

■ Dan LUNGU ■ Cristian NEAGU<sup>1</sup>

## Un nou concept pentru managementul riscului seismic

### RESPONSABILITATEA JURIDICĂ A DECIZIILOR TEHNICE PRESEISM

■ **Rezumat:** După un dezastru seismic, scenariile privind asumarea responsabilităților individuale nu sunt previzibile și lipsesc din analizele predezastru. Tragedia seismică din Italia, în localitatea L'Aquila, la 6 aprilie 2009, a formulat pentru prima dată vinovăția membrilor unei Comisii tehnice de specialitate, a dus la o condamnare a membrilor acesteia și a provocat o reacție negativă la scară internațională a specialiștilor. Recomandările Băncii Mondiale pentru managementul riscului seismic în România din 2004 ar trebui considerate modele de urmat, atât de autoritățile centrale ale statului, cât și de cele municipale sau locale. Ele prevăd, printre altele, îmbunătățirea cadrului legal pentru activitățile de management al dezastrelor și dezvoltarea unei strategii de finanțare pentru prevenirea unui dezastru. Cele două recomandări ar putea fi considerate în România un remediu pentru evitarea situației din Italia la un viitor mare cutremur viâncean.

■ **Cuvinte cheie:** risc seismic, nivelul de hazard, București, cutremur, protecție, consolidare seismică, managementul riscului seismic

1 Dan LUNGU: inginer, doctor, profesor universitar la Universitatea Tehnică de Construcții București, România; Cristian NEAGU: inginer, doctorand la Universitatea Tehnică de Construcții București, România.



■ **Foto 1.** Vălenii de Munte, Biserica Adormirea Măicii Domnului, 10 noiembrie 1940: a) fațada vestică, b) vedere sud-est. © INMI

■ **Photos 1.** Vălenii de Munte, "Adormirea Măicii Domnului" Church, November 10, 1940: a) western elevation, b) view towards south-east. © INMI

## A New Concept of Seismic Risk Management

### LEGAL ACCOUNTABILITY FOR PRESEISMIC TECHNICAL DECISIONS

■ **Abstract:** The scenarios of individual accountability after a seismic disaster are not foreseeable and they are missing in pre-disaster analyses. The seismic tragedy in Italy, the city of L'Aquila, on April 6, 2009, has seen the members of a Specialised Technical Committee made guilty for the first time, which has led to the conviction of these members and attracted criticism of worldwide specialists. The 2004 World Bank recommendations for seismic risk management in Romania should be taken as rules to follow by both central and local authorities. They refer, among others, to improving the legal framework for disaster management activities and to developing a financing strategy for disaster prevention. The two recommendations could be taken as prophylactic medicine in Romania in order to prevent a situation similar to the Italian one in case of a future major earthquake in Vrancea area.

■ **Keywords:** seismic risk, hazard level, Bucharest, earthquake, protection, seismic consolidation, seismic risk management

■ Natural hazard, structural vulnerability, seismic (human and material) exposure are all combined in the integrating concept of seismic risk. The scenarios of individual accountability after a seismic disaster are not foreseeable and they are missing in pre-disaster analyses.

The seismic tragedy in Italy, the city of L'Aquila, on April 6, 2009, has seen the members of a specialised technical committee made guilty for the first time in Europe (and possibly in the world), which has led to the conviction of these members, including to pay financial damages. The trial has not been completed and we hope it will not end as such.

Hereinafter we shall summarise specific features of the seismic risk in Bucharest, the capital city with the highest seismic risk in Europe, as diagnosed by the World Bank within the project for seismic risk mitigation

1 Dan LUNGU: engineer, PhD, university professor at the Technical University of Civil Engineering Bucharest, Romania; Cristian NEAGU: engineer, PhD student at the Technical University of Civil Engineering Bucharest, Romania.

in Romania, completed in 2012. Figures 1 and 2 present compared examples of seismic hazard and risk exposure (of the population) in Bucharest, on the basis of the summaries drafted within the United Nations RADIUS Project (1997-1999) and the European Union RISK-UE Project (2000-2003), to which the Technical University of Civil Engineering of Bucharest (UTCB) was partner.

