



UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI
Bd. Lacul Tei 124 - Sect. 2 - RO-020396 - București - ROMÂNIA
Tel.: +40-21-231.97.51, Tel./Fax: +40-21-231.97.51, www.utcb.ro
Functionare conform HG nr. 223/2005, cod fiscal R13726642



RAPORT ȘTIINȚIFIC INTERMEDIAR

- Rezumat -

Contract PN-II-RU-TE-2014-4-0697

COBPÉE

COMMUNITY BASED PERFORMANCE EARTHQUAKE ENGINEERING

Etapă I + II

Autori:

Ș.I. dr. ing. Florin Pavel – director proiect

Asist. dr. ing. Ileana Calotescu

Drd. arh. Ana-Maria Săndulescu

Drd. ing. Horea Sibișteanu

Prof. univ. dr. ing. Radu Văcăreanu

București

noiembrie 2016

Etapa I + II

Cuprins

Activitatea 1 - Evaluarea metodelor de simulare stochastică a mișcării seismice pentru municipiul București. Evaluarea efectelor neliniare ale terenului în cazul mișcărilor seismice puternice din sursa seismică Vrancea	3
1.1. <i>Evaluarea parametrilor de input pentru simulări stochastice.....</i>	3
1.2. <i>Comparații între simulările stochastice cu surse punctuale și cele cu surse de tip falie.....</i>	6
2.1. <i>Date preliminare referitoare la structura populației din municipiul București, necesare pentru sondajul de opinie efectuat în Etapa 2.....</i>	13
Activitatea 3 - Efectuarea unui sondaj de opinie pe scară largă pe populația din municipiul București, precum și evaluarea rezultatelor acestuia.....	22
3.1 <i>Sondaj la scară largă efectuat pe populația din București.....</i>	22
Activitatea 4 - Derivarea scenariilor de cutremur din sursa Vrancea pentru municipiul București	39
4.1 <i>Evaluarea simulărilor stochastice folosind mișcări seismice înregistrate în București.....</i>	39
4.2 <i>Derivarea scenariilor de cutremur din sursa seismică Vrancea.....</i>	43
Activitatea 5 - Derivarea parametrilor de performanță ai comunității	44
5.1 <i>Stabilirea unei legături între parametrii de performanță ai comunității și comportarea materialelor de construcții/structurilor</i>	44
5.2 <i>Derivarea parametrilor de performanță ai comunității</i>	45
5.3 <i>Analiza de risc seismic pentru municipiul București</i>	46
Activitatea 6 - Diseminarea rezultatelor la conferințe și în reviste tehnice naționale sau internaționale.	54
Referințe	56

Etapă I - 2015

Activitatea 1 - Evaluarea metodelor de simulare stohastică a mișcării seismice pentru municipiul București. Evaluarea efectelor neliniare ale terenului în cazul mișcărilor seismice puternice din sursa seismică Vrancea

1.1. Evaluarea parametrilor de input pentru simulări stohastice

Metoda stohastică reprezintă una dintre cele mai populare metode de simulare a mișcărilor seismice. O descriere detaliată a acestei metode poate fi găsită în lucrarea lui (Boore, 2003). Punctul de plecare al acestei metode de simulare îl reprezintă generarea unui spectru al sursei seismice care mai apoi este modificat pentru a ține cont de influența propagării undelor seismice prin scoarța terestră și mai apoi de efectul condițiilor locale de teren.

Spectrul unei mișcări seismice pentru un anumit amplasament se poate calcula cu relația (Boore, 2003):

$$Y(M, R, f) = E(M, f) \times P(R, f) \times G(f) \times I(f) \quad (1.1)$$

unde $E(M, f)$ este contribuția sursei seismice, $P(R, f)$ reprezintă contribuția propagării undelor seismice, $G(M, f)$ este contribuția condițiilor locale de teren, $I(M, f)$ este tipul mișcării seismice (acelerație, viteză, deplasare sau răspunsul instrumentului de măsură), M reprezintă magnitudinea cutremurului (de obicei magnitudinea moment M_w) și f este frecvența spectrală.

Cel mai folosit model pentru spectrul sursei seismice este cel propus de Brune (1971), un model care are o singură frecvență de colț (single-corner frequency model). Alte variante pentru modelarea sursei seismice au fost propuse recent de către Boore et al. (2014). Aceste modele care au două frecvențe de colț (double-corner frequency models) se numesc: model aditiv cu două frecvențe de colț (additive double-corner frequency model) și model multiplicativ cu două frecvențe de colț (multiplicative double-corner frequency model). Sursa seismică poate fi considerată ca fiind de tip punctual (programul SMSIM, dezvoltat de către Boore, 2005) sau de tip falie (sursă seismică liniară). Cea de-a doua opțiune de modelare a sursei seismice a fost implementată în programele FINSIM (Beresnev și Atkinson, 1997) sau EXSIM (Motazedian și Atkinson, 2005). EXSIM reprezintă de fapt o variantă îmbunătățită a programului FINSIM. După modelarea spectrului sursei seismice folosind una dintre variantele mai-sus menționate, acesta este modificat pentru a lua în considerare diverse fenomene. Prin aceste modificări se ține cont de atenuarea undelor seismice pe măsura propagării lor prin scoarța terestră, de împrăștierea geometrică a undelor sau de creșterea duratei mișcării seismice odată cu creșterea distanței dintre sursa seismică și amplasament (Boore, 2003). În cele din urmă, pentru a obține o mișcare seismică pentru un anumit amplasament, se ține cont și de influența condițiilor locale de teren ce este separată în amplificarea, și respectiv, în dezamplificarea generată de condițiile locale de teren (Boore, 2003).

Prima metodă de simulare a mișcărilor seismice, bazată pe o modelare punctuală a sursei seismice, a fost aplicată pentru București de către Pavel et al. (2013) și Pavel (2015). În prima dintre lucrările menționate mai sus a fost calculat factorul de amplificare (contribuția condițiilor locale de teren) pentru București plecând de la mișcările seismice înregistrate în timpul cutremurelor vrâncene din august 1986 ($M_W = 7,1$, $h = 131$ km) și din mai 1990 ($M_W = 6,9$, $h = 91$ km). În cea de-a doua lucrare amintită mai sus (Pavel, 2015) a fost evaluată aplicabilitatea metodei de simulare stochastică a mișcărilor seismice prin comparații cu înregistrările cutremurelor vrâncene din august 1986 și din mai 1990. Spectrul sursei a fost descris cu ajutorul celor două modele cu două frecvențe de colț propuse de Boore et al. (2014).

Cea de-a doua metodă de simulare a mișcărilor seismice, bazată pe o modelare de tip falie a sursei seismice a fost aplicată foarte recent de Pavel et al. (2015). În acest studiu, primul realizat în cadrul proiectului de cercetare PN-II-RU-TE-2014-4-0697, au fost efectuate o serie de simulări ale mișcărilor seismice pentru amplasamentul INCERC din București pe baza unui catalog generat cu metoda Monte Carlo (Assatourians și Atkinson, 2013). Rezultatele obținute în cadrul acestui studiu arată faptul că, se pot simula inclusiv ordonatele spectrale semnificative asociate perioadelor lungi și care au fost observate în București în timpul cutremurelor vrâncene din martie 1977 ($M_W = 7,4$, $h = 94$ km) și respectiv august 1986 ($M_W = 7,1$, $h = 131$ km). Totodată, a fost evidențiată potrivirea dintre nivelurile de hazard din analiza probabilistică de hazard seismic și cele obținute prin simulări stochastice pe baza unui catalog de cutremure de tip Monte Carlo.

Sursa seismică subcrustală Vrancea reprezintă o zonă cu seismicitate concentrată în intervalul de adâncimi 60 – 170 km (Radulian et al. 2000). Cutremurele produse sub adâncimea de 170 km sunt foarte puține ca număr și de magnitudini mici. Totodată, așa cum se va arăta în subcapitolul următor al prezentului raport, această sursă seismică este cea care domină hazardul pentru București. Din punctul de vedere al energiei seismice eliberate în secolul XX, sursa Vrancea are o rată apropiată de cea a zonei de sud a Californiei (Wenzel et al. 1998). În plus, în secolul XX, sursa Vrancea a eliberat de trei ori mai multă energie seismică decât toate sursele seismice din Italia (Văcăreanu et al. 2015a). În ceea ce privește mecanismele de focar, în lucrarea lui Radulian et al. (2000) se menționează faptul că toate evenimentele seismice cu magnitudini $M_W \geq 6,0$ sunt generate prin faliere inversă. Direcția de propagare a ruperii este orientată pentru marea majoritate a cutremurelor vrâncene pe axa NE-SV (direcția paralelă cu M-ții Carpați). Totuși, există și evenimente seismice caracterizate de o rupere ce se propagă pe o direcție perpendiculară pe M-ții Carpați (axa NV-SE). Un astfel de exemplu de cutremur este cel din 31 mai 1990 ($M_W = 6,4$, $h = 87$ km). Alte informații seismologice relevante despre sursa seismică subcrustală Vrancea, precum și o trecere în revistă a diferitelor modele pentru această sursă seismică pot fi găsite în lucrarea lui Ismail-Zadeh et al. (2012). În cazul acestui studiu se vor lua în considerare doar evenimente seismice care au o direcție de propagare a ruperii paralelă cu M-Carpați. Unghiurile de strike (unghiul format de direcția faliei cu direcția corespunzătoare nordului) și de dip (înclinarea faliei față de suprafață orizontală a terenului)

ce caracterizează planul de rupere sunt de 220° și respectiv $60 - 70^\circ$ (Wenzel et al. 2002). Alți parametri necesari pentru simularea stochastică a mișcărilor seismice sunt:

- Modelul pentru $Q(f)$ este de forma $100 \cdot f^{1,20}$, așa cum rezultă din studiul lui Pavel și Văcăreanu (2015b) efectuat pe 247 perechi de componente orizontale înregistrate la 57 de stații seismice în timpul a nouă cutremure de adâncime intermediară produse în sursa seismică Vrancea între anii 1986 – 2013;
- Dimensiunile suprafeței de rupere a cutremurului sunt calculate pe baza relațiilor propuse de Wells și Coppersmith (1994);
- Densitatea și viteza undelor seismice de forfecare în vecinătatea sursei sunt preluate din studiul lui Oth et al. (2009).

Tabel 1.1 Combinațiile de magnitudini/adâncimi de focar/distanțe epicentrale folosite pentru simulările stochastice

Parametru	Interval de valori
Magnitudinea M_w	6,3; 6,6; 6,9; 7,2; 7,5; 7,8
Adâncimea h (km)	90 (doar pentru $M_w \leq 6,9$), 120, 150
Distanța epicentrală (km)	100, 133, 166, 200

Combinațiile de magnitudini, adâncimi de focar și distanțe epicentrale pe baza cărora sunt evaluate efectele diversilor parametri mai-sus menționați sunt prezentate în Tabelul 1.1. Ca atare, prin combinarea tuturor magnitudinilor/adâncimilor de focar/distanțelor epicentrale rezultă în total 60 de simulări pentru fiecare valoare a unui parametru de interes (cădere de tensiune, strike, dip, amplificare locală a terenului, etc.). În total pentru toate analizele efectuate în cadrul raportului au fost efectuate mai mult de 1800 de simulări stochastice cu ajutorul programelor de calcul SMSIM (Boore, 2005) și EXSIM (Motazedian și Atkinson, 2005). Evaluarea influenței pe care o are căderea de tensiune (notată cu $\Delta\sigma$) asupra formelor spectrale este prezentată în Figura 1.1. Amplificarea locală a terenului este calculată pe baza datelor dintr-un foraj cu adâncimea de 200 m din Otopeni descris în lucrarea lui (Bălă et al. 2009b).

În Figura din stânga sunt prezentate rezultatele obținute folosind programul de simulare stochastică cu surse de tip punctual (programul SMSIM dezvoltat de Boore, 2005), iar în dreapta sunt rezultatele din programul EXSIM (Motazedian și Atkinson, 2005) care propune o modelare liniară a sursei seismice (tip falie). Valorile considerate ale căderii de tensiune sunt $\Delta\sigma = 80$ bari, 120 bari și 160 bari. Este clar din Figura 1.1 că influența căderii de tensiunii se manifestă printr-o creștere a valorilor spectrale, în special în domeniul de perioade scurte. Această influență scade odată cu creșterea perioadei, acest lucru fiind vizibil în special pentru rezultatele obținute din programul SMSIM. Totodată, se mai poate vedea faptul că ordonatele spectrale în domeniul de perioade lungi sunt mai mari în cazul simulărilor din programul EXSIM. În același timp, din Figura 1.2 se poate observa faptul că spectrele normalizate medii

de accelerații nu sunt influențate de valoarea căderii de tensiune și în același timp spectrele medii normalizate din programul SMSIM au ordonate mai mari decât cele obținute din EXSIM.

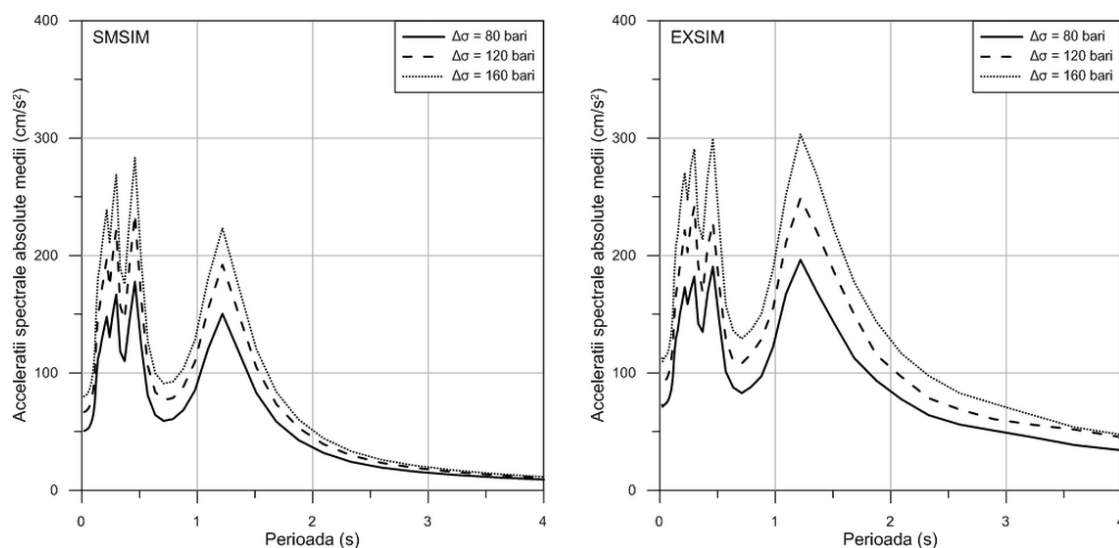


Figura 1.1 Spectre medii de accelerații absolute calculate folosind programul SMSIM (stânga) și EXSIM (dreapta) pentru trei valori ale căderii de tensiune ($\Delta\sigma = 80$ bari, 120 bari și 160 bari)

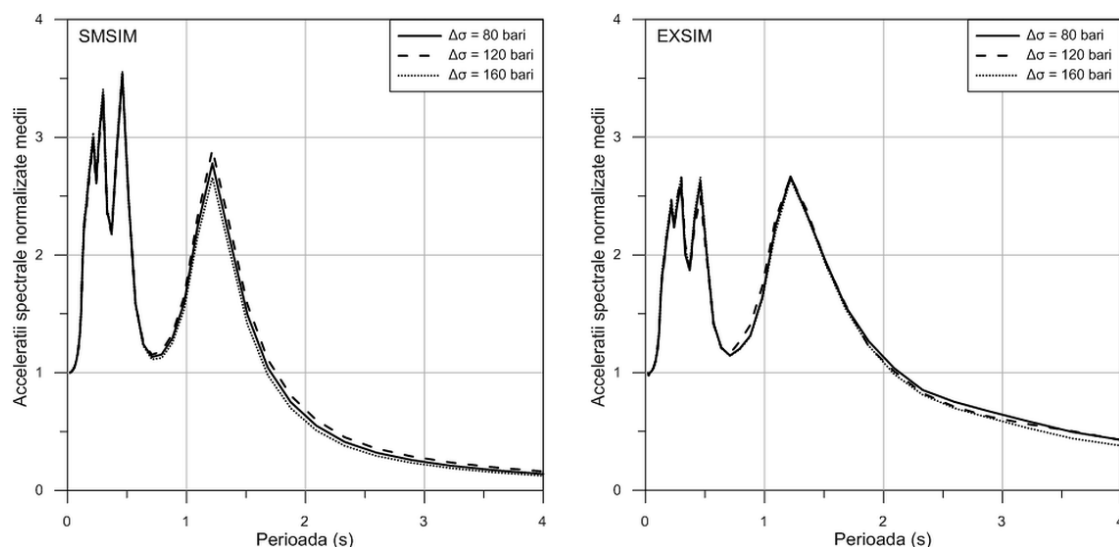


Figura 1.2 Spectre medii de accelerații normalizate calculate folosind programul SMSIM (stânga) și EXSIM (dreapta) pentru trei valori ale căderii de tensiune ($\Delta\sigma = 80$ bari, 120 bari și 160 bari)

1.2. Comparații între simulările stochastice cu surse punctuale și cele cu surse de tip falie

Comparațiile dintre simulările stochastice obținute cu surse de tip punct și cele cu surse de tip falie sunt efectuate doar pentru sursa seismică subcrustală Vrancea. Această alegere se bazează pe două motive principale:

- Analiza probabilistică de hazard seismic efectuată recent pentru România și publicată în lucrarea lui Pavel et al. (2016c, 2016e) arată faptul că sursa seismică de adâncime intermediară Vrancea este cea care domină hazardul seismic pentru municipiul București. Celelalte surse seismice crustale au o contribuție insignifiantă la hazardul seismic pentru București;
- Seismicitatea recentă crustală din zona Bucureștiului nu conține evenimente seismice cu magnitudini $M_W \geq 4,0$.

