

## ROMÂNIA

### Servicii de asistență tehnică rambursabile pentru Programul de dezvoltare urbană al municipiului București (P169577)

#### COMPONENTA 4: PROGRAMUL PENTRU REDUCEREA RISCULUI SEISMIC DIN BUCUREȘTI (P170101)

#### *Livrabilul #14: Recomandări pentru reforme legislative, de reglementare și instituționale pentru accelerarea acțiunilor de reziliență seismică în municipiul București*

#### **ANEXĂ TEHNICĂ:** Metodologie utilizată și rezultate obținute în analiza de risc seismic pentru municipiul București<sup>1</sup>

Septembrie, 2020

---

<sup>1</sup> Această anexă tehnică a fost pregătită de echipa de experți a Universității Tehnice de Construcții din București: Radu Văcăreanu Florin Pavel, Cristian Arion, Alexandra Scupin.



Universitatea Tehnică  
de Construcții București

Bd. Lacul Tei 122-124, Sect. 2, cod poștal 020396, București, România  
Tel.: +40-21-242.12.08, Tel./Fax: +40-21-242.07.81  
secretariat@utcb.ro, www.utcb.ro



## **A. Metodologia de analiză a riscului seismic**

### **A1. Hazardul seismic**

Hazardul seismic poate fi exprimat prin curbe de hazard seismic specifice amplasamentelor analizate, sau prin cutremure de scenariu ce pot afecta amplasamentele analizate. Pentru efectuarea analizei de risc seismic pentru municipiul București, hazardul a fost considerat prin două cutremure de scenariu produse în sursa de adâncime intermediară Vrancea.

### **A2. Expunerea seismică**

În cadrul analizei de expunere seismică sunt analizate elementele la risc, de exemplu clădirile din zona de interes, în funcție de anul de construcție, regimul de înălțime, materialul de construcție, sistemul structural, populația expusă în clădiri, bunurile adăpostite, etc. Informațiile utilizate în cadrul analizei de risc seismic pentru clădirile rezidențiale din municipiul București au provenit de la recensământul din 2012. Același set de date a fost utilizat și pentru analizele efectuate în cadrul proiectului RO-RISK. Pentru poduri au fost utilizate datele puse la dispoziție de Administrația Străzilor, iar pentru școli datele din SIIR.

Astfel, ținând cont de calitatea datelor disponibile, clădirile pentru care se efectuează analiza de risc seismic au fost clasificate în funcție de parametrii care vor influența performanța seismică a acestora. O analiză de risc seismic la nivel regional sau național nu necesită caracteristicile exacte ale tuturor clădirilor evaluate. Mai degrabă, este nevoie de o împărțire a clădirilor analizate în diferite categorii / tipologii structurale astfel încât analiza de risc seismic va evalua performanța seismică așteptată a unor clase de structuri. Atât capacitatea, cât și vulnerabilitatea/fragilitatea structurală sunt asociate unor clase (tipologii) de structuri, și nu unor clădiri individuale. Dintre parametrii prin care se diferențiază tipologiile structurale, se pot enumera:

- materialul de construcție al structurii de rezistență (beton armat, zidărie, oțel, lemn, etc.);
- tipul structurii de rezistență (structuri în cadre, structuri cu pereți, structuri duale, etc.);
- prezența sau nu a pereților de umplutură;
- tipul planșelor (planșee flexibile sau planșee rigide);
- regularitatea pe verticală;
- regimul de înălțime.

În schimb, o analiză de risc seismic de detaliu are nevoie de toate caracteristicile structurilor analizate, precum și de modele avansate de analiză. Din cauza volumului mare de analize necesar, acest tip de analiză este mai degrabă aplicabilă structurilor individuale care au o importanță-expunere ridicată, și nu unui portofoliu de elemente expuse la risc.

### **A3. Fragilitatea seismică**

Efectele defavorabile ale cutremurului asupra unui element expus la risc (clădire, construcție inginerească) se materializează prin producerea avariilor seismice. Aceste avarii sunt caracterizate global prin stări de avariere (de exemplu, ușoară, moderată, extinsă, completă) și grade de avariere (cu valori cuprinse între 0 – structură neavariată -, și 1 – cedare sau colaps). Fragilitatea seismică a unui element sau al unei structuri descrie probabilitatea de producere sau de depășire a unor stări de avariere în funcție de intensitatea mișcării seismice. Vulnerabilitatea unui element sau a unei structuri descrie avariile/pierderile așteptate a fi produse de un anumit nivel de hazard seismic și se poate determina ca raportul dintre pierderile așteptate și pierderile maxim posibile pe o scară de la 0 la 1. Pierderile maxim posibile sunt egale cu valoarea de înlocuire a elementului expus la risc (clădire, construcție inginerească).

