestionare, vehicul în pană, accidente cu prejudicii corporale sau materiale şi incendii.

1. Formarea coloanelor de vehicule

Crearea unui model de formare al coloanelor de vehicule este esenţială pentru o analiză corectă. Un astfel de model permite evaluarea: numărului de vehicule în tunel, a numărului de utilizatori prezenţi şi a influenţei traficului asupra mişcării fumului (efectul de piston).

1.1. Circulaţia în regim fluid

Când circulaţia se face în regim fluid, permanent şi omogen, avem următoarele relaţii:

$I=V/D$, $N=L/I$, $N=(L*D)/V$ în care:

- I este interdistanţa în metri dintre vehicule în mişcare;
- V este viteza în metri pe secundă;
- D este debitul pe o cale în vehicule pe secundă;
- N este numărul de vehicule prezente în tunel pe o cale;
- L este lungimea tunelului.

Pentru a avea o circulaţie sigură trebuie să avem între vehicule o anumită interdistanţă $I>I^*$ (interdistanţă de securitate). Această interdistanţă de securitate depinde de lungimea medie a vehiculelor şi de viteza lor V. În Franţa (8) această interdistanţă este $I^*=8+0.2V+0.003V^2$, unde V este în Km/h. Când $I< I^*$ putem considera că există risc de congestionare (aglomerare).

Congestionarea şi relaţia dintre debit şi numărul de vehicule din tunel depinde de tipul traficului (fluid, saturat). Pentru un tunel unidirecţional (două căi de circulaţie) de 1200m lungime, este prezentată o astfel de analiză în tabelul de mai jos.

	V(km/h)	I*(m)	I(m)	D(veh/h)	N(veh)
Trafic fluid	70	40	47	1500	30
Trafic saturat	50	26	26	200	46
Trafic f. saturat	20	13	13	1500	92

1.2. Formarea unui dop de circulaţie (congestionarea)

Congestionarea are diferite cauze: nivel de trafic mare, întreţinerea căii sau a structurii tunelului şi incidente (incendiu etc.).

Când nivelul de trafic este mare, apropiat de capacitatea drumului, viteza şi distanţa între vehicule se micşorează, circulaţia poate fi chiar oprită mai multe minute, iar tunelul poate fi umplut cu vehicule. În aceste condiţii distanţa între vehicule nu mai poate fi respectată.

Un incident în interiorul tunelului sau înainte de tunel, care blochează calea, poate provoca în tunel o congestionare care poate dura ceva timp şi poate conduce la stresarea utilzatorilor, mai ales în tunelurile lungi şi drepte. În aceste condiţii este important ca utilizatorii care nu sunt implicaţi în eveniment să fie avertizaţi că tunelul este închis.

Considerând scenariul unui incendiu, presupunem că traficul este în totalitate blocat în dreptul focarului, la momentul t=0, la distanţa d(m) de intrare şi că viteza de progresie a dopului este de v(ms). Această viteză va fi calculată cu formula urmatoare v=D/(1/I(0)-D/V), unde I(0) este interdistanţa standardizată la oprire, care va fi luată egală cu 10 m (lungimea medie a unui vehicul de 8 m plus 2 m interval între vehicule). Congestia va ajunge la intrarea în tunel în timpul T=d/v şi trebuie comparat cu timpul necesar pentru închiderea tunelului. O exemplificare pe tunelul considerat anterior ne arată că la un debit theoretic de saturaţie pe cele două căi de 3000veh/h la 70km/h, se ajunge la o viteză regresie a dopului de 5,3 m/s sau 20 km/h. dacă incendiul are loc în mijlocul tunelului aglomerarea ajunge la intrare în mai puţin de 120s (2min).

2. Evacuarea utilizatorilor

Pentru a modela deplasarea utilizatorilor care părăsesc vehiculele şi se deplasează la pas spre ieşirile de urgenţă, se utilizează modele foarte simple:

- durata medie de evacuare completă a unui vehicul este 1,5 min. pentru vehicul uşor sau greu şi5min. pentru un autocar;
- viteza de mers este de 1m/s pentru condiţii de vizibilitate clare, 0,5 m/s dacă vizibilitatea este puternic diminuată şi 0.3m/s în absenţa vizibilităţii.

Pentru a calcula numărul de utilizatori se ia un coeficient mediu de ocupare al vehiculelor (fără autocare) pentru toate tunelurile de 1,5 persoane.

ANEXA D

Modelarea propagării fumului. (8)

Studiul scenariului unui incendiu necesită descrierea zonelor de risc şi o bună cunoaştere a evoluţiei temperaturii mediului şi mai ales a propagării fumului în tunnel în primele 15- 30 minute de la declanşarea incendiului.

1. Zone de risc

În cazul producerii unui incendiu în tunnel este necesară definirea zonelor de risc generate, care depind de caracteristicile acestuia: starea de stratificare a fumului, nivelul de opacitate, toxicitatea, temperatura şi cantitatea de căldură percepută de utilizatori. Două zone pot fi definite:

- O zonă în care fumul ocupă toată secţiunea tunelului iar opacitatea, toxicitatea şi temperatura ridicată afectează deplasarea utilizatorilor către ieşirile de urgenţă, timpul permis în această zonă fiind limitat funcţie de nivelul caracteristicilor incendiului;
- O zonă în care fumul ocupă doar o parte din secţiune (partea superioară) iar caracteristicilor incendiului (opacitate, toxicitatea etc.) sunt în general suportabile de către utilizatori care pot fi afectaţi de apropierea focarului.

2. Reprezentarea mişcării fumului

Deplasarea fumului în tunel depinde de tipul de tunel (unidirecţional, bidirecţional) şi de tipul de ventilaţie utilizat (longitudinal, transversal etc.) pentru îndepărtarea fumului. Două strategii pot fi utilizate pentru îndepărtarea fumului şi asigurarea condiţiilor de vizibilitate şi supravieţuire:

- Împingerea fumului în sensul de circulaţie la tunelurile unidirecţionale cu ventilare longitudinală. Utilizatorii blocaţi în spatele incendiului pot să se deplaseze către ieşirile de urgenţă în timp ce utilizatorii aflaţi de partea spre care se deplasează fumul pot să scape părăsind vehiculele şi mergând spre ieşiri înainte ca zona în care se află să fie invadată de fum;
- Limitarea vitezei curentului de aer pentru a menţine stratificarea fumului la toate celelalte cazuri (ventilaţie transversală, ventilaţie longitudinală cu extracţie etc.) ceea ce permite utilizatorilor să se evacueze spre ieşirile de urgenţă sub un strat de fum situat pe zona bolţii.

Modelarea mişcării fumului poate fi abordată în trei nivele de complexitate:

- analiză calitativă fără utilizarea programelor de modelare specifice, dar făcând apel dacă e nevoie la curbe, abace, ecuaţii);
- analiză calitativă + model unidimensional;
- analiză calitativă + model unidimensiona + model tridimensional.

În numeroase cazuri principalele elemente ale mişcării fumului (temperatura, viteza critică) pot fi modelate printr-o analiză calitativă cu ajutorul unor ecuaţii simple care permit obţinerea unor ordine de mărime şi interpretarea critică a rezultatelor. Astfel de ecuaţii se utilizează pentru calculul temperaturii medii a aerului şi a legii de evoluţie a temperaturii în zona focarului şi a vitezei critice a aerului în amonte de focar.

Modelele unidimensionale, adaptate în special pentru ventilaţia longitudinală, rezolvă ecuaţii ale mecanicii fluidelor presupunând că parametrii fizici (viteză, temperatură, presiune, concentraţie) sunt uniformi în secţiune şi ţinând cont de diferiţi parametrii utilizaţi pentru simulare (rugozitate pereţi, caracteristici aerodinamice autovehicule etc.). Avantajul modelelor unidimensionale constă în uşurinţa de utilizare care permite simularea unui număr mare de scenarii pentru un cost redus. Modelele tridimensionale rezolvă ecuaţiile mecanicii fluidelor printr-u calcul 3D şi sunt utilizate la sistemele complexe.

ANEXA E

Prezentare Metode practice (3)

Mai multe metode de aplicare în practică a analizei riscului au fost selectate în acest capitol pentru o prezentare mai detaliată.

Sunt prezentate: o scurtă descriere a fiecărei metode, caracteristicile acesteia, rezultatele acestora şi strategia asociată de evaluare a riscului. Se insistă în special pe informaţiile legate de intervalele şi limitele de aplicare.