Sursele seismice care pot afecta teritoriul României, așa cum au fost ele definite în studiul lui Pavel et al. (2016e) sunt prezentate în Figura 1.3. Așadar, există 13 surse seismice crustale: B- Banat, BD – Depresiunea Bârladului, CM – Crișana-Maramureș, D – Danubius, DU – Dulovo, FC – Făgăraș-Câmpulung, G - Gorna, PD – Depresiunea Predobrogeană, S – Serbia, SHA – Shabla, SHU – Shumen, T – Transilvania, VC – Vrancea crustal, precum și sursa seismică de adâncime intermediară Vrancea – VI.

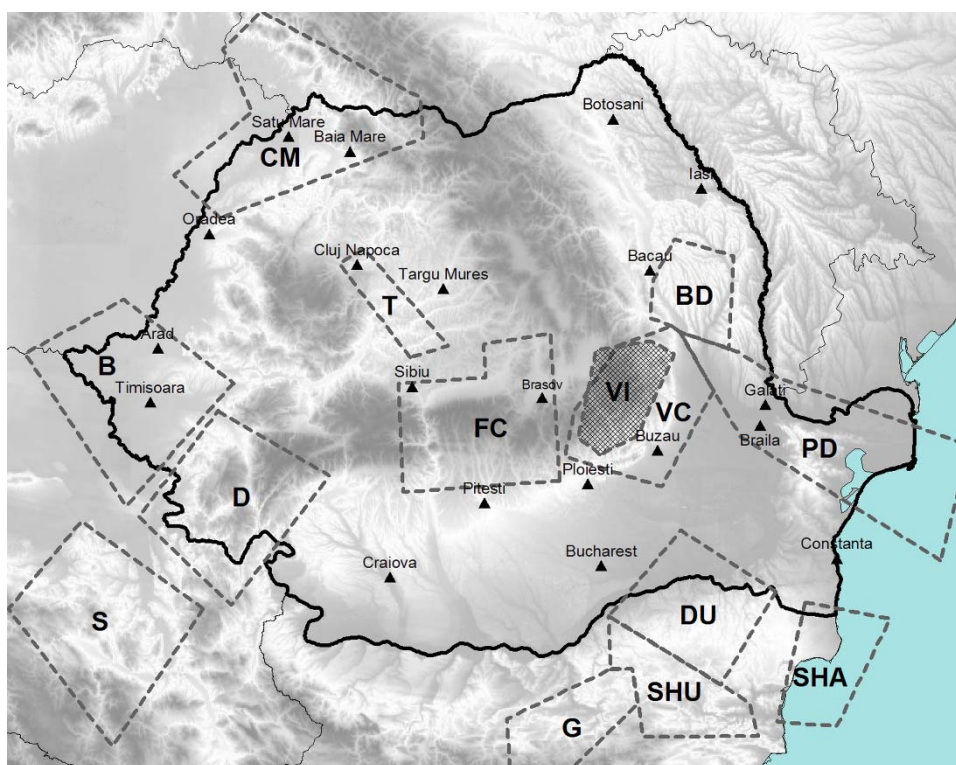


Figura 1.3 Sursele seismice care contribuie la hazardul României (Pavel et al. 2016e)

Dezagregarea hazardului seismic (McGuire, 1995) reprezintă evaluarea contribuțiilor relative ale fiecărei surse seismice și a fiecărei distanțe sursă-amplasament, magnitudini sau a numărului de abateri standard asupra nivelului de hazard seismic pentru un anumit amplasament. Prin această operație se pot identifica diferite scenarii de cutremure (caracterizate de o anumită magnitudine, distanță sursă-amplasament sau număr de abateri standard care se adaugă la mediană) care sunt caracteristice unei anumite intervale medii de recurență (*IMR*). Dezagregarea hazardului seismic pentru București pentru două intervale medii de recurență *IMR*= 225 ani (probabilitate de depășire de 20% în 50 de ani și care reprezintă valoarea din codul românesc de proiectare seismică P100-1/2013) și *IMR* = 475 ani

(probabilitate de depășire de 10% în 50 de ani și care reprezintă valoarea din codul european de proiectare seismică Eurocode 8), precum și pentru două perioade $T = 0,0$ s și $T = 1,0$ s sunt prezentate în Figura 1.4 și Figura 1.5.

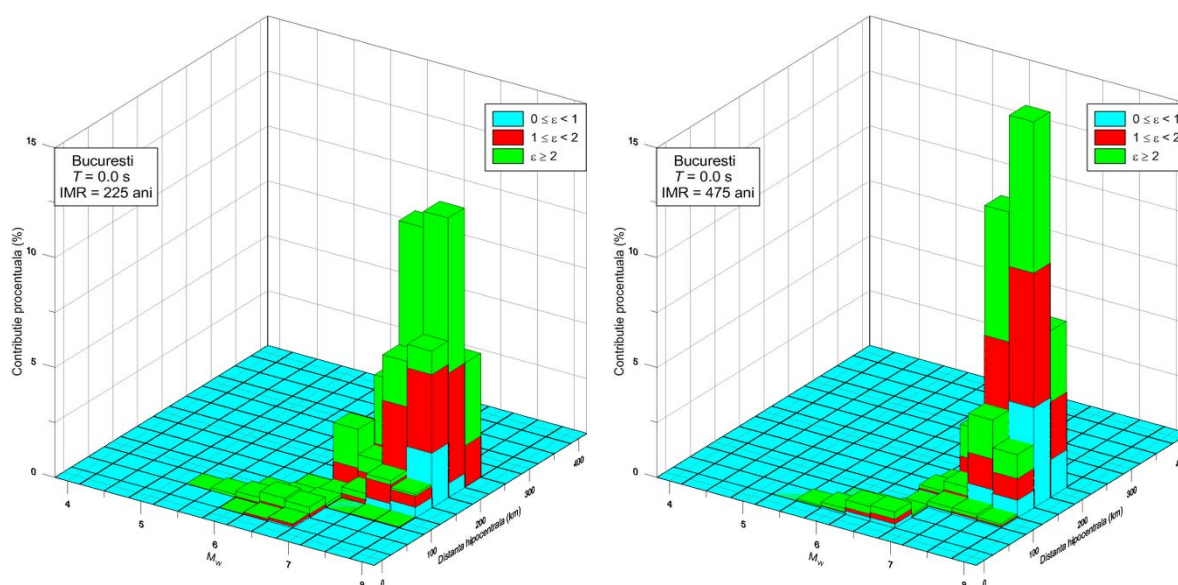


Figura 1.4 Dezagregarea hazardului seismic pentru București pentru $T = 0,0$ s și pentru perioada medie de revenire a acțiunii seismice de 225 ani (stânga) și 475 ani (dreapta)

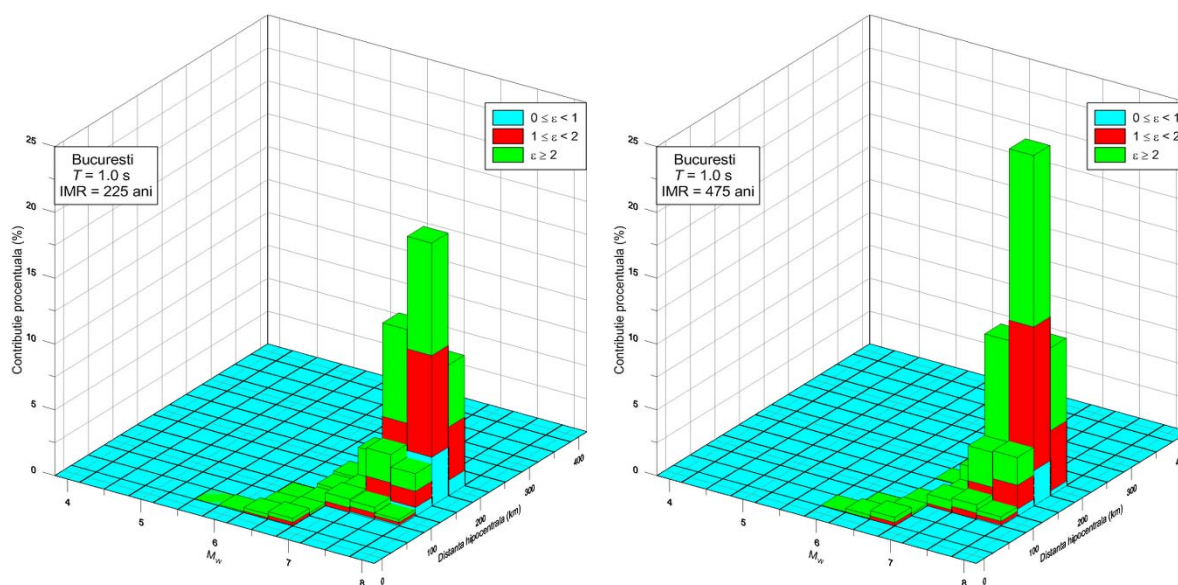


Figura 1.5 Dezagregarea hazardului seismic pentru București pentru $T = 1,0$ s și pentru perioada medie de revenire a acțiunii seismice de 225 ani (stânga) și 475 ani (dreapta)

Din Figurile 1.4 și 1.5 se poate vedea foarte clar faptul că sursa seismică subcrustală Vrancea este cea care generează hazardul seismic pentru București, în timp ce sursele crustale au o contribuție cu totul nesemnificativă. Totodată, se mai poate observa faptul că pentru $T = 1,0$ s și pentru perioada medie de revenire de 475 ani există o singură clasă de magnitudini și distanțe sursă-amplasament care are contribuție cea mai mare asupra nivelului de hazard. În

celelalte cazuri se poate vedea că există două sau chiar mai multe clase de magnitudini și distanțe sursă-amplasament cu contribuții semnificative asupra nivelului de hazard seismic. Valorile medii cauzale rezultate din dezagregarea hazardului seismic pentru magnitudine, distanța sursă-amplasament (distanța hipocentrală), precum și pentru numărul de abateri standard care se adaugă la valoarea mediană sunt prezentate în Tabelul 1.2.

Tabel 1.2 Valorile medii cauzale pentru magnitudine, distanță hipocentrală și număr de abateri standard rezultate din dezagregarea hazardului seismic pentru municipiul București

Intervalul mediu de recurență	Perioada T (s)	Magnitudinea M_W	Distanța hipocentrală R (km)	Număr abateri standard
$IMR = 225$ ani	$T = 0,0$ s	7,38	186	2,35
	$T = 1,0$ s	7,45	165	2,31
$IMR = 475$ ani	$T = 0,0$ s	7,45	164	2,17
	$T = 1,0$ s	7,54	165	2,39

Așadar, din Tabelul 1.2 rezultă că evenimentul seismic care are cea mai mare probabilitate să genereze nivelul de hazard seismic corespunzător diferitelor perioade și diferitelor perioade medii de revenire a acțiunii seismice are o magnitudine $M_W = 7,4 - 7,5$ și se produce la o distanță hipocentrală de aproximativ 165 km. Aceste date rezultate din dezagregarea hazardului seismice vor fi folosite mai târziu în următoarea fază a proiectului pentru obținerea de scenarii de cutremure pentru sursa seismică de adâncime intermediară Vrancea.

Tabel 1.3 Combinațiile de magnitudini/adâncimi de focar/distanțe epicentrale folosite pentru simulările stochastice

Parametru	Interval de valori
Magnitudinea M_W	6,3; 6,6; 6,9; 7,2; 7,5; 7,8
Adâncimea h (km)	90 (doar pentru $M_W \leq 6,9$), 120, 150
Distanța epicentrală (km)	100, 133, 166, 200

Simulările stochastice cu surse de tip punct sunt efectuate folosind programul SMSIM (Boore, 2005), iar cele cu surse de tip falie sunt efectuate cu programul EXSIM (Motazedian și Atkinson, 2005). Comparațiile dintre cele două programe de simulare (SMSIM și EXSIM) sunt efectuate pentru mai multe combinații de magnitudini, adâncimi de focar și distanțe epicentrale și care sunt descrise în Tabelul 1.3. Deci, pentru fiecare parametru analizat au rezultat un număr de 60 de simulări stochastice. Comparațiile între cele două tipuri de simulări sunt prezentate în Figura 1.6 pentru trei valori ale căderii de tensiune ($\Delta\sigma = 80$ bari, $\Delta\sigma = 120$ bari și $\Delta\sigma = 160$ bari). Amplificarea locală a terenului este calculată tot pe baza datelor din forajul cu adâncimea de 200 m din Otopeni descris în lucrarea lui (Bălă et al. 2009b) și care a fost folosit și în subcapitolul precedent.

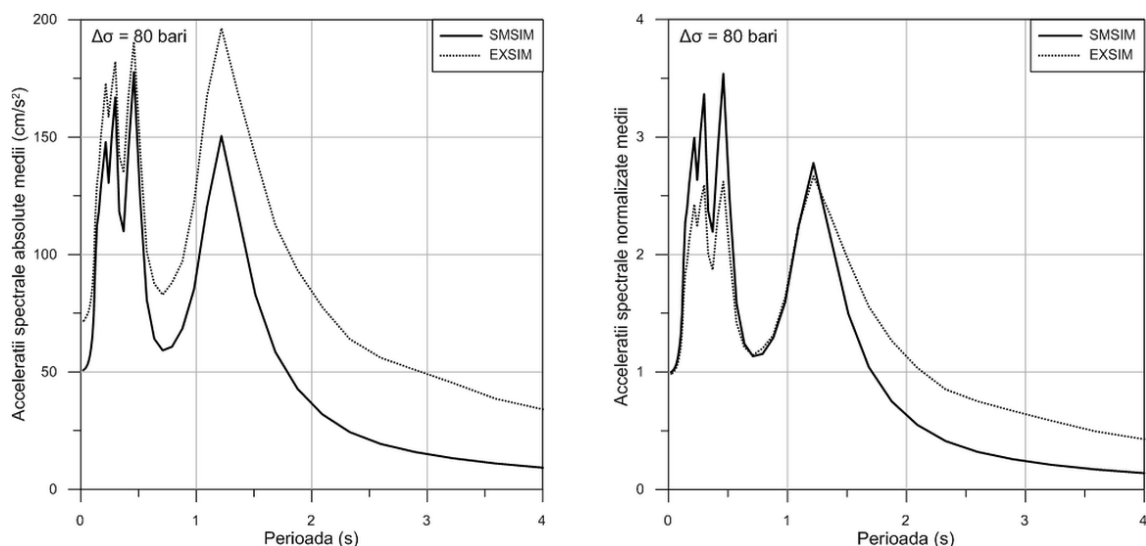


Figura 1.6 Comparații între spectrele medii de accelerații absolute (stânga) și spectrele medii de accelerații normalizate (dreapta) calculate folosind programele SMSIM și EXSIM pentru $\Delta\sigma = 80$ bari