Photograph 3 illustrates the Carlton Apartment Block, the first reinforced concrete high building (and the highest in the city in 1940) built in Bucharest city centre, which collapsed in the earthquake of November 10, 1940: magnitude Gutenberg Richter  $M_{G-R}=7.4$ , depth 135-145 km and epicentre towards Moldova, at a distance from Bucharest comparable with the depth. Photographs 1a-b and 2a-b – unpublished previously – illustrate the extremely severe damaging of two masonry historic buildings: one church in Vălenii de Munte and one representative building in Chişinău, the Republic of Moldova.

The March 4, 1977 earthquake (magnitude Gutenberg Richter  $M_{G-R}=7.2$ , moment magnitude  $M_w=7.5$ , depth 109 km, with the main shock at a distance from Bucharest of approx. 100 km) resulted in 1,578 deaths (1,424 in Bucharest) and 11,221 wounded (7,598 in Bucharest). A number of 32 high buildings collapsed in the capital city centre.

The estimated loss from this earthquake, according to the 1978 World Bank Report (Report 16.P-2240-RO) consisted of: USD 2.05 billion in total loss in Romania (1977), from which USD 1.42 billion in loss on buildings in general and USD 1.02 billion in housings. These values have to be multiplied approx. 4-6 times in order to update them to the current USD exchange rate. Photographs 4 and 5 illustrate the March 4, 1977 seismic disaster in Bucharest on Scala and Casata Apartment Blocks, which completely collapsed. Other high reinforced concrete apartment blocks built before World War II,



■ Foto 2. a-b. Chişinău, Clădirea Sovietului Suprem, 10 noiembrie 1940. © Institutul de Seismologie al Academiei URSS

■ Photos 2. a-b. Chişinău, the Building of the Supreme Soviet, November 10, 1940. © Institute of Seismology of USSR Academy

■ Hazardul natural, vulnerabilitatea structurală, expunerea seismică (umană și materială) se combină în conceptul integrator de risc seismic. După un dezastru seismic, scenariile privind asumarea responsabilităților individuale nu sunt previzibile și lipsesc din analizele predezastru.

Tragedia seismică din Italia, în localitatea L'Aquila din 6 aprilie 2009, a formulat pentru prima dată la nivel european (și probabil mondial) vinovăția membrilor unei comisii tehnice de specialitate și a dus la o condamnare a membrilor acesteia, inclusiv la daune financiare. Procesul este încă nefinalizat și sperăm că nu se va finaliza în acest mod.

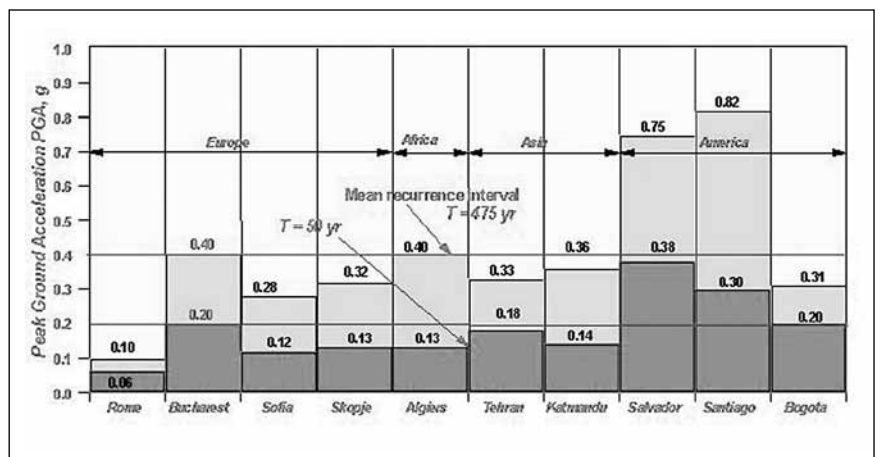
Cele ce urmează rezumă aspecte caracteristice pentru riscul seismic al Bucureștiului, capitala cu cel mai sever risc seismic din Europa, diagnosticată ca atare de Banca Mondială în cadrul proiectului de reducere a riscului seismic în țara noastră finalizat în anul 2012. Figurile 1 și 2 exemplifică comparat nivelul de hazard seismic și expunerea la risc (populația) ale Bucureștiului pe baza sintezelor realizate în proiectul Națiunilor Unite RADIUS (1997-1999) și în proiectul Uniunii Europene RISK-UE (2000-2003), la care Universitatea Tehnică de Construcții București (UTCB) a fost partener.