Descrierea metodei se referă la Figura 10 – vedere de ansamblu asupra metodelor de definire a riscului – din capitolul 3, pentru a ilustra mai clar elementele din care e compusă metoda. În final este dezbătută adaptabilitatea metodei privind satisfacerea cerinţelor Directivei 2004/54/EC a UE.

În plus pentru fiecare metodă descrisă este prezentat un studiu de caz pentru o mai bună înţelegere a procedurii, rezultatelor urmărite şi naturii problemelor de aplicare.

Metodele prezentate sunt:

- Modelul austriac de risc al tunelului – Tu Ris Mo
- Analiza de risc italiană pentru tunelurile rutiere
- Modelul DG-QRA OECD/PIARC

Potrivit anexei 1 a Directivei 2004/54/EC (Legea 277-2007) a UE, analiza riscului trebuie efectuată în cazuri specifice pentru parametrii prezentaţi în tabelul E.1. Referitor la capitolele respective din anexa 1, în tabelul E.1. este indicat ce metode răspund exigenţelor din aceste capitole.

1. Modelul Austriac de risc al tunelului Tu Ris Mo

1.1. Modelul adoptat

Modelul Austriac de evaluare a Riscului la Tuneluri utilizează un set de metode diferite pentru analizarea întregului sistem de factori care influenţează siguranţa.

Metoda este o abordare bazată pe sistem şi este compusă din două elemente principale:

Analiza cantitativă a frecvenţelor:

- abordare analitică (analiza arborilor de evenimente – arbori logici) pentru analiza secvenţei evenimentelor plecând de la evenimentul iniţial (accident, pană) pentru a obţine scenariile consecinţelor;
- abordare statistică de cuantificare a evenimentelor iniţiale (rata accidentelor în tuneluri) şi distribuirea (frecvenţe relative) de-a lungul ramificaţiilor unui eveniment.

Analiza cantitativă a consecinţelor:

- abordare statistică de cuantificare a consecinţelor efectelor fizice ale accidentelor la tuneluri;

- combinarea modelării propagării fumului în tunel, modelarea evacuării (simularea evacuării oamenilor în tunel fără ajutor exterior) pentru cuantificarea consecinţelor incendiilor.

1.2. Rezultatele analizei riscului şi strategia de evaluare a riscului

Modelarea riscului nu acoperă decât riscurile individuale ale utilizatorilor tunelului. Rezultatul analizei riscului este valoarea aşteptată a riscului societal pentru tunelul investigat. Aspectele respective ale riscului sunt prezentate separat pentru: - efectele mecanice; - incendii; - mărfuri periculoase.

Tabel E.1

Capitol/ parametri relevanţi	Tu Ris Mo (Austria)	Analiza scenariilor olandeză	TUNPRIM (Olanda)	Investigarea franceză specifică hazardului	Analiza de risc italiană	Modelul OECD/ PIARC
Capitolul 1.1.2/1.1.3.						
Influenţa caracteristicilor speciale	x 1)	x 3)	x	x 3)	x	x 4)
Capitolul 1.2.1.						
Discrepanţele la cerinţele minime de siguranţă	x	x 3)	x	x	x	x 4)
Capitolul 1.3.2.						
Influenţa numărului de vehicule de tonaj mare	x	-	x	x	x	x
Capitolul 2.2.3.						
Influenţa unei declivităţi mari	x 1)	x	x 1)	x	x	x 4)
Capitolul 2.2.4.						
Influenţa benzilor înguste în cazul vehiculelor de tonaj mare	x 1)	-	x 1)	x	-	x 1)4)
Capitolul 2.6.2.						
Autorizarea transportului materialelor periculoase	- 2)	-	x	- 2)	x	x
Capitolul 2.9.3.						
Deciderea sistemului de ventilare	x	x 3)	x 3)	x 3)	x	-
Capitolul 3.4.						
Deciderea locaţiei serviciilor de salvare	x	x 3)	x 3)	x 3)	x	-
Capitolul 3.7.						
Analiza riscurilor datorate transportului materialelor periculoase	-	x	-	-	-	-

1) Ca date de alimentare este necesară o informare specifică asupra parametrilor investigaţi
2) Este utilizat modelul DG QRA separat
3) Cu limitări
4) Aplicaţie limitată la transportul metarialelor periculoase

Analiza şi evaluarea riscului se fac prin compararea următoarelor:
- efectele reducerii riscului pentru diverse măsuri de siguranţă;
- riscul tunelului investigat comparativ cu riscul unui tunel de referinţă.

Ca şi caz de referinţă, este utilizat un tunel de aceeaşi lungime, tip şi cu aceleşi caracetristici de trafic corelat în totalitate cu cerinţele minime de sigu-ranţă impuse de directiva UE. Divergenţele identificate pot fi definite în funcţie de risc.

Pot fi evaluate măsuri alternative ale divergenţelor. Definirea măsurilor de siguranţă poate fi completată de o analiză a eficientizării costurilor.

1.3. Interval si limite de aplicare

Modelul poate fi utilizat pentru o gamă largă de aplicaţii cum ar fi evaluarea siguranţei unor tuneluri noi sau existente, sprijinul procesului de luare a deciziei pentru selectarea măsurilor de siguranţă (tuneluri noi) sau măsuri de îmbunătăţire a siguranţei (tuneluri existente), ierarhizarea măsurilor de siguranţă, etc.

Modelul a fost creat pe baza Directivei UE şi asigură , deci, toate domeniile de aplicare definite în Directivă (excepţie face transportul mărfurilor periculoase).

O serie de date de bază specifice tunelurilor au fost colectate şi evaluate în timpul procesului de dezvoltare; aceste date au fost integrate în model sau pot fi folosite ca date de intrare.

Modelul acoperă toate tipurile de tuneluri rutiere cu ventilare longitudinală sau transversală, şi toate tipurile de accidente cu urmări la tuneluri (distrugeri vehicule prin incendiere, accidente rutiere, accidente rutiere datorate incendiilor).

Avantajele modelului sunt:
- flexibilitatea mare a metodelor constitutive care îl fac aplicabil la aproape orice tunel, ventilaţie sau configuraţie de trafic
- capabilitatea sa de a incorpora efectele aproape oricărui factor de influenţă important legat de siguranţă, într-un mod cantitativ. Unul dintre elementele sale cheie este modelarea interacţiunii complexe a

propagării fumului în tunel şi procedura evacuării oamenilor în tunel fără ajutor exterior în caz de incendiu. Aceasta permite investigarea tuturor influenţelor pe scări de timp ale acestui proces
- rezultatele sale sunt simple, uşor de interpretat şi de comparat.

Totuşi, rezultatele modelului (valorile aşteptate) nu includ informaţii despre distribuirea diferitelor clase de consecinţe ale accidentelor (cum ar fi curbele FN, un grafic al frecvenţei accidentelor cu N sau mai multe decese).

Deci nivelul nu este în mod special destinat pentru investigarea accidentelor cu probabilitate foarte mică şi consecinţe foarte mari.

În concluzie, modelul nu este adecvat pentru o investigaţie mai profundă a efectelor accidentelor ce implică materii periculoase.

1.4. Studiu de caz

În studiul de caz, este investigat un tunel existent, care nu îndeplineşte întru totul cerinţele Directivei UE.

Valoarea corespunzătoare a riscului (valoarea aşteptată a riscului societal) este calculată şi comparată cu riscul pentru un tunel de referinţă (acelaşi tunel care însă îndeplineşte întru totul cerinţele). Sunt investigate măsuri de siguranţă adiţionale pentru compensarea abaterilor, şi apoi comparate între ele, luându-se în considerare aspectul diferenţelor de cost. În final, se face o recomandare.

1.4.1. Definirea problemei

Un tunel existent care îndeplineşte, într-o mare măsură, cerinţele Directivei UE . Doar numărul de vehicule de tonaj greu cu peste 3.5 tone încărcătură depăşeşte valoarea de referinţă a Directivei UE. Potrivit Anexei I, articolul 1.3.2. din directivă, trebuie estimat riscul adiţional respectiv şi măsurile necesare pentru tratarea acestuia. Deci, vor fi investigate mai multe posibilităţi pentru îmbunătăţirea siguranţei tunelului existent, prin prisma măsurilor de siguranţă adiţionale, prin calcularea efectelor acestor măsuri asupra riscului.

