

UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI
FACULTATEA DE ȘTIINȚA ȘI INGINERIA MEDIULUI

**Abordarea integrată a riscului de tip NaTech în zone cu
activități de transport al gazelor naturale pe fondul instabilității
terenului**

- Rezumatul tezei de doctorat -

Conducător științific:

Prof. Dr. Ing. Ozunu Alexandru

Doctorand:

Kovacs Larisa Alexandra

Cluj-Napoca

2018

CUPRINS

Introducere	1
1. Considerații teoretice	10
1.1. Hazard, risc și vulnerabilitate	10
1.2. Clasificarea hazardurilor și a riscurilor	11
1.3. Alunecările de teren	12
2. Dezastre naturale, tehnologice și NaTech	16
2.1. Situația actuală a dezastrelor naturale și tehnologice	16
2.1.1. Dezastre naturale	16
2.1.2. Dezastre tehnologice	17
2.2. Accidente NaTech	18
3. Gazele naturale și fluxul acestora de la extracție la livrarea către consumatori	22
3.1. Aspecte teoretice privind gazele naturale	22
3.2. Extracția și prelucrarea gazelor naturale	23
3.3. Transportul gazelor naturale	24
3.4. Îmagazinarea și livrarea către consumatori a gazelor naturale	25
4. Riscul NaTech asociat conductelor magistrale subterane de transport gaze naturale pe fondul instabilității terenului	27
4.1. Impactul alunecărilor de teren asupra conductelor subterane	27
4.2. Situația pe plan național și internațional	29
4.3. Metode de evaluare a riscului NaTech pentru conducte subterane de transport a gazelor naturale	34
4.3.1. Metodologia de cercetare	36
5. Studiu de caz: Evenimente de tip NaTech la conducte magistrale subterane de transport gaze naturale afectate de alunecări de teren	39
5.1. Conductă magistrală de transport gaze naturale afectată de alunecări de teren în județul Maramureș	40
5.1.1. Cadrul natural	41
5.1.2. Caracterizarea geologică	43
5.1.3. Condițiile climatice	44
5.1.4. Situația anterioară și actuală a conductei magistrale de transport gaze naturale	45
5.1.4.1. Situația anterioară	45
5.1.4.2. Situația actuală	47

5.2. Conducte magistrale de transport gaze naturale afectate de alunecări de teren în județul Cluj	48
5.2.1. Conductă magistrală de transport gaze naturale afectată de alunecări de teren în zona satului Vâlcele, județul Cluj	49
5.2.1.1. Cadrul natural	50
5.2.1.2. Caracterizarea geologică	51
5.2.1.3. Condițiile climatice	52
5.2.1.4. Situația anterioară și actuală a conductei magistrale de transport gaze naturale	52
5.2.1.4.1. Situația anterioară	52
5.2.1.4.2. Situația actuală	54
5.2.2. Conducte magistrale subterane de transport gaze naturale afectate de alunecări de teren în zona satului Sicutard, județul Cluj	55
5.2.2.1. Cadrul natural	56
5.2.2.2. Caracterizare geologică	56
5.2.2.3. Condiții climatice	58
5.2.2.4. Situația anterioară și actuală a conductei magistrale de transport	58
5.2.2.4.1. Situația anterioară	58
5.2.2.4.2. Situația actuală	61
6. Analiza riscului NaTech la conducte magistrale de transport gaze naturale afectate de alunecări de teren	63
6.1. Analiza hazardului la alunecări de teren	63
6.1.1. Metodologie	64
6.1.2. Rezultate și discuții	69
6.2. Analiza riscului la alunecări de teren	73
6.2.1. Metodologie	73
6.2.2. Rezultate și discuții	76
6.3. Analiza riscului tehnologic	80
6.3.1. Metodologie	84
6.3.2. Rezultate și discuții	86
6.4. Analiza riscului NaTech	91
6.4.1. Metodologie	92
6.4.2. Rezultate și discuții	93
7. Concluzii, contribuții personale și perspective	100
Lista lucrărilor științifice publicate și a participărilor la conferințe	105

Bibliografie	108
Anexa 1. Zonarea seismică a României	119
Anexa 2. Criterii pentru estimarea potențialului și probabilității de producere a alunecărilor de teren – zona Teceu Mic	120
Anexa 3. Criterii pentru estimarea potențialului și probabilității de producere a alunecărilor de teren – zona Vâlcele	124
Anexa 4. Criterii pentru estimarea potențialului și probabilității de producere a alunecărilor de teren – zona Sucutard	128
Anexa 5. Rezultatele calculului indicelui Pasquill de stabilitate atmosferică	132
Anexa 6. Valori trafic rutier	133
Anexa 7. Datele de intrare și rezultatele simulărilor din Riskcurves – zona Teceu Mic	134
Anexa 8. Datele de intrare și rezultatele simulărilor din Riskcurves – zona Vâlcele	140
Anexa 9. Datele de intrare și rezultatele simulărilor din Riskcurves – zona Sucutard	146

Cuvinte cheie: conducte de transport, gaze naturale, susceptibilitatea la alunecări de teren, riscul la alunecări de teren, risc tehnologic, risc individual, risc NaTech.