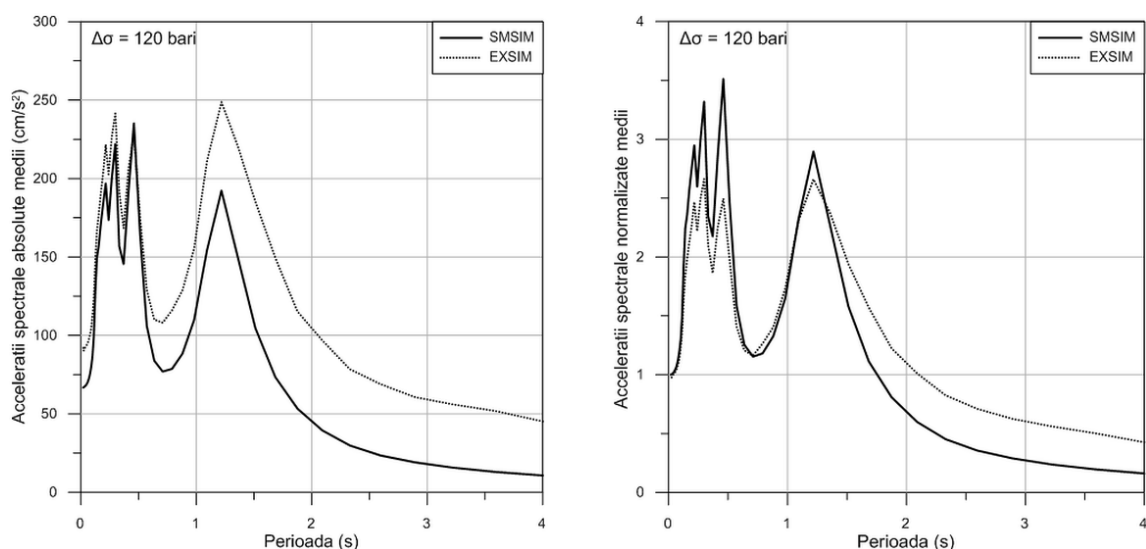


Figura 1.7 Comparații între spectrele medii de accelerații absolute (stânga) și spectrele medii de accelerații normalizate (dreapta) calculate folosind programele SMSIM și EXSIM pentru $\Delta\sigma = 120$ bari

Comparațiile efectuate între simulările stochastice obținute folosind cele două programe (SMSIM și EXSIM) sunt prezentate în Figurile 1.6 – 1.8 în funcție de căderea de tensiune ($\Delta\sigma = 80$ bari, 120 bari și 160 bari). Astfel, se poate observa că există diferențe considerabile între cele două tipuri de simulări atât în cazul spectrelor de accelerații absolute, cât și în cazul spectrelor de accelerații normalizate. Astfel, valorile mai mari ale accelerațiilor spectrale sunt obținute din simulările efectuate în EXSIM, în timp ce valorile mai mari ale accelerațiilor normalizate sunt calculate folosind programul SMSIM. Diferența dintre accelerațiile spectrale medii din cele două programe crește odată cu perioada spectrală. Amplificările medii din domeniul de perioade scurte sunt mai mari în cazul programului SMSIM, în timp ce amplificările pentru perioade de aproximativ 1,5 s sunt similare.

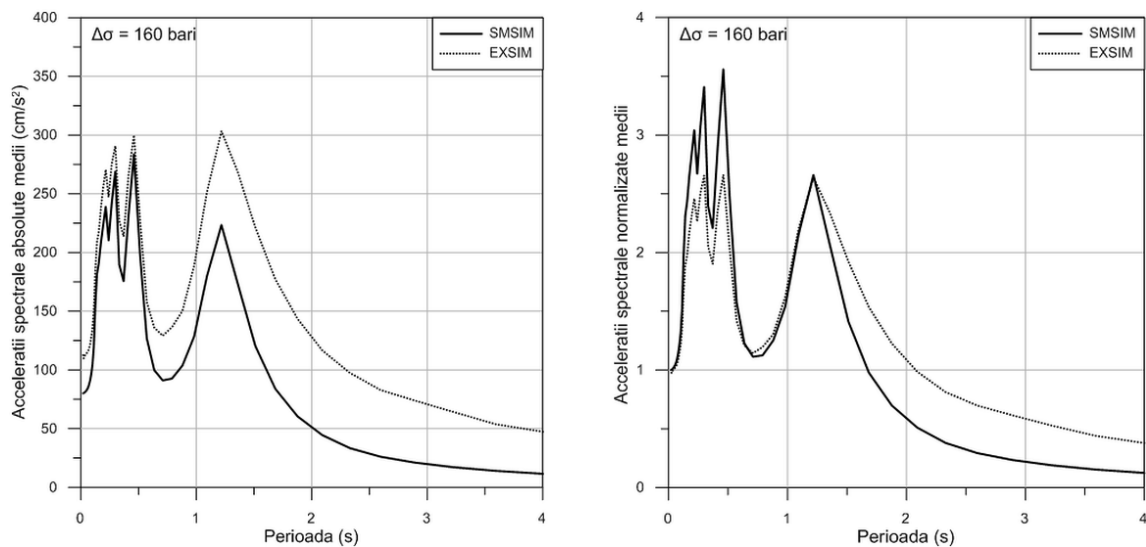


Figura 1.8 Comparații între spectrele medii de accelerații absolute (stânga) și spectrele medii de accelerații normalizate (dreapta) calculate folosind programele SMSIM și EXSIM pentru $\Delta\sigma = 160$ bari

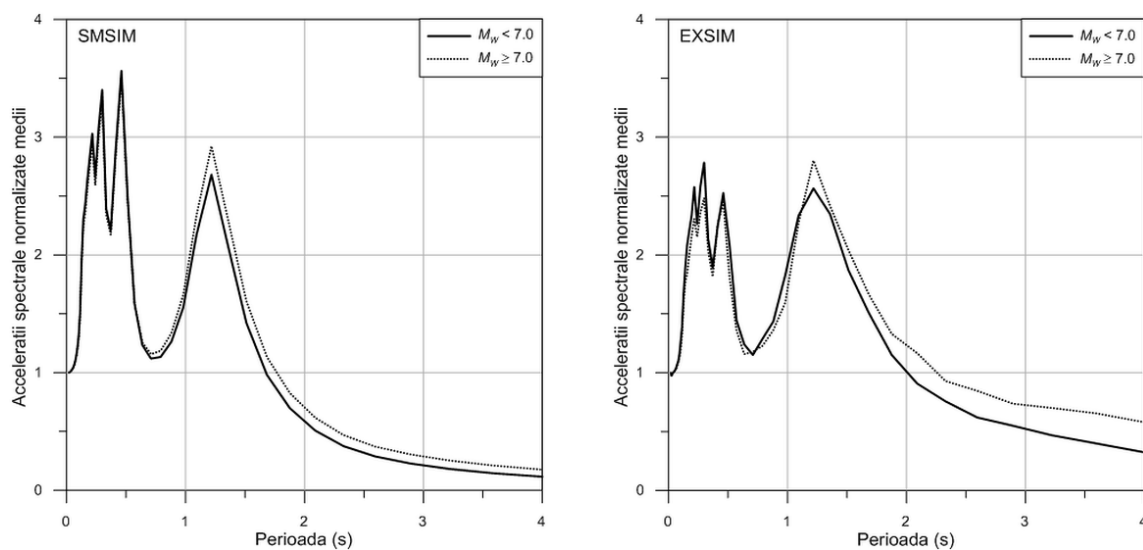


Figura 1.9 Comparații între spectrele medii de accelerații normalizate calculate folosind programele SMSIM și EXSIM pentru $M_w < 7,0$ (stânga) și $M_w \geq 7,0$ (dreapta)

Efectul pe care îl au magnitudinea cutremurului și distanța epicentrală asupra accelerațiilor normalizate este analizat în Figurile 1.9 și 1.10. Prima observație rezultată din cele două Figuri este că diferențele dintre diferitele categorii de magnitudini/distanțe epicentrale sunt mai pronunțate în cazul simulărilor efectuate cu programul EXSIM (Atkinson și Motazedian, 2005). Totodată, în cazul simulărilor efectuate cu EXSIM se poate evidenția un trend de creștere a amplificărilor odată cu creșterea magnitudinii evenimentului seismic. Și în cazul distanței epicentrale se poate evidenția o tendință de creștere cu distanța epicentrală a ordonatelor spectrale normalizate.

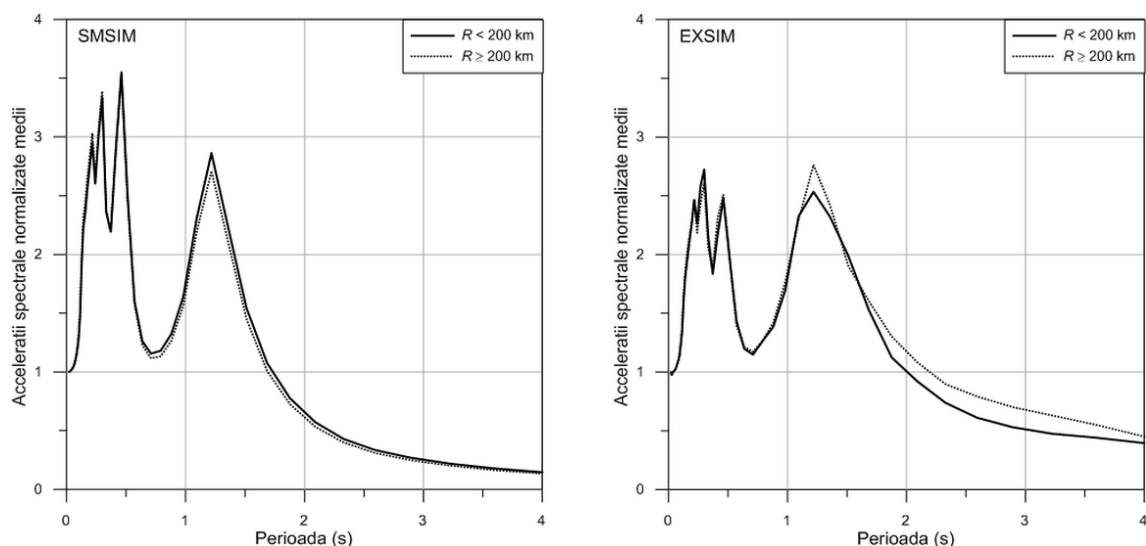


Figura 1.10 Comparații între spectrele medii de accelerații normalizate calculate folosind programele SMSIM și EXSIM pentru $R < 200$ km (stânga) și $R \geq 200$ km (dreapta)

Alte comparații între cele două programe de simulare stochastică (EXSIM și SMSIM) sunt efectuate în subcapitolul următor, în care este evaluată și influența factorilor de amplificare corespunzători amplasamentului analizat.

Activitatea 2 - Pregătirea informațiilor de input pentru sondaj

2.1. Date preliminare referitoare la structura populației din municipiul București, necesare pentru sondajul de opinie efectuat în Etapa 2

Informațiile privind populația stabilă (rezidentă) din regiunea București – Ilfov au fost preluate și prelucrate pe baza rezultatelor Recensământului Populației și al Locuințelor 2011, realizat de Institutul Național de Statistică din România (INS, 2013), din datele furnizate de Eurostat - Centrul de statistică al Uniunii Europene (EUROSTAT, 2015) și din cele furnizate de Primăria municipiului București (PMB, 2015).

Recensământul Populației și al Locuințelor 2011 a fost realizat în România, în perioada 20.10.2011 - 31.10.2011, datele colectate fiind apoi analizate și prelucrate, iar rezultatele fiind publicate pe site-ul oficial al instituției. Analiza datelor a fost realizată pe patru macroregiuni, fiecare dintre acestea cuprinzând câte două regiuni de dezvoltare prezentate în Figura 2.1: Macroregiunea 1 (regiunile Nord-Vest și Centru), Macroregiunea 2 (regiunile Nord-Est și Sud-Est), Macroregiunea 3 (regiunile Sud-Muntenia și București-Ilfov) și Macroregiunea 4 (regiunile Sud-Vest Oltenia și Vest).



Figura 2.1 Regiunile de dezvoltare ale României (foto: Ministerul Dezvoltării Regionale și Administrației Publice)

Între aceste regiuni de dezvoltare, regiunea București – Ilfov prezintă o importanță deosebită, Bucureștiul fiind capitala României și cel mai important centru administrativ, economic și socio-cultural al țării, iar județul Ilfov reprezentând zona limitrofă, perimetrală a acesteia.

Capitala țării adăpostește un număr de 1.883.425 de locuitori, conform rezultatelor Recensământului Populației și al Locuințelor 2011 (INS, 2013), distribuiți în șase sectoare (Figura 2.2) pe o suprafață de aproximativ 228 km², rezultând astfel o densitate de aproximativ 8.260 persoane/km².

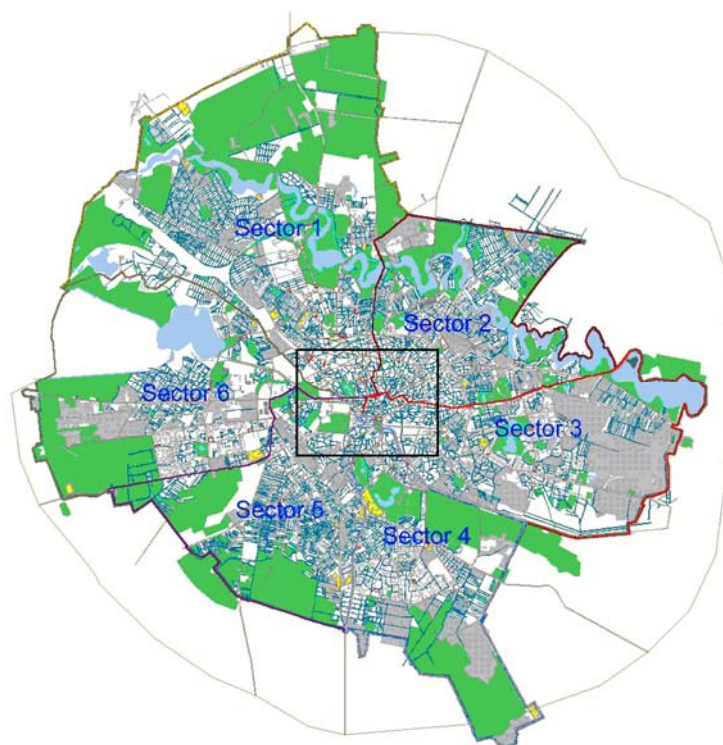


Figura 2.2 Împărțirea administrativă, pe sectoare, a municipiului București (foto: <http://www.bucuresti-harta.ro/imagini/harti/Hartabucuresti.gif>)

Caracteristicile demografice ale populației în municipiul București (INS, 2013)

La Recensământul Populației și al Locuințelor 2011, distribuția populației stabile rezidente în municipiul București pe sectoare este reprezentată în Figura 2.3.

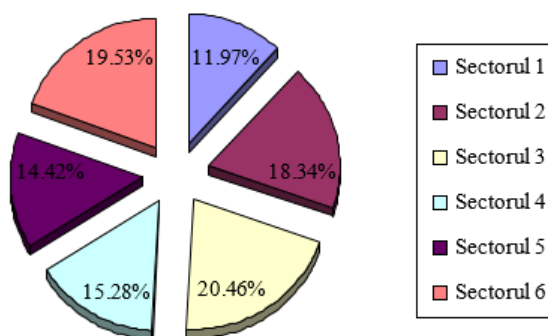


Figura 2.3 Distribuția populației stabile pe sectoare

Distribuția populației pe sexe

Distribuția pe sexe a populației din București este reprezentată în Figura 2.4. Din totalul populației stabile a Bucureștiului, un număr de 1.011.895 de persoane sunt de gen feminin (53,7% femei), iar restul de 871.530 sunt bărbați (46,3% bărbați).

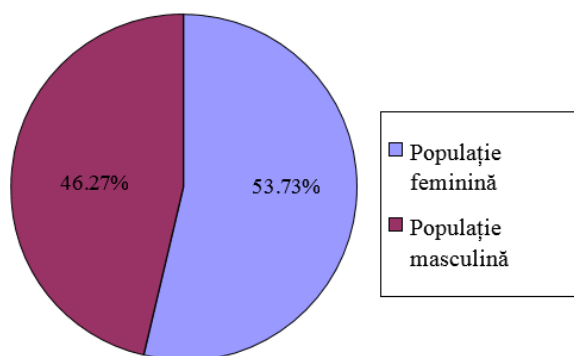


Figura 2.4 Distribuția populației pe sexe

Structura populației pe grupe de vârstă

Distribuția populației pe grupe de vârstă în București în anul 2011 este după cum urmează: copiii și adolescenții, între 0 și 19 ani, reprezentau un procent de 16%, populația tânără, între 20 și 34 de ani, avea o pondere de 26% din total, un procent de 22% era format din persoane mature cu vârste între 35 și 49 de ani, persoanele cu vârste cuprinse în intervalul 50-64 de ani reprezentau 21% din total iar persoanele de peste 65 de ani, dețineau o pondere mică, de 14% din total. Structura populației pe grupe de vârstă pe fiecare dintre cele șase sectoare se găsește în Figura 2.5.