1.4.2. Definirea sistemului

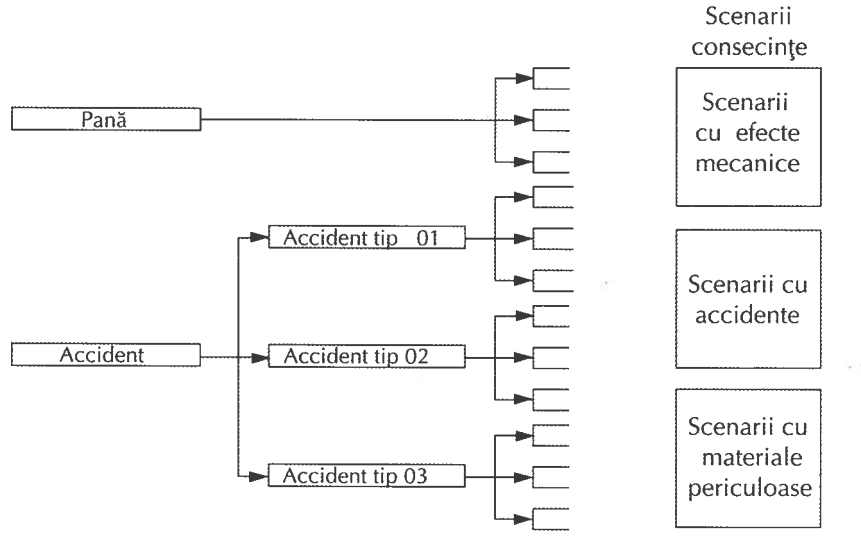
Următoarele date ce descriu tunelul şi caracteristicile sale sunt de asemenea o parte importantă din datele de alimentare ale modelului de risc.

Sistemul tunelului:	Tunel monotub
Secţiunea transversală a tunelului:	46 m^2 (secţiunea transversală standard pentru tunelurile bidirecţionale în Austria)
Lungimea tunelului:	5.5 Km
Ieşiri de urgenţă:	la fiecare 500 m (la un tunel paralel deja existent rămas în faza de construire)
Trafic (trafic zilnic mediu anual):	9.500 – trafic bidirecţional
Vehicule de tonaj greu:	25% (valoarea de referinţă dată de Directiva UE: 15%)
Vehicule cu materiale periculoase:	1.5% din vehiculele de tonaj greu
Autobuze:	1.25%
Ventilaţie:	Ventilaţie transversală cu deschideri de evacuare a fumului cu amortizoare la fiecare 100 m, cu o capacitate de 120 m^3 (în concordanţă cu prescripţiile de proiectare austriece)
Sistemul automat de detectare a incendiului:	existent
Sistemul de informare pentru şoferi:	existent
Măsuri adiţionale de siguranţă de investigat: - pasaje transversale la fiecare 250 m de-a lungul tunelului paralel deja existent; - reducerea vitezei vehiculelor de tonaj greu, de la 80 Km/h la 60 Km/h; - construirea celui de-al doilea tub al tunelului.	

1.4.3. Analiza probabilităţii

Analiza probabilităţii se face folosind un model tip arbore de evenimente (Fig. A). În cadrul analizei arborelui de evenimente, se disting trei tipuri de accidente diferite: (vezi Tabelul A).

Fig. A. Principiul modelului arbore de evenimente



Tabelul A. Distribuirea relativă a tipurilor de accidente în cazul tunelurilor rutiere unidirecţionale şi bidirecţionale în Austria.

	Tunel bidirecţional	Tunel unidirecţional
Accident de tip 01 - distrugerea unei singure maşini	17%	40%
Accident de tip 02 - coliziune frontală finală	50%	59%
Accident de tip 03 - coliziune de capăt	33%	1%

Un element important al datelor de alimentare pentru analiza probabilităţii sunt vitezele de variaţie a accidentelor specifice în tunel. Pe baza rezultatelor unui studiu detaliat al caracteristicilor specifice importante ale tunelului apartinând vitezelor de variaţie a accidentelor, sunt luaţi în considerare următorii factori de influenţă: - volumul traficului; - traficul unidirecţional sau bidirecţional ; - lungimea tunelului.

Rezultatele modelului de eveniment ramificat sunt probabilităţi ale

evenimentului pentru scenarii de consecinţă definită. Evenimentul ramificat acoperă următoarele scenarii de consecinţe.

Tabelul B. Scenarii ale consecinţelor considerând analiza evenimentului cu ramificaţii.

TIP ACCIDENT	EFECTE ACCIDENTE	ACCIDENTE CU INCENDIU (CONSECINŢE)
Incendiu maşină, incendiu camion	efecte mecanice - accident mecanic la maşină	incendiu la maşină
Incendiu la camion	efecte - accident implicând un camion	incendiu la camion
Incendiu la camion - cu lichide inflamabile	efecte mecanice - accident incluzând un autobuz	incendiu la camion - incluzând lichide inflamabile[1)]
Incendiu la autobuz	efecte mecanice cu eliberare de substanţe periculoase[1)]	incendiu la autobuz

1) - numai în cazurile abordării generale

1.4.4. Analiza consecinţelor

Accidente de maşină cu efecte mecanice

Datele consecinţelor accidentului sunt luate dintr-o evaluare a unui număr de aproximativ 450 accidente în tunel, în cazurile a 81 tuneluri rutiere austriece în perioada 1999-2003 (61 tuneluri unidirecţionale şi 20 bidirecţionale, cu precădere pe şoselele austriece).

Incendii

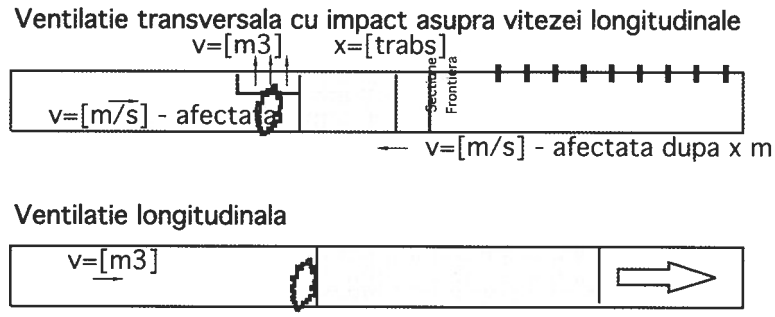
Modelarea consecinţelor accidentelor de incendiu se face prin combinarea unui model dimensional de incendiu şi ventilaţie, cu un model de simulare a evacuării. Ca rezultat al analizei consecinţei, pentru fiecare scenariu de incendiu definit de arborele evenimentelor, se calculează un mumăr mediu de decese.

Modelul de ventilaţie

În modelul de ventilaţie, pot fi selectate două scenarii de incendiu diferite (5 MW, 30 MW) şi două regimuri diferite de ventilaţie:

- ventilaţie longitudinală
- ventilaţie transversală, cu impact asupra vitezei longitudinale a aerului.

Figura B - Principiul modelului de ventilaţie



Parametrii de alimentare folosiţi în analiza pentru modelul de ventilaţie sunt definiţi în concordanţă cu prescripţiile austriece, unele valori fiind de asemenea bazate pe experienţa practică. Ele sunt valabile pentru situaţiile standard. Totuşi modelul ar putea fi folosit pentru a investiga şi sistemele de ventilaţie ne-standard şi situaţiile ne-standard, dar aceasta ar mări costurile analizei.