Introducere

Prezentul proiect de cercetare științifică tratează un subiect de mare importanță și interes pe plan național și internațional, dar mai puțin cunoscut și analizat pe plan național, respectiv cel al riscurilor NaTech.

Riscurile NaTech (*Natural hazard triggering TECHNOlogical disasters*) sunt definite ca fiind probabilitatea de apariție a unor dezastru tehnologice provocate de dezastru naturale (Cruz & Okada, 2008; Ozunu et al., 2011).

Teza de doctorat abordează într-o manieră integrată riscurile NaTech generate de instabilitatea terenului într-un domeniu important al sectorului energetic, considerat de o importanță strategică, respectiv pe infrastructura de transport gaze naturale prin conducte magistrale.

Conductele de transport sunt considerate ca fiind una dintre cele mai practice, economice și eficiente metode de transport a substanțelor periculoase și inflamabile, cum sunt gazele naturale (Brito & Almeida, 2009). Fisurarea și/sau secționarea acestora ca urmare a impactului alunecărilor de teren conduce la eliberarea de gaze naturale care pot provoca incendii și explozii punând astfel în pericol siguranța umana, bunurile și mediul înconjurător.

În ceea ce privește riscul natural declanșator al accidentului NaTech studiat în cadrul tezei de doctorat, acesta este reprezentat de alunecările de teren. Este important de menționat faptul că alunecările de teren sunt răspândite în întreaga lume și prezintă un impact negativ semnificativ, cauzând pagube materiale enorme și sute de mii de pierderi de vieți omenești și răniți, anual (Yesilnacar & Topal, 2005). Cu toate acestea, spre deosebire de alte dezastru naturale, alunecările de teren pot fi prognozate, declanșarea lor fiind precedată de o creștere a stării de eforturi în masa de pământ potențial alunecătoare, evoluția stării de eforturi putând fi evaluată și ținută sub observație (Goțiu & Surdeanu, 2007).

Alegerea temei se datorează gradului de noutate și actualitate pe care îl reprezintă necesitatea unei abordări și gestionări adecvate a riscurilor NaTech. Aceste riscuri sunt în general studiate separat, dar rezultatul unei posibile materializări a lor se poate constitui într-un dezastru a cărui efecte cumulează impactul provocat de hazardul natural și cel tehnologic. Mai mult decât atât, urgența implementării unor reglementări legislative specifice privind riscurile NaTech de o mai mare acuratețe și eficacitate derivă și din creșterea frecvenței și gravității dezastru naturale din ultimii ani datorată schimbărilor climatice, degradării mediului și a creșterii demografice.

Scopul și obiectivele tezei

Scopul tezei de doctorat a fost elaborarea și aplicarea unei metodologii care să permită analiza riscului de tip NaTech în domeniul sectorului industrial aferent transportului gazelor naturale prin conducte magistrale subterane, pe fondul manifestării alunecărilor de teren.

Prin atingerea scopului prezentei teze de doctorat se dorește evidențierea faptului că analiza riscurilor NaTech poate constitui unul din factorii premergători, importanți și foarte utili în procesul proiectării/realizării obiectivelor economice noi sau chiar pe perioada exploatarea obiectivelor economice deja existente, cu precădere a obiectivelor componente ale sistemului energetic național sau a celor relevante pentru infrastructura critică națională/europeană. Astfel se consideră că această abordare permite următoarele condiționalități:

- Un grad sporit de securitate și siguranță în exploatare la „obiectivele de infrastructură teritorială importante pentru sistemul național de apărare” (în conformitate cu Legea nr. 477/2003 „privind pregătirea economiei naționale și a teritoriului pentru apărare”);
- Eliminarea unor riscuri tehnologice, de securitate și financiare, generate de manifestarea unor astfel de tipologii de accidente;
- Asigurarea premizelor alinierii la conceptul de dezvoltare durabilă.

În vederea atingerii scopului prezentei teze de doctorat, au fost stabilite următoarele obiective:

- Prezentarea unui studiu de literatură cu privire la impactul alunecărilor de teren asupra conductelor subterane și a metodologiilor de evaluare existente;
- Stabilirea zonei de studiu și identificarea conductelor magistrale subterane de transport gaze naturale care au fost afectate de alunecări de teren;
- Analiza contextului și a situației actuale;
- Elaborarea hărților de hazard și risc la alunecări de teren pentru zonele de studiu;
- Identificarea posibilelor accidente tehnologice și calculul indicilor de risc;
- Identificarea și elaborarea scenariilor de accident NaTech;
- Analiza rezultatelor obținute și elaborarea concluziilor.

Structura tezei

În vederea atingerii scopului și a obiectivelor tezei de doctorat, aceasta a fost structurată pe șapte capitole, după cum urmează:

Capitolul 1 cuprinde o prezentare generală a noțiunilor teoretice cu privire la hazard, risc și vulnerabilitate, punându-se accentul pe informațiile necesare și importante în vederea elaborării tezei de doctorat, cum ar fi: definirea termenilor, clasificarea hazardelor, etc. În egală măsură, acest capitol cuprinde noțiuni teoretice cu privire la alunecările de teren, acestea fiind o parte importantă în cadrul studiului de față.