Fotografia 3 ilustrează Blocul Carlton, prima clădire înaltă din beton armat (și cea mai înaltă din oraș, în 1940) construită în centrul Bucureștiului, care s-a prăbușit la cutremurul din 10 noiembrie 1940: magnitudine Gutenberg Richter  $M_{G-R}=7.4$ , adâncime 135-145 km și epicentrul localizat



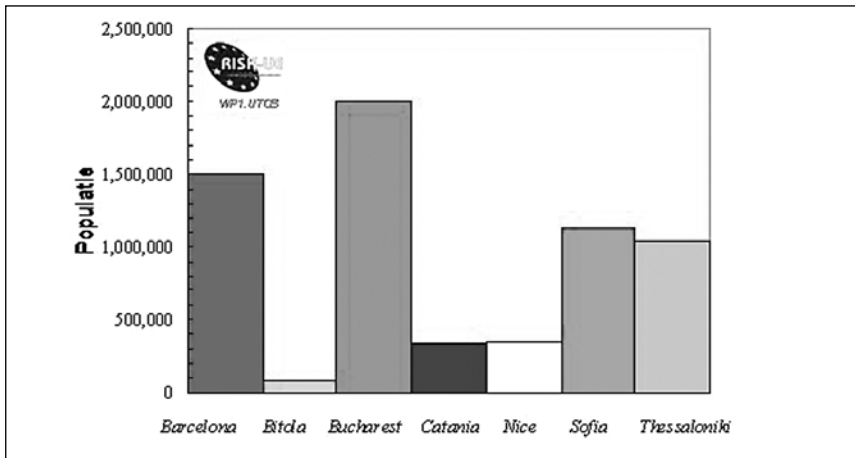
■ Foto 3. Blocul Carlton, 10 noiembrie 1940

■ Photo 3. Carlton Apartment Block, November 10, 1940



■ Fig. 1. Hazardul seismic, exemple din Proiectul RADIUS, 1999

■ Figure 1. Seismic hazard, examples from the RADIUS Project, 1999



■ **Fig. 2.** Expunerea seismică, exemple din Proiectul RISK-UE, 2003  
 ■ **Figure 2.** Seismic exposure, examples from the RISK-UE Project, 2003

spre Moldova, la o distanță față de București comparabilă cu adâncimea. Fotografii 1a-b și 2a-b ilustrează – inedit – avarierea, foarte severă, a 2 clădiri istorice din zidărie: o biserică în Vălenii de Munte și o clădire reprezentativă din Chișinău, Republica Moldova.

Cutremurul din 4 martie 1977 (magnitudine Gutenberg Richter  $M_{G-R}=7,2$ , magnitudine moment  $M_w=7,5$ , adâncime 109 km, cu o distanță față de București a șocului principal de cca. 100 km) s-a finalizat cu 1.578 victime (1.424 în București) și 11.221 răniți (7.598 în București). Un număr de 32 de clădiri înalte s-au prăbușit în centrul capitalei. Estimarea pierderilor după acest cutremur, conform Raportului Băncii Mondiale din 1978 (Report 16.P-2240-RO): pierderi totale în România (1977) de 2,05 miliarde USD, din care pierderi la construcții, în general, de 1,42 miliarde USD și pierderi la clădiri de locuințe de 1,02 miliarde USD. Valorile anterioare trebuie amplificate de cca. 4-6 ori pentru a fi actualizate la cursul de azi al USD. Fotografii 4 și 5 ilustrează dezastrul seismic din București la 4 martie 1977: Blocurile Scala și Casata – colaps total. Alte blocuri înalte din beton armat construite înainte de al II-lea Război Mondial, ca de exemplu Blocul Austrului, rămas printr-un miracol încă vertical, au fost demolate ulterior. Fotografia 6 prezintă una dintre clădirile noi, construite după anii '60 în capitală, având parterul flexibil, care s-a prăbușit prin colapsul acestuia. Fotografii 7a-c prezintă avarii majore la clădirea din zidărie portantă a Facultății de Medicină din București, fotografii făcute în timpul lucrărilor de consolidare din 1977.