Modelul de simulare a evacuării

În cadrul modelului de simulare a evacuării, se iau în considerare: locaţia accidentului în tunel, locaţia ieşirilor de urgenţă, aşezarea vehiculelor de o parte şi de alta a accidentului, propagarea fumului, comportamentul utilizatorilor şi evacuarea acestora din tunel către o ieşire de urgenţă (un portal al tunelului). Acest concept face posibilă investigarea tuturor influenţelor care ar putea avea efect asupra timpului, în ceea ce priveşte interacţiunea dintre propagarea fumului şi evacuarea utilizatorilor prin mijloace proprii, cum ar fi:

- alarma de incendiu / pornirea ventilaţiei
- comportamentul utilizatorilor
- viteza de deplasare la pas cu/fără fum
- distanţele de deplasare
- efecte de congestionare etc.

egis DOCUMENTATION

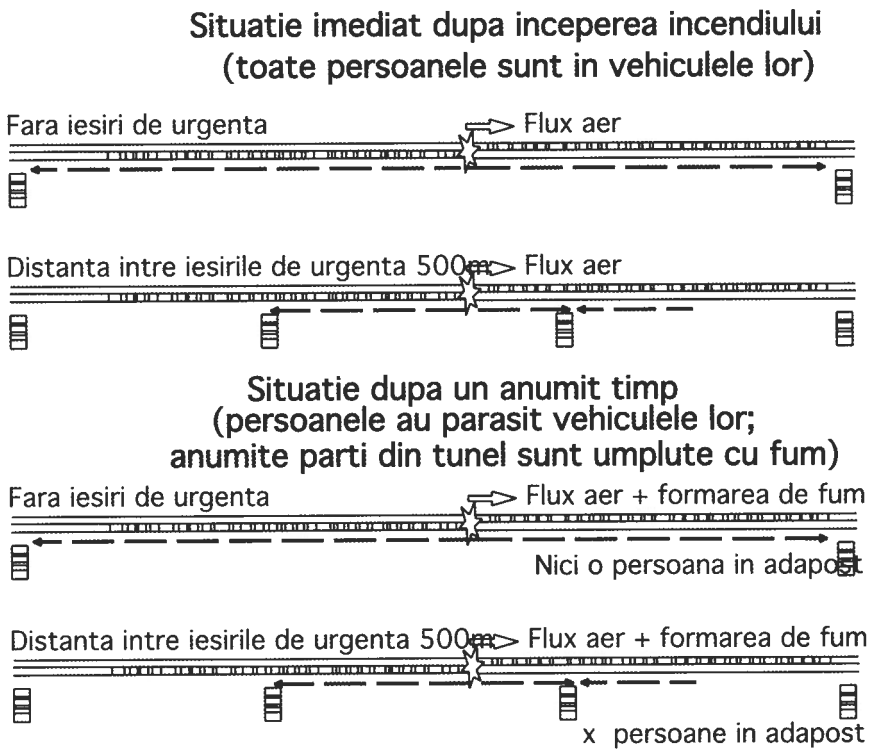


Figura C - Principiul modelului de simulare a evacuării

Pentru condiţii normale, în cadrul modelului de simulare a evacuării sunt definiţi parametri standard. Totuşi, printr-o investigare detaliată, pot fi analizate toate tipurile de măsuri de siguranţă care influenţează faza de evacuare a utilizatorilor.

Acestă investigare implică, totuşi, costuri mai mari.

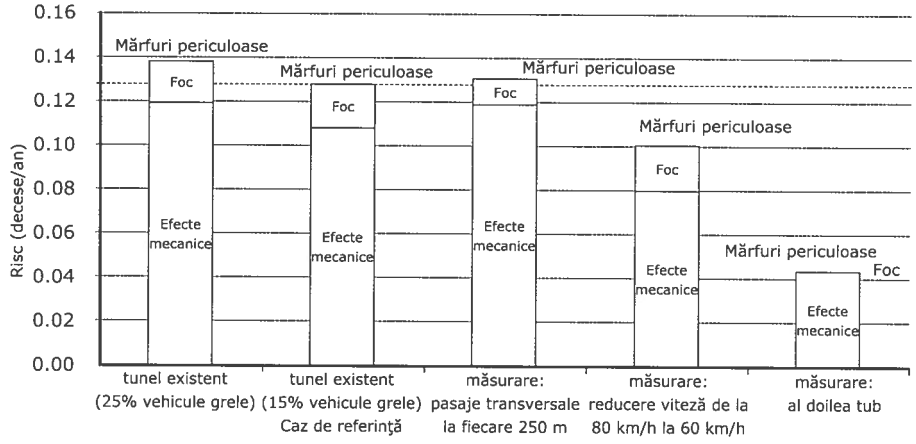
1.4.5. Rezultatele estimării riscului

Ca valoare de referinţă, este folosită valoarea preconizată a riscului societal (decese/an). Se face o distincţie între riscurile datorate accidentelor de maşină ce au doar efecte mecanice, riscurile datorate incendiilor şi riscurile datorate accidentelor cu materii periculoase.

Pentru tunelul investigat, s-au obţinut următoarele rezultate:

REPARTIZAREA RISCURILOR				
Riscul societal - valoare preconizată (decese/an)		Efecte mecanice	Incendiu	Materiale periculoase
Tunel existent (25% vehicule de tonaj greu)	0.139	86%	14%	<1%
Tunel existent (15% vehicule de tonaj greu) Caz de referinţă	0.128	85%	15%	<1%
Măsură: pasaje transversale la fiecare 250 m	0.131	91%	9%	<1%
Măsură: al doilea tub la tunel	0.045	97%	<1%	3%
Măsură: reducerea vitezei la 60 Km/h de la 80 Km/h	0.101	81%	19%	<1%

Figura D - Vedere generală grafică a rezultatelor studiului de caz



1.4.6. Rezultatele evaluării riscului

Evaluarea riscului se face printr-o comparaţie relativă, în special prin compararea tunelului în situaţia existentă cu tunelul în situaţia în care ar trebui să fie, luând în considerare cerinţele Directivei UE (cazul de referinţă). În exemplul dat, evaluarea riscului ar trebui făcută după cum urmează:

- procentul mare (25%) al vehiculelor de tonaj greu creează o creştere a riscului de aproximativ 9% comparativ cu valorile de referinţă conforme cu Directiva UE.

Măsurile adiţionale de siguranţă urmărite contribuie la reducerea riscului, după cum urmează:

- pasajele transversale la fiecare 250 m pot reduce riscul la aproximativ 6%; acesta este aproape acelaşi ordin de mărime ca şi riscul adiţional produs de procentul mare al vehiculelor de tonaj greu; totuşi, acestă măsură reduce considerabil riscul la incendiu dar nu influenţează partea de risc datorată accidentelor cu efecte mecanice;
- reducerea vitezei vehiculului de tonaj gru de la 80 Km/h la 60 Km/h poate reduce riscul cam cu 38%, astfel reducându-l cu mult sub valoarea riscului în cazul de referinţă. Acestă măsură influenţează considerabil riscul datorat efectelor mecanice ale accidentelor rutiere (care este dominat de traficul greu), dar influenţează doar în mică măsură riscul de incendiu.
- un al doilea tub la tunel reduce considerabil nivelul riscului în tunel până la aproximativ o treime din valoarea iniţială, influenţând serios atât riscul la incendiu cât şi riscul datorat efectelor mecanice.

Din punctul de vedere al siguranţei, măsura „pasaje transversale la fiecare 250 m" este o măsură adecvată pentru compensarea riscului mai ridicat datorat procentul mare al vehiculelor de tonaj greu. Acestă măsură adiţională de siguranţă reduce nu doar valoarea prescrisă a riscului cu 6%, ci de asemenea reduce procentul riscului de incendiu în cadrul valorii totale a riscului.

Totuşi această măsură nu influenţează procentul ridicat de risc datorat efectelor mecanice, care este pe de altă parte puternic influenţat de măsura reducerii vitezei vehiculelor de tonaj greu. Acestă a doua măsură paote fi realizată în timp scurt şi generează doar costuri reduse, în timp ce pasajele transversale sunt mult mai costisitoare şi se realizează în intervale de timp mult mai mari. Deşi este foarte eficient la reducerea riscului, din motive dependente de reducerea costurilor, un al doilea tub nu se justifică decât atunci când volumul traficului este aşteptat să crească simţitor (până la 20000 pe perioada următorilor 15 ani - cu referire la Directiva UE, Anexa I, aticolul 2.1.2.).

Aşadar - dacă efectele volumului de trafic sunt acceptabile - limitarea vitezei pentru vehiculele de tonaj greu este recomandată ca măsură pe termen scurt pentru motivul reducerii costurilor. Dacă volumul traficului creşte considerabil, ca masură pe termen lung, ar trebui introdus un al doilea tub la tunel.

2. Analiza de risc Italiană pentru tunelurile rutiere

Conceptul italian pentru siguranţa tunelurilor rutiere se încadrează în limitele Directivei UE 2004/54/EC şi în particular solicită ca analiza riscului să

fie adoptată pentru acele tuneluri unde condiţiile de siguranţă (enunţate de Directivă), nu sunt pe deplin satisfăcute, sau pentru acelea care sunt caracterizate de condiţii speciale (în funcţie de lungime, volumul traficului, numărul de tuburi etc). Acesta este deasemenea intervalul în cadrul căruia un decret în curs de emitere al Ministerului Transporturilor şi Infrastructurilor va limita cerinţa dezvoltării analizei riscului.