Cea mai cunoscută metodă de evaluare a vulnerabilității construcțiilor bazată pe performanța seismică este HAZUS [1]. Această metodologie a fost dezvoltată de FEMA în scopul aplicării ei în Statele Unite, dar, ulterior, ea este utilizată de numeroase echipe de cercetători pentru evaluarea riscului seismic în diferite regiuni ale globului. Metoda are la bază patru concepte fundamentale: curba de capacitate, spectrul de cerință, punctul de performanță și curbele de fragilitate. Metodologia HAZUS [1] a fost aplicată în lumea întreagă pentru estimarea pierderilor produse de cutremure fără a fi modificată în abordare, însă componentele acesteia (spectrele de cerință, curbele de capacitate și de fragilitate) sunt calibrate pentru construcțiile analizate (în acest caz, pentru clădirile rezidențiale din municipiul București). Cea mai întâlnită metodă de definire a consecințelor seismelor este o clasificare a acestora în termeni de stări de avariere, aceasta abordare fiind utilizată și în HAZUS [1].

Astfel, HAZUS [1] considera următoarele stări de avariere:

- Fără avarii (neavariată);
- Stare de avariere minoră/ușoară;
- Stare de avariere moderată;
- Stare de avariere extinsă;
- Stare de avariere completă (nu înseamnă în mod necesar colaps structural, ci doar un procent cuprins între 5% și 15% dintre clădirile aflate în starea de avariere completă pot suferi colaps).

Pentru orice nivel al intensității mișcării seismice, folosind curbele de fragilitate se pot obține probabilitățile discrete asociate celor cinci stări de avariere mai-sus menționate. Suma acestor probabilități este 1. În Figura 1 este prezentată sugestiv conform HAZUS [1] legătura dintre curbele de fragilitate, intensitatea mișcării seismice și avarierea clădirilor. În Figura 2 este prezentat modul de estimare a probabilităților de a fi într-o anumită stare de avariere pentru o anumită valoare a intensității mișcării seismice (care în analiză se consideră a fi valoarea corespunzătoare cutremurului de scenariu ales).

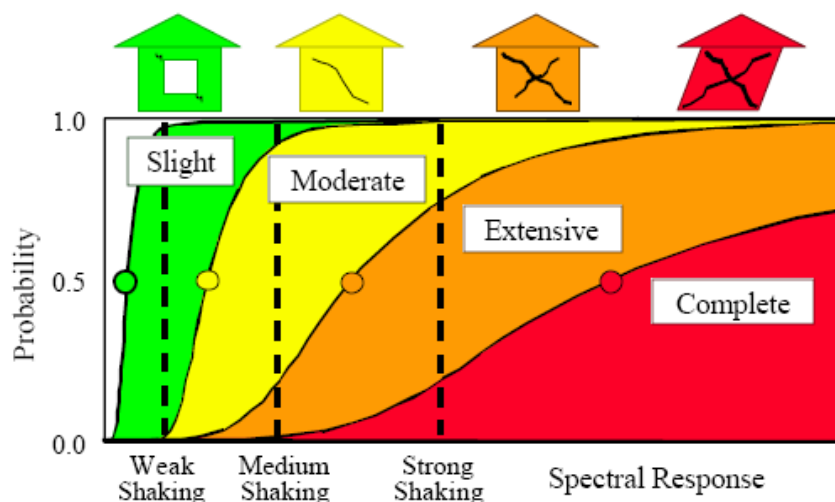


Figura 1 Curbe de fragilitate și interpretarea stărilor de avariere (HAZUS) [1]

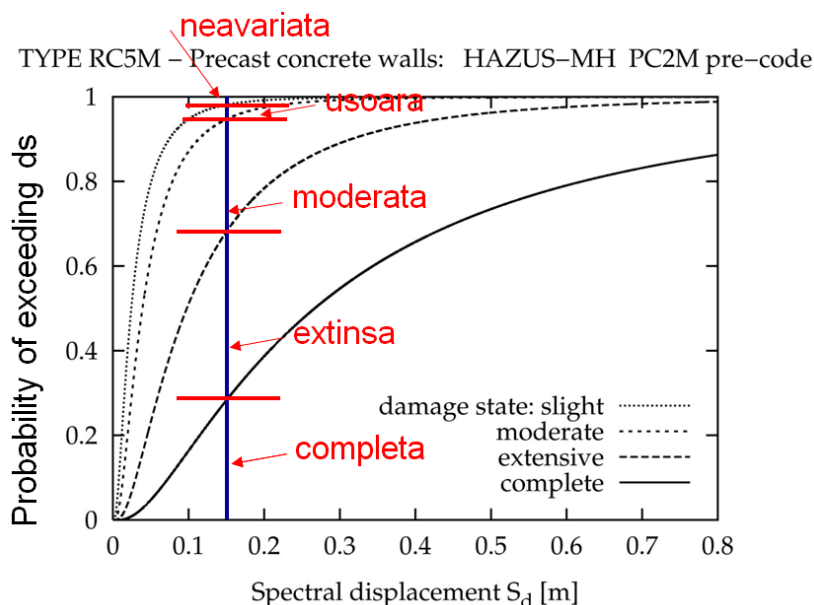


Figura 2 Curbe de fragilitate - calculul probabilităților asociate stărilor de avariere

#### A4. Risc seismic

Analiza de risc evaluează pierderile economice, sociale și de mediu care se pot produce într-o anumită zonă și într-un anumit interval de timp din cauza unui hazard natural (inundații, furtună, cutremure, etc.). Pierderile pot fi evaluate pentru o clădire individuală, pentru o anumită clasă (tipologie) de clădiri/ structuri dintr-o regiune de interes sau pentru toate clădirile situate într-un oraș/regiune/țară. Rezultatele analizei de risc seismic pot fi folosite ulterior de proprietarii clădirilor, de primării sau de instituțiile implicate în managementul situațiilor de urgență pentru crearea unor planuri de reducere a riscului seismic (prin consolidare clădirilor vulnerabile, prin pregătirea și instruirea populației, etc.) [2].