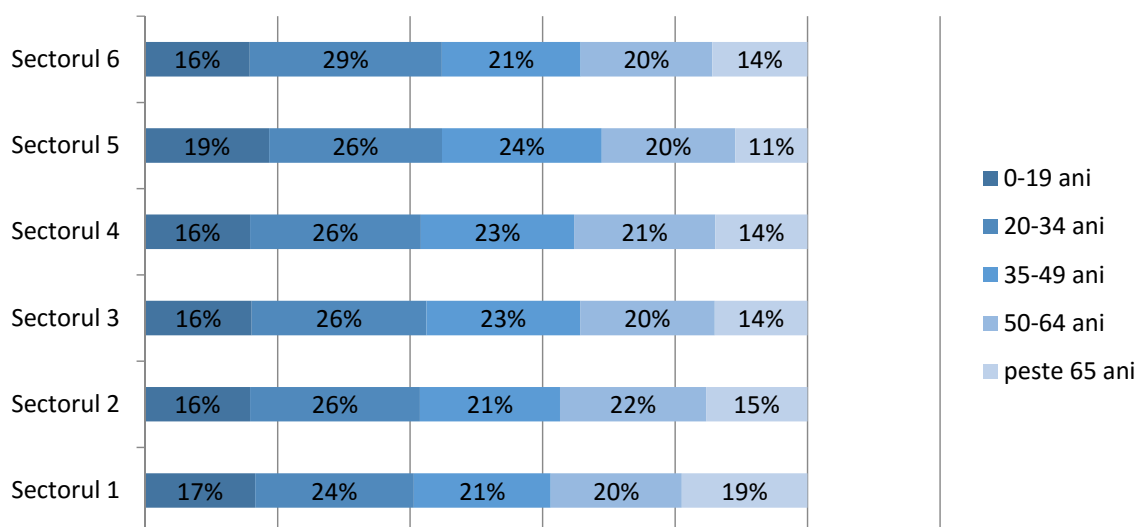


Figura 2.5 Structura populației pe grupe de vârstă

Structura populației după nivelul de instruire absolvit

Analiza a fost făcută pe populația stabilă din București, cu vârste de peste 10 ani. Din totalul acestei populații, formată din 1.714.535 de persoane în anul 2011, un procent de 23,0% îl constituia populația cu un nivel de educație scăzut (primar, gimnazial sau fără școală absolvită). Dintre persoanele fără nicio școală absolvită, un număr de 3.342 de persoane erau analfabete. Majoritatea de 43,3% era constituită din absolvenți de învățământ mediu (liceal, postliceal, profesional sau tehnic de maiștri), iar o pondere de 33,7% din total o aveau

absolvenții unei forme de învățământ superior (diplomă de licență, masterat sau doctorat). Structura populației după nivelul de instruire absolvit în funcție de sex se poate vedea în Figura 2.6.

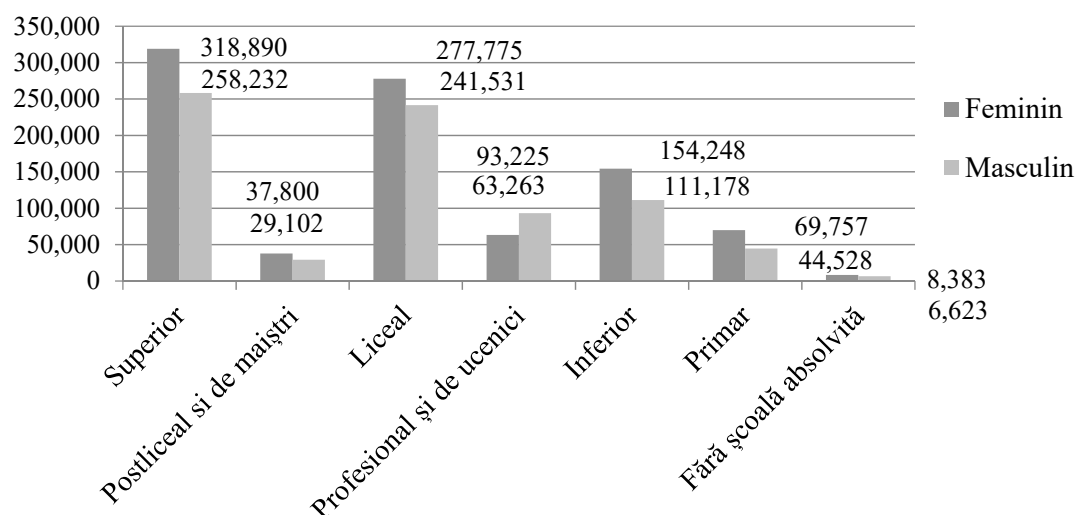


Figura 2.6 Structura populației după nivelul de instruire absolvit

Structura populației active pe sexe și grupe majore de ocupații

Din totalul populației stabile din municipiul București de 1.883.425 persoane, populația activă abia depășea în anul 2011 un procent de 50,95%, însumând doar 959.532 de persoane. În rândul celei inactive, pensionarii aveau o pondere de 48,92%, elevii și studenții formau un procent de doar 26,75%, restul de 24,32% fiind persoane casnice, întreținute sau aflate în alte situații. Rezultatele acestei analize sunt rezumate în Tabelul 2.1 și Tabelul 2.2.

Tabel 2.1 Populația stabilă inactivă și activă pe sexe

Populația stabilă inactivă și activă	Masculin	Feminin	Total
Pensionari	162.226	289.771	451.997
Elevi, studenți	122.625	124.560	247.185
Alte persoane inactive	88.800	135.911	224.711
Total populație inactivă	373.651	550.242	923.893
Populația ocupată	458.821	434.680	893.501
Șomeri în căutarea unui loc de muncă	27.708	19.110	46.818
Șomeri în căutarea primului loc de muncă	11.350	7.863	19.213
Total populație activă	497.879	461.653	959.532

În cadrul populației active, persoanele ocupate, structurate pe grupe majore de ocupații, reprezentau un procent de 93,1%, restul fiind șomeri sau în căutarea primului loc de muncă.

Tabel 2.2 Populația stabilă activă ocupată pe sexe și grupe de ocupații

Grupe majore de ocupații	Masculin	Feminin	Total
Membri ai corpului legislativ, ai executivului, înalți conducători ai administrației publice, conducători și funcționari superiori	29.961	24.137	54.098
Specialiști în diverse domenii de activitate	122.003	165.546	287.549
Tehnicienii și alți specialiști din domeniul tehnic	70.843	694.68	140.311
Funcționari administrativi	24.694	39.175	63.869
Lucrători în domeniul serviciilor	60.989	84.841	145.830
Lucrători calificați în agricultură, silvicultură și pescuit	4.275	4.004	8.279
Muncitori calificați și asimilați	72.285	18.698	90.983
Operatori la instalații și mașini; asamblori de mașini și echipamente	53.510	5.288	58.798
Muncitori necalificați	20.261	23.523	43.784

Fondul imobiliar al municipiului București

În anul 2011, Bucureștiul avea un număr de 132.798 clădiri dintre care 132.171, adică un procent de 99,5%, reprezentau clădiri cu locuințe convenționale. În aceste clădiri exista un număr total de 844.541 de locuințe convenționale, adăpostite în clădiri rezidențiale și nerezidențiale. Distribuția locuințelor convenționale în funcție de forma de proprietate și tipul clădirii se găsește în Tabelul 2.3.

Tabel 2.3. Distribuția locuințelor convenționale pe forme de proprietate, după tipul clădirii

Locuințe convenționale	Proprietate de stat	Proprietate privată particulară	Proprietate privată de grup	Proprietate cooperatistă	Proprietate asociativă	Proprietate a cultelor religioase
Locuințe în clădiri rezidențiale (843.916 locuințe)	8.782	833.260	1.552	15	100	205
Locuințe în clădiri nerezidențiale (627 locuințe)	29	585	1	-	5	7
Total nr. locuințe convenționale (844.541 locuințe)	8.811	833.845	1.553	15	105	212
Nr. gospodării	8.118	761.939	165	12	91	161
Nr. persoane	22.239	1.823.658	387	31	214	410
Nr. camere	16.268	2.049.616	3.774	30	209	549
Nr. camere / locuință	1,85	2,46	2,43	2,00	1,99	2,59
Nr. persoane / cam.	1,37	0,89	0,10	1,03	1,02	0,75

Tabel 2.4 Locuințele din clădirile rezidențiale pe forme de proprietate, după tipul clădirii

Locuințe situate în clădiri rezidențiale, din care, în:	Proprietate					
	de stat	privată particulară	privată de grup	cooperatistă	asociativă	a cultelor religioase
Case individuale	484	115.072	30	5	8	63
Case cuplate, duplex	67	3.778	2	-	-	6
Case înșiruite, alipite	1.006	13.352	13	-	14	24
Blocuri de apartamente	6.465	700.485	1.457	10	73	110
Clădiri colective	760	573	50	-	5	2

În cadrul populației active, persoanele ocupate, structurate pe grupe majore de ocupații, reprezentau un procent de 93,1%, restul fiind șomeri sau în căutarea primului loc de muncă.

Riscul seismic asociat fondului imobiliar al municipiului Bucureștiului

Conform informațiilor actualizate la 25.11.2015 pe site-ul oficial al Primăriei municipiului București (PMB, 2015) și reprezentate în Figura 2.7, Bucureștiul are în prezent numai un număr de 55 clădiri consolidate - din care la două imobile lucrările nu sunt încă finalizate - față de un număr de 760 de clădiri expertizate după anul 1992 și încadrate în clase de risc seismic, încadrare realizată conform Codului de evaluare seismică P100-3/2008 (2008).

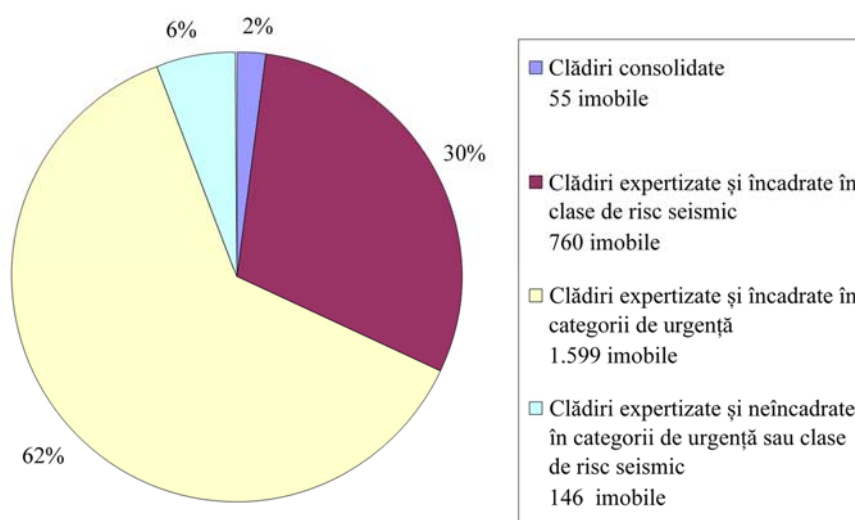


Figura 2.7 Ponderea clădirilor consolidate în totalul clădirilor expertizate

În afara acestor clădiri expertizate și încadrate în clase de risc seismic, pe listele Primăriei municipiului București mai figurează un număr de 1.599 de clădiri expertizate între anii 1992-1997, care au fost încadrate în categoriile de urgență U1, U2 și U3, conform normativului de proiectare P100-92 (1992), în vigoare în acea perioadă.

Tot pe aceste liste apare un număr de 146 de imobile expertizate din punct de vedere al riscului seismic, neîncadrate în categorii de urgență sau în clase de risc seismic corespunzătoare. Ca atare, numărul total al clădirilor expertizate care necesită lucrări de consolidare ajunge la 2.505 de imobile.

Din punct de vedere al riscului seismic, cele 760 de clădiri expertizate și clasificate în clase de risc seismic, se împart în următoarele categorii:

- 178 clădiri înscrise pe lista imobilelor expertizate tehnic, care *prezintă pericol public*, încadrate în Clasa Rsl, clasa din care fac parte construcțiile cu risc ridicat de prăbușire la cutremurul de proiectare corespunzător stării limită;
- 183 clădiri înscrise în Clasa Rsl, care nu prezintă pericol public;
- 307 clădiri înscrise în Clasa RslI, în care se încadrează construcțiile care sub efectul cutremurului de proiectare pot suferi degradări structurale majore, dar la care pierderea stabilității este puțin probabilă;

- 87 clădiri înscrise în Clasa RslII, care cuprinde construcțiile care sub efectul cutremurului de proiectare pot prezenta degradări structurale care nu afectează semnificativ siguranța structurală, dar la care degradările nestructurale pot fi importante;
- 5 clădiri înscrise în Clasa RslV, clasa corespunzătoare construcțiilor la care răspunsul seismic așteptat este similar celui obținut la construcțiile proiectate pe baza prescripțiilor în vigoare.

Distribuția numărului de apartamente din clădirile încadrate în diferite clase de risc seismic este rezumată în Tabelul 2.5.

Tabel 2.5 Locuințele consolidate și cele expertizate, clasificate în clase de risc seismic

Clase de risc seismic	Consolidate	Rsl Pericol public	Rsl	RslII	RslIII	RslIV
Apartamente / Locuințe	906	5.086	1.474	10.838	2.203	126
Clădiri	55	178	183	307	87	5

Tabel 2.6 Clasificarea după anul construcției a locuințelor consolidate și cele expertizate

Anul construcției	Consolidate	Rsl Pericol public	Rsl	RslII	RslIII	RslIV
≤ 1940	54	164	178	213	59	2
1941-1963	-	14	3	60	18	1
1964-1977	-	-	-	33	7	2
1978-1992	-	-	-	-	3	-
nespecificat	1	-	2	1	-	-

În cadrul populației active, persoanele ocupate, structurate pe grupe majore de ocupații, reprezentau un procent de 93,1%, restul fiind șomeri sau în căutarea primului loc de muncă.

Regimul de înălțime al clădirilor consolidate și expertizate, încadrate în clase de risc seismic

Din Tabelul 2.7 se poate remarca distribuția după regimul de înălțime a clădirilor încadrate în clase de risc seismic. Clădirile cu un cel mult 5 niveluri reprezintă un procent de 61,31% din totalul clădirilor expertizate și înscrise în clase de risc seismic, față de cele având un regim de înălțime între P+5E și P+9E, ce reprezintă o pondere de 32,23% din total, în timp ce clădirile mai înalte de P+10E formează doar un procent de 6,45% din total.

Tabel 2.7 Clasificarea după regimul de înălțime a locuințelor consolidate și cele expertizate

Regimul de înălțime	Consolidate	Rsl Pericol public	Rsl	RslII	RslIII	RslIV
≤ P+4E	34	68	180	159	55	4
P+5E – P+9E	19	107	3	107	28	-
≥ P+10E	2	3	-	41	4	1
Total	55	178	183	307	87	5

Etapa II - 2016

Activitatea 3 - Efectuarea unui sondaj de opinie pe scară largă pe populația din municipiul București, precum și evaluarea rezultatelor acestuia

3.1 Sondaj la scară largă efectuat pe populația din București

România este o țară cu un nivel de seismicitate ridicat, hazardul seismic în sudul și estul țării fiind asociat sursei seismice de adâncime intermediară Vrancea. Această sursă a generat cinci evenimente seismice cu magnitudinea $M_w \geq 6.9$ în anii: 1908, 1940, 1977, 1986 și 1990, ultimele trei fiind suficient de recente pentru ca o mare parte a populației să le fi resimțit. Cele mai multe pagube, precum și pierderi de vieți omenești, au rezultat în urma cutremurului din 4 martie 1977 ($M_w = 7,4$).

Vulnerabilitatea ridicată a fondului construit din București este asociată clădirilor rezidențiale construite în perioada de până la apariția primelor norme oficiale de proiectare seismică (Fig. 3.1), clădiri ocupate și în prezent, dar care nu au fost consolidate după cutremurul din 1977. Conform Recensământului desfășurat în anul 2011, fondul construit rezidențial din București este format dintr-un număr total de 132798 de clădiri dintre care 2505 au fost expertizate după anul 1992. 760 de clădiri au fost introduse în clase de risc seismic. Din cele 760 de clădiri, 26.7% au fost introduse în Clasa I de risc seismic – pericol public, 27.4% în Clasa I de risc seismic iar 46.9% în Clasa II de risc seismic. Dintre acestea, numai un număr de 75 de clădiri au fost consolidate după anul 1992.