2.1. Conceptul utilizat

Metoda italiană de analiză a riscului este bazată în principal pe estimările probabilităţilor cantitative şi pe analizele cantitative ale consecinţelor (analiza scenariului).

Totalitatea evenimentelor cu consecinţe independente descriind „spaţiul evenimentelor", este definită prin utilizarea unui arbore de evenimente (arbore logic), şi a unui ansamblu de evenimente declanşatoare iniţiale (asociate în mod esenţial incendiilor în tuneluri) combinate cu o secvenţă de sub-evenimente legate de comportamentul sub-sistemului cu care tunelul este dotat.

Estimările probabilistice pentru evenimentele menţionate sunt de obicei bazate pe un concept statistic şi se referă în particular la rata incendiilor accidentale în tuneluri. Pe de altă parte estimarea probabilistică a evenimentelor care caracterizează comportarea sub-sistemelor tunelului derivă din performanţa de adaptabilitate a dispozitivelor cu care este echipat tunelul. Probabilităţile asociate cu diferitele ramificaţii ale evenimentului depind de aceste două aspecte împreună cu caracteristicile abaterii comportamentale ale persoanelor care pătrund în tunel.

Analiza consecinţelor este efctuată pentru determinarea distribuţiilor în spaţiu şi timp a parametrilor fizici care influenţează mai ales auto-evacuarea persoanelor afectate de accident.

Deci, atenţia este în particular concentrată pe temperatura în zonă, densitatea fumului, vizibilitate (densitatea optică) şi concentraţia de substanţelor toxice. Toţi aceşti parametri tind să afecteze evacuarea în diferite moduri, corespunzător diferitelor ramificaţii ale arborelui evenimentelor şi în funcţie de comportarea sub-sistemelor.

Consecinţele sunt în general evaluate în funcţie de numărul de decese, totuşi neexistând o restricţie apriorică pentru adaptarea indicatorilor de utilitate complementară/alternativă incluzând de pildă şi accidentările şi deterioarea infrastructurii.

2.2. Rezulatele analizei riscului şi strategia de evaluare a riscului

Conceptul italian de evaluare a riscului presupune posibilitatea de folosire a doi indicatori de risc diferiţi. Primul indicator se bazează pe nivelul aşteptat de decese pe an.

El este luat în considerare pentru un anumit tip de analiză comparativă când se tratează problema tunelurilor, care nu satisfac setul complet de cerinţe minime, aşa cum sunt ele enunţate în Directiva UE, dar sunt înzestrate cu un echipament adiţional complementar/ alternativ. Dacă valoarea acestui indicator aşteptat de risc este mai mică sau egală cu valoarea corespunzătoare pentru cazul tunelului standard (acelaşi tunel dotat cu un set complet de cerinţe minime), atunci nu sunt necesare investigaţii suplimentare.

Se poate accepta modelul alternativ, presupunându-se că capabilitatea tehnică a sub-sistemelor considerate garantează performanţa ţintită. În cazul opus, şi în general când tunelul considerat este caracterizat de condiţii speciale, atunci trebuie efectuată o analiză completă a riscului pentru a garanta că performanţa ţintită a subsistemelor poate fi cu adevărat atinsă.

În acest caz, acceptabilitatea alegerii conceptului (alternativ) trebuie verificată considerând că riscul societal (sau riscul cumulat) este asociat tunelului.

Acest indicator de risc este definit prin distribuţia cumulativă complementară asociată cu numărul de decese(anual) aferent tunelului considerat.

Plasarea acestei funcţii în graficul FN şi luându-se în considerare în raport cu nivelul riscului tolerabil şi nivelul riscului acceptabil arată dacă modelul de calcul adoptat poate fi acceptat sau nu.

2.3. Intervalul şi limitele de aplicare

Acest model de evaluare a riscurilor poate fi aplicat atât la tunelurile existente cât şi la cele noi, în particular pentru selectarea echipametului complementar adiţional corespunzător de care tunelul are nevoie, sau pentru adoptarea măsurilor alternative de siguranţă acolo unde nu există şansa de implementare a tuturor exigenţelor minime tipice ale tunelului considerat.

Nu sunt specificate limitări speciale pentru aplicarea metodei la o gamă completă de tuneluri posibile. Totuşi, anumite cerinţe adiţionale ar trebui luate în considerare când se ţine seama de managementul şi transportarea materiilor periculoase.

2.4. Studiu de caz

Studiul de caz relevă unele condiţii de bază şi principii ale evaluării riscului urmându-se conceptul italian. Sunt arătate etapele individuale ale analizei şi un exemplu de abore de evenimente. În final, sunt date trei exemple de rezultate caracteristice.

2.4.1. Definirea problemei

Tabelul arătat la punctul 2.19 al Anexei 1 din Directiva 2004/54/EC evidenţiază zece tipuri de tuneluri ale căror valoare de referinţă pentru parametrii de siguranţă (Anexa 1-&1.1), lungime (L) şi volumul (AADT) sunt în concordanţă cu zece grupuri specifice de cerinţe minime de siguranţă.

Tabelul de mai jos sintetizează cele zece tipuri de tunel.

Tunel unidirecţional	500<L<1000	L>1000	500<L<1000	1000<L<3000	L>3000
T<2000veh./bandă zi	I	II			
T>2000veh./bandă zi			III	IV	V
Tunel bidirecţional	500<L<1000	L>1000	500<L<1000	1000<L<3000	L>3000
T<2000veh./bandă zi	VI	VII			
2000>T<2000veh/bandă zi			VIII	IX	X

Directiva UE nu stabileşte în mod explicit nici o limită superioară pentru parametrii de siguranţă ca lungimea (L) şi volumul de trafic (AADT).

Un studiu al ratei accidentelor rutiere în funcţie de volumul traficului, efectuat pe baza datelor relative de pe reţeaua rutieră italiană, arată că curba de regresie prezintă o schimbare bruscă a pantei:

- Pentru tunelurile unidirecţionale, valoarea critică a volumului de trafic este de 15000 vehicule/bandă zi.

Recomandarea din Cap. 2.1. al Anexei 1 din Directiva UE, sugerează că:

- Pentru tunelurile bidirecţionale, valoarea critică a volumului de trafic este de 10000 vehicule/bandă zi.

Un studiu similar al numărului de răniţi şi al deceselor datorate incendiilor în tuneluri în funcţie de lungimea acestora, efectuată pe baza datelor conţinute în documentele PIARC (1999) şi aduse la zi în 2005, a condus la identificarea următoarelor valori de referinţă:

- Pentru tunelurile unidirecţionale, valoarea limită a parametrului de siguranţă pentru lungime (L) este 5,000 m;
- Pentru tunelurile bidirecţionale, valoarea limită a parametrului de siguranţă pentru lungime (L) este 3,000 m.

În cadrul unei abordări bazată pe performanţă pentru concepţia sistemelor de transport, Reglementarea IEC nr. 61508 prevede nivele de performanţă specifice pentru subsistemele de siguranţă (conform Anexei 1 & 1.2). Mai mult, fiecare subsistem de siguranţă este caracterizat de un nivel de integritate specific exprimat în funcţie de fiabilitate.

Observaţiile de mai sus au sugerat întotdeauna introducerea următoarelor concepte auxiliare:

Tunel virtual: un tunel care se încadrează întru totul în prevederile Directivei UE privind atât parametrii de siguranţă (Anexa 1& 1.1) cât şi cerinţele minime (Anexa 1& 1.2) şi pentru care subsistemele de siguranţă care introduc cerinţele minime sunt caracterizate de o eficenţă şi o fiabilitate ideale.

Tunelul teoretic: un tunel existent, sau proiectul său adus la zi, sau concepţia finală a unui tunel nou, unde nu toate cerinţele de siguranţă (Anexa 1& 1.2) sunt satisfăcute, dar care se comportă ideal în materie de fiabilitate şi eficienţă.

Tunelul real: un tunel existent, sau proiectul său adus la zi, sau concepţia finală a unui tunel nou, unde nu toate cerinţele de siguranţă (Anexa 1& 1.2) sunt satisfăcute, dar care se comportă conform celor mai bune practici în materie de fiabilitate şi eficienţă.

Procedura de analiză a riscului dezvoltată adoptă graficul FN pentru reprezentarea riscului.