Capitolul 2 abordează mai în detaliu riscurile naturale și tehnologice, punându-se accent pe evoluția acestora în decursul anilor cu scopul de a motiva importanța analizelor de risc de tip NaTech. În acest sens, acest capitol cuprinde și un studiu de literatură mai aprofundat cu privire la riscurile NaTech (caracteristici, evenimente deja manifestate, metodologii dezvoltate, etc.).

Capitolul 3 prezintă aspecte teoretice cu privire la gazele naturale și fluxul acestora de la extracție până la livrarea către consumatori.

Capitolul 4 cuprinde un studiu vast de literatură cu privire la riscul NaTech asociat conductelor magistrale subterane de transport gaze naturale pe fondul fenomenelor de instabilitate ale trenului. Acest capitol prezintă atât impactul potențial al diferitelor tipuri de alunecări de teren asupra conductelor subterane cât și situația la nivel național și internațional cu privire la evaluarea acestui tip de risc. După prezentarea metodologiilor existente în acest domeniu, ultimul subcapitol prezintă principalele etape ale metodologiei dezvoltate și utilizate în cadrul tezei de doctorat, acestea urmând a fi detaliate în cadrul studiilor de caz.

Capitolul 5 prezintă cele patru studii de caz din cele trei locații analizate în cadrul tezei de doctorat, atât din punct de vedere al studiului de literatură (analiza cadrului natural – relief, geologie, seismicitate, climă, etc.) cât și din punctul de vedere al analizei în teren a situației anterioare și actuale.

Capitolul 6 cuprinde analiza propriu-zisă a riscului NaTech pentru toate cele patru studii de caz. În cadrul acestui capitol s-a detaliat metodologia utilizată în vederea analizei riscului NaTech. De asemenea au fost prezentate și analizate rezultatele obținute.

Ultimul capitol, capitolul 7, prezintă concluziile finale ale tezei de doctorat, contribuțiile personale și perspectivele de viitor.

Se consideră că această tipologie de analiză propusă în prezenta lucrare este oportună a fi efectuată pentru zonele predispușe riscului la alunecări de teren în care se află

amplasamente industriale importante sau cu riscuri semnificative în exploatare. Scopul acestei analize este de a întreprinde măsurile de prevenire adecvate în vederea reducerii semnificative sau chiar a eliminării posibilității de manifestare a unui accident de tip NaTech.

1. Considerații teoretice

Hazardul reprezintă „un fenomen periculos, substanță, activitate umană sau condiție care poate provoca pierderi de vieți omenești, rănirea sau alte impacturi de sănătate, pierdere de proprietate, pierderi de mijloace de trai și servicii, sociale și de perturbare economică, sau daune aduse mediului” (ISDR, 2009).

Un alt termen care este în strânsă legătură cu termenul de hazard este *riscul* (Smith & Petley, 2009; Kovacs et al., 2017). Acesta din urmă reprezintă un pericol potențial la care este expusă populația și mediul înconjurător la acțiunea unui hazard sau al unui grup de hazarde, care poate avea consecințe grave într-un anumit interval de timp și într-un anumit loc (Siwar & Islam, 2012).

$$R = F \times C$$

R (Risc); F (Frecvență); C (Consecințe)

O altă formulă a riscului propune includerea vulnerabilității în cadrul formulei de calcul, și anume:

$$R = F \times C \times V$$

R (Risc); F (Frecvență); C (Consecințe); V (Vulnerabilitate)

Vulnerabilitatea reprezintă probabilitatea ca mediul/populația/bunurile oamenilor să fie afectate în urma unui dezastru (Ozunu & Anghel, 2007, Kollarits et al., 2010, Török et al., 2011). Aceasta este reprezentată de gradul de pierderi (victime umane și pagube materiale) rezultat în urma expunerii la un hazard și depinde de capacitatea unui sistem de a reacționa în cazul unei expuneri (Ozunu & Anghel, 2007).

Alunecările de teren sunt răspândite în întreaga lume și prezintă un impact negativ semnificativ, cauzând pagube materiale enorme și pierderi de vieți omenești și răniți, anual (Yesilnacar & Topal, 2005). Acestea reprezintă deplasări naturale a maselor de roci pe versant datorită unor procese gravitaționale rapide sau lente de modelare a terenului în pantă,

ca urmare a ruperii stării de echilibru dintre forța gravitațională și forța de forfecare. Acest lucru se datorează factorilor declanșatori, care pot fi de origine naturală sau antropică (Pardeshi et al., 2013, Kovacs et al., 2015a, Massey et al., 2018, Reichenbach et al., 2018).

Spre deosebire de alte riscuri naturale generatoare de dezastre (ca de exemplu cutremurele sau inundațiile), alunecările de teren pot fi prognozate, declanșarea lor fiind precedată de o creștere a stării de eforturi în masa de pământ potențial alunecătoare, evoluția stării de eforturi putând fi evaluată și ținută sub observație (Goțiu & Surdeanu, 2007).