Etapele analizei de risc seismic sunt:

1. Analiza de expunere seismică pentru clădirile rezidențiale din București și determinarea tipologiilor structurale;
2. Selecția cutremurelor de scenariu;
3. Evaluarea intensității mișcării seismice cu ajutorul unei relații de atenuare;
4. Selecția funcțiilor de fragilitate pentru tipologiile structurale alese;
5. Calculul probabilităților de a fi într-o anumită stare de avariere pentru tipologiile structurale alese;
6. Evaluarea pierderilor seismice pentru zona analizată (pierderi economice, persoane afectate, persoane decedate, etc.).

În Figura 3 este prezentată metodologia aplicată pentru analiza de risc seismic a clădirilor rezidențiale, școlilor și podurilor din București.

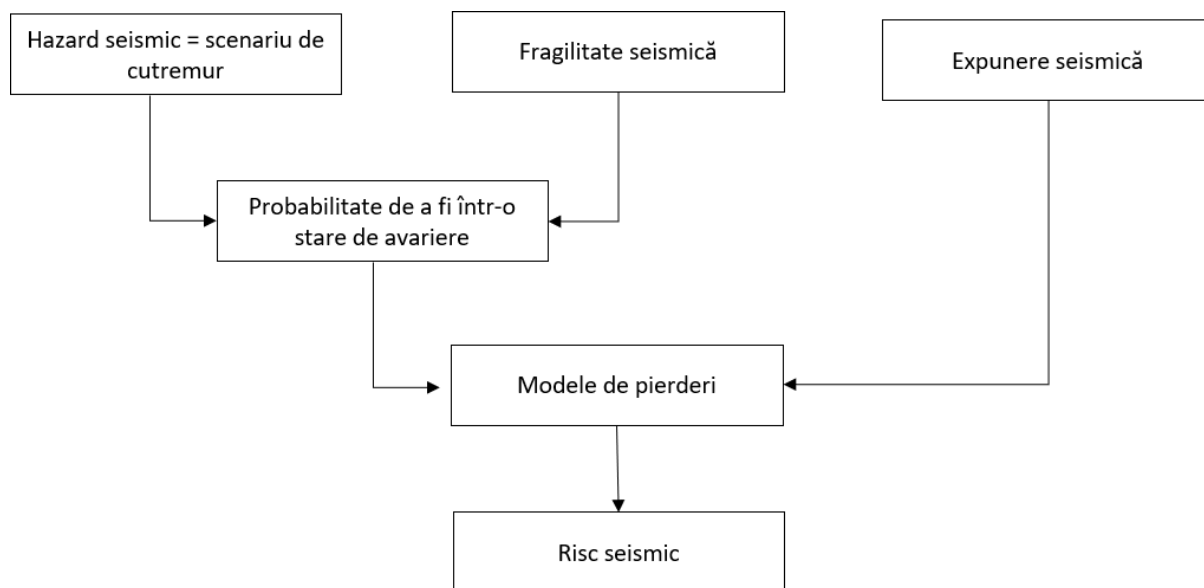


Figura 3. Metodologia aplicată pentru analiza de risc seismic pentru clădirile rezidențiale, școlile și podurile din București

## B. Date de intrare pentru analiza de risc seismic

### B1. Hazard seismic

Pentru analiza de risc seismic a clădirilor rezidențiale, școlilor și podurilor din București au fost selectate două cutremure de scenariu ce pot fi produse de sursa seismică de adâncime intermediară Vrancea cu magnitudini moment  $M_w = 7,5$  și  $M_w = 7,7$  și adâncime focală  $h = 100$  km, și care se produc la o distanță epicentrală de 100 km de București. Intervalul mediu de recurență (IMR) pentru primul eveniment este de aproximativ 70 de ani și, respectiv, 220 de ani pentru al doilea eveniment. Cutremurele au loc în zona seismică de adâncime intermediară Vrancea situată în zona Carpaților de Curbură. Magnitudinea primului cutremur de scenariu este puțin mai mare decât cea a cutremurului din Vrancea produs la 4 martie 1977 ( $M_w = 7,4$ ), în timp ce al doilea scenariu are o magnitudine egală cu cea a cutremurului din Vrancea produs la 10 noiembrie 1940 ( $M_w = 7.7$ ). Amplitudinile mișcării terenului în termeni de accelerații de vârf (PGA) sunt calculate folosind două relații de atenuare propuse de Pavel et al. [3] și Văcăreanu și et al. [4]. Valorile mediane ale accelerației de vârf pe teren (PGA) sunt 0,26 g pentru primul scenariu și 0,31 g... 0,32 g pentru al doilea scenariu. Aceste valori sunt considerate uniforme pe întreaga zonă a Bucureștiului (nu sunt luate în considerare variabilitatea spațială și nici corelația amplitudinilor mișcării terenului în dezvoltarea scenariilor de cutremur). Se mai poate remarca faptul că accelerațiile de vârf ale terenului utilizate în analiza de risc seismic pentru municipiul București sunt apropiate de accelerația de proiectare din codul P100-1/2013 [5].