Dreapta tangentă înfăşurătoare a distribuţiilor complementare cumulate (DCC) derivate din Analiza Arborelui de Evenimente asociată cu tunelurile virtuale defineşte condiţiile limită de referinţă pentru reprezentarea riscului.

Conform analizei de risc prezentată mai jos, tunelurile virtuale sunt utilizate ca referinţe la determinarea nivelului de risc al tunelurilor reale.

Procedura de analiză a riscului prezentată presupune proiectarea structurii pe baza performanţei, ca şi trăsătură caracteristică a proiectării siguranţei la tuneluri.

2.4.2. Descrierea sistemului tunel

Studiul de caz prezentat ia în considerare:

- Aplicarea procedurii de analiză a riscurilor la tipurile V şi X de tuneluri virtuale pentru identificarea pe curba FN a condiţiilor limită definite ca o linie dreaptă tangentă la distribuţiile complementare cumulate asociate cu tunelurile virtuale:
- Aplicarea procedurii de analiză a riscului propusă, la trei tuneluri existente în cadrul reţelei rutiere italiene, care prezintă diverse deficienţe în raport cu cerinţele minime de siguranţă (Anexa 1& 1.2).

Tabelele de mai jos prezintă caracteristicile pentru tipurile V şi X de tuneluri virtuale:

Denumire	Tunel de tip V
Sistemul tunelului	Unidirecţional
Lungimea tunelului [m]	5.000
Benzi	2
Trafic (trafic zilnic mediu anual v/zi.b)	15.000
Vehicule de tonaj greu [m]	15
Distanţa între ieşirile de urgenţă [m]	500
Deficitul de cerinţe minime	-

Denumire	Tunel de tip X
Sistemul tunelului	Bidirecţional
Lungimea tunelului [m]	3.000
Benzi	1
Trafic (trafic zilnic mediu anual v/zi.b)	10.000
Vehicule de tonaj greu [m]	15
Distanţa între ieşirile de urgenţă [m]	500
Deficitul de cerinţe minime	-

Denumire	Autostrada 1 Italia
Sistemul tunelului	Unidirecţional
Lungimea tunelului [m]	3.200
Benzi	2
Trafic (trafic zilnic mediu anual v/zi.b)	5.500
Vehicule de tonaj greu [m]	10
Distanţa între ieşirile de urgenţă [m]	700
Deficitul de cerinţe minime	1. Distanţa intre ieşirile de urgenţă 2. Alimentarea cu apă 3. Drevajele

Denumire	ANAS 1
Sistemul tunelului	Unidirecţional
Lungimea tunelului [m]	3.200
Benzi	2
Trafic (trafic zilnic mediu anual v/zi.b)	12.000

Vehicule de tonaj greu [m]	10
Distanţa între ieşirile de urgenţă [m]	450
Deficitul de cerinţe minime	-

Denumire	ANAS 2
Sistemul tunelului	Bidirecţional
Lungimea tunelului [m]	2.400
Benzi	1
Trafic (trafic zilnic mediu anual v/zi.b)	10.000
Vehicule de tonaj greu [m]	10
Distanţa între ieşirile de urgenţă [m]	800-1.200
Deficitul de cerinţe minime	Distanţele dintre ieşirile de urgenţă

2.4.3. Analiza cantitativă probabilistică a riscului

Etapele Procedurii

Etapele esenţiale în procedura propusă de analiză a riscului sunt:

i. Caracterizarea structurii tunelului
Măsuri structurale, măsuri ale sistemelor
ii. Identificarea surselor de accidente şi rata corespunzătoare a incidentelor
Vehicule particulare, vehicule tonaj greu
iii. Identificarea pericolelor potenţiale
Mecanice-termice, chimice – termice
iv. Definirea scenariilor de risc
Probabilitatea declanşării evenimentelor, caracterizarea energetică a surselor,
Analiza Arborelui de Evenimente (ETA)
v. Cuantificarea şi împărţirea zonelor de pericol în interiorul tunelului
Fluxul şi mişcarea aerului, temperatura, concentraţia de produse inflamabile (metode pentru transportul de masă şi energie). Dimensiunea zonelor cu pericol letal (doză fracţională efectivă)
vi. Cuantificarea pagubelor
Populaţia expusă (modele de cozi de vehicule). Decese (modele de proceduri de evacuare)
vii. Estimarea şi reprezentarea riscului
Valori preconizate, risc societal, Distribuţii Complementare Cumulate (DCC)
viii. Evaluarea riscului
Compararea Distribuţiilor Complementare Cumulate (DCC) cu valori de referinţă şi criterii de acceptabilitate predefinite.

2.4.4. Analiza arborelui de evenimente

Arborele de evenimente reprezintă instrumentul de estimare a riscului adoptat în procedura propusă. El permite vizualizarea impactului pe care subsistemele de siguranţă, exprimate în funcţie de fiabilitate şi eficienţă îl au asupra dezvoltării pericolelor în sistemul tunelului de-a lungul unui scenariu de urgenţă (Sj).

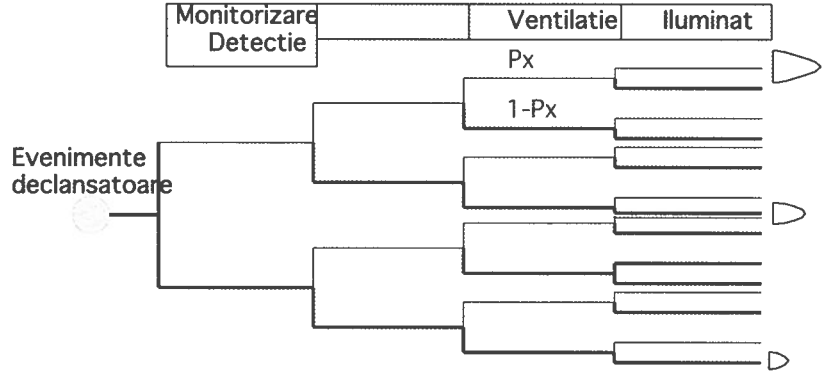
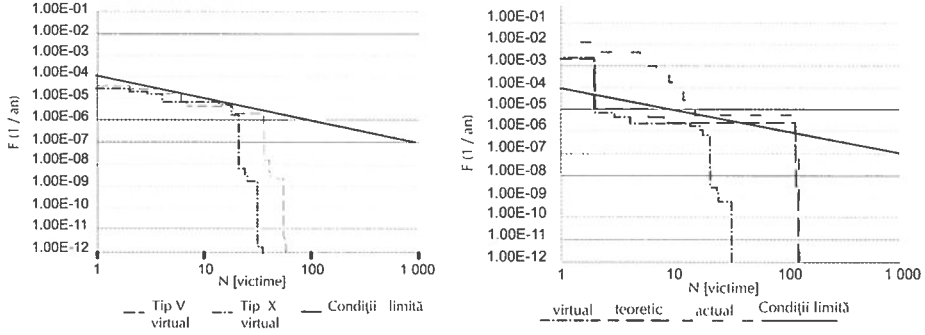


Diagrama prezentată mai jos arată Distribuţiile Complementare Cumulate (DCC) pentru tunelurile virtuale de tipul V şi X.



D.C.C. virtual, teoretic şi real pentru tunelurile ANAS 1 şi ANAS 2

Linia dreaptă arătată în diagramă reprezintă curba care este tangentă la DCC asociată cu tunelurile virtuale, şi defineşte o condiţie limită de referinţă. Graficele de mai jos arată Distribuţiile Complementare Cumulate (DCC) pentru doua tuneluri existente de pe reţeaua rutieră italiană.

2.4.5. Concluzii

Rezultatele analizei riscurilor obţinute urmând procedura propusă pot fi folosite pentru luarea deciziei de către Autoritatea Administrativă (Articolul 4 din Directiva UE). Poate fi completată şi suplimentată prin criterii adecvate atât pentru comparaţii relative ale riscului cât şi pentru adoptarea unei limite de acceptabilitate sugerată ulterior de Autorităţile Guvernamentale. Limita absolută de adaptabilitate poate fi localizată, de pildă la două decade peste linia de referinţă identificată.

3. Modelul OECD/PIARC de evaluare cantitativă a riscurilor (QRA) pentru materiale periculoase (DG)

Modelul (DG) QRA OECD/PIARC şi trăsăturile caracteristice ale aplicării sale în Franţa sunt prezentate mai jos.