Figura 3.1: Clădiri reprezentative ale fondului construit vulnerabil din București

Proiectul de cercetare intitulat „Inginerie seismică de performanță bazată pe comunitate”, acronim (CoBPÉE) vizează stabilirea unei relații între nivelul așteptărilor populației referitor la gradul de siguranță al clădirilor în care locuiesc și codurile actuale de proiectare în construcții. Conform NRC (2012), reziliența se definește prin abilitatea de *pregătire, planificare, redresare și adaptare la evenimentele adverse*. Bruneau et al. (2003) definesc reziliența comunității la seism prin abilitatea unităților sociale (organizații, comunități) *de a atenua hazardul, de a stăpâni efectele dezastrelor atunci când acestea apar, de a desfășura activitățile de redresare astfel încât perturbările sociale să fie minime și de a diminua efectele cutremurelor viitoare și specifică principalele caracteristici unui sistem rezilient, și anume: probabilități reduse de cedare, consecințe (pierderi de vieți omenești, avarii, pierderi economice și sociale) reduse și o perioadă de revenire redusă (după evenimentul seismic). De asemenea, Bruneau et al. (2003) definesc conceptul de reziliență considerând patru dimensiuni specifice, și anume:*

tehnică, organizatorică, socială și economică. Dimensiunea tehnică vizează sistemele structurale, dimensiunea organizatorică se referă la capacitatea instituțiilor de a gestiona situațiile de urgență, dimensiunea socială vizează minimizarea efectelor negative suferite de societate cauzate de un eventual cutremur, iar dimensiunea economică are în vedere capacitatea de a reduce pierderile economice rezultate în urma cutremurului.

Proiectul CoBPÉE are ca obiectiv crearea unui cadru îmbunătățit pentru proiectarea/evaluarea structurală prin implicarea populației. Proiectul are în vedere efectuarea unor studii de reziliență seismică pentru municipiul București, cu accent pe componenta socială a rezilienței (Calotescu et. al, 2016; Pavel et. al, 2016). Totodată, studiul de risc seismic efectuat în cadrul aceluiași proiect va oferi o imagine de ansamblu asupra nivelului de pagube așteptat în cazul unui cutremur de magnitudine mare generat de sursa seismică de adâncime intermediară Vrancea. Un element relevant al proiectului îl reprezintă un sondaj de opinie la scară largă efectuat pentru municipiul București. Chestionarul propus în acest proiect se intitulează: „*Chestionar referitor la opinia populației municipiului București asupra gradului de pregătire antiseismică a cetățenilor*”(Fig. 3.2).

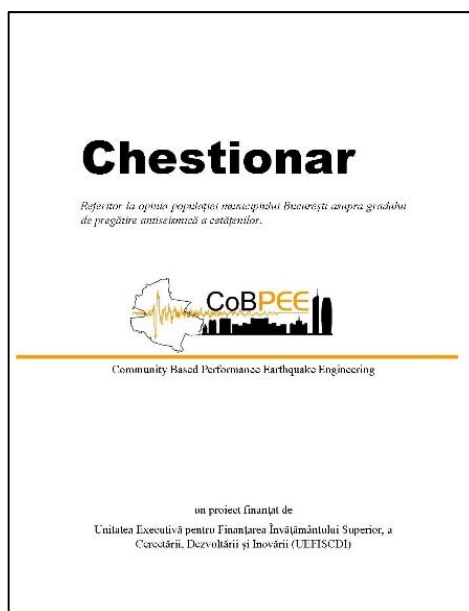


Figura 3.2 Coperta chestionarului – varianta format hârtie

Cercetări similare în domeniu, ce pun accent pe gradul de informare al populației și pe comportamentul acestora în cazul unui cutremur major, au arătat că factorii importanți în determinarea riscului seismic nu sunt numai factorii de tip social, economic, instituțional sau de mediu ci și factori culturali și psihologici. Educația, recurența cutremurelor sau religia joacă un rol important în comportamentul oamenilor în timpul unui cutremur, comportament ce poate să influențeze riscul seismic.

Un studiu realizat de Armaș (2006), unde au fost intervievate 220 de persoane cu scopul de a studia modul în care bucureștenii se comportă în caz de cutremur, în funcție de demografie, statut economic, educațional a arătat că respondenții asociază cutremurele cu moartea sau cu colapsul clădirilor. Cu toate că toți respondenții au trăit experiența unui cutremur, numai 10% dintre aceștia trăiesc cu teama constantă a unui.

Joffe et. al. (2013), prezintă o comparație între atitudinea față de un cutremur a unor respondenți din Seattle (SUA), Osaka (Japonia) și Izmir (Turcia). Studiul a vrut să afle răspunsurile la trei întrebări: (1) Cum trăiesc oamenii din orașe cu un risc ridicat la seism?; (2) Se pregătesc pentru un astfel de eveniment?; (3) Există o legătură între modul în care se pregătesc pentru un potențial cutremur și modul în care percep riscul seismic al orașului în care locuiesc?. În urma interviurilor și a analizei rezultatelor, autorii au ajuns la concluzia că respondenții sunt conștienți de riscul seismic al orașelor în care locuiesc. Turcii și japonezii au sentimente de anxietate și panică, chiar durere în cazul turcilor, când vine vorba de un cutremur, asociindu-le mereu cu cele pe care le-au experimentat. Respondenții din SUA sunt conștienți de riscul seismic însă sunt mai rezervați în exprimarea sentimentelor când vine vorba de acest subiect. Respondenții din Seattle și Osaka își văd orașele mai puțin vulnerabile decât alte orașe, în timp ce respondenții din Izmir, vorbesc despre orașe mai puțin vulnerabile ca al lor, dând ca exemplu, orașe din Japonia. Respondenții americani sunt cei mai optimiști, conștienți de risc, gândesc că e puțin probabil să li se întâmple lor. Când vine vorba de pregătirea pentru cutremur, toți respondenții au răspuns că trebuie să aibă provizii pregătite și să închidă gazul după cutremur. Însă niciun turc și doar 7 americani și 8 japonezi au vorbit despre consolidarea locuințelor.

După seria de cutremure din Canterbury, din perioada 2010-2011, au apărut o serie de studii ce dezvoltă subiectul percepției populației despre cutremur. Seria de cutremure din Noua Zeelandă a avut efecte asupra zonei Canterbury (550000 de locuitori), dar și a regiunii (Potter et. al. 2015). Unul dintre aceste studii (Mora et. al. 2015) are ca bază o serie de mesaje postate pe Twitter (254000 de mesaje) și două grupuri de studiu cu persoane ce lucrează în birouri și vânzări. În cazul mesajelor Twitter studiate, cele mai folosite cuvinte au fost cedare, vechi, coduri, moștenire. Analiza arată că locuitorii sunt conștienți de riscul seismic al zonei, discută despre o nevoie de coduri de proiectare mai performante, despre fondul construit, ce are ca moștenire foarte multe clădiri vechi, nesigure. Grupurile de discuție au avut ca temă siguranța și s-a pornit de la întrebarea: Ce este o clădire sigură și ce este o clădire nesigură? Rezultatele arată că respondenților le este frică de nesiguranța clădirilor ce nu țin de ei (altele decât locuința și clădirea unde își desfășoară activitatea profesională), iar această frică vine din faptul că nu înțeleg codurile de proiectare sau principiul după care funcționează acestea.

Studii despre percepția asupra riscului seismic și calitatea codurilor de proiectare seismică s-au realizat și în Pakistan sau Iran, țări cu activitate seismică. Studiu realizat de Ainuddin et. al. (2014) încearcă să arate percepția pakistanezilor despre riscul seismic. Respondenții chestionarului cunosc riscul seismic, însă nu cunosc mecanismele de funcționare ale unui cod de proiectare. Autorii recomandă ca autoritățile să realizeze programe de informare a populației.

Informarea populației în caz de cutremur în orașele cu risc seismic are un rol mare în diminuarea numărului de persoane ce își pot pierde viața sau se pot răni în cazul unui astfel de eveniment. Organizația Australiana de Chestionare în domeniul Geologiei (AGSO) a realizat o evaluare a riscului în diferite ipoteze de hazard, având ca pilon principal comunitatea. În cazul riscului seismic au fost realizate hărți de zonare seismică, hărți ce fac

microzonarea riscului seismic dar și oferă informații despre adăposturi sau spitalele din apropiere. Astfel de hărți ce folosesc Risk-GIS au fost realizate în orașul Cairns, ce are 86% din clădiri construite pe sedimente moi de nisip (Granger et. al., 1999). Un studiu realizat de Robert W. Kates arată că individul, se comportă diferit în grup. Spiritul de turmă și lipsa de leadership pot duce o persoană ce știe ce să facă în cazul unui cutremur, să se comporte haotic și să ia decizii incorecte de grup. Studiile realizate arată că cu toate că un individ este în cunoștință de cauză când vine vorba de risc, în grup își ajusteze comportamentul ca majoritatea (Kates, 1971). Acest aspect întărește nevoia de a educa populația și de a o informa corect când vine vorba de decizii luate în astfel de situații, când instinctul trebuie să fie cel corect educat (King și MacGregor, 2000) .

Un chestionar efectuat în California, asupra 814 respondenți a arătat că 2 din 3 cred că în cazul unui cutremur de magnitudine mare, clădirea nou construită va fi perfect funcțională. Doar o treime din respondenți cunosc termenul de siguranța vieții și principiul după care se construiesc clădirile. Majoritatea ar fi dispuși să plătească până la 10 \$ suplimentari pe metrul pătrat pentru a avea o clădire mai sigură. 4 din 5 respondenți consideră că este foarte important cum se comportă clădirea la un viitor cutremur (Davis și Porter, 2016). Codurile de proiectare sunt realizate, astfel încât clădirile construite să fie cât se poate de sigure, dar și profitabile, însă tot mai multe studii arată că populația ce trăiește în zone seismice este interesată din ce în ce mai mult de clădiri sigure și mai scumpe (Jaramillo et. al., 2016; Calvi et. al., 2014).

Metodele cercetării statistice pot fi împărțite în două categorii: statistica descriptivă și statistica inferențială, apărute cronologic în această ordine. Prima categorie se ocupă de colectarea informațiilor, a datelor sau a variabilelor, de organizarea, descrierea și prezentarea acestora prin intermediul tabelelor și al reprezentărilor grafice: coloane sau bare, histogramme, diagrame circulare sau prin tronsoane, curbe de frecvențe etc. Cea de-a doua categorie cuprinde partea de interpretare a rezultatelor obținute și care vor fi utilizate ulterior în sintetizarea procesului de investigare sau în procesul decizional.

Statistica descriptivă, partea clasică a statisticii, cuprinde trei etape distincte: observarea statistică (input), urmată de sistematizarea și prelucrarea datelor colectate în prima fază și, ulterior, de analiza și interpretarea rezultatelor (output). Acestora li s-au adăugat în perioada contemporană alte două etape (Săvoiu, 2012): inferența (extrapolarea concluziilor de la parte la întreg, de la subgrup la colectivitate) și decizia statistică.

Observarea statistică constă în culegerea și înregistrarea datelor primare, referitoare la anumite caracteristici, variabile ale unităților statistice, după un program sau plan de observare, riguros stabilit. Scala de măsurare a variabilelor a fost introdusă în anul 1946 de S. Stevens. Ea este larg acceptată și utilizată de comunitatea științifică dar contestată de cea a statisticienilor (Velleman et al., 1993). Variabilele calitative pot fi măsurate pe scalele nominală și ordinală, iar cele cantitative pe scalele de interval și de raport. Totodată, variabilele cantitative pot fi continue sau discrete. Metodele de observare sunt: recensământul, rapoartele statistice, sondajul sau secția statistică, ancheta sau sondajul de opinie, observarea părții principale și monografia.

Metoda de observare utilizată în proiectul COBPEE este sondajul de opinie, chestionarul reprezentând una dintre metodele cele mai utilizate de investigare și de colectare a informațiilor. Acesta constă într-un formular organizat ca o succesiune logică de întrebări, de tip închis, deschis sau dintr-o combinație a acestora. Chestionarul se adresează unui eșantion, adică un grup mai mic de oameni, selectați din cadrul unei populații numeroase. De regulă de ordinul sutelor sau miilor de subiecți, eșantionul se alege după diverse metode (de Singly et al., 1998): eșantionare aleatoare, pe cote, eșantionare stratificată, eșantionarea probabilistică. În cazul cotelor, pentru a putea fi considerat reprezentativ, eșantionul trebuie să aibă caracteristici și o structură similare cu populația de referință. Eșantionul probabilistic reprezintă un model de referință mai ales din punct de vedere statistic.

Reprezentativitatea unui eșantion depinde de mai mulți factori, dintre care pot fi enumerați următorii, conform Rotariu și Iluț (1996): mărimea eșantionului, gradul de omogenitate sau eterogenitate al populației studiate, procedura de eșantionare.

Prelucrarea datelor colectate cu ajutorul unui chestionar se realizează după o metodă de tip statistic, datele colectate fiind introduse cu ușurință în calculator și, ulterior, prelucrate cu ajutorul unor programe specifice.

Variația în funcție de diferiți factori atât pentru datele calitative (care nu au rezultate numerice), cât și pentru cele cantitative (care au rezultate numerice), poate fi investigată cu Analiza de Dispersie (Analysis of Variance) sau ANOVA. Acest tip de analiză indică în ce proporție variația unei populații este determinată de factori fiși, care țin de sistem și în ce proporție este determinată de efecte întâmplătoare. Având în vedere că acest tip de analiză poate fi aplicat în mai multe moduri, după tipul de efect fix sau aleator obținut, alegerea între un tip de analiză sau altul poate fi dificilă și trebuie să țină cont de scopul urmărit. Factorii care determină efecte fixe pot fi: tipuri de tratament, de instrumente, de materiale etc. iar factorii care au efecte întâmplătoare pot fi: zilele, oamenii, animalele etc. (Meloun și Militki, 2012).

J. Lofland et al. (2006) au conceput șase moduri diferite de a analiza tiparele existente într-o anumită cercetare: frecvența, magnitudinea sau gradele de mărime, structura sau tipologiile, tipul de organizare a procesului, cauzele, consecințele. Prin intermediul analizei datelor calitative, date ce nu pot fi exprimate numeric, se poate ajunge la o cunoaștere de profunzime, detaliată a unui fenomen sau proces, acordându-se atenție sporită comportamentului uman, contextului social și legăturii dintre acestea (Gârboan, 2007).

Analiza încrucișată poate fi făcută în două moduri: (I) din punct de vedere al variabilelor, rezultând o concluzie parțială asupra întregului fenomen sau (II) din punct de vedere al unei singure unități statistice, rezultând în acest caz o concluzie detaliată, amănunțită asupra unui singur individ sau a unei părți a fenomenului (Babbie, 2008).

Procesarea datelor calitative necesită o continuă pendulare între teorie și analiză, urmărind descoperirea unor tipologii ale schimbărilor apărute în timp sau a unor posibile legături cauzale între diverse variabile (Babbie, 2008).

Codarea răspunsurilor se realizează selectând unul/două/trei coduri în cadrul răspunsurilor unei întrebări deschise, de exemplu. Există astăzi o serie de programe utilizate pentru

procesarea datelor calitative și a codurilor asociate acestora, dintre care pot fi menționate (Babbie, 2008): Alceste, AnSWR, Atlas.ti, HyperResearch, Qualrus, SPAD, TAMS, T-LAB, Weft, utilizarea funcției Find sau Search în cazul sistemelor de operare Windows.

Datele cantitative sunt acele date exprimate numeric sau care pot fi transformate, cu ajutorul utilizării unor coduri, în date numerice. În cazul datelor colectate prin intermediul chestionarelor, codarea se poate realiza direct pe chestionar. Ulterior, datele sunt introduse în calculator, unde sunt prelucrate și analizate cu ajutorul unor programe speciale, cum ar fi: Excel, SPSS sau MicroCase.

Codarea răspunsurilor la întrebările unui chestionar permite trecerea de la limbajul persoanelor interogate la cel numeric, pe baza distribuțiilor pe orizontală (Singly et al., 1998), organizând informațiile și facilitând astfel analiza computerizată a rezultatelor.

Analiza univariată se referă la analiza variației datelor cauzate de variația unui singur factor sau al unei singure variabile (de ex. Numărul bărbaților și al femeilor respondenți).

Tendința centrală poate fi măsurată prin mai mulți indicatori, dintre care cei mai importanți sunt (Begu et al.) media, mediana și modul.

Distribuția de frecvență indică structurarea unei populații după anumite caracteristici sau variabile, cum ar fi: sexul, ocupația, vârsta, opiniile, atitudinile etc., adică de câte ori au fost observate caracteristicile unei variabile.