Trebuie observat că magnitudinile cutremurelor din 4 martie 1977 și 10 noiembrie 1940 corespund unor intervale medii de recurență relativ frecvente, respectiv de 50-100 de ani pentru cutremurul din 1977 și 100-225 de ani pentru cel din 1940, conform tabelului 1.

■ **Tabelul 1.** Intervalul mediu de recurență al magnitudinii cutremurelor vrâncene  
 ■ **Table 1.** Mean recurrence interval of Vrancea earthquake magnitude

IMR	MRI	50	100	225	475
		ani	years		
Magnitudine	Magnitude	7,2 – 7,4	7,6	7,8	7,9 – 8,0
	$M_w$	7.2 – 7.4	7.6	7.8	7.9 – 8.0
Magnitudine	Magnitude	7,0 – 7,1	7,3	7,5	7,6 – 7,7
	$M_{G-R}$	7.0 – 7.1	7.3	7.5	7.6 – 7.7

4 martie 1977,  $M_{G-R} = 7,2$       10 noiembrie 1940,  $M_{G-R} = 7,4$   
 March 4, 1977,  $M_{G-R} = 7.2$       November 10, 1940,  $M_{G-R} = 7.4$

such as Austrului Apartment Block that miraculously remained upright, were demolished subsequently. Photograph 6 presents one of the new buildings, built after the 60s in the capital, with a flexible ground-floor, which collapsed and made the building crash. Photographs 7a-c present major damages on the load-bearing masonry building



■ **Foto 4.** Blocul Scala, 4 martie 1977  
 ■ **Photo 4.** Scala Apartment Block, March 4, 1977



■ **Foto 5.** Blocul Casata, 4 martie 1977  
 ■ **Photo 5.** Casata Apartment Block, March 4, 1977

■ **Tabelul 2.** Niveluri de performanță la proiectarea seismică

■ **Table 2.** Performance levels in seismic design

Nivel de performanță	Performance level	Intervalul mediu de recurență al acțiunii seismice IMR, ani			Starea limită asociată nivelului de performanță	Limited status associated to the performance level
		Mean recurrence interval of seismic action MRL, years				
		USA, ASCE/SEI 7-05	UE, EN 1998-1	Romania, P100-1/2013		
LD Limitarea Degradărilor		225	100	30	Stare Limită de Serviciu (SLS)	
LD Limitation of degradations	Service Limit State (SLS)					
SV Siguranța Vieții		475	475	225	Stare Limită Ultimă (ULS)	
SV Life safety						
CP Prevenirea Colapsului						
CP Collapse prevention		2475 *			Ultimate Limit State (ULS)	

of the Faculty of Medicine of Bucharest through pictures taken during the 1977 consolidation works.

It must be noted that the magnitudes of the March 4, 1977 and November 10, 1940 earthquakes correspond to relatively frequent mean recurrence intervals, namely 50 to 100 years for the 1977 earthquake and 100 to 225 years for the 1940 earthquake, according to Table 1.

We point out that the EU and USA requirements in the area of seismic design currently impose slightly higher levels for the Mean Recurrence Interval (MRI) than the experience of the maximum Vrancea earthquakes that we witnessed in the 20<sup>th</sup> century, according to Table 2.

The protection strategies, the consolidation priorities and substantial results are still missing in the most dangerous European city in seismic terms. More than 120 high reinforced concrete buildings built before 1940 in the capital city centre were listed in the I<sup>st</sup> class of seismic risk in the 90s, when the “red dot” concept was launched: 19 of them are situated on Calea Victoriei Street and on Magheru and Bălcescu Boulevards. Certain buildings, generally high, that were built in the capital in the 60s-70s are also undersized from seismic perspective.