3.1. Abordarea utilizată

Ca parte integrantă din dosarul de siguranţă, analiza de risc pentru transportul materialelor periculoase este realizată în Franţa pentru fiecare tunel ce depăşeşte 300 m.

Pentru acest scop, se foloseşte modelul de evaluare cantitativă a riscurilor (QRA) pentru materiale periculoase (DG) dezvoltat de OECD/PIARC.

Într-o primă etapă, este calculată valoarea de risc aşteptat (risc societal) preconizată pentru tunelul însuşi. Această valoare se numeşte „risc intrinsec" şi corespunde numărului de mediu de decese preconizat anual datorat materiilor periculoase transportate prin tunelul considerat, presupunând că sunt permise toate materiile periculoase. În cazul unei serii de tuneluri, se calculează o valoarea aşteptată cumulată. Pentru acest scop, sunt necesare următoarele date:

- volumul şi compoziţia traficului de materialelor periculoase DG;
- volumul şi compoziţia traficului global (vehicule uşoare, vehicule grele, autobuze) şi variaţiile zilnice-sezoniere;
- rata accidentelor pe itinerarii;
- caracteristicile tunelului (lungime, geometria secţiunilor longitudinale şi transversale, ventilaţia, sistemul de drenaj, ieşirile de urgenţă etc).

Datele folosite se referă la situaţia în care au trecut 10 ani de când un tunel este pus în funcţiune (pentru tunelurile aflate în proiectare sau tunelurile în faza de punere în serviciu), sau la 10 ani după data când se efectuează studiul QRA (pentru tunelurile în exploatare).

Dacă riscul intrinsec calculat pentru tunel este peste o anumită valoare, atunci se efectuează pasul doi: se foloseşte modelul DG QRA pentru compararea rutelor alternative (ruta tunelului şi alternativele). Pot fi selectate până la trei alternative.

Atunci studiul QRA este realizat în felul următor:

- colectarea datelor pentru rutele alternative, cu un nivel omogen de detaliu pentru fiecare dintre rutele comparate;
- calcularea riscului societal pentru compararea rutelor (curbele FN, valorile preconizate);
- compararea curbelor (pentru întregul trafic, pentru anumite grupuri de materii periculoase, sau considerând măsurile de limitare a transportului la anumite perioade predeterminate de timp);
- studiul de sensibilitate la parametrii principali (în general: date despre populaţie, traficul global, vitezele de variaţie a accidentelor).

Modelul DG QRA permite o abordare cantitativă:

Analiza cantitativă a frecvenţelor:

- modelul DG QRA include rezultatele unei analize a secvenţei evenimentelor plecand de la un eveniment iniţial (accident, distrugere) până la un set de scenarii de consecinţe, transpuse în probabilităţi condiţionale pentru obţinerea scenariilor date în cazul unui accident petrecut. În cadrul modelului, a fost configurat şi inclus un tabel care cuprinde valori cantitative pentru fiecare scenariu, care face distincţie între diferite condiţii limită (rute în tunel/în aer liber, zone urbane/rurale);
- ratele accidentelor pe rutele în tunel/în aer liber sunt date de utilizator, pe bază de statistici la nivel naţional (valori de încadrare, în general folosite la tunelurile în proiectare), sau statistici locale (observarea accidentelor pentru investigarea drumurilor/tunelurilor în exploatare).

Analiza cantitativă a consecinţelor:

- un instrument 2D şi unul mai simplu 1D, bazate pe calcule predeterminate ale consecinţelor fizice în spaţiu liber (pentru anumite condiţii metodologice), au fost implementate în modelul DG QRA. Modelul poate calcula consecinţele pentru utilizatorii drumurilor şi populaţia locală din vecinătăţile drumurilor, pentru un set de scenarii reprezentative ale traficului DG monitorizat;

- un instrument 1D separat a fost încorporat pentru a calcula consecinţele fizice şi psihologice ale scenariilor în tuneluri.

Combinaţia între analizele cantitative ale frecvenţelor şi consecinţelor permite stabilirea curbelor FN.

Aceste scenarii reprezintă principalele efecte care pot fi întâlnite: explozii puternice cu sau fără efecte termice, efecte toxice majore din emanări accidentale de gaze sau lichide volatile, incendii de proporţii mari. Deci, dintr-un interval de trafic DG monitorizat, majoritatea produselor pot fi reprezentate de acest set de scenarii.

Modelul DG QRA este bazat pe următorul set de 13 scenarii reprezentative:

Scenariu nr.	Descriere	Capacitate rezervor	Dimensiune breşă (mm)	Debit scurgere (kg/s)
1	Incendiu vehicul greu 20 MwW	-	-	-
2	Incendiu vehicul greu 100 MwW	-	-	-
3	BLEVE a GPL în butelie	50kg	-	-
4	Incendiu rezervor benzină	28t	100	20.6
5	VCE benzină	28t	100	20.6
6	Scurgere clor	20t	50	45
7	BLEVE a GPL în cisternă	18t	-	-
8	VCE a GPL în cisternă	18t	50	36
9	Foc torţă GPL în cisternă	18t	50	36
10	Scurgere amoniac	20t	50	36
11	Scurgere acroleină în cisternă	25t	100	24.8
12	Scurgere acroleină în butelie	100t	4	0.02
13	BLEVE aer refrigerat lichid	20t	-	-

3.2. Rezultatele analizei riscurilor şi strategia de evaluare a riscurilor

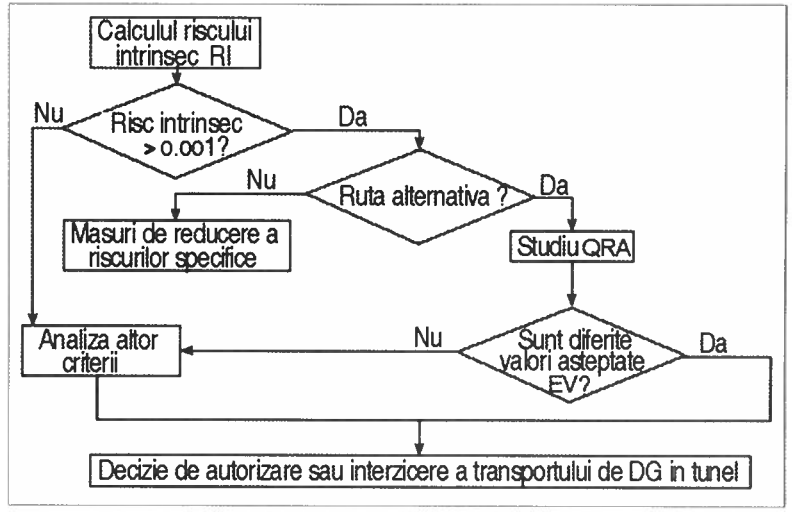
Rezultatele produse de modelul DG QRA sunt în general prezentate sub formă de curbe FN.

Procesul de evaluare a riscului

IR este riscul intrinsec (valoarea preconizată) pentru un tunel.

Această valoare se obţine prin aplicarea modelului DG QRA doar pentru tunel, presupunându-se ca toate materiile periculoase trec prin acesta, aşa cum este descris mai sus (primul pas al analizei riscului).

Dacă IR>0.001 pentru un tunel dat, atunci se efectuează un studiu QRA pentru compararea tunelului şi rutelor alternative. Dacă IR>0.001 atunci riscul datorat transportului materiilor periculoase este considerat ca nefiind un aspect important, iar decizia privind autorizarea sau nu pentru transportul materiilor periculoase se poate lua pe baza altor criterii decât cele derivate din aplicarea QRA.



Când este necesar un studiu QRA complet, (pasul doi al analizei riscului), modelul DG QRA este folosit pentru compararea nivelului riscului datorat materiilor periculoase transportate de-a lungul rutei tunelului cu nivelul riscului datorat materiilor periculoase transportate pe rute alternative.

Rezultatul analizei riscului pentru transportul materiilor periculoase este o propunere pentru autorităţile administrative care trebuie să ia decizia de

a interzice sau autoriza total, parţial traficul DG în tunelul investigat (DG =materii periculoase).

3.3. Interval şi limite de aplicare

Modelul este indicat pentru luarea deciziilor privind autorizarea sau nu pentru traficul DG în tunel. Modelul nu este adecvat pentru o analiză generală a riscului în cazul tunelurilor rutiere. În general, este dificil să se comunice cu autorităţile locale utilizând acest tip de studiu.