Tabelul 1. Parametrii scenariilor de cutremur utilizate în analiza de risc seismic pentru clădirile rezidențiale din București

Parametrii cutremurelor de scenariu	Scenariu 1	Scenariu 2
Magnitudine moment $M_w$	7.5	7.7
Adâncime (km)	100	100
Distanță epicentrală (km)	100	100
Valoarea mediană a accelerației maxime a terenului	0.26 g	0.31 g

## B2. Expunerea seismică

Tipologiile structurale utilizate în cadrul analizei de risc seismic pentru clădirile rezidențiale din municipiul București au fost definite în proiectul RISK-UE (Lungu et al. 2002) [6]. Aceste sunt prezentate în Tabelul 2.

Tabelul 2. Tipologii structurale utilizate în cadrul analizei de risc seismic pentru clădirile rezidențiale din București

Cod tipologie structurală	Tip structură (descriere)	Regim de înălțime		
		Cod reg. înălț.	Nr. de niveluri	Înălțime, m
M	Structuri de zidărie			
M2	Chirpici	LR	1 - 2	$H \leq 6$
M3	Structuri cu pereți portanți din zidărie de cărămidă nearmată, cu:			
M3.1	- planșee de lemn	LR MR HR	1 - 2 3 - 5 6+	$H \leq 6$ $6 < H \leq 15$ $H > 15$
M3.4	- planșee de beton armat	LR MR HR	1 - 2 3 - 5 6+	$H \leq 6$ $6 < H \leq 15$ $H > 15$
M4	Structuri cu pereți portanți din zidărie de cărămidă armată sau confinată	LR MR HR	1 - 2 3 - 5 6+	$H \leq 6$ $6 < H \leq 15$ $H > 15$
RC	Structuri de beton armat			
RC1	Cadre de beton armat	LR MR HR	1 - 3 4 - 7 8+	$H \leq 9$ $9 < H \leq 21$ $H > 21$
RC2	Pereți structurali de beton armat	LR MR HR	1 - 3 4 - 7 8+	$H \leq 9$ $9 < H \leq 21$ $H > 21$
S	Structuri de oțel			
S1	Cadre de oțel	LR MR HR	1 - 3 4 - 7 8+	$H \leq 10$ $10 < H \leq 25$ $H > 25$
W	Structuri de lemn			
W1	Cadre de lemn	LR	1 - 3	$H \leq 10$

Nivelul codului seismic utilizat la proiectarea structurii este fundamental pentru aprecierea/evaluarea vulnerabilității seismice a acesteia. Practica internațională clasifică prevederile de proiectare în funcție

de nivelul de siguranță considerat, de nivelul acțiunii seismice de proiectare, de prevederile de calcul, de prevederile de conformare și de detaliere, etc. În cele mai multe studii și reglementări, nivelul codurilor de proiectare este împărțit astfel:

- NC - fără/lipsă cod de proiectare (no-code);
- LC - nivel scăzut (low-code);
- MC - nivel moderat (moderate-code);
- HC - nivel avansat (advanced/high-code).

Pentru încadrarea structurilor existente într-o categorie sau alta de nivel de cod de proiectare se utilizează anul de construcție. Pentru cazul specific al României și ținând cont de evoluția codurilor de proiectare [6] se recomandă utilizarea următoarei clasificări:

- NC - înainte de 1963;
- LC1 - între 1963 și 1969;
- LC2 - între 1970 și 1977;
- MC - între 1978 și 1990;
- M-HC - între 1991 și 2006;
- HC - după 2006.

În Figura 2 și în Figura 3 sunt prezentate distribuțiile clădirilor rezidențiale din București și a populației din acestea în funcție de regimul de înălțime al clădirilor și de nivelul codului de proiectare seismică

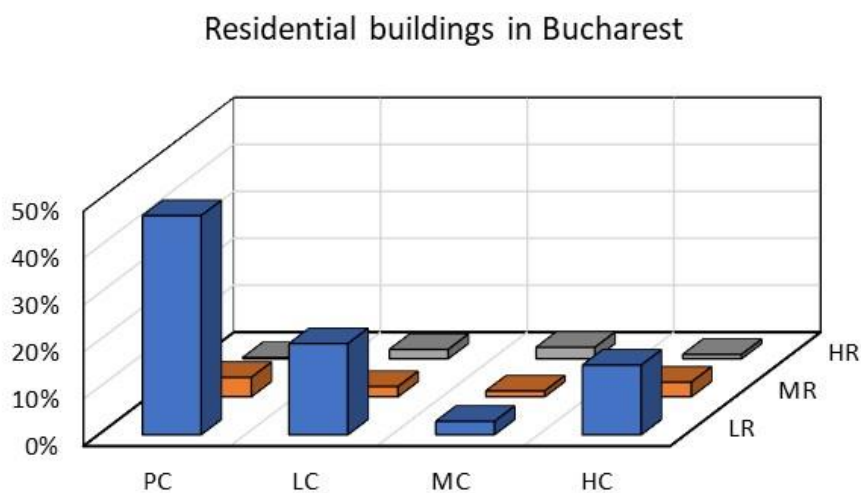


Figura 4. Distribuția clădirilor rezidențiale din București în funcție de regimul de înălțime și nivelului codului de proiectare seismică