Variația poate fi măsurată prin două tipuri de indicatori, în funcție de numărul de variante luate în calcul și de rolul acestora:

- Indicatori simpli: abaterea standard, amplitudinea variației;
- Indicatori sintetici: abaterea medie liniară, dispersia, abaterea medie pătratică și coeficientul de variație.

O ipoteză sau un fenomen pot fi explicate analizându-se legăturile cu alte fenomene. Acest lucru poate fi realizat prin încrucișarea, într-un singur tabel, a două variabile, care pot fi alese: (I) amândouă independente, (II) amândouă dependente sau (III) una independentă și una dependentă. O variabilă independentă poate reprezenta un factor de influență asupra obiectului studiului, iar cealaltă este dependentă de acțiunea celei dintâi (de ex. putem realiza un tabel încrucișat în care să avem o variabilă independent, sexul - femei și bărbați - și o variabilă dependentă, numărul de participanți la acțiunile de donare).

Citirea tabelului se face respectând pe de o parte regula majorității, în raport cu variabila dependentă și, pe de altă parte, regula diferențială, în raport cu variabila independentă (Singly et al., 1998).

Procedura ce permite verificarea unei relații între două variabile, prin introducerea uneia sau mai multor variabile-test. Acest tip de analiză cauzală indică factorii sociali, variabilele independente, care contribuie la realizarea unei realități exprimate prin variabilele dependente, într-un anumit context social, specificat prin variabilele-test (Singly et al., 1998). Un tabel reprezentativ, trebuie să nu depășească ca număr de căsuțe a zecea parte din numărul subiecților anchetați (Singly et al., 1998). O primă analiză a rezultatelor chestionarului se poate face realizând tabele încrucișate pentru întregul chestionar, în funcție de vârstă, gen și profesie.

Sondajul de opinie s-a desfășurat pe o perioadă de 8 luni (februarie – septembrie 2016) și a cumulat un număr total de 1000 de respondenți. Printre metodele de contact ale populației țintă se numără varianta online a chestionarului disponibilă pe pagina web a proiectului (<http://cobpee.utcb.ro/>) și popularizată prin mediile de comunicare socială online și email-uri, precum și distribuirea personală a variantei tipărite a chestionarului. Formatul chestionarului cuprinde atât întrebări închise precum și întrebări deschise, acolo unde a fost cazul, întrebările având un preambul cu explicații suplimentare. Raportul prezintă principalele rezultate obținute în urma analizării statistice a răspunsurilor.

Chestionarul conține 34 de întrebări și este structurat în cinci părți după cum urmează:

- Partea I (6 întrebări) cuantifică nivelul de pregătire și informare al populației referitor la posibilitatea producerii unui cutremur major în România.
- Partea II (6 întrebări) cuantifică aspecte legate de importanța nivelului de siguranță structurală pentru populație precum și așteptările acesteia legate de siguranța clădirilor nou construite.
- Partea III (6 întrebări) cuantifică nivelul de avarii/pagube așteptate de către populație în urma unui cutremur vrâncean de magnitudine mare, precum și disponibilitatea acesteia pentru efectuarea lucrărilor de consolidare ale locuințelor înainte de cutremur.
- Partea IV (8 întrebări) evidențiază atitudinea populației după producerea unui eventual cutremur major, nivelul de așteptări referitor la durata de timp considerată acceptabilă până la revenirea la situația precedentă cutremurului precum și opinia populației referitor la responsabilitatea financiară a reparațiilor clădirilor proprietate personală avariate în timpul evenimentului seismic.
- Partea V (8 întrebări) cuprinde informații generale despre respondenți (vârstă, sex, educație, venit) precum și despre tipul clădirilor în care aceștia locuiesc.

Populația țintă selectată pentru studiu este populația municipiului București, selecția realizându-se pe baza unor criterii precum distribuția populației pe sectoare, distribuția pe sexe sau structura populației după nivelul de instruire absolvit. Pentru validarea eșantionului, rezultatele obținute în urma sondajului de opinie au fost comparate cu datele statistice rezultate în urma Recensământului Populației și al Locuințelor realizat în anul 2011, marja de eroare obținută la nivel de populație fiind +/-3.1%.

În anul 2011, din totalul populației stabile a Bucureștiului de 1.883.425 de locuitori, un număr de 1.011.895 de persoane forma populația de gen feminin, adică un procent 53.7% față de un procent de 46.3% din total, adică un număr de 871.530 de bărbați recenzați la acea dată.

După cum se poate observa din Fig. 3.1, în cadrul respondenților bucureșteni la Sondajul de opinie din 2016, structura populației pe sexe (femei și bărbați) este asemănătoare cu cea stabilită în cadrul locuitorilor capitalei la realizarea Recensământului populației și al locuințelor din 2011.

În anul 2011, distribuția populației pe grupe de vârstă în București era următoarea: copiii și adolescenții, între 0 și 19 ani, reprezentau un procent de 16.4%, populația tânără, între 20 și

34 de ani, avea o pondere de 26.3% din total, un procent de 22.2% era format din persoane mature cu vârste între 35 și 49 de ani, persoanele cu vârste cuprinse în intervalul 50-64 de ani reprezentau 20.6% din total iar grupa persoanelor de peste 65 de ani deținea o pondere mică, de numai 14.4% din total.

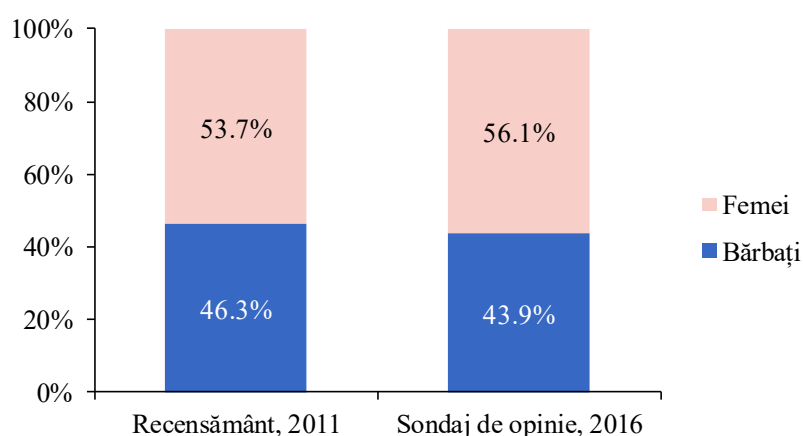


Figura 3.3 Repartiția populației pe sexe

Structura pe grupe de vârstă a respondenților Sondajului din 2016 diferă mult față de cea a Recensământului din 2011, după cum se remarcă în Figura 3.4, în principal pentru faptul că acest sondaj s-a adresat numai persoanelor majore, cu vârste de peste 18 ani.

În acest sens, grupa de vârstă 0-19 ani are o reprezentare minimă, fiind caracterizată de populația de 18 și 19 ani. Grupele de vârstă tinere, 20-34 ani și 35-49 ani au participat în mod semnificativ mai mult la acest Sondaj, depășind fiecare cu aproximativ 10% prezența grupelor de vârstă corespondente, de la Recensământul din 2011. La grupele de vârstă 50-65 ani și peste 65 ani, participarea este mai redusă decât la Recensământ, cu 0.5%, respectiv cu 7.9%. Acest lucru are ca posibilă explicație posibilitatea mai redusă a persoanelor mai în vârstă de a participa la acest Sondaj de opinie, sondajul realizându-se cu precădere în mediul online.

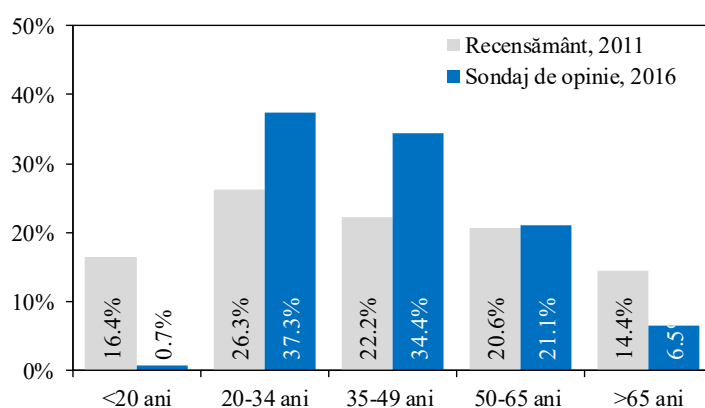


Figura 3.4 Structura populației pe grupe de vârstă

Analiza comparativă a distribuției populației pe sectoare (Figura 3.5), între Recensământul populației și al locuințelor din 2011, pe de o parte și Sondajul de opinie realizat în 2016, pe de altă parte, ne arată că pentru trei sectoare (3, 4 și 6) diferențele procentuale sunt de -1.70%, -0.70%, respectiv -2.40%, în timp ce pentru celelalte trei sectoare (1, 2 și 5) aceste diferențe

au rezultat +4.40%, +5.30%, respectiv -4.80%. Un aspect important de remarcat este faptul că populația sectorului 6, sector format preponderent din imobile colective înalte (blocuri de locuințe), este corect reprezentată la Sondajul de opinie din 2016.

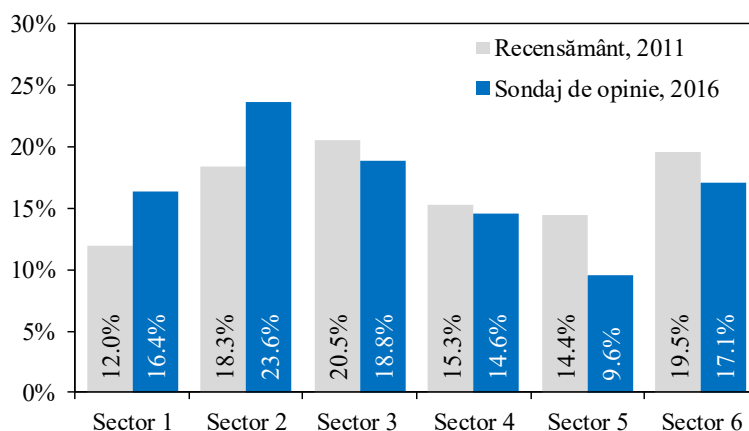


Figura 3.5 Distribuția populației pe sectoare

Din punct de vedere al tipului de imobil locuit, între cele două interogări ale populației procente diferite pentru cele două categorii de locatari, respectiv cu 4.2%, după cum indică Figura 3.6. Astfel, procentul respondenților rezidenți în clădirile individuale la Sondajul din 2016 crește față de cel al participanților de același tip la Recensământul populației și al locuințelor din 2011 iar procentul celor din blocurile de locuințe scade raportat la cele două investigații.

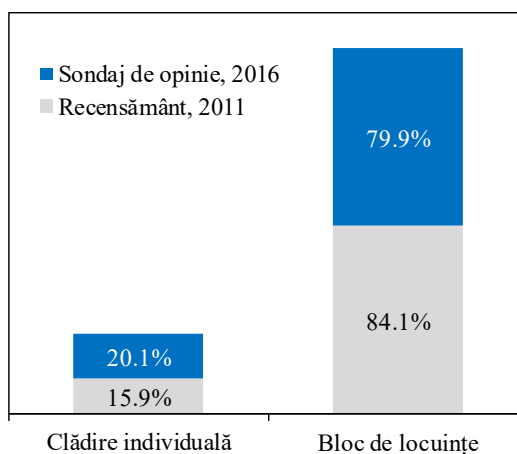


Figura 3.6 Distribuția după tip de clădire

Din totalul populației stabile din municipiul București de 1.883.425 persoane, populația activă abia depășea în anul 2011 un procent de 50,95%, însumând doar 959.532 de persoane. Din totalul populației inactive, pensionarii aveau o pondere de 48,92%, elevii și studenții formau un procent de doar 26,75%, restul de 24,32% fiind persoane casnice, întreținute sau aflate în alte situații. La realizarea Sondajului din 2016, populația ocupată a avut o disponibilitate mult mai mare de a participa, depășind cu mai mult de 50% grupa corespondentă prezentă la Recensământ. Acest lucru poate fi urmărit cu ușurință în Figura 3.7.

De asemenea, se poate remarca scăderea semnificativă a prezenței în cadrul respondenților Sondajului pentru grupele populației inactive: șomeri (-4.9%), pensionari (-17.5%) și elevi/studenți (-6.1%).

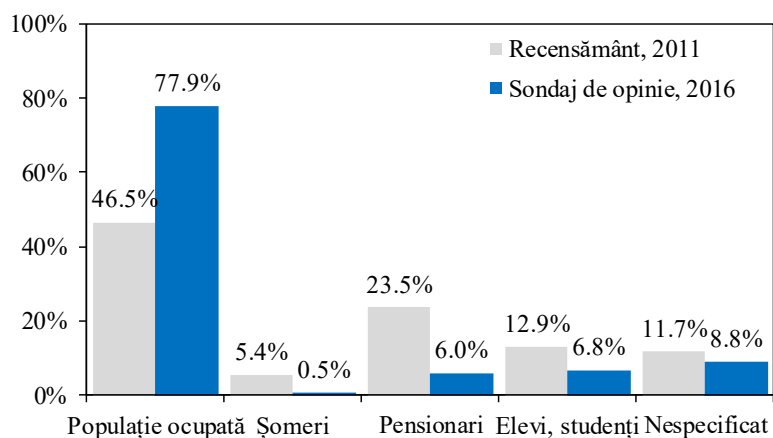


Figura 3.7 Distribuția populației după ocupație

Un subiect extrem de controversat în prezent este consolidarea blocurilor de locuințe ce nu sunt în proprietatea statului, clădiri construite în perioada de până la apariția primelor norme oficiale de proiectare seismică. Aceste clădiri prezintă o vulnerabilitate crescută la un viitor eveniment seismic major generat de sursa Vrancea. Există nenumărate cazuri în care execuția lucrărilor de consolidare au fost stopate din cauza unui procent redus al proprietarilor ce nu au vrut să-și părăsească locuința pe parcursul lucrărilor. Cei care sunt de acord cu consolidarea locuinței proprietate personală, într-un procent majoritar sunt de acord cu efectuarea lucrărilor de consolidare numai cu implicarea financiară a statului, fie prin plata parțială (28.7%), fie prin plata integrală (16.40%), fie prin acordarea unui împrumut fără dobândă (9.9%). Numai un procent de 2.9% au răspuns că ar susține integral consolidarea din punct de vedere financiar, asumându-și astfel responsabilitatea de proprietar.

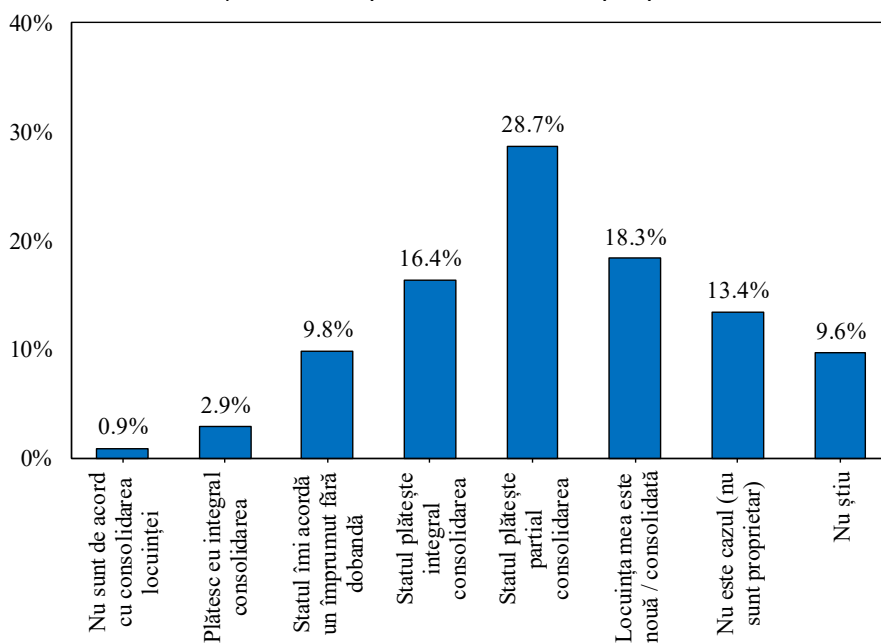


Figura 3.8 Întrebarea 17 Mi-aș consolida locuința proprietate personală <<înainte de cutremur>> dacă:

La întrebarea 18 a chestionarului: *“În cazul în care clădirea în care locuiți este propusă pentru consolidare, ați fi de acord să vă mutați temporar pentru a permite realizarea lucrărilor?”* un procent de 5.4% din cei 985 de respondenți au răspuns *“Nu”* (Figura 3.9), printre explicațiile primite enumerându-se motive precum imposibilitatea financiară a închirierii unei locuințe alternative pe durata desfășurării lucrărilor de consolidare, neîncrederea că vor beneficia de lucrări de calitate, neîncrederea în respectarea termenelor de finalizare a lucrărilor, precum și credința că dacă locuința lor nu a suferit avarii la cutremurul din 1977 atunci clădirea este sigură. Alte motive enumerate au fost lipsa timpului, posesia unei locuințe suplimentare (ca atare proprietarul nu locuiește în clădirea ce necesită consolidare), și lipsa confortului personal.