3.4. Studiu de caz

Pentru ilustrarea modelului DG QRA, se foloseşte un tunel bitub scurt. Sunt detaliate datele de introducere necesare pentru definirea sistemului tunelului şi situaţia din trafic.

Valorile calculate ale riscului pentru ruta tunelului, precum şi pentru două rute alternative, sunt prezentate şi comparate. Pe baza acestor rezultate, se face o recomandare pentru o rută favorabilă de transport în cazul materiilor periculoase.

3.4.1. Definiţia problemei

Într-un tunel existent, transportul materiilor periculoase este permis fără rectricţii din momenteul în care tunelul a fost deschis traficului. În concordanţă cu regulamentele recente, în cadrul documentaţiei de siguranţă este realizată şi descrisă o analiză a riscului privind transportul materiilor periculoase.

3.4.2. Definiţia sistemului

Următoarele date care descriu tunelul şi caracteristicile sale sunt o parte importantă a datelor de alimentare a modelului riscului.

Sistemul tunelului: Tunelul bitub

	Tub Est	Tub Vest
Lungime	355 m	355 m
Lăţime	19 m	22,60 m
Înălţime	5,88 m	5,41 m
Secţiune transversală	112 m^2	112 m^2
Pantă transversală	2%	2%
Pantă longitudinală	5%	5%
Sistem de drenaj	Rigole continue şi sifoane la fiecare 50 m	Rigole continue şi sifoane la fiecare 50 m

Ieşiri de urgenţă	la fiecare 90 m
Trafic (trafic mediu zilnic anual)	155.000 (traficul prevăzut) pentru anul 2015
Vehicule de tonaj greu	6,8% (din traficul total)
Vehicule transportatoare de materii periculoase	1,9% din vehiculele de tonaj greu (adică 200 vehicule/zi)
Autobuze	0,4% (din traficul total)
Ventilaţia	Ventilaţie transversală cu guri de extracţie a fumului, cu o capacitate de 150 m^3/s (în conformitate cu prescripţiile de calcul franceze)
Sistem automat de detecţie a incidentelor	Urmează să fie introdus

3.4.3. Calculul riscului intrinsec (IR)

Acest calcul se face utilizând modelul DG QRA.

Dată fiind posibila variabilitate a condiţiilor meteorologice iniţiale, valoarea IR variază de la 0,0008 la 0,0014.

Acestă ultimă valoare este peste limita de 0,001 pentru care este solicitat un studiu QRA de comparare a unor rute alternative. Aşadar, a fost realizată o comparaţe cuantificată între ruta tunelului şi două rute alternative.

3.4.4. Studiul comparativ QRA – rutele comparate

Rutele tunelului este comparată cu alte două alternative. Ruta tunelului şi ruta alternativă numărul 1 sunt comparate între punctele A1 şi B. Ruta tunelului şi ruta alternativă numărul 2 sunt comparate între puctele A2 şi B.

Rezultatele Calculării Riscurilor

Comparaţia între Ruta tunelului/Ruta alternativă nr. 1

Referitor la comparaţia între ruta tunelului şi ruta alternativă nr. 1, au fost obţinute curbele FN de mai jos..

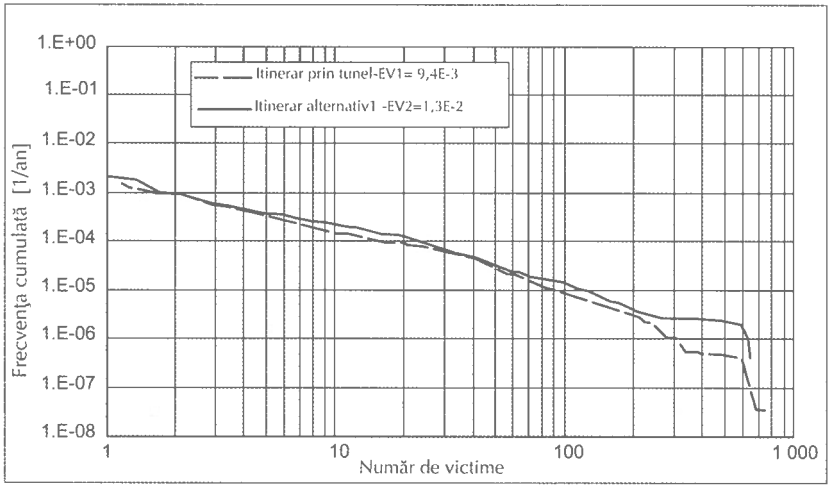
EV (Valoarea preconizată) corespunde numărul de victime preconizat anual datorat materiilor periculoase transportate pe ruta considerată.

Raportul rezultat al valorilor preconizate ale Rutei Tunelului şi Rutei Alternative nr. 1 este, deci, aproximativ 1/1.4.

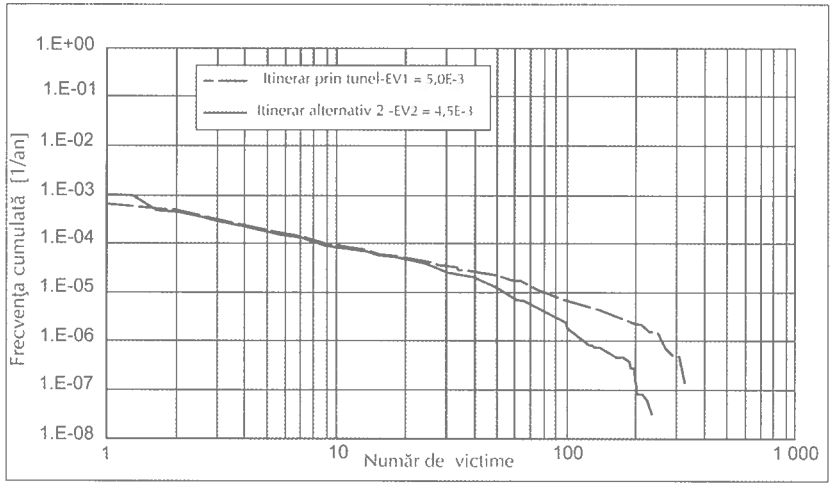
Comparaţia între Ruta tunelului/Ruta alternativă nr. 2.

Referitor la comparaţia între ruta tunelului şi ruta alternativă nr. 2 au fost obţinute curbele FN de mai jos.

Raportul rezultat între Ruta Tunelului şi Ruta Alternativă nr. 2 ca valori preconizate (EV) este, deci aproximativ 1/0.9.



Comparatie cu itinerarul 1



Comparaţie cu itinerarul 2

Rezultatele Evaluării Riscurilor

La compararea a două rute, se consideră, în general că, dacă:
EV1/EV2<3 : pentru luarea unei decizii, sunt necesare criterii;
3< EV1/EV2<10 : pentru a concluziona, este necesar un studiu de sensibilitate pentru parametrii principali;
EV1/EV2>10: ruta care dă valoarea EV 2 ar trebui favorizată.

Deci această comparaţie QRA, în ambele cazuri, arată că nu există o diferenţă semnificativă între cele 2 rute comparate.

Alte criterii investigate

În general, când studiul QRA nu permite o alegere clară între rute, ar trebui ţinut seama de următoarele criterii:

- aversiunea riscului;
- accidente fără implicarea materialelor periculoase;
- vulnerabilitatea rutei din punct de vedere economic şi ambiental.

În cazul de faţă, al doilea criteriu permite să se facă o alegere. Următorul tabel prezintă rezultatele calculelor riscurilor derivate din accidente fără implicarea transporturilor de materii periculoase:

Ruta	Comparaţie model QRA	Accidente fără implicarea meteriilor periculoase	Comparaţie globală
Raport Tunel EV	9.4E-03	3.8E-03	1.3E-02
Rută Alternativă Nr. 1 EV	1.3E-02	4.0E-02	5.3E-02
Raport	**1.4**	**10.6**	**4.0**
Rută Tunel EV	5.0E-03	1.0E-03	6.0E-03
Rută Alternativă Nr. 1 EV	4.5 E-03	1.9E-02	2.4E-02
Raport	**0.9**	**19.5**	**4.0**

Rezultatele prezentate în acest tabel arată că riscurile datorate accidentelor rutiere fără implicare de materiale periculoase sunt semnificativ mai mari (de peste zece ori) pe rutele alternative decât pe ruta tunelului.

Aşadar, concluzia acestui studiu este că transportul materiilor periculoase trebuie menţinut pe ruta tunelului.

egis
DOCUMENTATION