2. Dezastre naturale, tehnologice și NaTech

Dezastrele naturale sunt fenomene geologice sau meteorologice care în general au loc brusc (sau lent – în cazul secetei) și conduc la dezechilibre majore la nivelul mediului și al populației, în unele cazuri fiind necesare eforturi extraordinare pentru a le putea face față (Young et al., 2004, Kovacs et al., 2015a). Frecvența și magnitudinea evenimentelor naturale severe cauzate de schimbările climatice, degradarea mediului și creșterea populației se află într-o continuă creștere, iar acest lucru ridică un motiv de îngrijorare referitor la posibila interferență a acestor pericole externe, cu activitățile industriale (EEA, 2010; Kovacs et al., 2018). Conform bazei de date CRED EM-DAT (2018) se înregistrează o creștere a frecvenței dezastrelor naturale începând cu anul 1948 și până în prezent.

Riscurile tehnologice derivă din activitățile umane voluntare sau involuntare care pot avea ca urmări o funcționalitate a elementelor infrastructurii cuprinsă între limitele dintre normal și periculos, până la dezastru. Acest tip de dezastre poate avea efecte negative majore asupra sănătății și siguranței umane, precum și a bunurilor materiale și a valorilor de patrimoniu (Ozunu & Anghel, 2007). Mai mult decât atât, dezastrul tehnologic poate avea un impact negativ major și asupra locațiilor industriale care conțin materiale cu risc, conducte de gaz și petrol și sisteme de salvare care pot crea efecte adverse grave la nivelul populației și al mediului (Galderisi et al., 2008). Conform bazei de date CRED EM-DAT (2018) s-a constatat o creștere a dezastrelor tehnologice în ultimii 40 de ani, ca urmare a diversității de tehnologii și de substanțe utilizate, precum și datorită numeroaselor posibilități de erori umane care pot avea loc în timpul proceselor de operare (Ozunu et al., 2011). De asemenea se remarcă o scădere a numărului acestora după anul 2005, scădere care se presupune că se datorează eficienței măsurilor legislative pentru diminuarea consecințelor.

Riscurile NaTech constau în probabilitatea apariției unor dezastre tehnologice cauzate de calamitățile naturale (*Natural hazard triggering TECHNOlogical disasters*) (Cruz

& Okada, 2008; Ozunu et al., 2011). Astfel, un accident NaTech poate avea loc într-un teritoriu dacă se îndeplinesc două condiții, și anume:

- Aria în cauză prezintă posibilitatea de producere a unor dezastre naturale;
- Pe teritoriul în cauză se află substanțe periculoase în cantități destul de mari pentru a provoca daune în rândul populației existente (Cruz & Okada, 2008).

Luând în considerare istoricul accidentelor de tip NaTech, impactul major provocat de acestea precum și creșterea frecvenței manifestării lor, preocupările oamenilor de știință au început să se îndrepte tot mai mult asupra încercării de a previziona și de a analiza acest tip de dezastre. Astfel, mulți autori au dezvoltat diferite metodologii de evaluare a riscurilor NaTech.

Cu toate acestea, în prezent, nu este disponibilă o metodologie consolidată pentru evaluarea și cartografierea riscurilor NaTech. Studii recente au aratat că nu prea există hărți de risc NaTech pentru UE, iar acolo unde sunt disponibile, hărțile de risc NaTech sunt practic suprapuneri simple ale hazardelor naturale și a celor tehnologice fără a fi luate în considerare caracteristicile specifice ale site-ului sau interacțiunea dintre hazarde (Krausmann & Baranzini, 2012). Mai mult decât atât, atât la nivel european cât și la nivel național, nu a fost emisă o legislație cu privire la evaluarea riscurilor NaTech și atenuarea acestora. Există numeroase reglementări legale care descriu detaliat aceste două tipuri de hazarde, însă în mod separat (Galderisi et al., 2008).

3. Gazele naturale și fluxul acestora de la aextracție la livrarea către consumatori

Zăcămintele de gaze naturale se găsesc în roci poroase și permeabile (nisipuri, marne nisipoase), iar extragerea acestora din zăcământ are loc prin intermediul forajelor.

Transportul gazelor naturale din zona de producție în zona de consum necesită un sistem de transport destul de elaborat, care constă într-un complex de conducte menite să transporte gazul de la locul de extracție într-o zonă în care cererea de gaz natural este mare.

În ceea ce privește înmagazinarea subterană a gazelor naturale, aceasta este deosebit de importantă deoarece asigură furnizarea gazelor naturale în perioadele în care cererea de consum este foarte mare. Mai mult decât atât, aceasta asigură furnizarea de gaze naturale și în cazul întreruperii producției curente (Chisăliță, 2001; Ignat, 2016).

4. Riscul NaTech asociat conductelor magistrale de transport gaze naturale pe fondul instabilității terenului

Dacă în arealul în care sunt amplasate conducte magistrale de transport gaze naturale sunt prezente fenomene de instabilitate ale terenului, acestea pot provoca rupturi sau secționări la nivelul conductelor de transport. Eliberarea de gaze naturale ca urmare a unor secționări la nivelul conductelor de transport gaze naturale pot provoca incendii și explozii, care la rândul lor pot conduce la decese, pierderi economice majore și daune la nivelul mediului.