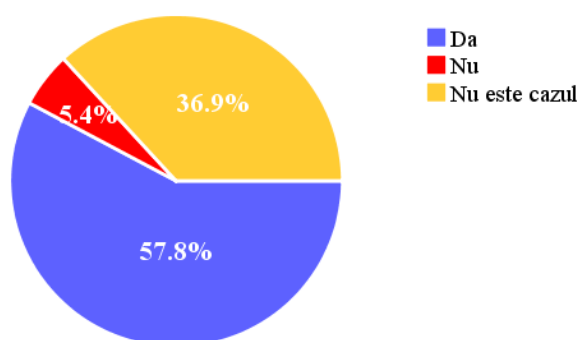


Figura 3.9 Întrebarea 18. *În cazul în care clădirea în care locuiți este propusă pentru consolidare, ați fi de acord să vă mutați temporar pentru a permite realizarea lucrărilor?*

Analiza statistică a rezultatelor sondajului de opinie din cadrul proiectului COBPÉE arată că 45.7% dintre respondenți au trăit cel puțin un cutremur major generat de sursa Vrancea (10 noiembrie 1940 sau 4 martie 1977). Dintre aceștia, 6.9% au răspuns că nu sunt de acord cu mutarea temporară în cazul în care locuința lor ar fi propusă pentru consolidare (Figura 3.10).

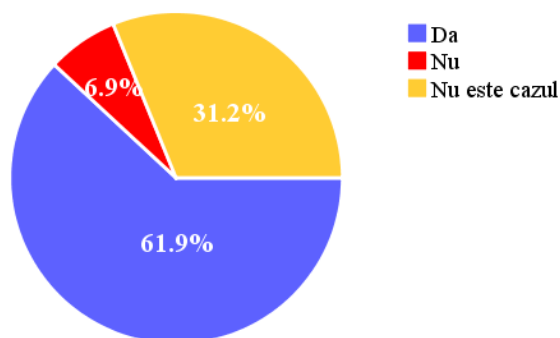


Figura 3.10 Răspunsurile celor 45.7% care au trăit cel puțin un cutremur major la întrebarea: 18. *În cazul în care clădirea în care locuiți este propusă pentru consolidare, ați fi de acord să vă mutați temporar pentru a permite realizarea lucrărilor?*

O analiză similară a arătat că 26.9% dintre respondenți locuiesc în blocuri de locuințe construite înainte de anul 1977. Dintre aceștia, 18.7% nu sunt de acord cu părăsirea locuinței pentru a permite efectuarea lucrărilor de consolidare, 6.9% locuind în clădiri construite înainte de anul 1940, 8.0% în clădiri construite în perioada 1941...1963 și 3.8% în perioada 1964...1977 (Figura 3.11). De remarcat faptul că cel mai mare procentaj s-a obținut pentru cei care locuiesc în clădiri construite în perioada 1941...1963 care sunt recunoscute a fi printre cele mai vulnerabile din punct de vedere seismic, fiind clădiri relativ înalte construite într-o

perioadă în care cunoștințele de inginerie seismică erau limitate. Se subliniază faptul că primul normativ pentru proiectarea construcțiilor civile și industriale din regiuni seismice a apărut în anul 1963.

Rezultatele obținute confirmă astfel situația reală, și anume, că un număr restrâns de locatari pot să împiedice, din varii motive, efectuarea lucrărilor de consolidare a unei clădiri vulnerabile și aflate în pericolul de a suferi avarii importante sau chiar de prăbușire în eventualitatea unui cutremur major din sursa Vrancea.

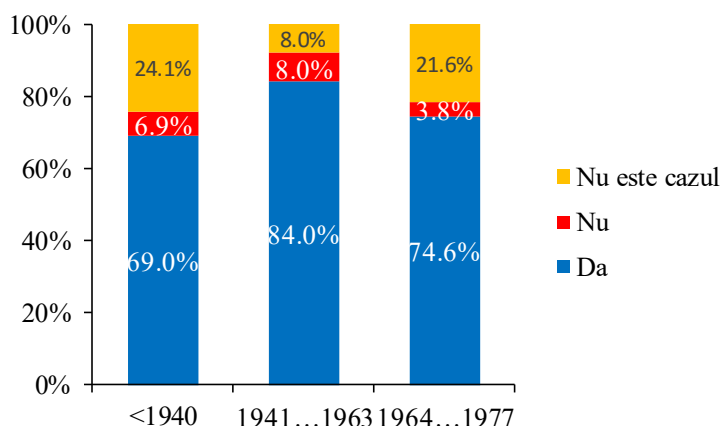


Figura 3.11 Răspunsurile celor 26.9% dintre respondenții ce locuiesc în blocuri de locuințe construite înainte de anul 1977 la întrebarea: 18. *În cazul în care clădirea în care locuiți este propusă pentru consolidare, ați fi de acord să vă mutați temporar pentru a permite realizarea lucrărilor?*

Referitor la repartitia pe grupe de vârstă (Figura 3.4), 0.7% dintre respondenți au vârste până în 20 de ani, 37.3% între 20 și 34 de ani, 34.4% între 35 și 49 de ani, 21.1% între 50 și 65 de ani și 6.6% au vârste peste 65 de ani. În Tabelul 1 se evidențiază răspunsurile valide (în număr de 901) obținute la întrebarea 18 a chestionarului: *“În cazul în care clădirea în care locuiți este propusă pentru consolidare, ați fi de acord să vă mutați temporar pentru a permite realizarea lucrărilor?”* corespunzătoare fiecărui interval de vârstă considerat. Raportându-se numărul răspunsurilor negative la numărul total de răspunsuri pentru fiecare interval de vârstă se obțin următoarele rezultate:

- < 20 ani: 16.7%
- 20—34 ani: 3.84%
- 35—49 ani: 3.23%
- 50—65 ani: 10.47%
- > 65 ani: 5.26%

Putem astfel concluziona că respondenții cu vârste cuprinse în intervalul 50-65 ani sunt cei care sunt reticenți cu privire la efectuarea lucrărilor de consolidare și nu ar fi de acord să se mute temporar pentru a permite realizarea lucrărilor. Este surprinzător faptul că dintre cei cu vârste peste 65 de ani, un număr mai mic de respondenți nu sunt de acord cu mutarea, în comparație cu intervalul de vârstă 50-65ani.

Tabel 3.1 Tabel încrucișat – răspunsuri la întrebarea 18 a chestionarului pe intervale de vârstă

		18. În cazul în care clădirea în care locuiți este propusă pentru consolidare, ați fi de acord să vă mutați temporar pentru a permite realizarea lucrărilor?			Total
		Da	Nu	Nu este cazul	
Categorie vârstă	<20	3	1	2	6
	20-34	182	13	143	338
	35-49	188	10	111	309
	50-65	120	20	51	191
	>65	31	3	23	57
Total		524	47	330	901

O analiză a responsabilității financiare asupra clădirilor proprietate personală avariate în urma unui cutremur major, arată că majoritatea respondenților (51.7%) alocă această responsabilitate firmei asiguratoare în condițiile în care 63.9% dintre proprietari dețin asigurarea obligatorie și, în plus, 37.5% dețin și o asigurare facultativă. Un procent de 35.8% dintre respondenți consideră că statul ar trebui să se implice fie prin asumarea integrală a responsabilității financiare fie prin acordarea unui împrumut preferențial. Numai 7.9% dintre respondenți consideră că responsabilitatea reparației clădirilor avariate pică doar asupra proprietarului.

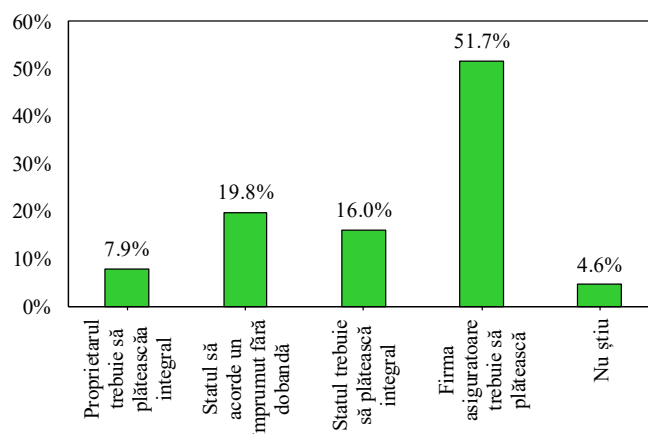


Figura 3.12 Întrebarea 26. Cine credeți că ar trebui să participe financiar la repararea clădirilor <<proprietate personală>> avariate în urma unui cutremur major?

Referitor la atitudinea populației după producerea unui eventual cutremur major, la întrebarea 24 a chestionarului *După un cutremur major sunteți nevoit să părăsiți locuința. Ce adăpost temporar alegeți?*, întrebare cu variante multiple de răspuns, majoritatea respondenților ar alege adăpostul oferit de rude sau prieteni în cazul în care ar fi nevoiți să-și părăsească locuința în timp ce numai 21.0% ar alege un adăpost oferit de către autorități sau asociații ONG (Figura 3.13).

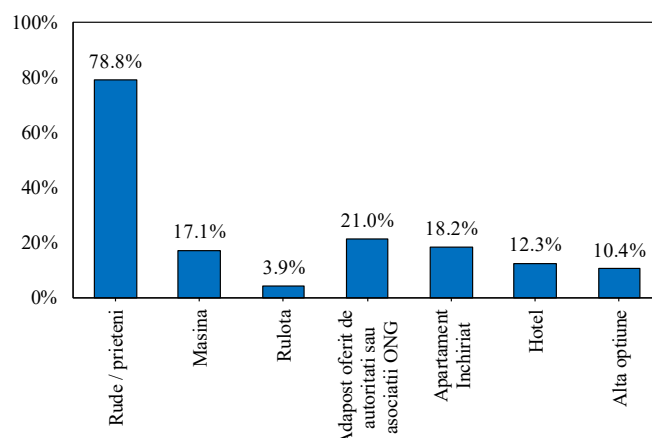


Figura 3.13 Întrebarea 24. *După un cutremur major sunteți nevoiți să părăsiți locuința. Ce adăpost temporar alegeți?*

Atunci când au fost întrebați dacă ar fi de acord să ofere adăpost pe termen scurt persoanelor afectate de cutremur, 89.6% au răspuns afirmativ cu referire la adăpostirea persoanelor cunoscute de la o perioadă de o zi la câteva luni în timp ce numai 54.2% ar fi de acord să ofere adăpost oricărei persoane, majoritatea numai pentru câteva zile (Figura 3.14)

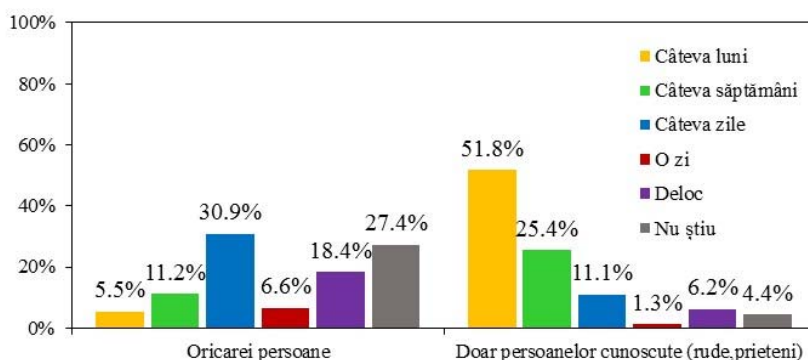


Figura 3.14 Întrebarea 21. *După un cutremur major, ați fi de acord să oferiți adăpost temporar pe termen scurt?*

În eventualitatea unui cutremur major, majoritatea populației ar găsi acceptabilă o perioadă de numai o zi pentru revenirea la utilități precum apă sau telefonie, în timp ce pentru electricitate și gaze, o perioadă de câteva zile este acceptabilă pentru aproximativ jumătate dintre respondenți (Figura 3.15).

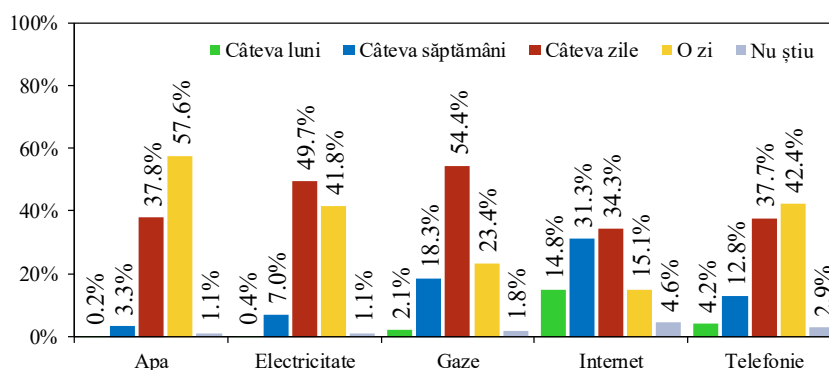


Figura 3.15 Întrebarea 22. *După un cutremur major, care este perioada care vi se pare <<acceptabilă>> până la revenirea accesului la: apă, electricitate, gaze, internet, telefonie?*

Este de apreciat și faptul că o mare parte din populație ar fi de acord să ofere ajutor umanitar prin diferite metode, de la degajarea dărmăturilor la donarea de sânge. Dintre toate metodele de ajutor, oferirea de ajutor financiar a obținut procentajul cel mai scăzut (Figura 3.16).

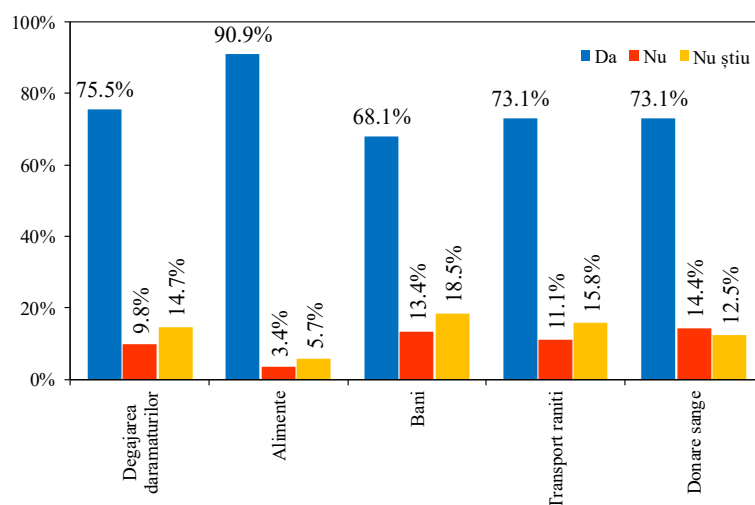


Figura 3.16 Întrebarea 20. După un cutremur major, ați fi de acord să oferiți ajutor umanitar prin:

Sondajul de opinie realizat în cadrul proiectului de cercetare „Inginerie seismică de performanță bazată pe comunitate”, acronim (CoBPÉE) reprezintă o primă etapă în realizarea principalului obiectiv al proiectului, și anume crearea unui cadru îmbunătățit pentru proiectarea/evaluarea structurală prin implicarea populației.

Sondajul a avut ca subiect populația din municipiul București și s-a desfășurat pe o perioadă de aproximativ 8 luni, cumulând un număr total de 1000 de respondenți și atingându-se astfel target-ul propus inițial. Întrebările au fost sistematizate în patru părți ce cuantifică, în parte, nivelul de pregătire și informare al populației referitor la posibilitatea producerii unui cutremur major în România, aspecte legate de importanța nivelului de siguranță structurală, nivelul de avarii/pagube așteptate de către populație în urma unui cutremur major, precum și nivelul de implicare al populației după producerea unui eventual cutremur major.

