

**UNIVERSITATEA BABEȘ BOLYAI
FACULTATEA DE ȘTIINȚA ȘI INGINERIA MEDIULUI**

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Infrastructuri critice utilizate în transportul rutier al mărfurilor periculoase. Aspecte privind analiza riscului asociat și planificare teritorială.

Cuvinte cheie : risc, transport, mărfuri periculoase, infrastructuri critice, rețea rutieră, planificare teritorială

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC

Prof. univ. dr. ing. Ozunu Alexandru

DOCTORAND

Radovici Andrei-Titus

Cluj-Napoca

2022

Cuprins

1	Considerații teoretice privind transporturile de mărfuri periculoase, infrastructuri critice și riscul asociat acestora.....	4
1.1	Riscul- concept, componente, definiții și observații.....	4
1.2	Concepte generale privind protecția infrastructurilor critice și riscurile asociate.....	7
1.3	Concluziile sintezei teoretice	7
2	Analiza comparativă a expunerii generate de transportul rutier de mărfuri periculoase la nivel regional și analiza calitativă a riscului asociat infrastructurilor critice	9
2.1	Metodologia de cercetare.....	9
2.2	Rezultate obținute și interpretarea acestora	11
2.2.1	Identificarea infrastructurilor critice și a arealului de studiu.....	11
2.2.2	Analiza de hazard	14
2.2.3	Elaborarea hărților de hazard.....	15
2.2.4	Analiza expunerii.....	16
2.2.5	Analiza calitativă a riscului asociat infrastructurilor critice utilizate în transportul de mărfuri periculoase	22
2.3	Concluziile analizei comparative a expunerii și a analizei calitative a riscului asociat infrastructurilor critice	25
3	Analiza la nivel național a compatibilității teritoriale în proximitatea rutelor de transport pentru substanțe periculoase	26
3.1	Metodologia de stabilire a compatibilității teritoriale pentru transportul substanțelor periculoase.....	26
3.2	Rezultatele analizei compatibilității teritoriale	28
3.2.1	Analiza comparativă a modului de utilizare al terenurilor din proximitatea infrastructurii primare de transport rutier	28
3.2.2	Identificarea substanțelor și rutelor de transport analizate.....	29
3.2.3	Reprezentarea zonelor de impact din jurul rutelor de transport	30
3.2.4	Clasificarea zonelor funcționale	31
3.2.5	Determinarea frecvenței accidentelor	31
3.2.6	Stabilirea compatibilității teritoriale	32
3.3	Concluziile analizei compatibilității teritoriale	33
4	Analiza cantitativă a riscului individual și social la nivel local. Studiu de caz: Transport de GPL în Municipiul Cluj-Napoca.....	38
4.1	Metodologia de evaluare a riscului individual și social	38
4.2	Rezultate și discuții	40

4.3	Concluziile analizei cantitative a riscului la nivel local.....	43
5	Concluzii finale	44

INTRODUCERE

În contextul actual, al unei societăți dinamice, care își restructurează activitățile în mod continuu, apar o serie de riscuri la nivelul tuturor sectoarelor de activitate. Potențialele acțiuni asupra unor aspecte cheie din societate pot genera efecte majore asupra capacității acesteia de funcționare, astfel managementul acestor situații de către autorități constituie un proces delicat, complex și de actualitate.

Importante pierderi materiale, umane și de mediu au fost semnalate în consecința accidentelor din procesul de transport al substanțelor periculoase. În ultima perioadă, odată cu creșterea cantităților și a frecvenței de transport a materialelor explozive, corozive, infecțioase, inflamabile, toxice sau radioactive, la nivel mondial a fost semnalată o creștere a numărului de evenimente care au avut un pronunțat impact asupra componentelor de mediu dar și la nivel economic (Fan, Chiang & Russell, 2015).

Având în vedere faptul că orice fel de perturbare a condițiilor normale de operare a Infrastructurilor Critice din sectorul de transport presupune un impact imediat la nivelul funcțiilor vitale ale societății, sănătății, securității, a mediului și a sectorului economic precum și a altor Infrastructuri Critice din alte domenii de activitate (Radovici et al., 2016), este considerat ca fiind foarte importantă analiza riscului la nivelul acestor infrastructuri prin prisma diferitelor componente regăsite la nivel local, regional sau național.

Prezenta lucrare de doctorat propune efectuarea a trei studii de caz care să vizeze analiza procesului de transport al mărfurilor periculoase la nivele diferite de extindere spațială, studii bazate pe metodologii diferite de analiză adaptate specificului fiecărui studiu de caz în ceea ce privește rezultatele urmărite precum și disponibilitatea datelor ce urmează a fi analizate. De asemenea, studiul a urmărit și identificarea de Infrastructuri Critice utilizate în transportul substanțelor periculoase din diferite areale, reprezentative la nivel european, național, regional sau local precum și o analiză calitativă a elementelor care contribuie la riscul asociat acestora.

Conform unui raport al Administrației Federale responsabilă pentru siguranța transporturilor rutiere din Statele Unite pierderile înregistrate, ca urmare a accidentelor survenite în transportul substanțelor periculoase, au fost evaluate anual la peste 1 miliard USD (Federal Motor Carrier Safety Administration, 2004). Astfel,

costurile ridicate legate de pagubele produse de astfel de evenimente coroborat cu măsurile speciale de intervenție, pot fi considerate argumente în plus care să susțină necesitatea unui studiu dedicat procesului de management al riscului asociat transportului de substanțe periculoase.

Dintr-un alt punct de vedere, procesul de Management al Infrastructurilor Critice este în general, sau trebuie să fie puternic interconectat de Managementul Riscului asociat transportului de substanțe periculoase, datorita faptului că efectele unui astfel de accident nu se rezumă doar la aspectul distructiv al acestuia asupra căii de comunicație unde se manifestă, ci și la potențiale întreruperi ale activității la nivelul altor Infrastructuri Critice dependente de acestea (școli, spitale, aeroporturi, rețele de servicii publice, etc.) (Radovici et al., 2016).

Întrucât procesul de amenajare a teritoriului din zonele unde sunt depozitate sau transportate cantități însemnate de mărfuri periculoase a căpătat o atenție sporită atât în literatura de specialitate cât și în dezvoltarea politicilor și legislației specifice de către autoritățile competente, o secțiune a acestei lucrări a fost dedicată analizei teritoriale din proximitatea principalelor rute de transport al mărfurilor periculoase din țara noastră.

Așa cum a fost menționat și anterior, disponibilitatea datelor a jucat un rol extrem de important în alegerea tipului și a metodologiei de analiză determinând următoarele teme de studiu materializate în capitolele prezentei lucrări:

La nivel național- adaptarea și dezvoltarea unei metodologii de stabilire a compatibilității teritoriale între rutele de transport rutier și zonele din proximitatea acestora; aplicarea respectivei metodologii și formularea unor concluzii pe baza rezultatelor obținute.

La nivel regional- analiza expunerii la hazarde asociate transportului diferitelor tipuri de mărfuri și substanțe periculoase transportate pe un sector de drum care constituie o Infrastructură Critică la nivel național și internațional; analiză comparativă cu un traseu alternativ în vederea stabilirii rutei optime de transport; analiza calitativă a riscului asociat unui accident în care sunt implicate mărfuri periculoase pe sectorul de drum identificat.

La nivel local- analiza efectelor fizice produse în urma unui accident în transportul de substanțe periculoase; analiza cantitativă a riscului individual generat de aceste transporturi precum și a riscului social.

În alegerea temei, pe lângă gradul de actualitate și oportunitate, s-a ținut cont în special de necesitatea elaborării unui studiu care să aducă împreună elemente din domenii care până acum au fost tratate separat în studiile de specialitate (cel puțin la nivel național), astfel tema propune și o notă de originalitate.

1 Considerații teoretice privind transporturile de mărfuri periculoase, infrastructuri critice și riscul asociat acestora

1.1 Riscul- concept, componente, definiții și observații

Conceptul de risc și evaluare a riscului are o istorie lungă și adânc înrădăcinată în societatea umană. Totuși, procesele de evaluare a riscurilor și de management ca domenii științifice sunt destul de recente, primele jurnale științifice, lucrări și conferințe care acoperă idei și principii fundamentale privind modul de evaluare și gestionare adecvată a riscurilor nu sunt mai vechi de 30-40 de ani (Aven, 2016).

În secțiunile următoare se regăsește o sinteză a componentelor, principiilor și metodelor care reprezintă fundamentele acestui domeniu evidențiind totodată progresele legate de platforma teoretică și de modelele și procedurile practice în cadrul domeniului.

Hazardele naturale pot fi definite ca „fenomene extreme naturale ale căror consecințe asociate pot genera daune atât la nivelul mediului antropoc cât și cel natural” (Skilodimou & Bathrellos, 2021). Este cunoscut faptul că hazardele se manifestă la nivel global, cu frecvențe aleatorii și contribuie în mare parte la modul în care arată planeta noastră.

Cauza, apariția și evoluția hazardelor prezintă o complexitate importantă și diferă ca mărime, frecvență, viteză și durată (Youssef et al., 2021). Mai mult decât atât, impactul generat de hazardele naturale sau antropice diferă în funcție de localizarea acestora iar atunci când consecințele acestora au un impact major asupra vieții umane se consideră că acestea devin dezastre.

În ceea ce privește hazardele tehnologice, acestea sunt definite ca „ orice hazard de origine antropogenă ce poate avea efecte nefaste asupra oamenilor, mediului natural și construit” (Skilodimou & Bathrellos, 2021). Amenințările tehnologice se constituie într-un spectru larg de probleme moderne și consecințe ale unui management defectuos la nivelul proceselor tehnologice sau la nivelul proiectării elementelor antropice.

În literatura de specialitate consecințele sunt definite sumar ca fiind posibilul rezultat al unui eveniment nedorit ce poate implica pierderea sau deteriorarea elementelor care necesită protecție sau ca fiind determinate de potențialul unui hazard de a cauza răniri, decese sau daune aduse bunurilor și mediului (Basu, 2017).

În analiza consecințelor, atunci când o succesiune de evenimente (defecțiuni) pot conduce la apariția unui incident major, fiecare dintre aceste evenimente trebuie identificate și analizate atât pentru a se determina potențialele consecințe specifice dar și pentru identificarea celui mai grav scenariu. În cazul analizelor de risc calitative, în literatura de specialitate este menționat că pentru fiecare din scenariile selectate este necesar să se estimeze efectele (consecințele) asupra oamenilor, mediului și asupra bunurilor (Kajenthira, Holmes & McDonnell, 2012; Basu, 2017; Boakye et al., 2022).

În privința analizelor de risc specifice proceselor industriale sau transportului de substanțe periculoase (în cazul prezentei lucrări), literatura de specialitate indică faptul că o bună parte sunt bazate pe consecințe sau metode deterministice (Tugnoli, Cozzani & Landucci, 2007). În aceste cazuri, analiza consecințelor se realizează prin calculul efectelor fizice specifice pentru fiecare scenariu identificat. Valorile obținute în urma acestor calcule sau modelări corespund diferitelor nivele specifice de consecințe cum ar fi: letalitate ridicată, începutul letalității, efecte ireversibile, efecte reversibile, distrugerea construcțiilor din beton, avarierea rețelelor de utilități, etc.

Vulnerabilitatea, raportată la hazardele naturale, a căpătat o atenție sporită în literatura de specialitate începând cu anii '80, definiția acesteia căpătând o serie de modificări în deceniile următoare.

Dacă facem referire la vulnerabilitate din punct de vedere al științelor sociale, observăm ca o serie de lucrări de specialitate s-au concentrat în ultimele două decenii pe studierea indivizilor sau a grupurilor de indivizi din perspectiva necesităților de ordin medical, economic sau social (Schröder-Butterfill & Marianti, 2006; Hutcheon & Lashewicz, 2014; Carney, 2018).

Studiile de literatură care vizează hazardurile naturale și tehnologice stau la baza înțelegerii actuale a conceptului de vulnerabilitate (Prowse, 2003). Cea mai frecventă formulă utilizată în ecuația de vulnerabilitate folosită în această disciplină este:

Susceptibilitate + Expunere + Capacitate de adaptare = Vulnerabilitate (IPCC,
2007)

Termenul de reziliență a fost utilizat în cercetarea științifică de foarte mult timp, cu toate acestea, utilizarea sa în sensul actual a fost popularizată pe scară largă cu ajutorul unor studii ce făceau referire la dinamica sistemelor ecologice (Holling, 1973). O serie de definiții au fost enunțate, în cadrul mai multor discipline și de diferite entități, pentru o mai bună înțelegere a conceptului.

Transportul materialelor periculoase este strict asociat cu probleme de siguranță, securitate și mediu. Din acest motiv, transportul materialelor periculoase trebuie tratat separat de problemele clasice de transport dar și de hazardele tehnologice ale operatorilor industriali.

Datorită naturii periculoase a materiilor transportate, definirea și clasificarea materialelor periculoase este reglementată în majoritatea țărilor prin lege. Potrivit autorităților germane „mărfurile periculoase sunt orice materiale sau obiecte care prin însăși natura, caracteristicile sau starea lor, atunci când sunt transportate, prezintă un risc pentru siguranța sau ordinea publică, în special pentru publicul larg, patrimoniul, viața și sănătatea persoanelor, animalelor și a obiectelor” (Holzhäuser, 2010).

Materialele periculoase sunt împărțite, în general, în nouă clase și mai multe subclase pe baza caracteristicilor chimice specifice care generează riscuri.

Transportul de substanțe periculoase pe drumurile publice reprezintă o amenințare directă pentru populația rezidentă și pentru mediu. Traseul camioanelor oferă o mulțime de posibilități de optimizare în domeniul cercetării operaționale.

Se estimează creșterea permanentă a cantității mărfurilor periculoase transportate. Pentru toate modurile de transport, dar în special pentru cel rutier, vor continua să crească de asemenea și operațiunile de transport a mărfurilor periculoase lucru ce poate reprezenta în sine un risc adițional pentru utilizatorii căilor de comunicație rutieră, dar și pentru mediul din vecinătate (natură și populație).

Din acest motiv trebuie să fie elaborate analize de risc adecvate pentru transportul mărfurilor periculoase care fac posibilă evaluarea acestor riscuri.

1.2 Concepte generale privind protecția infrastructurilor critice și riscurile asociate

Societatea umană, asemenea unui sistem, se dezvoltă pe baza relațiilor dintre sectoarele și elementele componente. Tot asemenea unui sistem, anumite componente care participă la stabilitatea și funcționarea societății, pot să prezinte vulnerabilități în fața unor factori interni sau externi (Radovici, Muntean & Ozunu, 2015). Aceste componente care reprezintă domeniul cel mai sensibil al unui sistem, în contextul societății umane, poartă denumirea de infrastructuri critice. Într-o accepțiune mai largă putem spune că infrastructurile critice reprezintă structura de rezistență a unui sistem, care oferă suportul necesar pentru ca sistemul să se identifice, să se individualizeze, să se stabilizeze și, desigur, să funcționeze (Moteff, Copeland & Fischer, 2003).