Accidentele NaTech referitoare la conductele subterane în zone predispușe la alunecări de teren au fost destul de frecvente în ultimii (Zheng et al., 2012). Luând în considerare accidentele deja manifestate la conductele de transport gaze naturale pe fondul prezenței alunecărilor de teren și a consecințelor acestora, autoritățile au început să devină din ce în ce mai conștiente de importanța evaluării riscului NaTech în acest domeniu (Han & Weng, 2011).

5. Studiu de caz: Evenimente de tip NaTech la conducte magistrale subterane de transport gaze naturale afectate de alunecări de teren

Pe baza hărții de susceptibilitate la alunecări de teren și a culoarelor de transport gaze naturale la nivelul României, s-au ales ca și studiu de caz conductele magistrale de transport gaze naturale afectate de alunecări de teren din partea de nord-vest a României.

În cadrul acestui capitol au fost prezentate studiile de caz, contextul, situația anterioară și actuală.

6. Analiza riscului NaTech la conducte magistrale de transport gaze naturale afectate de alunecări de teren

În vederea prezentării și aplicării unei metodologii de analiză de risc de tip NaTech în domeniul analizat s-au avut în vedere patru studii de caz din trei zone geografice diferite, prezentate în capitolul anterior. De menționat este că această metodologie poate fi aplicată și pentru traseele actuale ale conductelor magistrale de transport gaze naturale încă din faza de proiectare dar și pentru determinarea riscurilor în cazul amplasamentelor existente.

Prima etapă în vederea realizării analizei de risc NaTech a constat în elaborarea hărților de hazard și de risc la alunecări de teren pentru cele trei zone studiate. Ulterior, pentru calculul riscului NaTech, pe lângă hărțile de susceptibilitate la alunecări de teren a fost necesară identificarea scenariilor de accident tehnologic, estimarea probabilității de cedare și

calculul indicilor de risc pentru toate cele patru studii de caz. Astfel au fost obținute hărțile de risc NaTech pentru toate ce le patru studii de caz (Fig. 1. – Fig. 4).