The property fund of Romania and Bucharest are presented in Table 3, according to the 2011 Census data.

The classification of the technically assessed property fund (2,385 buildings in Bucharest) in seismic risk classes (2014) is presented in Table 4, in accordance with the data processed at Bucharest City Hall. Unfortunately, from the more than 2,500 buildings subject to seismic assessment in Bucharest after 1990, only approx. 20 were further assessed after 2000(!) The distribution of the

Se subliniază că exigențele proiectării seismice în UE și SUA impun astăzi pentru Interval Mediu de Recurență (IMR) niveluri sensibil mai ridicate decât experiența cutremurelor vrâncene maxime din secolul al XX-lea la care am fost martori, conform tabelului 2.

În București, cel mai periculos oraș al Europei din punct de vedere seismic, strategiile de protecție, prioritățile de consolidare și rezultatele substanțiale încă lipsesc. Peste 120 de clădiri înalte din beton armat construite înainte de 1940 în centrul capitalei au fost listate în clasa 1 de risc seismic în anii '90, când s-a lansat conceptul „bulinei roșii”: 19 dintre acestea sunt situate pe Calea Victoriei și Bulevardele Magheru și Bălcescu. Sunt subdimensionate seismic de asemenea și unele clădiri construite în capitală în anii '60-'70, de regulă dintre cele înalte.

Fondul imobiliar al României și din București este prezentat în tabelul 3, conform datelor Recensământului din anul 2011.

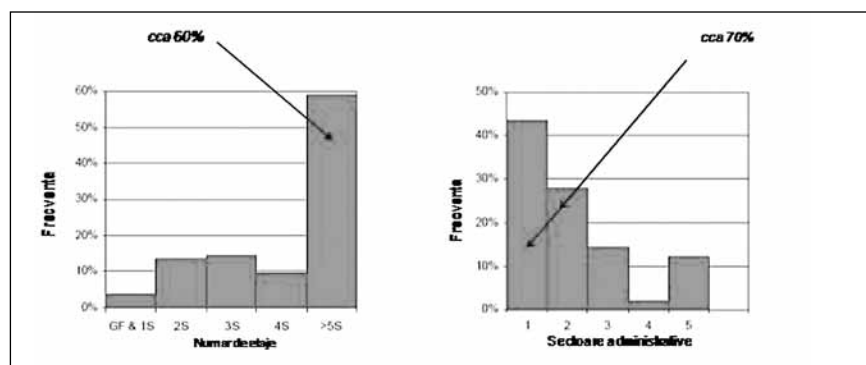
Clasificarea fondului imobiliar expertizat tehnic (2.385 de clădiri în București) în clase de risc seismic (2014) este prezentată în tabelul 4, conform datelor prelucrate la Primăria Municipiului București. Din păcate, din cele peste 2.500 de clădiri expertizate seismic în București după 1990, numai cca. 20 s-au mai expertizat după anul 2000(!). Distribuția apartamentelor din clasa 1 de risc seismic în funcție de

■ **Tabelul 3.** Fondul imobiliar național (2011)

■ **Table 3.** National Property Fund (2011)

	București	Romania
Imobile		
Properties	113.863	5.117.777
Apartamente/locuințe		
Apartments/flats	804.287	8.459.052

numărul de etaje ale clădirii și respectiv locația lor în capitală este prezentată în figura 3.