Relația între diferite Infrastructuri Critice furnizează una dintre cele mai importante caracteristici ale acestora: dependența. În cadrul tuturor sistemelor există conexiuni între cel puțin două elemente componente, în cazul nostru infrastructuri. Dacă această conexiune este unidirecțională, numim că o infrastructură este dependentă de cealaltă (Rinaldi, Peerenboom & Kelly, 2001). Spre deosebire de relațiile de dependență care presupun fluxuri unidirecționale, în cazul relațiilor de interdependență, între două infrastructuri, starea fiecărei infrastructuri este influențată sau este corelată cu a celeilalte (Rinaldi, Peerenboom & Kelly, 2001).

1.3 Concluziile sintezei teoretice

Acest prim capitol stabilește cadrul teoretic folosit pe parcursul tezei, definind componentele riscului, noțiunea de infrastructură critică și diferite elemente asociate prin realizarea unei sinteze de literatură în care sunt analizate o serie de definiții ale acestor termeni, pentru o mai bună înțelegere a terminologiei și utilizarea acestora în diferite contexte.

Atât la modul general cât și specific adresat domeniului de protecție a infrastructurilor critice, procesele de evaluare și management a riscurilor sunt bazate pe un domeniu științific clar consolidat. În practică, aceste procese oferă contribuții importante în sprijinirea procesului decizional.

Principiile, teoriile și metodele de bază enunțate în cadrul acestui domeniu sunt într-o continuă dezvoltare, fapt evidențiat de această secțiune de sinteză a recentelor

lucrări și progrese care acoperă ideile fundamentale și principiile pe care se bazează domeniile de risc. De asemenea, în baza sintezei de literatură au fost identificate semnele unei revitalizări a interesului pentru aspectele fundamentale în evaluarea și managementul riscurilor, ceea ce este binevenit și necesar pentru a face față provocărilor cu care se confruntă domeniul riscului.

În ceea ce privește conceptul de Infrastructură Critică, în baza sintezei de literatură și analizei actelor legislative elaborate la diverse niveluri (național sau internațional) se poate concluziona că încă nu există o definiție universal acceptată. Acest aspect este evidențiat de multitudinea de definiții identificate în literatură sau documente legislative.

Similar domeniilor amintite anterior și literatura de specialitate referitoare la riscul transporturilor materialelor periculoase este destul de vastă, cele mai multe studii având la bază analiza multi-criterială ca punct de plecare în analiza riscului.

2 Analiza comparativă a expunerii generate de transportul rutier de mărfuri periculoase la nivel regional și analiza calitativă a riscului asociat infrastructurilor critice

2.1 Metodologia de cercetare

În alegerea ariei în care se va efectua studiul trebuie să se ia în considerare mai mulți factori, cum ar fi: tipul Infrastructurilor Critice (reprezentative la nivel local, regional, național sau internațional), tipul de transport al substanțelor periculoase (rutier, feroviar, naval), frecvența transporturilor efectuate la nivelul arealului, cantitățile transportate, elementele expuse (populație, operatori economici, spitale, școli, etc.) precum și factorii de mediu (unități acvatice, arii protejate, etc.) existenți la nivelul arealului.

Evaluarea riscului la nivelul rutelor de transport existente trebuie completată de identificarea și evaluarea riscului aferent unor rute alternative, cu scopul propunerii (în ultima parte a lucrării) a unor măsuri de prevenire a evenimentelor cu potențial perturbator, precum și a unor măsuri de diminuare a riscului și de intervenție în caz de accident.

Deoarece studiul de față propune o abordare mai specifică în domeniul protecției infrastructurilor critice etapa de identificare se poate dovedi extrem de dificilă din pricina lipsei existenței unei metode care să ia în calcul doar factori obiectivi. Astfel, se poate aprecia că acest proces este unul mai degrabă subiectiv, puternic influențat de experiența celui care realizează studiul și de disponibilitatea informațiilor. Pentru ca rezultatele acestui prim proces să nu fie eronate, și să fie cât mai obiective posibil, se propune ca în identificarea infrastructurilor critice să se facă în spiritul reglementărilor la nivel național: “un element, un sistem sau o componentă a acestuia, aflat pe teritoriul național, care este esențial pentru menținerea funcțiilor vitale ale societății, a sănătății, siguranței, securității, bunăstării sociale ori economice a persoanelor și a cărui

perturbare sau distrugere ar avea un impact semnificativ la nivel național ca urmare a incapacității de a menține respectivele funcții” (OUG 98/2010).

În vederea stabilirii pașilor necesari pentru evaluarea riscului asociat infrastructurilor critice, s-a folosit ca ghid o metodă dezvoltată de Agenția Federală pentru Managementul Situațiilor de Criză din Statele Unite. Deși inițial această metodă s-a folosit în evaluarea riscului terorist asupra clădirilor (FEMA, 2005), aplicabilitatea largă permite efectuarea unor studii atât în alte arii de interes precum și pentru alți factori de risc.

Procesul de evaluarea riscului prin această metodă este unul relativ simplu, însă pentru a crea o analiză obiectivă este necesară cunoașterea în amănunt a caracteristicilor infrastructurilor critice, dinamica, vulnerabilitățile precum și aspecte financiare legate de acestea.

Distanța de impact reprezintă distanța de la locul de producere a accidentului de transport până la care se atinge un anumit prag corespunzător unui potențial de efect (de exemplu, sănătate, contaminarea mediului, pagube materiale) cauzat de o eliberare de materiale periculoase. Zona de impact este o bandă delimitată de distanța de impact pe fiecare parte a rutei de transport, între punctul de origine și cel de destinație al tronsonului de traseu analizat.

Factorii identificați și prezentați mai sus trebuie să fie luați în considerare în efectuarea oricărei analize privind rutele de transport a substanțelor periculoase. Următorii factori sunt direct legați de definirea zonei de impact a unei scurgeri de substanțe periculoase: tipurile de substanțe periculoase transportate, cantitatea de substanțe periculoase eliberată, condițiile climatice și caracteristicile terenului. Tipurile de materiale diferă prin proprietățile lor fizice, chimice și toxicologice. Aceste proprietăți, împreună cu condițiile de temperatură și presiune din momentul scurgerii accidentale, determină în mare măsură potențialul pentru ca materialul să explodeze, să ia foc, să formeze o baltă sau un nor de vapori sau să se disperseze în atmosferă.

Hărțile de hazard se realizează pornind de la identificarea amplasamentelor Seveso și a rutelor de transport rutier. În cazul scenariilor selectate, expunerea

potențială la hazarduri asociate transporturilor de substanțe periculoase se evaluează luându-se în considerare elementele expuse riscului aflate în aria de manifestare a hazardului:

- Factori sociali
- Factori de mediu
- Factori economici

Prin compararea magnitudinii hazardurilor cu nivelul vulnerabilității sociale și a individului se determină indicele general al vulnerabilității. Rezultatele obținute sunt apoi folosite în elaborarea planurilor de răspuns la urgență și de planificare a utilizării teritoriului, precum și la dezvoltarea măsurilor și procedurilor pentru reducerea consecințelor dezastrelor.

2.2 Rezultate obținute și interpretarea acestora

2.2.1 Identificarea infrastructurilor critice și a arealului de studiu

În Anexa 1 (Figura 1) a Directivei 114/2008, privind identificarea și desemnarea infrastructurilor critice europene și evaluarea necesității de îmbunătățire a protecției acestora, se face referire la sectorul de transporturi ca exemplu de sector major de Infrastructura Critică Europeană. În acest context, și în baza reglementărilor naționale, se poate considera că rețeaua națională de drumuri poate fi clasificată ca infrastructura critică relevantă la nivel național. Mai mult decât atât, anumite drumuri sau sectoare de drum pot fi considerate infrastructuri critice Europene, întrucât perturbarea traficului sau distrugerea acestora ar avea un impact semnificativ pentru cel puțin două state membre din punct de vedere economic, social, al siguranței, etc.

ANEXA I

Lista sectoarelor ICE

Sector	Subsector	
I Energetic	1. Energie electrică	Infrastructuri și instalații pentru producerea și transportul energiei electrice din punct de vedere al furnizării acesteia
	2. Petrol	Producția de petrol, rafinarea, tratarea, depozitarea și distribuția prin conducte
	3. Gaze	Producția de gaze, rafinarea, tratarea, depozitarea și distribuția prin conducte Terminale GNL
II Transporturi	4. Transport rutier	
	5. Transport feroviar	
	6. Transport aerian	
	7. Transport pe căi navigabile interne	
	8. Transport oceanic și maritim pe distanțe mici și porturi	

Identificarea de către statele membre de infrastructuri critice care pot fi desemnate drept ICE se efectuează în temeiul articolului 3. Prin urmare, existența listei sectoarelor ICE nu determină o obligație generală de a desemna o ICE în fiecare sector.

Figura 1. Anexa 1 din Directiva 114/2008- Exemplificarea sectoarelor pentru identificarea Infrastructurilor Critice Europene

Substanțele incluse în analiză au fost: benzină, motorină, GPL, amoniac, clor, azotat, dioxid de sulf, materiale explozive, metanol. În practica, un număr mult mai mare de substanțe periculoase este transportat la nivel național, însă substanțele selectate în analiză sunt reprezentative din pricina frecvenței de transport precum și din pricina cantităților transportate. În cadrul acestui studiu au fost luate în considerare doar rute de transport substanțe periculoase înspre/dinspre operatori Seveso, din motive legate de disponibilitatea datelor.

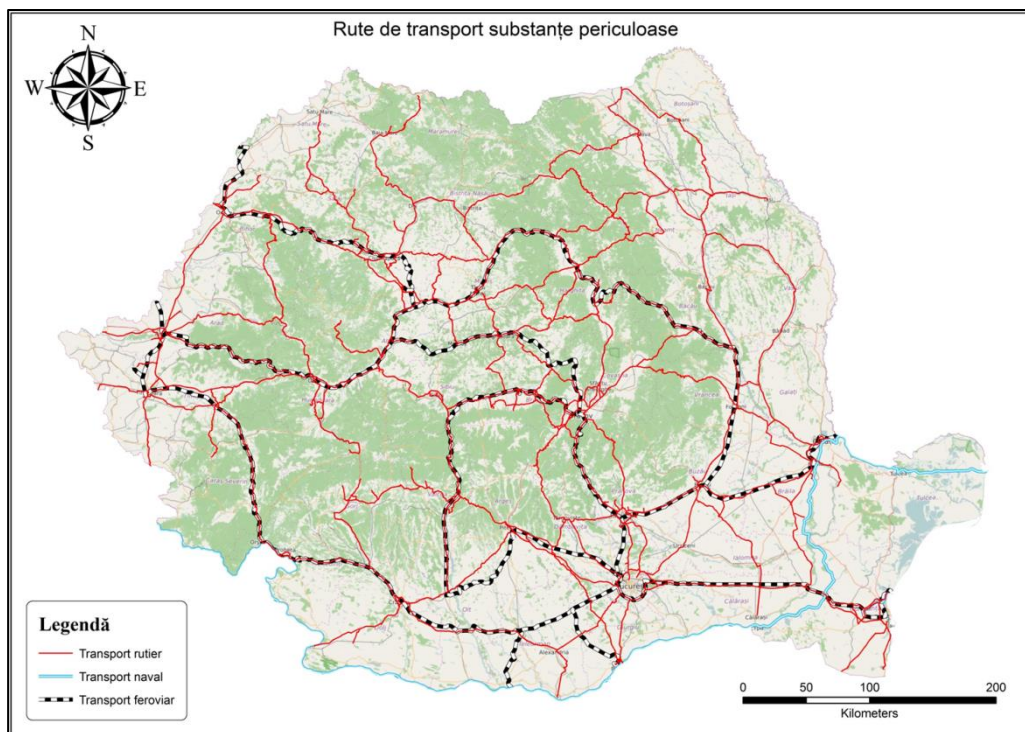


Figura 2. Rute de transport substanțe periculoase în România

În procesul de alegere a arealului studiu au contribuit mai mulți factori:

- în zona studiată să fie prezentă cel puțin o infrastructură critică relevantă la nivel național;
- pe sectorul de drum analizat să se efectueze transporturi regulate de substanțe periculoase, în cantități suficient de mari pentru a putea produce efecte asupra drumurilor sau altor elemente în caz de accident;
- existența rutelor alternative în zonă;
- istoric în ceea ce privește producerea accidentelor pe respectivul sector de drum;

În urma analizei s-a identificat sectorul de drum E81/DN7 (Tâlmăciu-Rm. Vâlcea) ca îndeplinind condițiile menționate anterior. Este cunoscut în România faptul că pe acest sector de drum frecvența accidentelor este foarte ridicată, fiind deasemenea un foarte important punct de legătură între Centrul și Sudul României. Dată fiind importanța acestui sector de drum și inexistența unei alternative care să facă legătura între sectoarele de Autostrada A1 dintre Nădlac-Sibiu și București-Pitești, autoritățile române au introdus în "Master Planul General de Transport" pentru anul 2017 și sectorul de

autostrada dintre Pitești-Sibiu, ca urmând a fi contractat în următorii ani. Astfel, cele două sectoare (Figura 3) au fost selectate pentru analiză în cadrul acestui studiu.