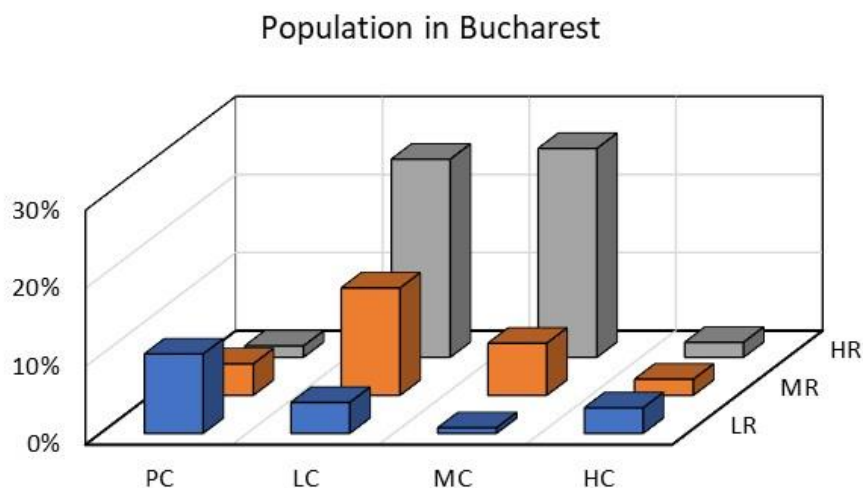


Figura 5. Distribuția populației din clădirile rezidențiale din București în funcție de regimul de înălțime și nivelul codului de proiectare seismică

În Tabelul 3 sunt prezentate tipologiile structurale folosite în analiza de risc seismic pentru școlile din București.

Tabelul 3. Tipologii structurale utilizate în cadrul analizei de risc seismic școlile din București

Index	Descriere	Înălțime	Nivel cod seismic	Număr total clădiri
RC_F_LC	Cadre de beton armat	LR	LC	104
RC_F_MC	Cadre de beton armat		MC	80
RC_W_LC	Pereți structurali de beton armat		LC	36
RC_W_MC	Pereți structurali de beton armat		MC	157
URM_FF	Structuri cu pereți portanți din zidărie de cărămidă nearmată cu planșee flexibile		LC	45
URM_RF	Structuri cu pereți portanți din zidărie de cărămidă nearmată cu planșee rigide		LC	24
CM_FF	Structuri cu pereți portanți din zidărie de cărămidă confinată cu planșee flexibile		LC	7
CM_RF	Structuri cu pereți portanți din zidărie de cărămidă confinată cu planșee rigide		LC	69

Pentru poduri, conform metodologiei HAZUS [1], au fost definite următoarele trei tipologii:

- HWB4: poduri cu o singură deschidere construite după 1977;
- HWB10: poduri cu mai multe deschideri construite înainte de 1977;
- HWB11: poduri cu mai multe deschideri construite după 1977.

Lista podurilor și pasajelor, pusă la dispoziție de Administrația Străzilor, Podurilor și pasajelor din București, este prezentată în Tabelul 4.



Tabelul 4. Lista podurilor și pasajelor din București

No.	Nume	An de construcție	Intervenții	Clasa	Nr. deschideri [N]
1	Pod Lac IOR	1973	2013	HWB11	3
2	Pod Pantelimon	1962	Nu	HWB10	3
3	Pod Colentina	1985	2008	HWB11	3
4	Pod Toboc	1979	Nu	HWB4	1
5	Pod Lacul Tei	1988	2010	HWB11	3
6	Pod Floreasca	1962	2008	HWB11	3
7	Pod Bordei	1960	2011	HWB11	3
8	Pod Băneasa	1936	2005	HWB11	3
9	Pod Vitan Bârzești	1987	Nu	HWB11	3
10	Pod Mihai Bravu	1987	2019	HWB11	3
11	Pod Timpuri Noi	1986	Nu	HWB11	3
12	Pod Mărășești	1986	Nu	HWB11	3
13	Pod Hașdeu	1993	Nu	HWB11	3
14	Pod Izvor	1986	Nu	HWB11	3
15	Pod Opereta	1986	Nu	HWB11	3
16	Pod Opera	1986	Nu	HWB11	3
17	Pod Eroilor	1986	Nu	HWB11	3
18	Pod Cotroceni	1986	Nu	HWB11	3
19	Pod Grozăvești	1987	2010	HWB4	1
20	Pod Ciurel	1987	Nu	HWB4	1
21	Pod Insula	1986	Nu	HWB4	1
22	Pod Grant	1981	2020-2021	HWB11	30
23	Pod Străulești	1970	2019	HWB11	3
24	Planșeu Piața UNIRII	1934	1965/1987	HWB10	3
25	Pasaj Mărășești	1987	2007	HWB11	2
26	Pasaj Fundeni	1979	1995	HWB11	3
27	Pasaj Jiului	1973	Nu	HWB10	2
28	Pasaj Victoriei	1987	2009	HWB11	3
29	Pasaj Unirii	1987	Nu	HWB11	2
30	Pasaj Muncii	1985	2017	HWB11	3
31	Pasaj Bucur-Obor	1979	2012	HWB11	3
32	Pasaj Lujerului	1987	2012	HWB11	2
33	Pasaj Aviației-Băneasa	1988	2015	HWB11	16
34	Pasaj Mihai Bravu-Splaiul Unirii	2015	Nu	HWB11	12