■ Fig. 3. Apartamente din clasa 1 de risc seismic în capitală  
 ■ Figure 3. The 1<sup>st</sup> class seismic risk apartments in the capital city

■ Tabelul 4. București. Fondul imobiliar expertizat tehnic (2014)  
 ■ Table 4. Bucharest. Technically assessed property fund (2014)

Clase de risc seismic	Rs 1 Pericol public	Rs 1	Rs 2	Rs 3	Rs 4	Categorie de urgență
Seismic risk classes	Rs 1 Public danger					Emergency category
Imobile	190	184	301	78	6	1.626
Properties						1,626
Apartamente	5.363	1.276	11.070	1.781	86	5.258
Apartments	5,363	1,276	11,070	1,781		5,258

Prioritățile de consolidare seismică trebuie evaluate pe baza interpretării matricei de risc seismic din tabelul 5, respectiv în funcție atât de vulnerabilitatea structurală, cât și în funcție de clasa combinată de importanță-expunere care depinde de funcțiunea și dimensiunile clădirii.

■ Tabelul 5. Matricea de risk seismic, exemplu  
 ■ Table 5. Seismic risk matrix, example

Clase de vulnerabilitate sau fragilitate seismică	Seismic vulnerability or fragility classes	Clasă combinată: importanță & valoare			
		Combined class: importance & value			
		I	II	III	IV
i		1	1	1&2	2
ii		1&2	2		3
iii		2	2&3	3	

În prezent, clasa 1 de risc seismic din codul antiseismic P100 este, de fapt, în mod eronat, clasa 1 de vulnerabilitate seismică. Una dintre urmări este că, în prezent, simbolul „clădire expertizată tehnic încadrată în clasa 1 de risc seismic” a devenit un argument care invită la demolarea unor clădiri istorice în centrul capitalei și în zone protejate, anulându-se astfel și sensul original de prioritate de consolidare seismică.

Recomandările Băncii Mondiale pentru managementul riscului seismic în România (2004) pot fi considerate impecabile și de urmat atât de autoritățile centrale ale statului, cât și de cele municipale și locale:

- îmbunătățirea cadrului legal pentru activitățile de management al dezastrelor;
- revizuirea codurilor de proiectare pentru consolidarea clădirilor vulnerabile;



■ Foto 6. Blocul Lizeanu, colaps parter, 4 martie 1977  
 ■ Photo 6. Lizeanu Apartment Block, ground-floor collapse, March 4, 1977

1<sup>st</sup> class of seismic risk apartments by number of building storeys and by their location in the capital is presented in Figure 3. (Table 4.)

The seismic consolidation priorities must be assessed based on the interpretation of the seismic risk matrix in Table 5, and on the basis of both the structural vulnerability and the importance-exposure combined class that depends on the building function and size.

The 1<sup>st</sup> class of seismic risk in P100 anti-seismic code is currently, and actually erroneously, the 1<sup>st</sup> class seismic vulnerability. One of the consequences is that the “technically assessed building falling within the 1<sup>st</sup> class of seismic risk” sign has currently become an argument for the demolition of certain historic buildings in the capital city centre and in protected areas, which thus cancels the original meaning of seismic consolidation priority.

The World Bank recommendations for the seismic risk management in Romania (2004) may be considered impeccable and should be followed by both central and local authorities:

- improvement of the legal framework for the disaster management activities;
- review of the design codes for the consolidation of vulnerable buildings;
- publicity campaigns raising public awareness of the seismic risk;
- investments in seismic risk mitigation activities;
- development of a financing strategy for disaster prevention.

The rewording of the legal framework with regard to accountability in case of a seismic disaster scenario has become urgent.

We thus express the deep concern arising in Romania, in particular in Bucharest, by combining the legal consequences of the 2009 seismic disaster in L'Aquila with the experience of the large 1977 and 1940 earthquakes.



■ **Foto 7. a-b.** Facultatea de Medicină București, 4 martie 1977

■ **Photos 7. a-b.** Faculty of Medicine of Bucharest, March 4, 1977

We are in a situation in Romania, where the assertions made in numerous interventions with written or TV media journalists, in specialised conferences for civil engineers and seismologists, concerning the seismic destiny of buildings with regard to Vrancea earthquakes, might be subsequently legally vulnerable. Moreover, certain decisions of national, regional, local or other specialised committees might also be vulnerable. We are concerned with the legal consequences of certain technical assessments that might or might not be confirmed by a future earthquake with numerous casualties.