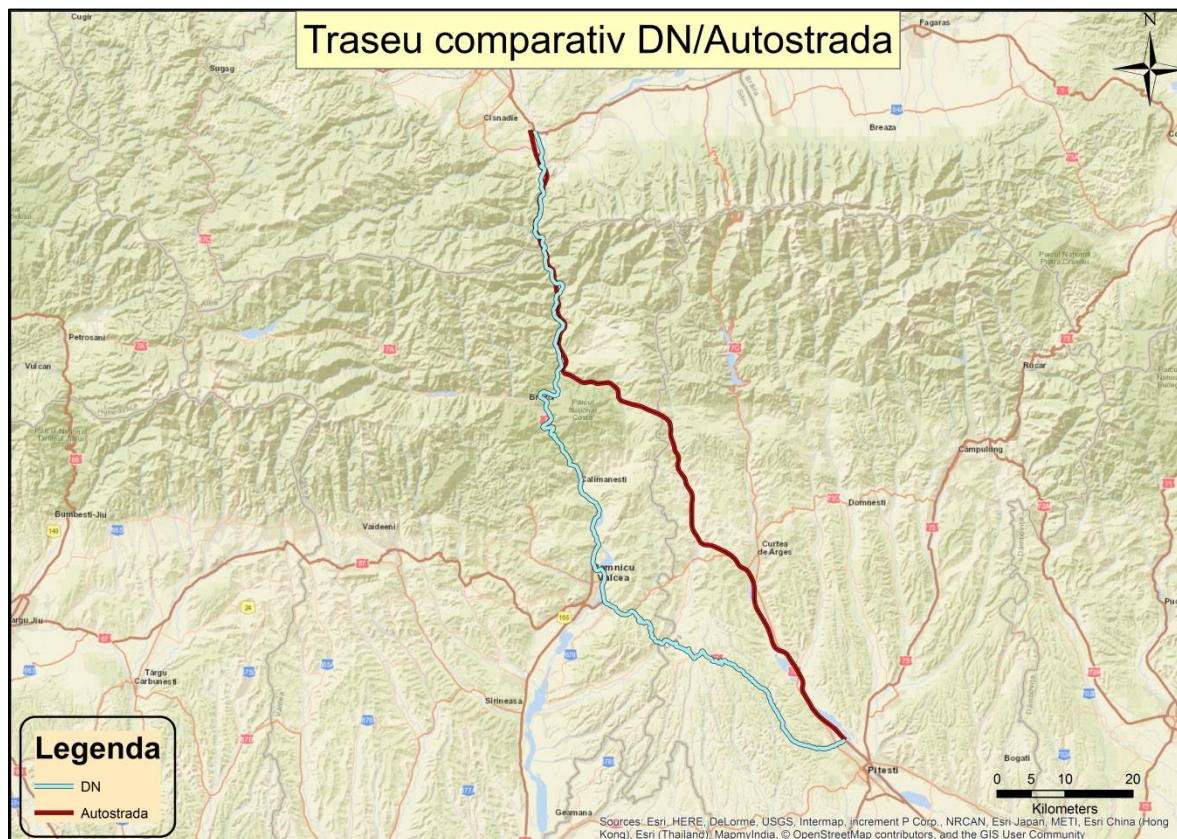


Figura 3. Sectoarele de drum selectate pentru analiză

2.2.2 Analiza de hazard

În cadrul analizei de hazard au fost identificate o serie de substanțe care pot fi considerate relevante pentru impact la nivel national in cazul producerii de accidente pe timpul transportului. Substanțele identificate ca fiind transportate pe sectorul de drum analizat sunt următoarele: Amoniac, azotat de amoniu, benzină, motorină, GPL, clor, metanol.

Pentru modelarea posibilelor efecte care survin ca urmare a accidentelor în procesul de transport al substanțelor periculoase, s-a utilizat soft-ul specializat Effects, dezvoltat de compania TNO pe baza modelelor descrise în literatura de specialitate, preponderent “Yellow book” (C. van den Bosch, 2005).

În mod similar au fost determinate distanțele de manifestare a hazardurilor si pentru toate substanțele, acestea regăsindu-se în tabelul următor:

Tabelul 1. Distanțele (m) aferente pragurilor de manifestare a efectelor fizice

Substanța	Cantitate (t)	Dispersie toxică				Incediu			Explozie		
		AEGL 1	AEGL 2	AEGL 3	LC 50	5	12.5	37.5	Suprapresiune [mbar]		
Amoniac	20	8217	2447	530	289				125	81	56
Benzină	22					52	25	14.5			
Motorină	22					40	23	13			
Clor	2	1535	608	313	180						
Dioxid de sulf	0,4	830	15.6	14.2	12.2						
GPL	20								377	259	213
Metanol	20					27	21	11			
Azotat de amoniu	20								223	141	78

2.2.3 Elaborarea hărților de hazard

Pentru rutele de transport rutier, etapa de prelucrare și sistematizare a constat în identificarea rutelor pornind de la datele rezultate din proiectul RO-RISK . Asupra acestora s-a intervenit prin vectorizare dar și prin intermediul instrumentelor de geoprocetare și editare. Pentru rutele de transport rutier, acolo unde operatorii Seveso, nu au descris complet traseul parcurs între punctul de plecare și cel de sosire, ruta concretă a fost stabilită pe baza criteriului celei mai scurte distanțe, utilizând drumuri de rangul cel mai mare, și unde a fost posibil, centuri ocolitoare ale localităților.

La finalul etapei toate rutele au fost integrate în formatul bazei de date în vederea procesării.

2.2.4 Analiza expunerii

La nivelul României se poate observa, analizând dispunerea rețelei rutiere, că drumurile naționale și europene tranzitează majoritatea localităților prin centrul acestora, doar în cazul marilor orașe fiind construite centuri ocolitoare. Acest fapt contribuie într-un mod esențial la expunerea populației și a elementelor de infrastructură caracteristice zonelor locuite. Această caracteristică este regăsită și la nivelul arealului studiat unde, în mare parte datorită constrângerilor geografice, Drumul Național 7 tranzitează un număr de 47 de localități (Figura 4) și a căror populație însumată este de 138946 de locuitori conform recensământului populației din anul 2002 (Institutul National de Statistica, 2002).

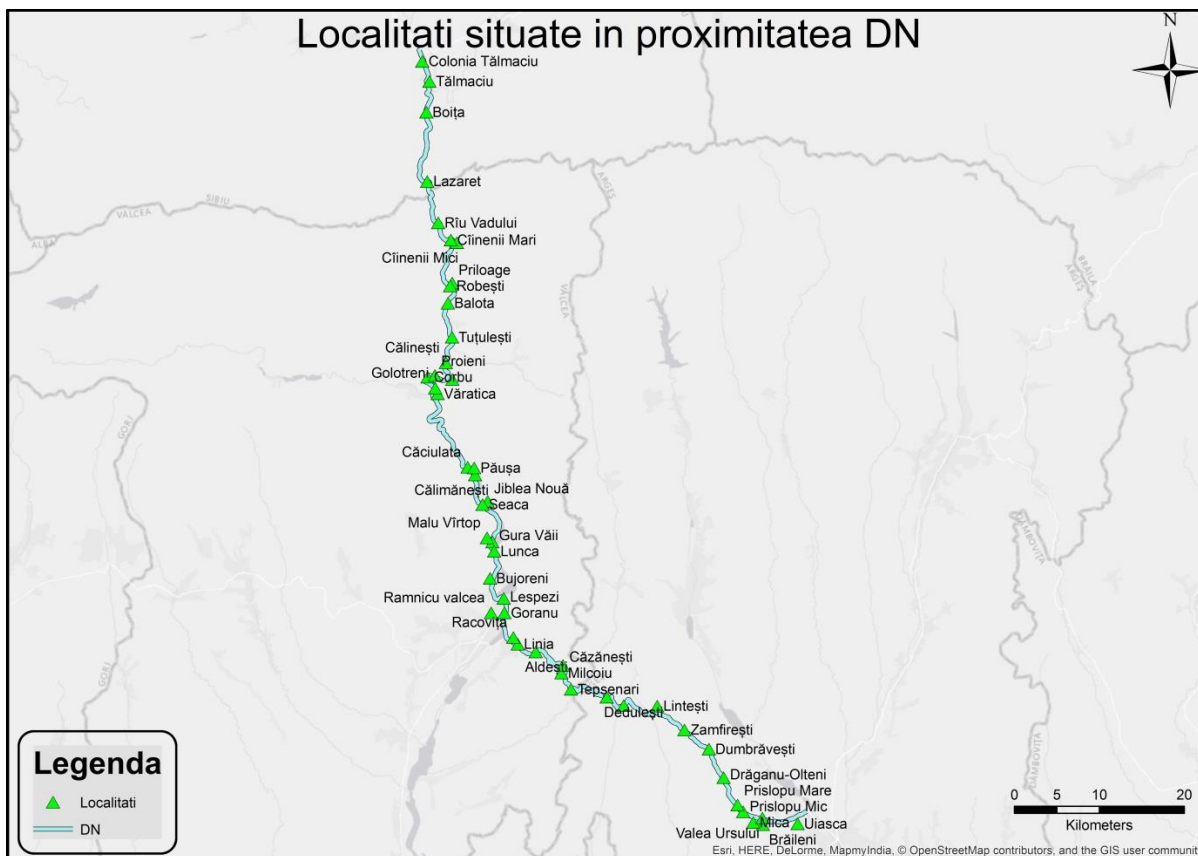


Figura 4. Localități situate în proximitatea DN 7 pe sectorul analizat

În ceea ce privește expunerea elementelor de infrastructură reprezentative, unele dintre ele critice la nivel național, trebuie menționat ca că sectorul de drum analizat este situat în proximitatea Magistralei de Căi Ferate 201 precum și a unui lanț de amenajări hidrotehnice construite pe Valea Oltului.

Traseul Autostrăzii Sibiu-Pitești, așa cum este el prevăzut în Master Planul General de transport tranzitează periferia unui număr de 36 de localități (Figura 5) cu o populație însumată de 49582 locuitori conform recensământului efectuat în anul 2002.



Figura 5. Localități situate în proximitatea Autostrăzii Pitești-Sibiu

În cadrul analizei expunerii pentru scenariul de accident al unei autocisterne de transport amoniac, s-au identificat elementele antropice și de mediu situate în aria maximă de manifestare a hazardului pe baza datelor referitoare la utilizarea terenurilor înscrise în inventarul CORINE (coordination of information on the environment). Datele spațiale referitoare la categoriile de elemente aflate în aria de manifestare a hazardului au fost prelucrate prin tehnici GIS, rezultând hărțile de expunere pentru sectoarele de drum național respectiv autostrada, precum și un bilanț numeric al suprafețelor pe categorii de utilizare a terenului.

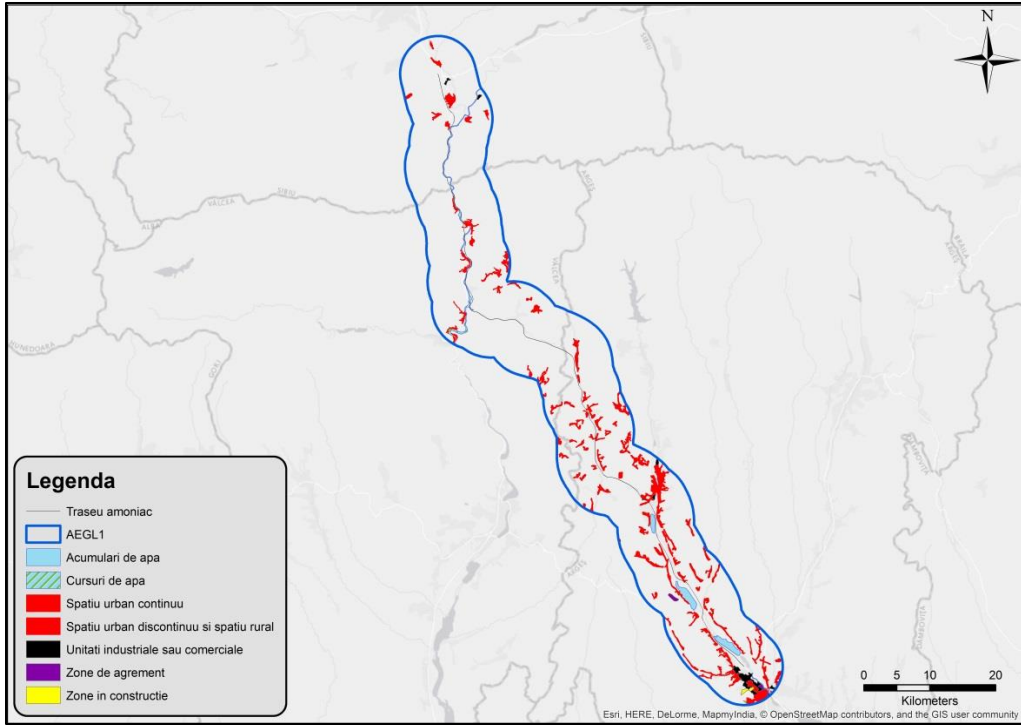


Figura 6. Harta expunerii pe Autostradă (Amoniac- dispersie toxică)

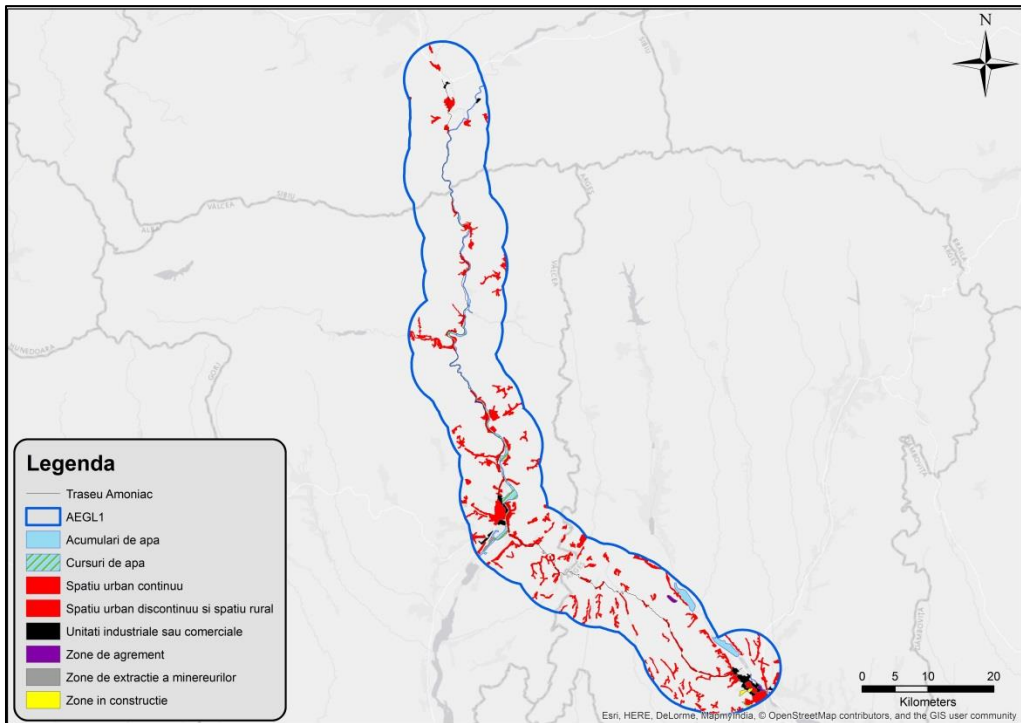


Figura 7. Harta expunerii pe DN7 (Amoniac- dispersie toxică)