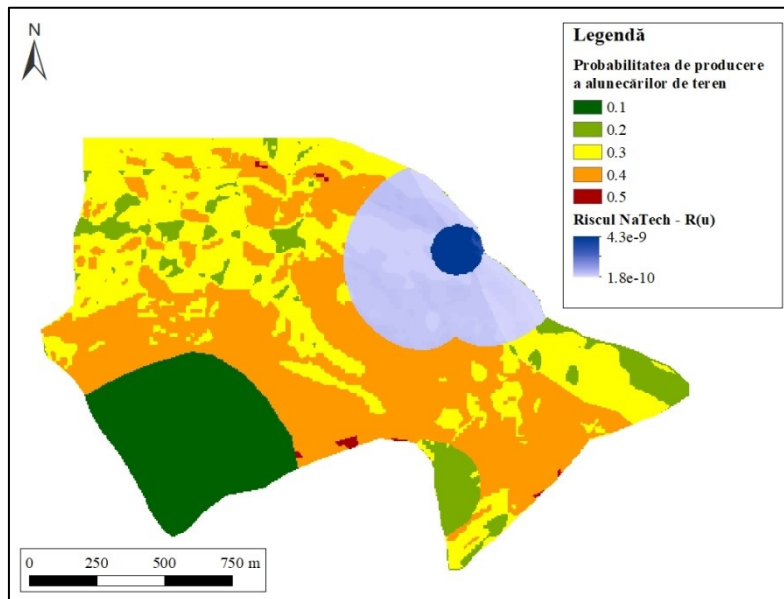


Fig. 1. Riscul NaTech. Zona Teceu Mic

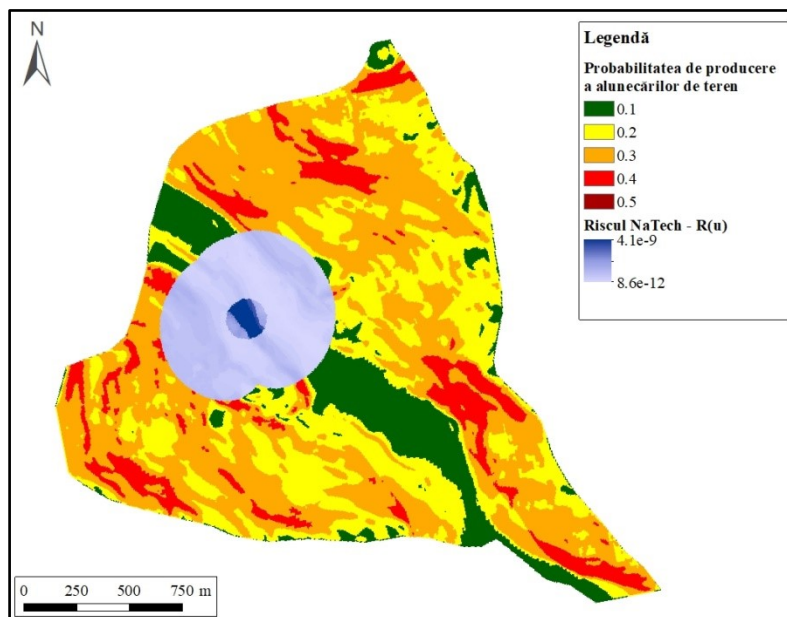


Fig. 2. Riscul NaTech. Zona Vâlcele

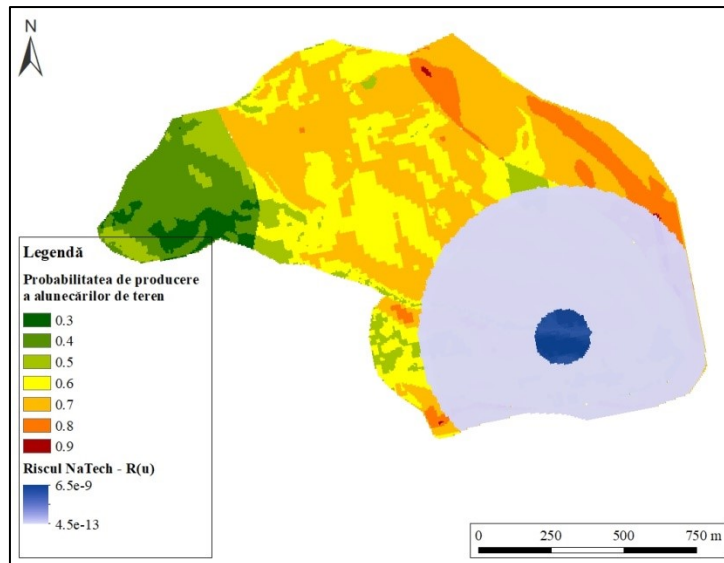


Fig. 3. Riscul NaTech. Zona Sucutard I

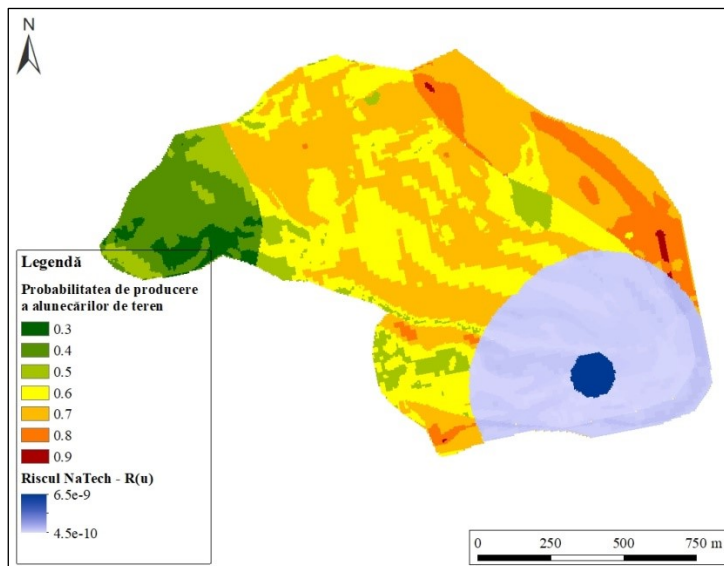


Fig. 4. Riscul NaTech. Zona Sucutard II

Ca și nivel prag pentru estimarea riscului NaTech s-a considerat valoarea prag din literatura de specialitate a riscului individual. Astfel s-a considerat că orice frecvență mai mică de $1 \cdot 10^{-6}$ corespunde unui nivel de risc acceptabil, în timp ce valorile mai mari $1 \cdot 10^{-5}$ sunt considerate a fi inacceptabile (Cornwell & Meyer, 1997, Trbojevic, 2005, Duijm, 2009). Cu toate că riscul NaTech ar putea fi considerat acceptabil, aceste evenimente au avut loc și a existat posibilitatea ca populația să fie afectată dacă cel puțin o persoană s-ar fi aflat în acel moment la locul accidentului și dacă nu s-ar fi intervenit la timp asupra conductelor magistrale subterane de transport gaze naturale prin oprirea fluxului de gaze care emanau în

atmosfera datorită secționării conductelor. Dacă acest tip de analiză ar fi fost făcută înaintea amplasării conductelor magistrale de transport gaze naturale în zonele respective sau ulterior primei constatări a alunecărilor de teren, acest accident ar fi putut fi evitat, implicit pagubele materiale directe și indirecte suportate de către operatorul economic ar fi fost reduse. Derivă astfel importanța realizării unor astfel de studii atât din punctul de vedere al siguranței umane și al mediului cât și din punct de vedere economic, cu atât mai mult cu cât există zone rezidențiale în vecinătatea amplasamentelor industriale.

Din punctul de vedere al ratei anuale a pagubelor materiale directe datorate alunecării de teren, cele mai mari valori se înregistrează în zonele rezidențiale. Cu toate acestea, în cazul unui accident NaTech daunele materiale totale suportate de către operatorul economic de transport gaze naturale în astfel de cazuri sunt mult mai mari decât cele estimate în cadrul riscului natural, acesta fiind nevoit să suporte atât pagubele materiale directe (înlocuirea porțiunii de conductă secționată), cât și cele indirecte (plata terenului pe timpul executării lucrărilor de remediere a conductei, plata despăgubirii terților ca urmare a opririi furnizării de gaze naturale, plata utilajelor necesare și a manoperei, afectarea imaginii și a renumelui companiei, etc.)