The fact that the French Association for Earthquake Engineering (AFPS) launched, on February 7, 2014, the first legal analysis of the topic that led to the post-earthquake events in L'Aquila is an example Romania should follow.

- realizarea de campanii publicitare pentru atenționarea publicului cu privire la riscul seismic;
- investiții în activități de reducere a riscului seismic;
- dezvoltarea unei strategii de finanțare pentru prevenirea unui dezastru.

În momentul de față, reformularea juridică a cadrului legal și a responsabilităților în cazul unui scenariu de dezastru seismic a devenit o urgență.

Se exprimă astfel îngrijorarea profundă ce se naște în România, și în special în București, combinând consecințele juridice ale catastrofei seismice din L'Aquila din 2009 cu experiența cutremurelor puternice din 1977 și 1940.

În România, pentru cutremurele din sursa Vrancea, în numeroasele intervenții cu jurnaliștii presei scrise sau TV, în conferințele de specialitate ale profesiei de inginer constructor și ale seismologilor, suntem în situația de a face aprecieri privind destinul seismic al clădirilor ce se pot dovedi ulterior vulnerabile din punct de vedere juridic. De asemenea, vulnerabile pot apărea și unele rezoluții ale comisiilor de specialitate la diferite niveluri: național, regional, municipal etc. Suntem deci preocupați de consecințele juridice ale unor evaluări tehnice (expertize) confirmate și nu de un viitor cutremur cu victime numeroase.

Faptul că Asociația Franceză de Inginerie Seismică (French Association for Earthquake Engineering) a inițiat, în 7 februarie 2014, prima analiză în format juridic a subiectului ce a condus la evenimentele postcutremur din L'Aquila reprezintă un model de urmat și în România.

## Bibliografie/Bibliography

- ARION, Cristian, LUNGU, Dan, VĂCĂREANU, Radu, *Earthquake hazard and risk in Romania*, „Protection of Historical Buildings, PROHITECH 09, 2009 Taylor and Francis Group”, London, 2009, p. 1437-1442.
- LUNGU, Dan, ALDEA, Alexandru, *Understanding Urban Seismic Risk Around the World*. Proiect al Națiunilor Unite RADIUS [United Nations RADIUS Project at Geohazards Int., Ca., USA. Documents for the city of Bucharest seismic profile], București, Universitatea Tehnică de Construcții, 1999.
- LUNGU, Dan, ARION, Cristian, *Seismic Risk and/or Real Estate Risk for the Bucharest Heritage Buildings*. Prelegere susținută la 15<sup>th</sup> World Conference of earthquake engineering, Lisbon, Portugalia, 24-28 septembrie 2012, accesat ultima dată în noiembrie 2014, la URL: [http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/WCEE2012\\_1996.pdf](http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/WCEE2012_1996.pdf).
- LUNGU, Dan, „Protectia patrimoniului construit din zone protejate situate in București”, în *Monumentul XI. Lucrările celei de-a XI-a ediții a Simpozionului Național Monumentul – Tradiție și Viitor*, Vol 2, Iași, 2010, p. 533-541.
- LUNGU, Dan, *Risks for heritage buildings in Bucharest, Romania*. Prelegere susținută la *World Bank Conference: „Istanbul International Conference on seismic risk mitigation”*, Proceedings, 8-10 decembrie 2009.
- LUNGU, Dan, „Patrimoniul construit al Bucureștiului este în mare pericol”, în *Monumentul X. Lucrările celei de-a X-a ediții a Simpozionului Național Monumentul – Tradiție și Viitor*, Iași, 2009, p. 435-445.
- LUNGU, Dan, ARION, Cristian, VĂCĂREANU, Radu, *National and international efforts for seismic risk mitigation in Bucharest, Romania*. Prelegere susținută la *Proceedings of the First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, Geneva, 3-8 septembrie, 2006.
- VĂCĂREANU, Radu, LUNGU, Dan, ARION, Cristian, *Seismic fragility functions for masonry buildings in Romania*. Prelegere susținută la 15<sup>th</sup> World Conference of earthquake engineering, Lisbon, Portugal, 24-28 septembrie 2012.