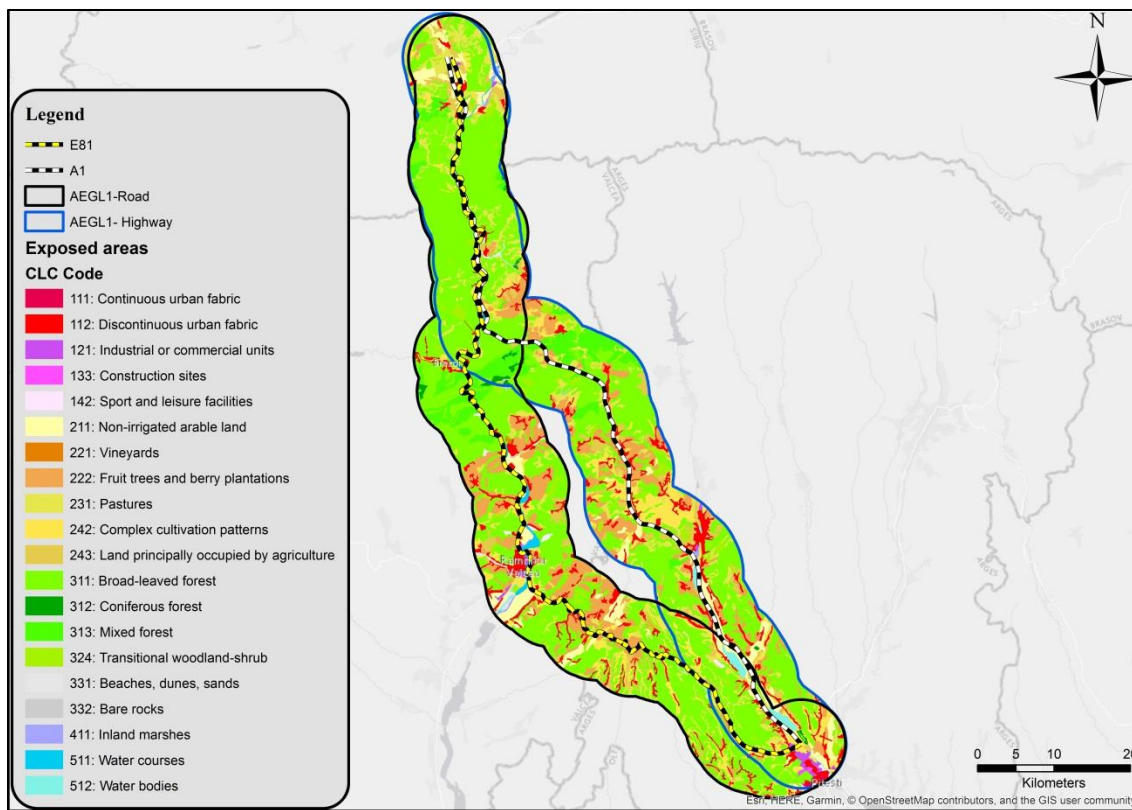


Figura 8. Harta comparativă a expunerii la efectele dispersiei toxice de amoniac

În urma analizei comparative a expunerii pentru cele două sectoare de drum (DN respectiv Autostradă) se poate observa că transportul de amoniac pe autostradă presupune o expunere mai restrânsă a principalelor elemente/categorii de utilizare a terenurilor analizate. Rezultate similare au fost înregistrate și în cazul expunerii ariilor naturale protejate. Acest tip de analiză comparativă a fost efectuată și pentru restul substanțelor transportate pe cele două sectoare de drum.

Din analiza datelor rezultate în urma evaluării comparative a expunerii pentru transportul de substanțe periculoase se poate observa că transportul de substanțe periculoase pe autostradă contribuie semnificativ la reducerea expunerii. Pentru o mai bună înțelegere a gradului de reducere al expunerii în cazul transportului de substanțe periculoase pe autostrada au fost elaborate următoarele grafice:

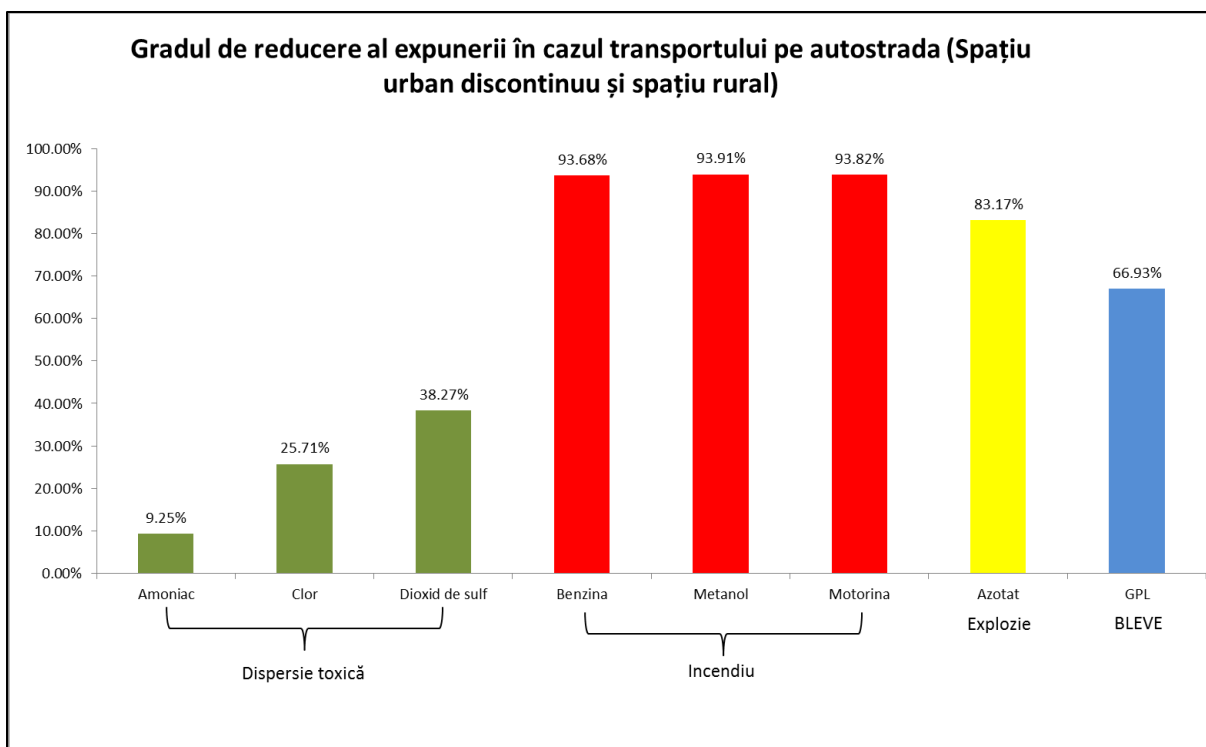


Figura 9. Gradul de reducere al expunerii în cazul transportului pe autostradă (Spațiu urban discontinuu și spațiu rural)

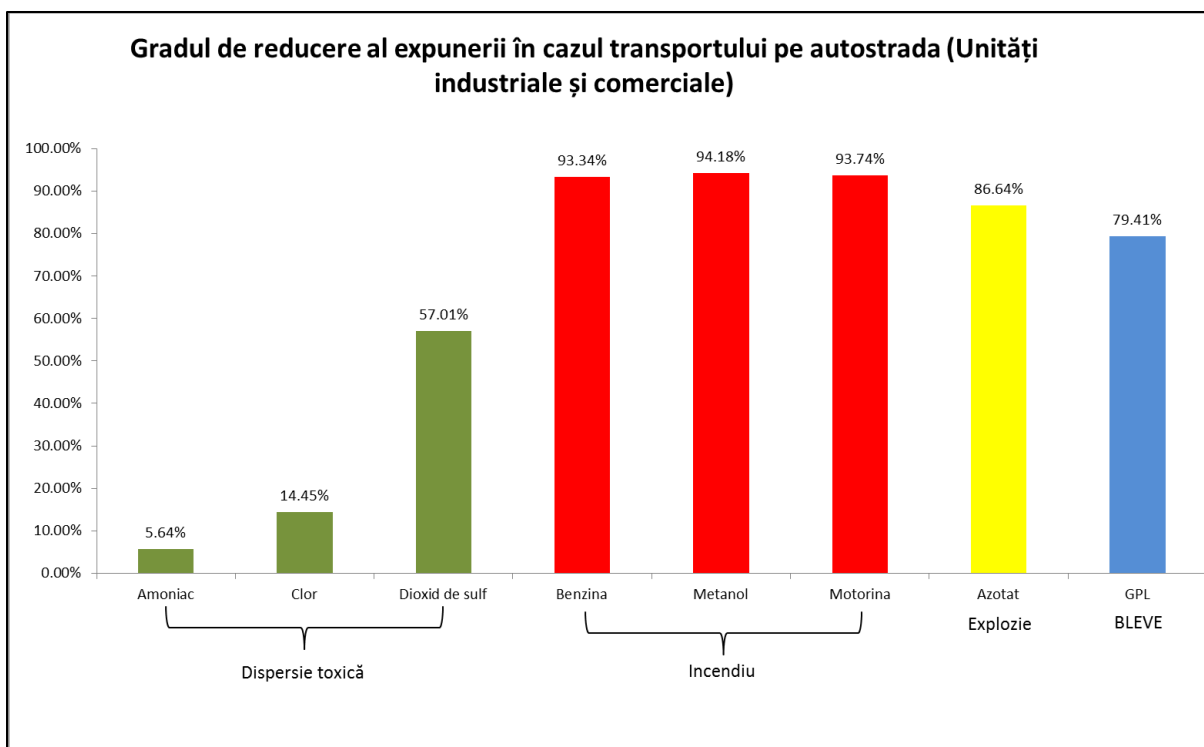


Figura 10. Gradul de reducere al expunerii în cazul transportului pe autostradă (Unități industriale și comerciale)

2.2.5 Analiza calitativă a riscului asociat infrastructurilor critice utilizate în transportul de mărfuri periculoase

Acest ultim proces de analiză desfășurat la nivelul arealului de studiu are în vedere identificarea celui mai grav scenariu posibil de accident, pe ruta de transport vizată, în vederea stabilirii nivelului de risc la care este supusă infrastructura critică.

Din punct de vedere practic, prioritizarea scenariilor s-a efectuat utilizând o matrice modificată pentru Analiza Preliminară de Hazard (PHA). Conform acestei analize preliminare, scenariul localizat în arealul de studiu al prezentei lucrări a obținut cel mai mare punctaj fiind selectat în lista scurtă de scenarii ce au fost analizate mai în detaliu.

În scenariul analizat emisia de clor este consecutivă accidentului rutier deci se produce odată cu acesta (în caz de deteriorare mecanică a containerului) sau imediat după (câteva zeci de minute) în cazul exploziei containerului ca urmare a expunerii la foc. Scenariul are în vedere emisia instantanee a clorului iar durata efectului toxic depinde în special de condițiile în care are loc dispersia în atmosferă a norului toxic format (condiții meteo, topografia și rugozitatea terenului) (Roman et al., 2016).

În aceste condiții, consecințele unui eveniment (așa cum este el prevăzut în scenariu) se pot manifesta pe mai multe planuri: cele directe cu efecte asupra populației expuse au fost menționate anterior iar pentru predicția consecințelor indirecte au fost consultate mai multe surse bibliografice din literatura de specialitate.

În literatura de specialitate au fost identificate subsisteme importante de infrastructură critică, pentru care se poate presupune o anumită legătură cu transportul rutier, fie dependentă, fie influentă (Pacinda, 2010). În total au fost identificate șapte astfel de subsisteme: energetic, alimentare cu apă, transport feroviar, servicii publice, sănătate, comunicații și chimic-rafinare (Rehak et al., 2021). Legăturile dintre ele au fost analizate, un scurt sumar fiind prezentat în ceea ce urmează.

Prin completarea unei matrici cu valori de 1 (da) și 0 (nu), a fost aplicată o procedură de determinare a dependenței în funcție de perturbarea performanței subsistemului sau sectorului (S_j - acolo unde substistemul poate fi perturbat; S_i - acolo unde subsistemul poate perturba. Pe baza sumei valorilor înscrise în matrice, au fost calculați coeficienți de activitate (1) sau de pasivitate (2) (Rehak et al., 2021). Ecuațiile pentru calcularea coeficienților sunt următoarele:

$$C_A \cdot S_i = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n-1} \cdot 100\%; \quad (1)$$

$$C_P \cdot S_i = \frac{\sum_{j=1}^n S_j}{n-1} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Valorile obținute de Rehak et al., 2021 pentru aceși coeficienți sunt prezentate în tabelele următoare:

Tabelul 2. Interconexiunea sectoarelor infrastructurii critice (Rehak et al., 2021)

			S _j								
			1	2	3	4	5	6	7	8	Σ _i
S _i	1	Transport rutier	X	0	1	1	1	1	0	0	4
	2	Sistemul energetic	1	X	1	1	1	1	1	0	6
	3	Alimentare cu apă	0	1	X	0	0	1	0	0	2
	4	Transport feroviar	1	1	0	X	0	0	0	0	2
	5	Servicii publice	1	0	0	0	X	1	0	0	2
	6	Sănătate	0	0	1	0	0	X	0	0	1
	7	Comunicații	1	0	0	1	1	1	X	0	4
	8	Rafinare	1	1	0	1	1	0	0	X	4
Σ _i			5	3	3	4	4	5	1	0	25

Tabelul 3. Valorile coeficienților de activitate și pasivitate (Rehak et al., 2021)

Sectorul	1	2	3	4	5	6	7	8
Coeficientul de activitate	57.1	85.7	28.6	28.6	28.6	14.3	57.1	57.1
Coeficientul de pasivitate	71.4	42.9	42.9	57.1	57.1	71.4	14.3	0

Astfel, din calculul coeficienților de activitate și pasivitate, se observă că (în ceea ce privește subsistemele specificate) transportul rutier este mai mult dependent decât influent, dar perturbarea activității la nivelul acestui sector ar influența mai mult de jumătate din subsistemele specificate.

Existența unei rute alternative va avea impact major în ceea ce privește nivelul riscului asociat rețelei de transport rutier prin reducerea presiunii generate de perturbarea unei componente a sistemului. În mod practic, în cazul unui accident pe oricare dintre cele două rute, este de așteptat să existe doar efecte directe asupra elementelor expuse (persoane, infrastructură) însă fără a perturba major funcționalitatea sistemului. Principalul argument în acest sens constă în faptul că

circulația poate să fie deviată pe ruta alternativă fără a impune efectuarea unor distanțe suplimentare considerabile.

2.3 Concluziile analizei comparative a expunerii și a analizei calitative a riscului asociat infrastructurilor critice

În cadrul acestui capitol s-a realizat o analiză comparativă a expunerii la diferitele hazarde asociate transportului de mărfuri periculoase pentru o rută de transport rutier de importanță strategică la nivel național (Valea Oltului) și o rută ce urmează să fie construită (Autostrada Sibiu-Pitești). În această analiză au fost preluate date (privind rutele și cantitățile aferente de mărfuri periculoase transportate pe cale rutieră) din proiectul de evaluare a riscurilor la nivel național (Ro-Risk). Pe baza acestor date au fost create scenarii și implicit modelate potențialele efecte asupra infrastructurii și populației care pot surveni ca urmare a unui accident în procesul de transport al mărfurilor periculoase.

Prin transpunerea, prin tehnici GIS, a zonelor unde s-a stabilit că pot să apară efecte nedorite în consecința unor accidente peste baze de date referitoare la modul de utilizare a terenurilor s-a putut face o analiză cantitativă a gradului de expunere pe fiecare din cele două rute. Rezultatele acestei analize comparative indică o reducere substanțială a expunerii în cazul transportului de mărfuri periculoase pe autostradă pentru toate tipurile de mărfuri transportate. Se poate concluziona astfel că nivelul riscului generat de transportul de mărfuri periculoase poate fi mult diminuat prin construcția sectorului menționat de autostradă prin prisma nivelului mult mai scăzut al expunerii.