Astfel, derivă importanța unei analize integrate de risc de tip NaTech în zone predispuse la alunecări de teren unde sunt amplasate obiective industriale, care să ia în considerare atât hazardul natural și impactul provocat de acestea, riscul tehnologic și consecințele acestuia, precum și impactul cumulat al acestor două tipuri de dezastre. Realizarea unor astfel de studii este deosebit de importantă atât din punctul de vedere al siguranței umane și al mediului cât și din punct de vedere economic, cu atât mai mult cu cât există zone rezidențiale în vecinătatea amplasamentelor industriale.

7. Concluzii, contribuții personale și perspective

În lucrarea de față au fost luate în considerare patru studii de caz aflate în trei zone geografice diferite, zone unde au fost afectate conducte magistrale subterane de transport gaze naturale ca urmare a impactului alunecărilor de teren. Astfel, metodologia elaborată și implementată în cadrul tezei de doctorat a constat atât într-o analiză în teren a situației existente cât și în efectuarea unor analize utilizând soft-uri dedicate în vederea analizei atât a alunecărilor de teren, cât și a riscului tehnologic și a riscului NaTech. Astfel, această lucrare propune o abordare originală de analiză a riscului de tip NaTech în sectorul industrial de transport gaze naturale.

Contribuțiile personale realizate prin intermediul acestei lucrări sunt:

- Studiul de literatură cu privire la impactul alunecărilor de teren asupra conductelor magistrale de transport gaze naturale;
- Studiul de literatură și crearea unei baze de date cu studiile realizate și metodologiile existente până la momentul actual cu privire la riscul NaTech la conductele magistrale de transport gaze naturale pe fondul prezenței alunecărilor de teren;
- Efectuarea unor studii de caz într-un domeniu important al sectorului energetic, considerat de o importanță strategică, respectiv pe infrastructură de transport gaze naturale prin conducte magistrale;
- Prezentarea și aplicarea unei metodologii complexe de analiză a riscului NaTech în domeniul transportului gazelor naturale pe fondul prezenței alunecărilor de teren, atât din punctul de vedere al respectării unor cerințe legale privind sănătatea populației, protecția mediului, daunele materiale cât și din punctul de vedere al asigurării premizelor de siguranță energetică națională;
- Prezentarea unei metodologii care poate fi aplicată în egală măsură atât obiectivelor economice importante sau cu risc semnificativ în exploatare cât și obiectivelor economice care se află în faza de proiect;
- Interpretarea rezultatelor obținute ca urmare a analizei riscului NaTech pentru toate cele patru studii de caz.

Este important de menționat faptul că metodologia dezvoltată în cadrul tezei de doctorat poate fi utilă atât operatorilor economici cât și autorităților în vederea elaborării unor studii sau rapoarte de analiză de risc de tip NaTech, cu scopul de a elimina sau de a diminua la un nivel acceptabil consecințele unui posibil astfel de accident.

Bibliografie selectivă

1. Brito, A., J., Almeida, A., T., 2009, Multi-attribute risk assessment for risk ranking of natural gas pipelines, *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 94, pp. 187-198.
2. Chisăliță, D., 2001, Inmagazinarea gazelor naturale, *Jurnalul de Petrol și Gaze*, nr.10/Octombrie 2001, pp. 24 – 26.
3. Cornwell, J., B., Meyer, M., M., 1997, Risk acceptance criteria or „how safe is safe enough?”, disponibil la <https://www.questconsult.com/pdf/paper48.pdf>, accesat la data de 27 iulie 2018.
4. CRED EM-DAT – The OFDA/CRED – International Disaster Database www.emdat.be Université catholique de Louvain Brussels – Belgium, 2018.
5. Cruz, A., Okada, N., 2008, Methodology for preliminary assessment of NaTech risk in urban areas, *Natural Hazards*, vol. 46(2), pp. 199-220.
6. Duijm, N., J., 2009, Acceptance criteria in Denmark and the EU, Environmental Project no. 1269, Danish Ministry of the Environment, disponibil la <https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2009/978-87-7052-920-4/pdf/978-87-7052-921-1.pdf>, accesat la data de 27 iulie 2018.
7. EEA, Technical report, 2010, Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe, An overview of the last decades, no. 13/2010, pp. 19-81.
8. Galderisi, A., Ceudech, A., Pistucci, M., 2008, A method for na-tech risk assessment as supporting tool for land use planning mitigation strategies, *Natural Hazards*, vol. 46, pp. 221-241.
9. Goțiu, D., Surdeanu, V., 2007, Noțiuni fundamentale în studiul hazardelor naturale, Ed. Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca, pp. 17-124.
10. Han, Z. Y., Weng, W. G., 2011, Comparison study on qualitative and quantitative risk assessment methods for urban natural gas pipeline network, *Journal of Hazardous Materials*, vol. 189, pp. 509-518.
11. Ignat, I., 2016, Înmagazinarea gazelor naturale, Conferința Internațională „Energy of Moldova – 2016. Regional Aspects of development”, Chișinău, pp. 590 – 595, disponibil la www.ie.asm.md/assets/files/16A-96.pdf, accesat la data de 5 iulie 2018.
12. ISDR (International Strategy for Disaster Reduction - Strategia Internațională pentru Reducerea Dezastrelor), 2009, disponibil la <https://www.unisdr.org/we/inform/terminology>, accesat la 7 februarie 2018.
13. Kollarits, S., Leber, D., Corsini, A., Papez, J., Preseren, T., Schnetzer I., Schwingshandl A., Kreutzer S., Plunger K., Stefani M., 2010, Monitor II – new methods for linking