### B3. Fragilitate

O serie de funcții de fragilitate folosite pentru structurile cu pereți de beton armat și structuri duale sunt prezentate în Figura 6. Aceste funcții de fragilitate au fost obținute pe baza datelor de avarii

colectate în urma cutremurului vrâncean din 4 martie 1977. Stările de avariere considerate sunt: ușoară (slight), DS1; moderată (moderate), DS2; extinsă (extensive), DS3; completă (complete), DS4; cedare/colaps (collapse), DS5.

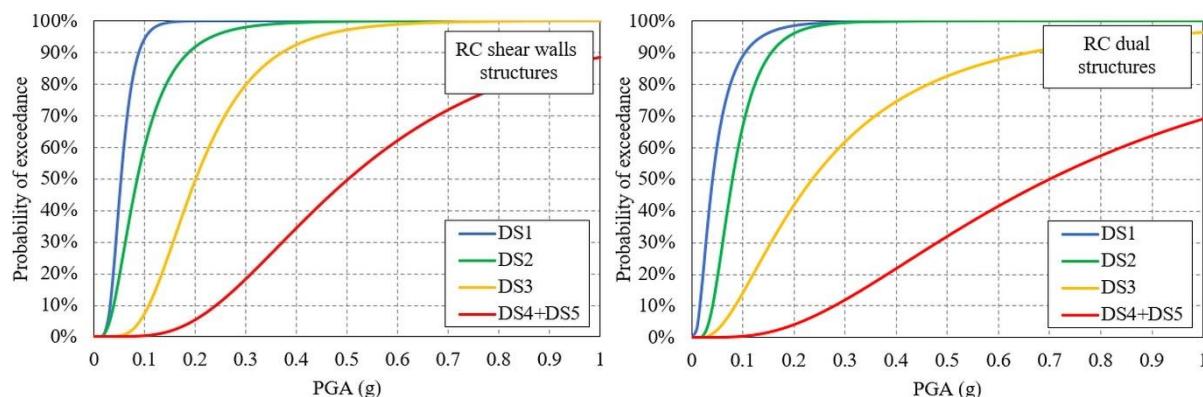


Figura 6 Funcții de fragilitate pentru structuri cu pereți de beton armat și structuri duale pe baza datelor colectate după cutremurul vrâncean din 4 martie 1977 [7]

### C. Rezultate analiză de risc

Pentru evaluarea avariilor și pierderilor seismice au fost utilizate modelele din HAZUS [1]. Pentru fiecare stare de avariere este propus un anumit nivel de pierderi. Prin înmulțirea acestora cu probabilitățile de a fi într-o anumită stare de avariere și prin însumarea acestora produse se pot obține pierderile totale asociate unui element expus la risc.

În Tabelul 5 și Tabelul 6 sunt prezentate pierderile economice directe (ce se produc din avarierea clădirilor rezidențiale din București), numărul de persoane afectate, numărul de persoane decedate, numărul de clădiri rezidențiale aflate în starea de avariere extinsă și completă, numărul de locuințe aflate în starea de avariere extinsă și completă și populația din clădiri aflate în starea de avariere extinsă și completă pe cele șase sectoare ale Bucureștiului pentru cele două cutremure de scenariu considerate în analiza de risc seismic.

Stările de avariere așteptate pentru școlile din municipiul București în cazul Scenariului 1 și Scenariului 2 sunt ilustrate în Figura 7 și Figura 8.

În Tabelul 7 și Tabelul 8 sunt prezentate gradele medii de avariere și pierderile medii relative pentru podurile și pasajele din București. Gradele de avariere au valori cuprinse între 0 (element la risc neavariat) și 1 (element la risc ce a suferit cedare/colaps). Pierderile medii relative sunt exprimate ca procent din valoarea de înlocuire a elementului expus la risc.