Analiza calitativă a riscului, ce vizează cele două rute de transport, susține concluzia enunțată anterior prin scorul mai mic al riscului asociat infrastructurii critice (rețeaua rutieră) în cazul construcției noului sector de autostradă. Acest demers științific poate să aibă și implicații practice, rezultatele analizei putând fi incluse în analizele de tip cost-beneficiu realizate din cadrul studiilor de fezabilitate elaborate pentru viitoarele obiective mari de infrastructură rutieră.

3 Analiza la nivel național a compatibilității teritoriale în proximitatea rutelor de transport pentru substanțe periculoase

Atât secțiunea anterioară cât și studii asemănătoare care vizau analiza rețelei de transport rutier utilizată în transportul de substanțe periculoase din România (Radovici et al., 2017, 2019) au evidențiat faptul că o mare parte din lungimea rutelor de transport este desfășurată în cadrul unor localități. Întrucât acest aspect contribuie semnificativ la creșterea expunerii populației, a elementelor antropice și implicit la un nivel mai ridicat al riscului, este necesară efectuarea unei analize din care să reiasă dacă rezultatele studiilor sunt relevante doar pentru aria geografică analizată, de exemplu Valea Oltului, sau sunt reprezentative la nivel național.

De asemenea, pentru a se determina dacă rețeaua primară de transport rutier din România (cea mai utilizată în transportul substanțelor periculoase) prezintă anumite particularități sau dacă aceasta s-a dezvoltat într-un mod similar cu cea a altor state europene, este utilă realizarea unei analize comparative între infrastructurile rutiere ale mai multor state.

3.1 Metodologia de stabilire a compatibilității teritoriale pentru transportul substanțelor periculoase

Metodologia dezvoltată pentru stabilirea compatibilității teritoriale pentru transportul substanțelor periculoase are la bază reglementările legislative ale Ordinului Nr. 3710/1212/99/2017 din 19 iulie 2017 "privind aprobarea Metodologiei pentru stabilirea distanțelor adecvate față de sursele potențiale de risc din cadrul amplasamentelor care se încadrează în prevederile Legii nr. 59/2016 privind controlul asupra pericolelor de accident major în care sunt implicate substanțe periculoase în activitățile de amenajare a teritoriului și urbanism"(Ordinul 3710, 2017).

Prezenta metodologie vizează identificarea rutelor cele mai utilizate pentru transportul rutier al substanțelor periculoase la nivel național, precum și a substanțelor cel mai frecvent transportate.

Întrucât hazardele asociate transportului substanțelor periculoase sunt similare cu cele determinate de activitatea operatorilor industriali, s-a recurs la adaptarea cerințelor pentru determinarea și reprezentarea grafică a zonelor de impact de-a lungul rutelor de transport. Din această cauză putem spune că metoda de analiză a compatibilității teritoriale este una bazată pe consecințe și are avantajele și limitările expuse în primul capitol al acestei lucrări și se diferențiază de metodele bazate pe risc (Török et al., 2020).

Spre deosebire de prevederile Ordinului 3710/2017 unde este menționată ca zonă de impact și inclusă în analiză zona în care apar vătămări reversibile la nivelul populației expuse, prezenta metodă de analiză propune renunțarea la această zonă. Principalul argument, pentru excluderea acestei zone din analiză, este reprezentat de frecvența semnificativ mai redusă a accidentelor majore în transportul substanțelor periculoase. Întrucât valoare frecvenței de accident caracteristică pentru fiecare scenariu determină tipul de zone funcționale compatibile (cu cât frecvența este mai mică cu atât mai multe zone sunt compatibile) utilizarea zonei cu efecte reversibile în analiză ar fi generat compatibilitate în toate cazurile.

Pentru desemnare zonelor funcționale din proximitatea rutelor de transport rutier ale substanțelor periculoase se utilizează setul de date europene de referință pentru modul de utilizare a terenului CORINE Land Cover (Büttner, 2014)- setul de date din anul 2018 actualizat în anul 2020 (CLC, 2018). În urma unei analize preliminare s-au identificat un număr de treizeci și două de clase de utilizare a terenurilor situate în proximitatea rutelor de transport.

În vederea stabilirii compatibilității teritoriale, este necesară atribuirea unor grade de vulnerabilitate pentru fiecare clasă de utilizare al terenurilor și încadrarea acestora în diferite tipuri de zone funcționale.

Procesul de stabilire a compatibilității teritoriale presupune suprapunerea zonelor de impact din proximitatea rutelor de transport substanțe periculoase, rezultate din modelarea efectelor, cu elementele teritoriale înscrise în baza de date Corine și încadrate în funcție de nivelul vulnerabilității într-una din cele patru categorii de zone

expuse anterior. Această etapă este urmată de aplicarea matricei de compatibilitate specifice frecvenței de accident calculată sau identificată în literatura de specialitate.

3.2 Rezultatele analizei compatibilității teritoriale

3.2.1 Analiza comparativă a modului de utilizare al terenurilor din proximitatea infrastructurii primare de transport rutier

În conformitate cu etapele prevăzute în metodologie, primul pas presupune identificarea surselor de date referitoare la infrastructura primară de transport rutier la nivel național. Baza de date referitoare la infrastructura de transport rutier identificată și utilizată în această analiză este OpenStreetMap, bază de date creată ca un proiect de colaborare comunitară pentru a crea o hartă a lumii editabilă gratuit (Open Street Map, 2021).

Lungimea totală a Drumurilor Naționale este de 17873 km, pentru majoritatea dintre acestea traficul se desfășoară pe o singură bandă pe sens (Sîrbu & Pătulea, 2019). Conform aceluiași autori, doar în cazul a 12.5% din drumurile naționale traficul se desfășoară pe două benzi pe sens.

Prin suprapunerea rețelei de drumuri primare (baza de date OpenStreetMap) peste o temă ce conține informații referitoare la modul de utilizare al terenurilor (baza de date CORINE) s-a putut realiza un bilanț care să furnizeze informații cu privire la principalele categorii de folosință ale terenurilor traversate de Drumuri Naționale în România (Tabelul 4).

Tabelul 4. Bilanțul principalelor zone traversate de drumurile naționale din România pe clase de utilizare a terenurilor

Cod CORINE	Nomenclatură	Procent din lungimea drumurilor (%)
112	Zonă urbană discontinuă	34.5
211	Terenuri arabile neirigate	30.6
311	Păduri de foioase	5.7
242	Agricultură complexă	5.6

231	Pășuni	5.5
121	Zone industriale sau comerciale	4.6

Datele prezentate în Tabelul 4 confirmă ipoteza că o bună parte din principalele rute de transport rutier din România traversează localitățile sau sunt situate în imediata apropiere a acestora. Faptul că mai mult de o treime din lungimea principalelor drumuri din țara noastră se desfășoară în zone construite cu o densitate destul de însemnată a populației, precum și lipsa autostrăzilor, generează probleme mari în mai multe domenii.

Pentru a stabili dacă ponderea ridicată de drumuri naționale care traversează localități este specifică doar țării noastre sau are caracter general, au fost selectate o serie de țări pentru reiterarea analizei: Austria, Bulgaria, Spania, Croația, Ungaria, Olanda și Slovacia.

3.2.2 Identificarea substanțelor și rutelor de transport analizate

Pentru a identifica dacă există probleme de compatibilitate teritorială, la nivel național, între rutele de transport și zonele învecinate acestora, este necesară o altă abordare a analizei în așa fel încât aceasta să includă o parte cât mai mare din rețeaua principală de transport rutier. Luând în considerare faptul că transporturile rutiere de lichide inflamabile (în special benzină și motorină) reprezintă mai mult de jumătate din totalul transporturilor de substanțe periculoase la nivel European (Stolecka, 2020; Eurostat, 2021), s-a identificat oportunitatea de a face analiza de compatibilitate teritorială tocmai pentru aceste rute de transport.

Baza de date OpenStreetMap pune la dispoziția utilizatorilor și informații referitoare la locațiile diferitelor puncte de interes, printre acestea numărându-se și benzinăriile. Pentru a se stabili dacă întreaga rețea de drumuri naționale poate să deservească transportul de benzină și motorină, a fost făcută o interogare a bazei de date în vederea identificării benzinăriilor din proximitatea acestora, distanța maximă fiind de 5km .

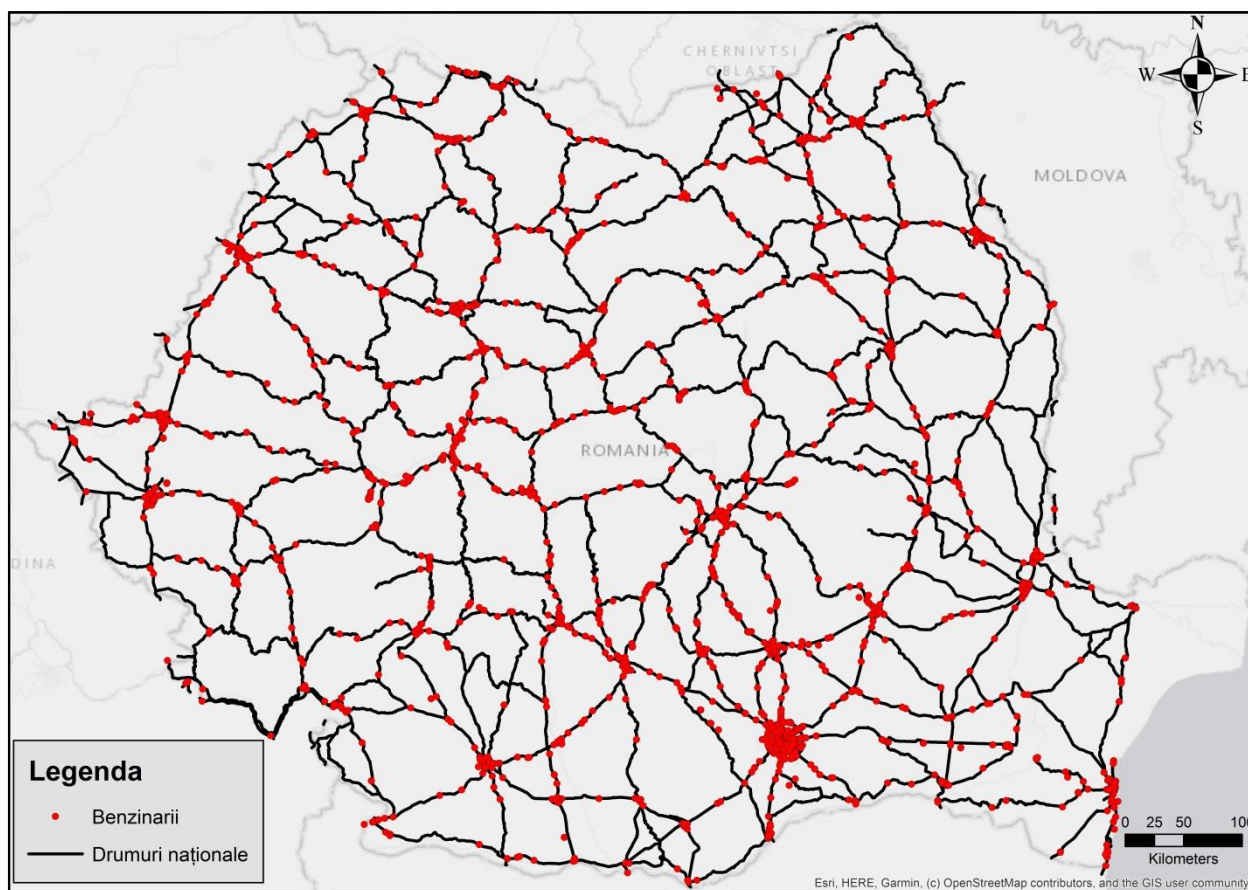


Figura 11. Distribuția spațială a benzinărilor din proximitatea drumurilor naționale din Romania

Pe baza analizei distribuției spațiale a benzinărilor în raport cu drumurile naționale din România, se poate afirma că aceasta are caracter uniform și că aproape toată infrastructura rutieră principală este utilizată în transportul combustibililor către aceste unități.

3.2.3 Reprezentarea zonelor de impact din jurul rutelor de transport

În urma modelărilor efectelor fizice asupra populației, pe baza celor mai rele scenarii posibile de accident ale unor autocisterne de transport motorină respectiv benzină, au rezultat valorile prezentate în Tabelul 5 și Tabelul 6. Scenariile analizate presupun transportul a 22 tone de combustibil.

Tabelul 5. Distanțele prag rezulate în urma modelărilor efectelor fizice asupra populației survenite în urma unui accident în transportul a 22 tone de benzină

Tipul de hazard	Zona cu mortalitate ridicată (m)	Zona de prag a mortalității (m)	Zona cu vătămări ireversibile (m)
-----------------	----------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------

Incendiu	14.5	25	52
Explozie	45.2	48.2	56.3

Pentru transportul de benzină au fost modelate efectele fizice atât pentru radiația termică rezultată în urma unui incendiu, cât și pentru suprapresiunea determinată de explozia încărcăturii.

Tabelul 6. Distanțele prag rezultate în urma modelărilor efectelor fizice asupra populației survenite în urma unui accident în transportul a 22 tone de motorină

Tipul de hazard	Zona cu mortalitate ridicată (m)	Zona de prag a mortalității (m)	Zona cu vătămări ireversibile (m)
Incendiu	13	23	40

Pentru transportul de motorină au fost modelate efectele fizice ale radiației termice ca urmare a unei rupe catastrofale în corpul cisternei și aprinderea întregii cantități de carburant.

3.2.4 Clasificarea zonelor funcționale

Pentru desemnare zonelor funcționale din proximitatea rutelor de transport rutier ale substanțelor periculoase a fost utilizat setul de date europene de referință pentru modul de utilizare a terenului CORINE Land Cover, identificându-se un număr de treizeci și două de clase de utilizare a terenurilor situate în proximitatea rutelor de transport. Fiecărei clase de utilizare a terenurilor i-a fost atribuit un scor specific gradului de vulnerabilitate pe baza criteriilor descrise în metodologie fiind astfel încadrate în una din cele 4 tipuri de zone funcționale.

3.2.5 Determinarea frecvenței accidentelor

Deoarece prezentul studiu de caz se axează pe stabilirea compatibilității teritoriale pentru rutele de transport rutier de combustibili, pentru determinarea frecvențelor de apariție a unor accidente majore s-au utilizat valorile disponibile în literatură pentru transporturile din Clasa 3 de substanțe periculoase: Lichide inflamabile și combustibili (FMCSA, 2001).