- hazard mapping and contingency planning, disponibil la http://www.monitor2.org/downloads/MONITORII_WP4_Final%20CSA%20Brochure.pdf, accesat la data de 14 iunie 2017.
14. **Kovacs, A.**, Bican-Brișan N., Maloș, C., Török, Z., Botezan, C., Ozunu, A., 2018, NaTech risk assessment at a gas exploitation well in Romania, *Journal of Environmental Protection and Ecology*, vol. 19(2), pp. 656-666.
 15. **Kovacs, A.**, Ștefănie, H., Botezan, C., Crăciun, I., Ozunu, A., 2017, Assessment of natural hazards in european countries with impact on young people, 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM), *Conference Proceedings*, vol. 17(52), pp. 73-81.
 16. **Kovacs, A.**, Bican-Brișan, N., Maloș, C., Ozunu, A., 2015a, Integrated approach of the risk and environmental impact. Case study – prerequisites of a NaTech event at a natural gas compressor station, *Studia Universitatis Babeș-Bolyai, AMBIENTUM*, vol. 6(1/2), pp. 71-77.
 17. Krausmann, E., Baranzini, D., 2012, Natech risk reduction in the European Union, *Journal of Risk Research*, vol. 15(8), pp. 1027-1047.
 18. Legea 447/2003, „privind pregătirea economiei naționale și a teritoriului pentru apărare”, publicată în Monitorul Oficial al României nr. 824/20 noiembrie 2001
 19. Massey, C., Hancox, G., Page, M., 2018, TXT-tool 1.064-1.1 Field Guide for the Identification and Assessment of Landslide and Erosion Features and Related Hazards Affecting Pipelines. In: Sassa K. et al. (eds) *Landslide Dynamics: ISDR-ICL Landslide Interactive Teaching Tools*. Springer, Cham, pp. 209-232.
 20. Ozunu, A., Senzaconi, F., Botezan, C., Stefanescu, L., Nour E., Balcu C., 2011, Investigations on natural hazards which trigger technological disasters in Romania, *Nat. Hazards Earth Syst Sci.*, vol. 11, pp. 1319-1325.
 21. Ozunu, A., Anghel, C. I., 2007, Evaluarea riscului tehnologic și securitatea mediului, Editura Accent, Cluj-Napoca., pp. 30-50.
 22. Pardeshi, S., D., Autade, S., Pardeshi., S., S., 2013, Landslide hazard assessment: recent trends and techniques, *SpringerPlus*, vol. 523(2), pp. 1-11.
 23. Reichenbach, P., Rossi, M., Malamud, B., Mihir, M., Guzzetti, F., 2018, A review of statistically-based landslide susceptibility models, *Earth-Science Reviews*, vol. 180, pp. 60-91.
 24. Siwar, C., Islam, R., 2012, Characterization of Hazards, Vulnerability and Risk of Disaster Management, *Advances in Environmental Biology*, 6(3), pp. 955-966.

25. Smith, K, Petley, D.N., 2009, Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster, Fifth Edition, Taylor & Francis e-Library.
26. Török, Z., Ajtai, N., Ozunu, A., 2011, Aplicații de calcul pentru evaluarea riscului producerii accidentelor industrial majore ce impolică substanțe periculoase, Ed. Fundației pentru Studii Europene, Cluj-Napoca, pp. 1-71.
27. Trbojevic, V., M., 2005, Risk criteria in EU, disponibil la <http://www.risk-support.co.uk/B26P2-Trbojevic-final.pdf>, accesat la data de 27 iulie 2018
- Tryggvason, A., Melchiorre, C., Johansson, K., 2015, A fast and efficient algorithm to map prerequisites of landslides in sensitive clays based on detailed soil and topographical information, Computers and Geosciences, vol. 75, pp. 88-95.
28. Yesilnacar, E., Topal, T., 2005, Landslide susceptibility mapping: A comparison of logistic regression and neural networks methods in a medium scale study, Hendek region (Turkey), Engineering Geology, vol 79, pp. 251-266.
29. Young, S., Balluz, L., Malilay, J., 2004, Natural and technologic hazardous material releases during and after natural disasters: a review, Science of the Total Environment, 332, pp. 3-20.
30. Zheng, J., Y., Zhang, B. J., Liu, P., F., Wu, L., L., 2012, Failure analysis and safety evaluation of buried pipeline due to deflection of landslide process, Engineering Failure Analysis, vol. 25, pp. 156-168.