Tabelul 5. Pierderi economice, numărul de persoane afectate și numărul de persoane decedate pe Sectoare pentru Scenariul 1

Sector	Pierderi economice (mld. Euro)	Nr. persoane afectate	Nr. persoane decedate
1	0.67	2246	315
2	1.12	3152	548
3	1.28	3098	532
4	0.82	2232	372
5	0.63	2061	345
6	1.05	2690	457

Tabelul 6. Pierderi economice, numărul de persoane afectate și numărul de persoane decedate pe Sectoare pentru Scenariul 2

Sector	Pierderi economice (mld. Euro)	Nr. persoane afectate	Nr. persoane decedate
1	1.19	2665	427
2	1.63	4798	818
3	1.66	4839	843
4	1.11	3459	630
5	1.02	3427	574
6	1.33	4226	723

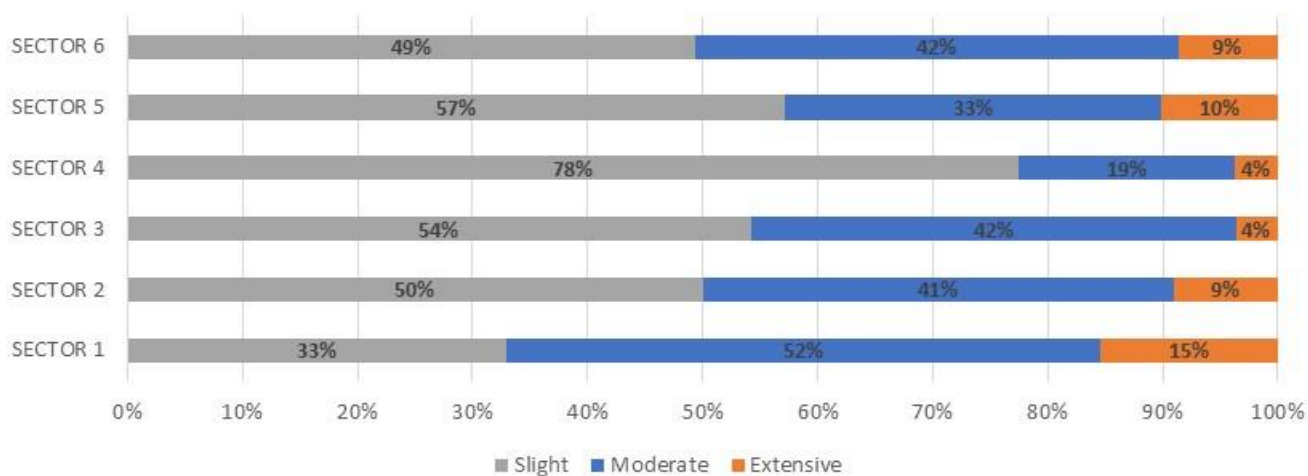


Figura 7. Stări de avariere așteptate pentru școlile din București în Scenariul 1

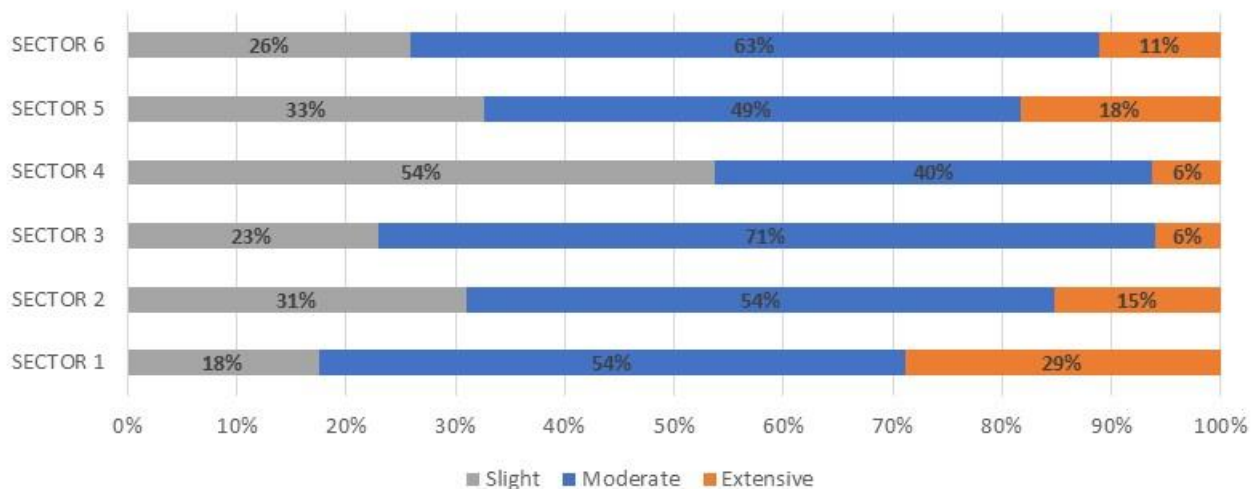


Figura 8. Stări de avariere așteptate pentru școlile din București în Scenariul 2

Tabelul 7. Grade medii de avariere și pierderi medii relative pentru poduri și pasaje în Scenariul 1