Rata de accident per kilometru, pentru transporturile rutiere din Clasa 3 de substanțe periculoase, a fost calculată la valoarea de $3.82 \cdot 10^{-7}$. Această valoare este utilizată în calculul frecvenței de accident, pentru fiecare rută analizată, prin înmulțirea ei cu numărul de kilometri ai acelei rute. Din totalul accidentelor în care sunt implicate autocisterne pentru transportul lichidelor inflamabile, aproximativ 10.2% sunt urmate de incendii iar între 4.4% și 5.9% sunt urmate de explozii (FMCSA, 2001; Yang et al., 2010). Astfel, pentru determinarea frecvenței ce urmează să fie atribuită rutei în analiza de compatibilitate teritorială, valoarea frecvenței de accident pe rută se ajustează în funcție de hazardul pentru care se face analiza. Practic, valoarea frecvenței unui accident în care este implicată o autocisternă de transport lichide inflamabile din care să rezulte un incendiu este de $3.9 \cdot 10^{-8}$ (evenimente/km) iar din care să rezulte o explozie este de $1.97 \cdot 10^{-8}$ (evenimente/km).

3.2.6 Stabilirea compatibilității teritoriale

Prin suprapunerea zonelor de impact din proximitatea rutelor de transport substanțe periculoase, rezultate din modelarea efectelor, cu elementele teritoriale înscrise în baza de date Corine și încadrate în funcție de nivelul vulnerabilității într-una din cele patru categorii de zone funcționale și aplicarea matricei de compatibilitate a fost posibilă realizarea analizei de compatibilitate teritorială pentru toate drumurile naționale din România utilizate în transportul benzinei și motorinei.

Matricile rezultate indică probleme de compatibilitate teritorială între drumurile naționale din România și zonele din vecinătatea acestora sub aspectul transportului de substanțe periculoase- benzină și motorină în acest caz.

Din datele sintetizate putem deduce că mai mult de o treime din terenurile aflate în zonele de început al mortalității și cele cu mortalitate ridicată se află în situația de incompatibilitate teritorială.

Din punct de vedere al compatibilității teritoriale între rutele de transport ale substanțelor periculoase și ariile naturale protejate, rezultatele analizei indică faptul că aproximativ 9.4% din totalul zonelor expuse hazardelor asociate transportului de mărfuri periculoase (benzină și motorină) pe drumurile naționale din România sunt reprezentate de arii naturale protejate.

3.3 Concluziile analizei compatibilității teritoriale

În cadrul acestui capitol au fost tratate aspecte ce țin de dezvoltarea și punerea în aplicare a unei metodologii de analiză a compatibilității teritoriale dintre rutele de transport ale substanțelor periculoase și zonele din proximitatea acestora. Acest demers a fost inițiat în consecința rezultatelor analizei comparative a expunerii (analiză desfășurată la nivel regional), rezultate care indică faptul că o mare parte din lungimea rutelor de transport este desfășurată în cadrul unor localități- fapt ce poate genera un nivel mai ridicat al expunerii elementelor vulnerabile și implicit un nivel mai ridicat al riscului.

La nivelul comunității științifice internaționale cât și la nivelul guvernelor unor state dezvoltate există o preocupare activă în ceea ce privește procesul de planificare teritorială prin prisma transportului de substanțe periculoase. Această preocupare se concretizează, în general, în identificarea de alternative și alegerea celor mai sigure rute pentru transportul de substanțe periculoase pe baza mai multor factori precum densitatea populației, tipul drumului, tipul și cantitatea de substanțe periculoase transportate, capacitățile de răspuns, continuitatea rutelor, efecte asupra economiei, condiții climatice și istoricul accidentelor.

Întrucât România este încă un stat în curs de dezvoltare cu o infrastructură rutieră insuficient adaptată la cerințele actuale de volum ale traficului de persoane și de mărfuri, este insuficient și în anumite cazuri imposibil ca politicile de planificare teritorială în contextul transportului de substanțe periculoase să vizeze doar alegerea rutelor optime- în multe cazuri neexistând alternative.

Plecând de la premisa că întreaga rețea de drumuri naționale este utilizată în transportul de substanțe periculoase, fapt confirmat de rezultatele analizei pentru transporturile de benzină și motorină, este necesară concentrarea activităților de planificare teritorială în două direcții: dezvoltarea unei rețele complexe de autostrăzi pe care să se desfășoare cea mai mare parte a transporturilor de substanțe periculoase; restricționarea schimbării modului de folosință a terenurilor (cele din aria de manifestare a hazardurilor) din proximitatea drumurilor naționale.

Rezultatele primei etape din analiza propusă, certifică faptul că rețeaua de drumuri naționale din România se desfășoară în bună parte în zone construite, având ponderea cea mai mare dintre toate țările analizate. Acest aspect determină un nivel

mai ridicat al expunerii elementelor vulnerabile la hazardele asociate transportului de substanțe periculoase în cazul țării noastre. Din analiza derulată la nivelul regiunilor istorice a rezultat că zonele urbane discontinue ocupă primul loc din punct de vedere al ponderii, în cazul zonelor tranzitate de drumuri naționale pentru toate cele trei cazuri, Moldova având cea mai mare parte a rețelei de drumuri naționale care tranzitează localități.

Întrucât la nivel național, în România, nu există reglementări legislative care să impună necesitatea și modul de stabilire a compatibilității teritoriale pentru rutele de transport ale substanțelor periculoase, în prezentul capitol a fost creioantă o metodologie pe baza prevederilor Ordinului Nr. 3710/1212/99/2017 din 19 iulie 2017 "privind aprobarea Metodologiei pentru stabilirea distanțelor adecvate față de sursele potențiale de risc din cadrul amplasamentelor care se încadrează în prevederile Legii nr. 59/2016 privind controlul asupra pericolelor de accident major în care sunt implicate substanțe periculoase în activitățile de amenajare a teritoriului și urbanism".

Această metodologie care cuprinde patru etape majore prin definirea și reprezentarea zonelor de impact din jurul rutelor de transport, desemnarea zonelor funcționale în funcție de modul de utilizare a terenurilor, determinarea frecvenței de accident și stabilirea compatibilității teritoriale, a fost aplicată pentru rețeaua de drumuri naționale din România utilizată în transportul de benzină și motorină. Parcurgerea etapelor de analiză presupune, în mare parte, utilizarea de tehnici GIS în care sunt utilizate date de intrare de tip "open source", fapt ce determină repetabilitatea și reproductibilitatea rezultatelor. Acest caracter susține potențialul metodologiei propuse să fie adoptată în studii similare derulate de autorități la nivel național, regional sau local.

Metoda de stabilire a compatibilității teritoriale fiind bazată pe consecințe și nu pe risc, s-a efectuat modelarea efectelor fizice asupra populației și elementelor de infrastructură, pe baza celor mai rele scenarii posibile de accident ale unor autocisterne de transport motorină respectiv benzină. Pe baza distanțelor caracteristice efectelor fizice s-au delimitat perimetre de-a lungul drumurilor naționale din România, perimetre ce au fost desemnate ca fiind zone de impact. Aceste zone de impact fiind ulterior utilizate în extragerea datelor referitoare la modul de utilizare al terenurilor.

În prezentul capitol a fost realizată și încadrarea diferitelor clase de utilizare a terenurilor în categorii de zone funcționale pe baza nivelului de vulnerabilitate. Astfel fiecare clasă din cele 32 disponibile în baza de date Corine a fost caracterizată de un nivel al vulnerabilității de la scăzut la foarte ridicat. Clasele caracterizate de un grad mai ridicat de densitate al populației și de acoperire al terenului cu elemente antropice au fost încadrate ca având un nivel mai ridicat al vulnerabilității.

Prin determinarea ratei de accident pentru transporturile de lichide inflamabile și combustibili, a fost posibilă încadrarea rutelor de transport ale combustibililor pe clase de frecvențe în funcție de lungime. Această încadrare într-o clasă de frecvență în funcție de lungime este deosebit de utilă întrucât poate fi utilizată în analiza oricărei rute rutiere de transport a combustibililor. Din analiza infrastructurii de distribuție a combustibililor din România a rezultat că majoritatea transporturilor rutiere de substanțe periculoase, implicate în accidente soldate cu incendii, sunt caracterizate de o valoare a frecvenței mai mică de 10^{-5} .

Matricile de compatibilitate teritorială au fost aplicate pentru întreaga rețea de drumuri naționale din România în cazul transporturilor de motorină și benzină, identificându-se atât zonele unde există probleme de incompatibilitate precum și suprafețele și ponderea acestora din totalul zonelor expuse. Analiza compatibilității derulată pentru clasa de frecvență cuprinsă între 10^{-5} - 10^{-6} evenimente/an (specifică pentru cele mai multe dintre transporturile de combustibili) semnalează că aproximativ 40% din teritoriile încadrate în Zona I de impact, 35% din teritoriile încadrate în Zona II de impact și aproximativ 1% din teritoriile încadrate în Zona III se află în relație de incompatibilitate cu procesul de transport al substanțelor inflamabile.

Aceste date determină ca, din punct de vedere al planificării teritoriale, factorii de decizie să impună politici de dezvoltare sustenabile care să limiteze expunerea elementelor vulnerabile din proximitatea rutelor de transport substanțe periculoase. Principala modalitate de limitare a expunerii este constituită de crearea unor rute alternative (autostrăzi și centuri ocolitoare ale localităților). Deși frecvența și consecințele accidentelor în care sunt implicate autovehiculele de transport ale substanțelor periculoase nu justifică întrutotul realizarea unor mari obiective de infrastructură, acestea pot să constituie argumente importante în analiza cost-beneficiu pe lângă rentabilitatea economică, limitarea poluării din orașe, scăderea numărului de accidente, etc.

Similar prevederilor care reglementează stabilirea compatibilității teritoriale pentru operatorii Seveso, procesul de planificare teritorială din proximitatea rutelor de transport ale substanțelor periculoase ar trebui condus de o comisie formată din reprezentanți ai structurilor responsabile cu amenajarea teritoriului și urbanismul din cadrul administrației publice. Această comisie, desemnată la nivel național, regional sau local, urmând să preia prerogativele atât pentru stabilirea compatibilității teritoriale pentru situația existentă cât și în cazul planificării unor drumuri noi sau construcții noi în proximitatea rutelor existente. De asemenea, această comisie trebuie să urmărească schimbările din modul de utilizare al terenurilor pentru a nu aparea situații noi de incompatibilitate.

Pentru reducerea nivelului de risc asociat transportului de substanțe periculoase, se propune ca pentru noile obiective de investiții dezvoltate în vecinătatea rutelor de transport ale substanțelor periculoase precum și în cazul construcției de noi drumuri/autostrăzi să se aplice o matrice mai restrictivă, după cum urmează:

Tabelul 7. Matricea propusă pentru stabilirea compatibilității teritoriale pentru noile obiective de investiții

Frecvența (accidente/rută/an)	Zonele de impact		
	Zona I- Letalitate ridicată	Zona II- Începutul letalității	Zona III-Efecte ireversibile
$10^{-4} - 10^{-5}$	A	A	A
$10^{-5} - 10^{-6}$	A	A	AB
$< 10^{-6}$	A	AB	ABC

De asemenea, în situația în care pentru rutele și dezvoltările din jurul acestora, existente sau viitoare, se determină incompatibilități, autoritățile responsabile cu amenajarea teritoriului și urbanismul precum și alte autorități desemnate să poată implementa măsuri de impunere a unor cerințe tehnice pentru reducerea riscului.

Aceste cerințe pot să vizeze limitarea vitezei de deplasare pentru transporturile de substanțe periculoase, îmbunătățirea metodelor și procedurilor de manipulare și stocare în timpul transportului, promovarea respectării codurilor, reglementărilor și normelor de siguranță, creșterea gradului de conștientizare a publicului și comunităților

expuse, etc. Similar, primăriile pe teritoriul administrativ al cărora se află zonele de impact din jurul rutelor de transport substanțe periculoase pot să preia planul cu zonele de compatibilitate în cadrul documentațiilor de amenajare a teritoriului și de urbanism și să țină cont de acesta în emiterea certificatelor de urbanism și a autorizațiilor de construire.

4 Analiza cantitativă a riscului individual și social la nivel local. Studiu de caz: Transport de GPL în Municipiul Cluj-Napoca

Având în vedere faptul că un mediu urban poate să contribuie la creșterea probabilității de apariție a unui accident (congestionarea traficului fiind principala cauză) și densitatea mare a populației, este foarte important să se studieze toate posibilele urmări ale unui accident și riscul asociat transportului de substanțe periculoase. De asemenea, în procesul de management al riscului este esențial să avem o idee asupra posibilelor efecte ale unui accident și pentru a optimiza răspunsul autorităților în situația dată (Radovici et al., 2016).

Întrucât o analiză aplicată în mediul urban vizează o arie semnificativ mai redusă decât precedentele analize aplicate la nivel regional sau național, parametrii luați în considerare sunt mult mai specifici iar nivelul de incertitudine al rezultatelor este considerabil mai scăzut.

Municipiul Cluj-Napoca a fost selectat pentru analiză în vederea determinării cantitative a nivelului de risc asociat transportului de substanțe periculoase. Acesta este unul dintre cele mai mari orașe din România, la 1 ianuarie 2021 un număr de 327927 persoane aveau domiciliul stabil în Municipiul Cluj Napoca (Institutul Național de Statistică, 2021) determinând o densitate de aproximativ 1827 loc/km².

Orașul este situat la intersecția a trei drumuri Europene: E60, E81 și E576. Cel puțin 31 de stații de distribuție a carburanților au fost identificate ca fiind operaționale, din care 7 pun în vânzare și GPL. Din punct de vedere al raportului între numărul de persoane și numărul de benzinării, putem aprecia că valoarea de 10578 persoane deservite de o stație de distribuție a carburanților este mai mare decât a altor orașe dezvoltate din România.

4.1 Metodologia de evaluare a riscului individual și social

Accidentele produse în timpul transportului de GPL pe cale rutieră pot avea diferite consecințe în funcție de circumstanțele fizice ale accidentului dar și în funcție de caracteristicile intrinseci ale GPL-ului cum ar fi volatilitatea și combustia spontană (Jia

et al., 2021). În plus, condițiile de depozitare, transport și manipulare ale GPL-ului impun cerințe stricte de temperatură și presiune, ceea ce crește și mai mult dificultatea menținerii siguranței sistemului (Gong, 2006).

Scenariile identificate ca fiind posibile în arealul de studiu sunt următoarele (Radovici et al., 2016):

- a) eliberarea GPL-ului, ca urmare a unui accident rutier, printr-o fisură în corpul cisternei sau a unei conducte. Ca urmare a acestui eveniment, GPL-ul se dispersează în atmosferă și generează posibilitatea de apariție a următoarelor cinci scenarii:
- b) GPL-ul în stare gazoasă este dispersat în atmosferă și formează un amestec exploziv de vapori în cadrul căruia limita inferioară de explozie este atinsă și a cărei consecință este o explozie de tip UVCE (Unconfined Vapor Cloud Explosion)
- c) Vaporii de GPL intră în contact cu o sursă de aprindere (foc deschis, scurtcircuit la instalațiile electrice deteriorate în urma accidentului, etc.) rezultând într-un incendiu de tip Flash fire.
- d) În cazul aprinderii GPL-ului care este expulzat cu presiune din fisura produsă în timpul accidentului, incendiul va fi sub forma unui jet de foc. Puterea jetului este influențată de presiunea sursei și secțiunea de evacuare, iar direcția jetului de foc va fi în funcție de locul fisurii: în plan orizontal, vertical sau oblic.
- e) Radiația termică rezultată în urma unui incendiu poate crea un mediu propice pentru apariția unui eveniment de tip BLEVE ca urmare a cedării vasului care conține lichid sub presiune peste punctul său de fierbere (Kletz, 1990).

Scenariul care presupune cel mai mare impact asupra populației și a infrastructurii este determinat de o explozie de tip BLEVE. Acest tip de scenariu a fost selectat pentru analiza cantitativă a riscului.

Modelarea efectelor produse ca urmare a unui accident în transportul de GPL precum și analiza cantitativă a riscului individual și social de-a lungul rutei analizate, au fost realizate cu ajutorul softului specializat RISKCURVES (TNO, 2017) dezvoltat de Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO).

Cu referire la parametrii de intrare pentru analiza cantitativă de risc este important de menționat că aceștia trebuie să vizeze caracteristicile specifice ale echipamentelor incluse în scenariile de accident precum și amplasarea geografică a acestor scenarii.

Referitor la caracteristicile echipamentului (autocisternei) de transport GPL pe ruta identificată este important de menționat că întrucât nu se cunosc cu exactitate caracteristicile celor utilizate în mod curent, se presupune că una din cele două tipuri de autocisterne agreate în conformitate cu Acordul european privind transportul rutier internațional al mărfurilor periculoase (ADR) este utilizată pentru transportul de GPL. Aceste două categorii de autocisterne se diferențiază între ele prin natura izolației: izolate în vid sau izolate cu poliuretan (ADR, 2021).

Valoarea ratei de accident a fost derivată din observațiile statistice, disponibile în literatura de specialitate, pentru transporturi similare cu încărcătură de 25 tone și a căror consecințe au determinat costuri de peste 10000£ (Chaplin, 2011; Health and Safety Executive (HSA), 2017).

4.2 Rezultate și discuții

În urma modelării efectelor fizice care pot să apară ca urmare a unui accident în care cel mai grav scenariu posibil este analizat (explozie BLEVE a unei fracțiuni mari din cantitatea totală de GPL transportată) au fost determinate mai multe distanțe specifice diferitelor praguri.

O zona cu letalitate de 1% pe o distanță de până la 180 de metri din centrul mingii de foc datorată efectelor radiației termice. Pragul de 37.5 kW/m², aferent efectelor asupra structurilor și echipamentelor metalice (FEMA, 1988; NOAA Office of Response and Restoration, 2013), este situat la o distanță de 170 metri de la locul producerii accidentului în scenariu dat. Pragul radiației termice cu valoarea de 10 kW/m² specific arsurilor de gradul 3 (FEMA, 1988; NOAA Office of Response and Restoration, 2013), survenite la populația expusă direct, este situat la o distanță de 329 metri de la locul producerii accidentului în scenariu dat. Distanța până la pragul de suprapresiune de 100mbar (datorată exploziei corpului cisternei) a fost calculată de softul de modelare ca având valoarea de 27.5 metri, distanță până la care clădirile construite din beton armat pot suferi avarii minore, iar clădirile cu mai multe etaje, în a

căror construcție s-a folosit cărămidă, pot suferi avarii medii (Lees, 2012; NOAA Office of Response and Restoration, 2019).

Tot datorită suprapresiunii, pe o distanță de 100 de metri de la locul considerat ca fiind centrul exploziei, s-a confirmat posibilitatea de spargere a geamurilor cladirilor și producerea rănilor pentru persoanele aflate în interior.

Pe lângă harta efectelor fizice produse ca urmare a unui accident în transportul de GPL, programul RiskCurves a permis calcularea valorilor riscului individual și transpunerea izoliniilor specifice pe o hartă a riscului individual.

În conformitate cu izoliniile reprezentate pe harta riscului individual, valorile specifice ale riscului ca o persoană expusă să sufere vătămări grave sau moartea sunt, în general, situate în intervalul $1 \cdot 10^{-7}$ - $1 \cdot 10^{-8}$ /an. O suprafață restrânsă din arealul analizat prezintă valori ale riscului individual situate în intervalul $1 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-7}$ /an, motivul pentru aceasta fiind reprezentat de parametrii meteorologici introduși în model și expunerea repetată. Astfel, concluzia analizei cantitative a riscului individual, asociat transportului de GPL, este că acesta se află la un nivel acceptabil.

Rezultatele analizei cantitative pentru riscul social indică depășiri ale pragului acceptabil setat ca implicit în programul RiskCurves. Acest fapt se datorează numărului mare de persoane care locuiesc în imediata vecinătate a rutei de transport.

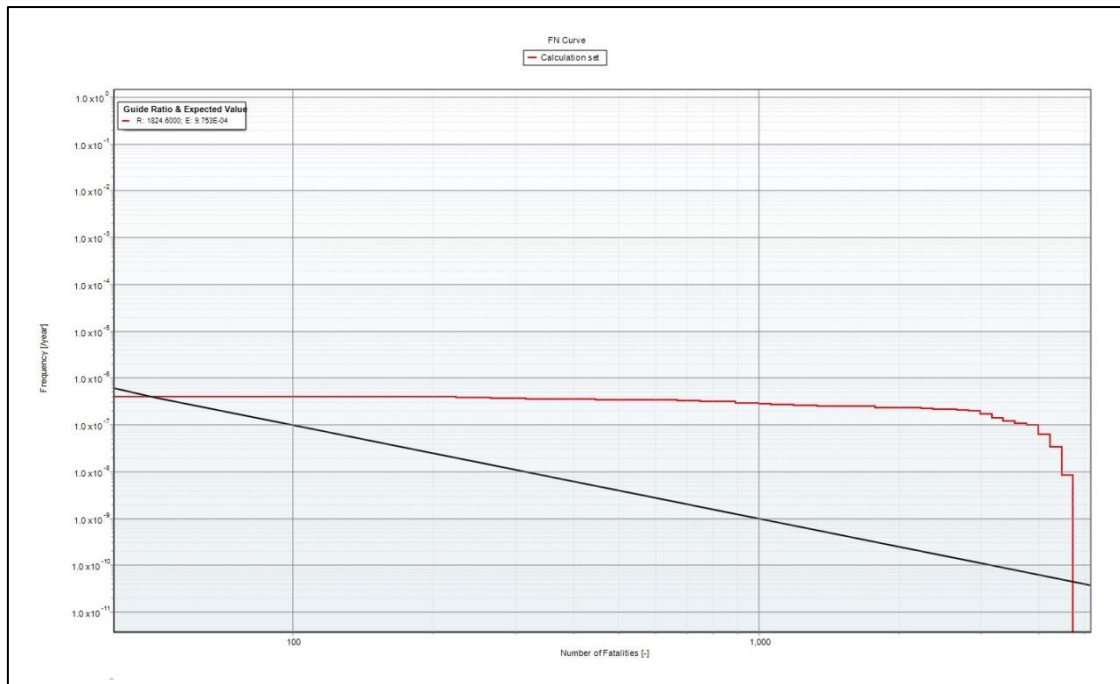


Figura 12. Rezultatele analizei riscului social (Radovici et al., 2016)

Trebuie menționat, însă, că rezultatele acestei analize sunt puternic influențate de incertitudini în ceea ce privește atât distribuția spațială a numărului de locuitori cât și cea temporală. Pentru distribuția spațială au fost preluate date publicate pentru stațiile de recensare de la recensământul din 2002, numărul de locuitori fiind extrapolat pentru a obține o valoare specifică pentru fiecare clădire din arealul de studiu.



Figura 13. Distribuția spațială a populației în arealul de studiu (Radovici et al., 2016)

Din punctul de vedere al distribuției temporale a populației, întrucât nu există date clare care să indice o anumită valoare pentru fracția prezentă în locuință pe timp de zi sau pe timp de noapte în arealul de studiu, (Radovici et al., 2016) a estimat că

93% din persoane se regăsesc în cladirile din arealul de studiu pe timp de zi, respectiv 99% pe timp de noapte. Această estimare se bazează pe caracterul rezidențial al arealului de studiu inclus în analiză.

4.3 Concluziile analizei cantitative a riscului la nivel local

Analiza prezentată în cadrul acestui capitol presupune un grad de complexitate și acuratețe mai ridicat în ceea ce privește modelul și tipul de date. Este important de menționat însă, că acest tip de abordare poate fi util doar atunci când aria analizată are o extindere limitată la nivel local. O arie de analiză mai extinsă poate introduce în model un nivel de incertitudine ridicat sau lipsa efectivă a datelor poate determina imposibilitatea de realizare a analizei. În concluzie, după analizele desfășurate la nivel local, regional și național, se poate spune că metodele de analiză cantitativă a riscului asociat transportului rutier de mărfuri periculoase se pretează mai bine pentru inițiativele de cercetare la nivel local.

Valorile riscului individual obținute în cadrul acestui capitol atestă faptul că nivelul acestuia se încadrează în limitele de risc acceptabil pentru scenariul analizat. Totuși, din punct de vedere al riscului social, ca urmare a faptului că ruta de transport se desfășoară în cadrul unei zone cu o densitate mare a populației s-a constatat că probabilitatea de a avea un număr ridicat de decese pe an depășește valoarea acceptabilă.

Pe baza concluziilor enunțate anterior se poate face recomandarea ca autoritățile locale și factorii de decizie să ia în calcul în dezvoltarea politicilor de planificare teritorială și urbanism măsuri de limitare a construirii viitoarelor obiective de tipul celui analizat în zonele rezidențiale ale orașului. Prin construcția acestor tipuri de obiective, fie că e vorba de stații de distribuție GPL sau combustibili convenționali, în zonele periferice ale orașului sau în zone industriale se reduce semnificativ expunerea la riscuri asociate atât în procesul de aprovizionare cât și cel de depozitare și distribuție.

Suplimentar măsurilor de planificare teritorială se pot implementa măsuri de prevenire a accidentelor pe rutele de transport vizate, îmbunătățirea capacităților de intervenție, alegerea unor rute alternative de transport și măsuri de informare a populației și comunicare eficientă a riscului.

5 Concluzii finale

În cadrul acestei teze de doctorat s-au realizat o serie de analize a riscului sau a componentelor acestuia la nivel, regional și local- toate în contextul amenințărilor generate de transportul mărfurilor periculoase atât asupra oamenilor cât și a elementelor de infrastructură. De asemenea, un rol central în această cercetare l-a avut calitatea de Infrastructură Critică pe care rețeaua de căi rutiere o posedă și importanța planificării teritoriale în contextul limitării consecințelor ce pot să apară ca urmare a unui accident. Cel mai adesea, în literatură dar și în practică este evidențiată necesitatea protecției infrastructurilor, sistemelor și resurselor care sunt de o importanță vitală pentru societate ca element fundamental în acest domeniu. De asemenea, un element comun identificat în majoritatea demersurilor de cercetare fundamentală și definirea conceptului face referire la faptul că dacă aceste sisteme sunt în pericol, adică perturbate sau distruse, va exista în mod automat un impact semnificativ la nivelul societății în toate aspectele sale.

Prin realizarea, în cadrul primei părți a lucrării, unei sinteze cuprinzătoare a literaturii de specialitate specifice pentru fiecare domeniu de interes s-a putut determina gradul actual al cunoașterii, metodele de analiză preponderent utilizate în prezent dar și tendințele generale legate de inițiativele de cercetare viitoare.

În urma acestui demers s-a identificat oportunitatea de a aborda tema legată de riscurile asociate infrastructurilor critice utilizate în transportul mărfurilor periculoase, această temă nefiind tratată pe larg la nivel național. Trebuie menționat, de asemenea, că această oportunitate a derivat și din implicarea autorităților și a diverselor instituții din România, în anul 2016, într-un proces de evaluare a riscurilor relevante la nivel național. Toate aceste aspecte au contribuit la o mai bună înțelegere a terminologiei, la alegerea și ajustarea celor mai bune metode de analiză pretabile pentru obiectivele studiului și identificarea surselor de date utilizate în analize.

Necesitatea efectuării unor analize la diferite niveluri de extindere geografică (național și local) s-a manifestat atât în consecința rezultatelor obținute în cadrul analizei ce viza sectorul de drum de pe Valea Oltului cât și ca urmare a limitărilor impuse de disponibilitatea datelor. Aspectul legat de disponibilitatea datelor a

determinat alegerea și ajustarea metodologiilor utilizate, o abordare cantitativă fiind realizabilă doar în cazul studiilor de risc desfășurate la nivel local.

Rezultatele analizei comparative a expunerii pentru cele două rute au indicat clar un nivel mai redus al expunerii pentru elementele vulnerabile în cazul transportului pe autostradă. Principala cauză pentru aceasta a fost reprezentată de faptul că DN7 străbate o serie de localități sau se desfășoară în imediata proximitate a acestora, generând o expunere însemnată la nivelul populației. Se poate concluziona astfel că nivelul riscului generat de transportul de mărfuri periculoase poate fi mult diminuat prin construcția sectorului de autostradă care leagă Sibiu de Pitești. Analiza calitativă a riscului, ce a vizat cele două rute de transport, susține concluzia enunțată anterior prin scorul mai mic al riscului asociat infrastructurii critice (rețeaua rutieră) în cazul construcției noului sector de autostradă.

Astfel, analiza desfășurată la nivel național a avut menirea de a testa ipoteza conform căreia întreaga rețea de drumuri naționale poate să contribuie la expunerea populației la riscurile asociate transportului de mărfuri periculoase printr-un grad insuficient de dezvoltare a infrastructurii (centuri ocolitoare) și printr-un proces inadecvat de planificare teritorială.

Prin aplicarea prevederilor legislative ce vizează compatibilitatea teritorială în proximitatea operatorilor Seveso la specificul transportului de mărfuri periculoase s-a putut determina dacă există situații teoretice (neexistând legi în acest sens) de incompatibilitate teritorială rutele de transport și zonele adiacente. Prin prisma faptului că aplicarea aceleiași metodologii și analiza acelorași hazarde au contribuit la identificarea unor zone cu incompatibilitate teritorială pentru transporturile de combustibili, se poate concluziona că este necesar ca procesele de planificare teritorială desfășurate de către diferite autorități trebuie să ia în calcul și riscurile asociate transporturilor de mărfuri periculoase. Este de așteptat, totuși, ca prin dezvoltarea infrastructurii rutiere (construcția de autostrăzi) acest neajuns să fie corectat. Deși greu de cuantificat din punct de vedere monetar, rata mai scăzută a expunerii generate de transportul pe autostradă a mărfurilor periculoase împreună cu probabilitatea mai redusă de producere a accidentelor și implicit de perturbare a sistemului poate să constituie un argument important în analiza cost-beneficiu

întreprinsă înaintea dezvoltării unor obiective mari de infrastructură de tipul autostrăzilor.