Nr.	Nume	Grad mediu de avariere	Pierdere medie relativă
1	Pod Lac IOR	0.25	7.8%

2	Pod Pantelimon	0.25	7.8%
3	Pod Colentina	0.29	7.4%
4	Pod Toboc	0.15	4.2%
5	Pod Lacul Tei	0.29	7.4%
6	Pod Floreasca	0.25	7.8%
7	Pod Bordei	0.25	7.8%
8	Pod Băneasa	0.25	7.8%
9	Pod Vitan Bârzești	0.29	7.4%
10	Pod Mihai Bravu	0.29	7.4%
11	Pod Timpuri Noi	0.29	7.4%
12	Pod Mărășești	0.29	7.4%
13	Pod Hașdeu	0.29	7.4%
14	Pod Izvor	0.29	7.4%
15	Pod Opereta	0.29	7.4%
16	Pod Opera	0.29	7.4%
17	Pod Eroilor	0.29	7.4%
18	Pod Cotroceni	0.29	7.4%
19	Pod Grozăvești	0.15	4.2%
20	Pod Ciurel	0.15	4.2%
21	Pod Insula	0.15	4.2%
22	Pod Grant	0.32	9.5%
23	Pod Străulești	0.25	7.8%
24	Planșeu Piața UNIRII	0.25	7.8%
25	Pasaj Mărășești	0.08	3.5%
26	Pasaj Fundeni	0.31	8.5%
27	Pasaj Jiului	0.24	7.0%
28	Pasaj Victoriei	0.08	3.5%
29	Pasaj Unirii	0.08	3.5%
30	Pasaj Muncii	0.08	3.5%
31	Pasaj Bucur-Obor	0.08	3.5%
32	Pasaj Lujerului	0.08	3.5%
33	Pasaj Aviației- Băneasa	0.34	10.4%
34	Pasaj Mihai Bravu- Splaiul Unirii	0.31	8.9%

Tabelul 8. Grade medii de avariere și pierderi medii relative pentru poduri și pasaje în Scenariul 2

<b>Nr.</b>	<b>Nume</b>	<b>Grad mediu de avariere</b>	<b>Pierdere medie relativă</b>
1	Pod Lac IOR	0.35	12.6%
2	Pod Pantelimon	0.35	12.6%
3	Pod Colentina	0.38	11.5%
4	Pod Toboc	0.23	7.3%
5	Pod Lacul Tei	0.38	11.5%
6	Pod Floreasca	0.35	12.6%
7	Pod Bordei	0.35	12.6%
8	Pod Băneasa	0.35	12.6%
9	Pod Vitan Bârzești	0.38	11.5%

10	Pod Mihai Bravu	0.38	11.5%
11	Pod Timpuri Noi	0.38	11.5%
12	Pod Mărășești	0.38	11.5%
13	Pod Hașdeu	0.38	11.5%
14	Pod Izvor	0.38	11.5%
15	Pod Opereta	0.38	11.5%
16	Pod Opera	0.38	11.5%
17	Pod Eroilor	0.38	11.5%
18	Pod Cotroceni	0.38	11.5%
19	Pod Grozăvești	0.23	7.3%
20	Pod Ciurel	0.23	7.3%
21	Pod Insula	0.23	7.3%
22	Pod Grant	0.42	14.5%
23	Pod Străulești	0.35	12.6%
24	Planșeu Piața UNIRII	0.35	12.6%
25	Pasaj Mărășești	0.22	7.9%
26	Pasaj Fundeni	0.40	13.2%
27	Pasaj Jiului	0.33	11.4%
28	Pasaj Victoriei	0.22	7.9%
29	Pasaj Unirii	0.22	7.9%
30	Pasaj Muncii	0.22	7.9%
31	Pasaj Bucur-Obor	0.22	7.9%
32	Pasaj Lujerului	0.22	7.9%
33	Pasaj Aviației- Băneasa	0.44	15.8%
34	Pasaj Mihai Bravu- Splaiul Unirii	0.41	13.7%

## Referințe

- [1] HAZUS (2012) Multi-hazard loss estimation methodology. Earthquake model - HAZUS MH 2.1. Washington, USA, Federal Emergency Management Agency.
- [2] Pavel F, Văcăreanu R (2017) Elemente generale de hazard și risc seismic. MatrixRom, București, România.
- [3] Pavel F, Popa V, Văcăreanu R (2018) Impact of long-period ground motions on structural design: a case study for Bucharest, Romania. Springer International Publishing.
- [4] Văcăreanu R, Radulian M, Iancovici M, Pavel F, Neagu C (2015) Fore-arc and back-arc ground motion prediction model for Vrancea intermediate depth seismic source. Journal of Earthquake Engineering 19(3): 535-562.
- [5] P100-1/2013 (2013) Cod de proiectare seismică – Partea I – Prevederi de proiectare pentru clădiri. Ministerul Dezvoltării Regionale și Administrației Publice, București, România.
- [6] Lungu D, Aldea A, Arion C, Cornea T, Vacareanu R (2002) Risk-UE, WP1: European distinctive features, inventory database and typology. In: Lungu D, Wenzel F, Mouroux P, Tojo I (eds) Earthquake loss estimation and risk reduction. Contributions from the second international conference on Vrancea earthquakes, București, România, pp. 251-271.
- [7] Sandi H (1986) WG Vulnerability and risk analysis for individual structures and systems. Report to the 8th European Conference on Earthquake Engineering, Lisbon, Portugal.