Analiza riscurilor desfășurată la nivel local a reiterat importanța disponibilității datelor referitoare la factorii de mediu și antropici atunci când sunt utilizate metodologii și instrumente complexe de analiză cantitativă. Similar celorlalte abordări, și acest demers a evidențiat inadvertențe în procesele deja derulate de planificare teritorială. Valorile riscului individual obținute în cadrul acestei analize atestă faptul că nivelul acestuia se încadrează în limitele de risc acceptabil pentru scenariul analizat. Totuși, din punct de vedere al riscului social s-a constatat că probabilitatea de a avea un număr ridicat de decese pe an depășește valoarea acceptabilă.

În ceea ce privește nivelul incertitudinilor din studiile efectuate putem spune că și ele variază în funcție de aria geografică la care s-a raportat analiza. Principalele surse de incertitudini provin din rezoluția scăzută a inventarului privind modul de utilizare al terenurilor (Corine) în cazul analizei compatibilității teritoriale desfășurate la nivel național. În evaluarea calitativă a riscului asociat infrastructurilor critice utilizate în transportul materiilor periculoase, principala sursă de incertitudini provine din imposibilitatea de a prevedea toate efecte indirecte pe care perturbarea activității la nivelul rețelei de transport rutier o poate genera la nivelul altor sectoare de activitate. În analiza cantitativă a riscului la nivel local, incertitudinile au provenit din imposibilitatea de a stabili distribuția spațială a persoanelor din arealul studiat.

Lista figurilor

Figura 1. Anexa 1 din Directiva 114/2008- Exemplificarea sectoarelor pentru identificarea Infrastructurilor Critice Europene	12
Figura 2. Rute de transport substanțe periculoase în România	13
Figura 3. Sectoarele de drum selectate pentru analiză	14
Figura 4. Localități situate în proximitatea DN 7 pe sectorul analizat	17
Figura 5. Localități situate în proximitatea Autostrăzii Pitești-Sibiu	18
Figura 6. Harta expunerii pe Autostradă (Amoniac- dispersie toxică).....	19
Figura 7. Harta expunerii pe DN7 (Amoniac- dispersie toxică).....	19
Figura 8. Harta comparativă a expunerii la efectele dispersiei toxice de amoniac	20
Figura 10. Gradul de reducere al expunerii în cazul transportului pe autostradă (Spațiu urban discontinuu și spațiu rural).....	21
Figura 11. Gradul de reducere al expunerii în cazul transportului pe autostradă (Unități industriale și comerciale).....	22
Figura 13. Distribuția spațială a benzinărilor din proximitatea drumurilor naționale din Romania.....	30
Figura 14. Rezultatele analizei riscului social (Radovici et al., 2016)	42
Figura 15. Distribuția spațială a populației în arealul de studiu (Radovici et al., 2016). 42	

Lista tabelelor

Tabelul 1. Distanțele (m) aferente pragurilor de manifestare a efectelor fizice.....	15
Tabelul 2. Interconexiunea sectoarelor infrastructurii critice (Rehak et al., 2021)	24
Tabelul 3. Valorile coeficienților de activitate și pasivitate (Rehak et al., 2021).....	24
Tabelul 4. Bilanțul principalelor zone traversate de drumurile naționale din România pe clase de utilizare a terenurilor	28
Tabelul 5. Distanțele prag rezultate în urma modelărilor efectelor fizice asupra populației survenite în urma unui accident în transportul a 22 tone de benzină	30
Tabelul 6. Distanțele prag rezultate în urma modelărilor efectelor fizice asupra populației survenite în urma unui accident în transportul a 22 tone de motorină	31
Tabelul 7. Matricea propusă pentru stabilirea compatibilității teritoriale pentru noile obiective de investiții	36

Bibliografie

ADR. 2021. Acord referitor la transportul rutier internațional al mărfurilor periculoase. *Comisia Economică a Națiunilor Unite Pentru Europa: Comitetul pentru transporturi interioare*. Volumul I:15-17. Valabil la: [https://www.arr.ro/files/transport/transport marfa/ADR2021/ADR 2021 - vol I.pdf](https://www.arr.ro/files/transport/transport%20marfa/ADR2021/ADR%202021%20-%20vol%20I.pdf) [2021,

noiembrie 18].

Aven, T. 2016. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*. 253(1):1-13. DOI: 10.1016/J.EJOR.2015.12.023.

Basu, S. 2017. Qualitative Hazard Analysis. *Plant Hazard Analysis and Safety Instrumentation Systems*. (ianuarie, 1):169-200. DOI: 10.1016/B978-0-12-803763-8.00003-0.

Boakye, J., Murphy, C., Gardoni, P. & Kumar, R. 2022. Which consequences matter in risk analysis and disaster assessment? *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 71:102740. DOI: 10.1016/J.IJDRR.2021.102740.

Büttner, G. 2014. CORINE land cover and land cover change products. În *Remote Sensing and Digital Image Processing*. Vol. 18. Springer International Publishing. 55-74. DOI: 10.1007/978-94-007-7969-3_5.

C. van den Bosch, R.W. 2005. *Methods for the calculation of physical effects 'Yellow Book'*. Third edit ed. Hague: Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen.

Carney, T. 2018. Vulnerability: False Hope for Vulnerable Social Security Clients? *The University of New South Wales law journal*. 43:783-817.

Chaplin, Z. 2011. *LPG road tanker BLEVE frequencies*. HSL internal report.

CLC. 2018. *CORINE Land Cover — Copernicus Land Monitoring Service*. Valabil la: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018> [2021, martie 06].

Eurostat. 2021. *Annual road freight transport of dangerous goods, by type of dangerous goods and broken down by activity*. Valabil la: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/road_go_ta_dg/default/map?lang=en [2021, martie 19].

Fan, T., Chiang, W.C. & Russell, R. 2015. Modeling urban hazmat transportation with road closure consideration. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 35:104-115. DOI: 10.1016/J.TRD.2014.11.009.

Federal Motor Carrier Safety Administration. 2004. *Crashes involving trucks carrying hazardous materials*. Valabil la:

<http://ntl.bts.gov/lib/51000/51300/51302/fmcsa-ri-04-024.pdf> [2016, septembrie 07].

FEMA. 1988. *Handbook of Chemical Hazard Analysis Procedures*. Washington, D.C: Federal Emergency Management Agency Publications Office.

FEMA. 2005. *Risk Assessment: A How-To Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings*. Valabil la: https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-08/fema452_01_05.pdf [2022, februarie 22].

FMCSA. 2001. *Comparative risks of hazardous materials and non-hazardous materials truck shipment accidents/incidents*.

Gong, B. 2006. *Risk Analysis and Assessment in Petrochemical Enterprise*. Northeastern University.

Health and Safety Executive (HSA). 2017. *Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessments (06/11/17)*.

Holling, C.S. 1973. Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 4:1-23. Valabil la: <http://www.jstor.org/stable/2096802>.

Holzhäuser, J. 2010. *ADN 2011: Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt (GGVSEB), GGBefG, ADN, Änderungen ADN 2011*. ecomed-Storck GmbH.

Hutcheon, E. & Lashewicz, B. 2014. Theorizing resilience: critiquing and unbounding a marginalizing concept. *Disability & Society*. 29(9):1383-1397. DOI: 10.1080/09687599.2014.934954.

Institutul National de Statistica. 2002. *Recensământul populației și locuințelor 2002*. Valabil la: <https://insse.ro/cms/ro/content/recensământul-populației-și-locuințelor-2002> [2022, aprilie 17].

Institutul Național de Statistică. 2021. *POP107D - POPULATIA DUPA DOMICILIU la 1 ianuarie pe grupe de varsta si varste, sexe, judete si localitati*. Valabil la: <http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table>.

IPCC. 2007. *Climate Change 2007:Impacts, Adaptation and Vulnerability-Summary for Policymakers*. Geneva.

Jia, Q., Fu, G., Xie, X., Hu, S., Wu, Y. & Li, J. 2021. LPG leakage and explosion

accident analysis based on a new SAA method. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 71:104467. DOI: 10.1016/J.JLP.2021.104467.

Kajenthira, A., Holmes, J. & McDonnell, R. 2012. The role of qualitative risk assessment in environmental management: A Kazakhstani case study. *Science of The Total Environment*. 420:24-32. DOI: 10.1016/J.SCITOTENV.2011.12.063.

Kletz, T.A. 1990. *Critical aspects of safety and loss prevention*. 1st Edition ed.

Lees, F. 2012. *Lees' Loss prevention in the process industries: Hazard identification, assessment and control*. Butterworth-Heinemann.

Moteff, J., Copeland, C. & Fischer, J. 2003. *Report for Congress Critical Infrastructures: What Makes an Infrastructure Critical?* Valabil la: <https://irp.fas.org/crs/RL31556.pdf> [2022, aprilie 15].

NOAA Office of Response and Restoration. 2013. *Thermal Radiation Levels of Concern*. Valabil la: <https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/resources/thermal-radiation-levels-concern.html#:~:text=In ALOHA %2C a thermal radiation,which a hazard may exist.> [2018, februarie 20].

NOAA Office of Response and Restoration. 2019. *Overpressure Levels of Concern*. Valabil la: <https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/resources/overpressure-levels-concern.html>.

Open Street Map. 2021. *OpenStreetMap*. Valabil la: <https://www.openstreetmap.org/about> [2021, martie 09].

Ordinul 3710. 2017. *ORDIN Nr. 3710/1212/99/2017 din 19 iulie 2017 privind aprobarea Metodologiei pentru stabilirea distanțelor adecvate față de sursele potențiale de risc din cadrul amplasamentelor care se încadrează în prevederile Legii nr. 59/2016 privind controlul asupra*. MONITORUL OFICIAL NR. 755 din 21 septembrie 2017. Valabil la: http://www.anpm.ro/documents/12220/49105380/Ordin+nr.+3710_1212_99_2017+pt.+aprobarea+Metodologiei+de+stab.+a+dist.+adecvate+fata+de+susele+potentiale+de+risc+care+se+incadreaza+sub+L59_2016_amenajarea+teritoriului+si+urbanism.pdf/ae5861fa-3671-4566-b109- [2021, martie 06].

Pacinda, Ș. 2010. Method of a qualitative risk analysis utilizing correlations of risks. *THE SCIENCE FOR POPULATION PROTECTION*. 1-22. Valabil la:

http://www.population-protection.eu/attachments/027_vol2n1_pacinda.pdf. [2022, februarie 28].

Prowse, M. 2003. Towards a Clearer Understanding of „Vulnerability” in Relation to Chronic Poverty. *SSRN Electronic Journal*. (aprilie, 1). DOI: 10.2139/SSRN.1754445.

Radovici, A., Muntean, L. & Ozunu, A. 2015. Development of an integrated methodology for the identification and classification of critical infrastructures at local level and associated risk assessment. *ECOTERRA - Journal of Environmental Research and Protection*. 12(4):75-81. Valabil la: www.ecoterra-online.ro [2021, decembrie 23].

Radovici, A., Roman, E., Török, Z. & Ozunu, A. 2016. A risk assessment study for local critical infrastructures used in hazmat transportation. *STUDIA UBB CHEMIA*. LXI, 3(Tom II):379-389. Valabil la: <https://www.researchgate.net/publication/312062004> [2021, aprilie 21].

Radovici, A., Ozunu, A., Török, Z., Mereuță, A., Maloș, C.V. & Arghiuș, V.-I. 2017. Consequence based risk analysis of anhydrous ammonia transport accidents on cross-border critical infrastructure. În *Regional Studies Association*. Cluj Napoca.

Radovici, A., Ajtai, N., Ștefănie, H., Botezan, C. & Ozunu, A. 2019. Alternative routing for anhydrous ammonia transportation: A comparative exposure assessment. În *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*. Vol. 19. International Multidisciplinary Scientific Geoconference. 51-60. DOI: 10.5593/sgem2019/5.2/S20.007.

Rehak, D., Patrman, D., Foltin, P., Dvořák, Z. & Skrickij, V. 2021. Negative impacts from disruption of road infrastructure element performance on dependent subsystems: methodological framework. *Transport*. 36(6):510-524. DOI: 10.3846/TRANSPORT.2021.16400.

Rinaldi, S.M., Peerenboom, J.P. & Kelly, T.K. 2001. Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine*. 21(6):11-25. DOI: 10.1109/37.969131.

Roman, E., Radovici, A., Török, Z., Ștefănie, H. & Ozunu, A. 2016. *Livrabil RORISK- Descrierea scenariilor de accident*. Cluj Napoca.

Schröder-Butterfill, E. & Marianti, R. 2006. A framework for understanding old-age vulnerabilities. *Ageing and society*. 26(1):9-35. DOI: 10.1017/S0144686X05004423.

Sîrbu, A. & Pătulea, A. 2019. *Lungimea Căilor de transport la sfârșitul anului 2019*. Valabil la: https://insse.ro/cms/sites/default/files/field/publicatii/lungimea_cailor_de_transport_la_sfarsitul_anului_2019.pdf [2021, martie 16].

Skilodimou, H.D. & Bathrellos, G.D. 2021. DOI: 10.3390/su13158301.

Stolecka, K. 2020. Hazards of the Road Transportation of Hazardous Materials. *System Safety: Human - Technical Facility - Environment*. 2(1):237-246. DOI: 10.2478/czoto-2020-0029.

TNO. 2017. *RISKCURVES COMPREHENSIVE QUANTITATIVE RISK ANALYSIS*. Valabil la: www.tno.nl/RISKCURVES [2021, noiembrie 25].

Török, Z., Petrescu-Mag, R.-M., Mereuță, A., Maloș, C.V., Arghiuș, V.-I. & Ozunu, A. 2020. Analysis of territorial compatibility for Seveso-type sites using different risk assessment methods and GIS technique. *Land Use Policy*. 95:103878. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.02.037>.

Tugnoli, A., Cozzani, V. & Landucci, G. 2007. A consequence based approach to the quantitative assessment of inherent safety. *AIChE Journal*. 53(12):3171-3182. DOI: 10.1002/AIC.11315.

Yang, J., Li, F., Zhou, J., Zhang, L., Huang, L. & Bi, J. 2010. A survey on hazardous materials accidents during road transport in China from 2000 to 2008. *Journal of Hazardous Materials*. 184(1-3):647-653. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2010.08.085.

Youssef, A.M., Abu-Abdullah, M.M., AlFadail, E.A., Skilodimou, H.D. & Bathrellos, G.D. 2021. The devastating flood in the arid region a consequence of rainfall and dam failure: Case study, Al-Lith flood on 23th November 2018, Kingdom of Saudi Arabia. *Zeitschrift für Geomorphologie*. 63(1):115-136. DOI: 10.1127/zfg/2021/0672.