Rezultatele obținute arată că 63% din respondenți sunt conștienți de eventualitatea producerii unui eveniment seismic major în România. Cu toate acestea, mai puțin de jumătate (41.6%) sunt informați cu privire la măsurile de prevenire și comportamentul pe care trebuie să-l aibă în caz de cutremur conform broșurii *Ghidul cetățeanului pentru situații de urgență* al IGSU, doar 4.9% au pregătit “rucsacul pentru situații de urgență” sau ceva similar și numai 9.6% dintre respondenți au stabilit un loc de întâlnire cu familia după cutremur. Aceste date arată faptul că bucureștenii, deși sunt conștienți de posibilitatea producerii unui cutremur major în România, nu par a fi pregătiți pentru a face față unei astfel de situații.

Majoritatea respondenților s-ar simți cel mai în siguranță într-o clădire construită în perioada 1978-1992 (39.1%) față de 26.5% care s-ar simți cel mai în siguranță într-o clădire construită recent (2007 – prezent), cu toate că normativele de proiectare seismică au evoluat semnificativ. Aceasta dovedește pe de o parte lipsa de informare a cetățenilor cu privire la

nivelul de siguranță adoptat în prezent în codurile de proiectare iar, pe de altă parte, lipsa de încredere în respectarea proiectelor de construcții.

Subiectul legat de consolidarea structurilor vulnerabile existente a fost adresat prin intermediul a două întrebări, pe de o parte dacă cei ce locuiesc în astfel de locuințe ar fi dispuși să părăsească locuința temporar pentru permiterea realizărilor lucrărilor de consolidare iar, pe de altă parte, în ce măsură ar fi dispuși să participe financiar, în calitate de proprietari, la consolidarea clădirii. Majoritatea respondenților consideră că statul trebuie să se implice financiar, fie prin plata parțială (28.7%), fie prin plata integrală (16.4%), fie prin acordarea unui împrumut fără dobândă (9.9%). Acest fapt arată în primul rând lipsa posibilității financiare cetățenilor și, în al doilea rând, lipsa asumării responsabilității. Referitor la cei ce nu doresc să părăsească locuința, în mod paradoxal, cele mai multe refuzuri sunt asociate celor care locuiesc în tipurile de clădiri cele mai vulnerabile (blocuri de locuințe construite în perioada 1941..1963). Motivele invocate au fost variate, cele mai citate fiind lipsa banilor pentru a plăti o eventuală chirie sau lipsa unei locuințe temporare.

Referitor la atitudinea populație post-cutremur, marea majoritate a bucureștenilor ar fi de acord să ofere ajutor umanitar prin diferite metode, de remarcat totuși că cel mai scăzut procentaj a fost obținut pentru oferirea de ajutor financiar.

Sondajul de opinie realizat în cadrul proiectului de cercetare „Inginerie seismică de performanță bazată pe comunitate”, acronim (CoBPÉE) reprezintă o primă etapă în realizarea principalului obiectiv al proiectului, și anume crearea unui cadru îmbunătățit pentru proiectarea/evaluarea structurală prin implicarea populației.

Sondajul a avut ca subiect populația din municipiul București și s-a desfășurat pe o perioadă de aproximativ 8 luni, cumulând un număr total de 1000 de respondenți și atingându-se astfel target-ul propus inițial. Întrebările au fost sistematizate în patru părți ce cuantifică, în parte, nivelul de pregătire și informare al populației referitor la posibilitatea producerii unui cutremur major în România, aspecte legate de importanța nivelului de siguranță structurală, nivelul de avarii/pagube așteptate de către populație în urma unui cutremur major, precum și nivelul de implicare al populației după producerea unui eventual cutremur major.

Rezultatele obținute arată că 63% din respondenți sunt conștienți de eventualitatea producerii unui eveniment seismic major în România. Cu toate acestea, mai puțin de jumătate (41.6%) sunt informați cu privire la măsurile de prevenire și comportamentul pe care trebuie să-l aibă în caz de cutremur conform broșurii *Ghidul cetățeanului pentru situații de urgență* al IGSU, doar 4.9% au pregătit “rucsacul pentru situații de urgență” sau ceva similar și numai 9.6% dintre respondenți au stabilit un loc de întâlnire cu familia după cutremur. Aceste date arată faptul că bucureștenii, deși sunt conștienți de posibilitatea producerii unui cutremur major în România, nu par a fi pregătiți pentru a face față unei astfel de situații.

Majoritatea respondenților s-ar simți cel mai în siguranță într-o clădire construită în perioada 1978-1992 (39.1%) față de 26.5% care s-ar simți cel mai în siguranță într-o clădire construită recent (2007 – prezent), cu toate că normativele de proiectare seismică au evoluat semnificativ.

Subiectul legat de consolidarea structurilor vulnerabile existente a fost adresat prin intermediul a două întrebări, pe de o parte dacă cei ce locuiesc în astfel de locuințe ar fi dispuși să părăsească locuința temporar pentru permiterea realizărilor lucrărilor de consolidare iar, pe de altă parte, în ce măsură ar fi dispuși să participe financiar, în calitate de proprietari, la consolidarea clădirii. Majoritatea respondenților consideră că statul trebuie să se implice financiar, fie prin plata parțială (28.7%), fie prin plata integrală (16.4%), fie prin acordarea unui împrumut fără dobândă (9.9%). Acest fapt arată în primul rând lipsa posibilității financiare cetățenilor și, în al doilea rând, lipsa asumării responsabilității.

Referitor la cei ce nu doresc să părăsească locuința, în mod paradoxal, cele mai multe refuzuri sunt asociate celor care locuiesc în tipurile de clădiri cele mai vulnerabile (blocuri de locuințe construite în perioada 1941..1963). Motivele invocate au fost variate, cele mai citate fiind lipsa banilor pentru a plăti o eventuală chirie sau lipsa unei locuințe temporare.

Referitor la atitudinea populație post-cutremur, marea majoritate a bucureștenilor ar fi de acord să ofere ajutor umanitar prin diferite metode, de remarcat totuși că cel mai scăzut procentaj a fost obținut pentru oferirea de ajutor financiar.

Activitatea 4 - Derivarea scenariilor de cutremur din sursa Vrancea pentru municipiul București

4.1 Evaluarea simulărilor stochastice folosind mișcări seismice înregistrate în București

În cadrul raportului științific aferent fazei din anul 2015 al proiectului COBPEE au fost evaluate două metode de simulare stochastică a mișcărilor seismice. Prima metoda aplicată în cadrul programului SMSIM (Boore, 2005) propune o modelare tip punct a sursei seismice, iar cea de-a doua abordare cuprinsă în cadrul programului EXSIM (Motazedian și Atkinson, 2005) propune o modelare de tip falie a sursei seismice. Rezultatele analizelor au arătat că programul EXSIM oferă rezultate mai apropiate de cele înregistrate în timpul cutremurelor vrâncene puternice din ultimii 40 de ani. Pentru a valida rezultatele simulărilor stochastice cu programul EXSIM, s-au comparat în Figura 4.1 spectrele medii de accelerații normalizate observate în zona municipiului București la cutremurele vrâncene din august 1986 ($M_W = 7,1$, $h = 131$ km) și mai 1990 ($M_W = 6,9$, $h = 91$ km) cu cele simulate în programul EXSIM pentru cutremure având magnitudini similare și distanțe epicentrale comparabile. Pentru modelarea comportării terenului s-a utilizat un profil mediu de teren aplicabil pentru tot Bucureștiul propus de Bălă et al. (2009). Se poate observa faptul că cele două spectre medii de accelerații normalizate sunt destul de apropiate în cazul cutremurului din august 1986, mai ales pentru perioade scurte și medii. Diferențe mai mari între spectrele observate și cele simulate apar pentru evenimentul seismic din mai 1990, în special în domeniul de perioade lungi.

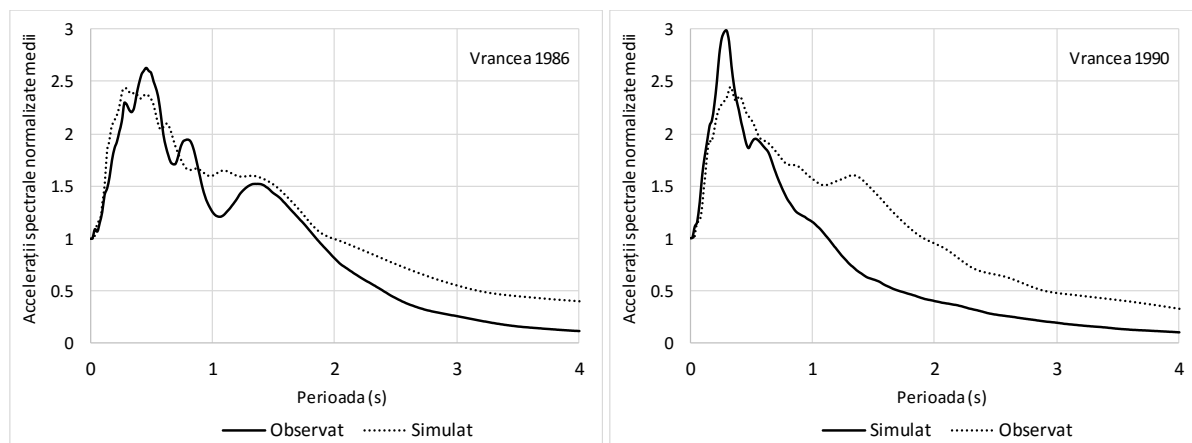


Figura 4.1 Comparație între spectrele medii observate la cutremurele din august 1986 (sus) și mai 1990 (jos) și spectrele simulate folosind programul EXSIM pentru zona municipiului București

În studiul lui (Pavel et al. 2016a) sunt comparate spectrele mișcărilor seismice înregistrate în timpul cutremurelor vrâncene din 4 martie 1977 ($M_W = 7,4$, $h = 94$ km), 30 august 1986 ($M_W = 7,1$, $h = 131$ km) și 30 mai 1990 ($M_W = 6,9$, $h = 91$ km) cu cele simulate folosind programul EXSIM (Motazedian și Atkinson, 2005) pentru stația seismică INCERC. Pentru amplasamentul INCERC, condițiile de teren sunt descrise pe baza amplificărilor rezultate din profilul de viteze propus de Constantinescu și Enescu (1985). Comparățiile dintre mișcările observate și cele

simulate sunt prezentate în Figura 4.2. Se poate observa foarte clar că spectrele simulate au aceeași alura ca cele observate. Totodată, se mai poate remarca amplificarea pentru perioade spectrale de aproximativ 1,5 s vizibilă pe ambele tipuri de spectre. În plus, se mai poate evidenția faptul că amplificările spectrale din domeniul de perioade lungi scad odată cu scăderea magnitudinii evenimentului seismic (de la cutremurul din 1977 la cel din 1990).

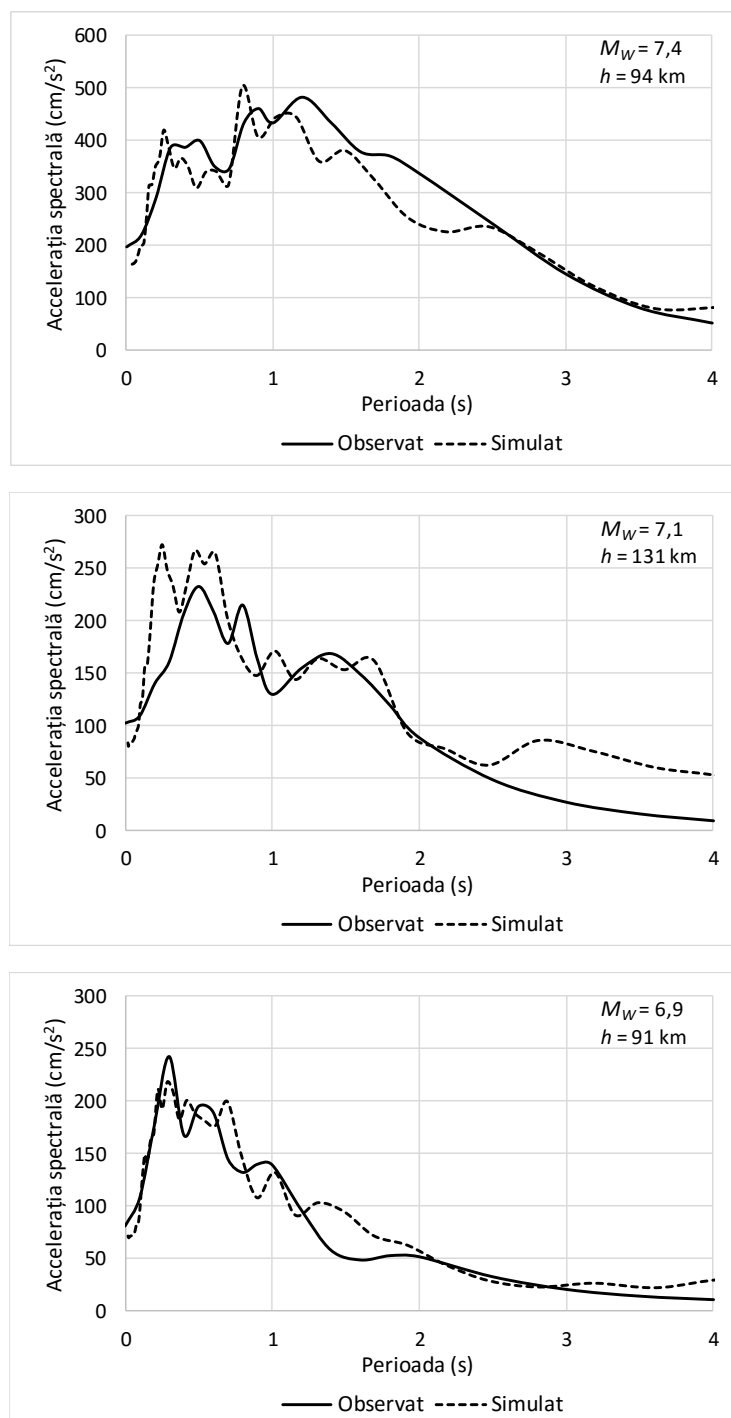


Figura 4.2 Comparații între spectrele observate și cele simulate folosind programul EXSIM (Motazedia și Atkinson, 2005) pentru stația seismică INCERC și pentru cutremurele vrâncene din martie 1977 (sus), august 1986 (mijloc) și mai 1990 (jos) (Pavel et al. 2016a)

Un alt exemplu de utilizare a simulărilor stochastice este prezentat în lucrarea lui Pavel et al. (2016c). În această lucrare sunt simulate mișcări seismice pentru 13 amplasamente din București și din împrejurimi utilizând programul de simulare EXSIM. Ipotezele de simulare sunt:

- modelul pentru $Q(f)$ este de forma $100 \cdot f^{1,20}$, așa cum rezultă din studiul lui Pavel și Văcăreanu (2015) efectuat pe 247 perechi de componente orizontale înregistrate la 57 de stații seismice în timpul a nouă cutremure de adâncime intermediară produse în sursa seismică Vrancea între anii 1986 – 2013;
- dimensiunile suprafeței de rupere a cutremurului sunt calculate pe baza relațiilor propuse de Wells și Coppersmith (1994);
- densitatea și viteza undelor seismice de forfecare în vecinătatea sursei sunt preluate din studiul lui Oth et al. (2009);
- singură valoare a căderii de tensiune folosită în simulări, $\Delta\sigma = 120$ bari,
- viteza de propagare a ruperii este de asemenea constantă ($= 0,8 \times$ viteza undelor de forfecare),
- condițiile de teren sunt modelate pe baza amplificărilor rezultate din raportul spectral H/V (horizontal to vertical) (Nakamura, 1989).

Simulările au fost efectuate pentru 11 poziții ale epicentrului care acoperă întreaga sursă de adâncime intermediară Vrancea, în timp ce magnitudinea evenimentelor seismice este $M_w = 5,5; 6,5; 7,5$. Adâncimile de focar sunt cuprinse în intervalul 90 – 150 km. Distanțele hipocentrale rezultate au valori între 150 km și 230 km. În **Error! Reference source not found.** sunt comparate spectrele medii de accelerații absolute, spectrele medii normalizate de accelerații absolute, precum și coeficienții de variație asociați accelerațiilor spectrale pentru cele trei valori de magnitudini ($M_w = 5,5; 6,5; 7,5$). Prima observație referitoare la **Error! Reference source not found.** este că odată cu creșterea magnitudinii evenimentului seismic, are loc o creștere a valorilor accelerațiilor spectrale, precum și o descreșterea a valorii maxime a factorului de amplificare dinamică (spectrul de accelerații normalizate). Totodată, odată cu creșterea magnitudinii evenimentului seismic, cresc și ordonatele spectrale în domeniul de perioade lungi. Distribuția coeficienților de variație asociați accelerațiilor spectrale arată o creștere a variabilității odată cu perioada spectrală, precum și prezența unor vârfuri la 0,5 s și 2,0 s, respectiv.

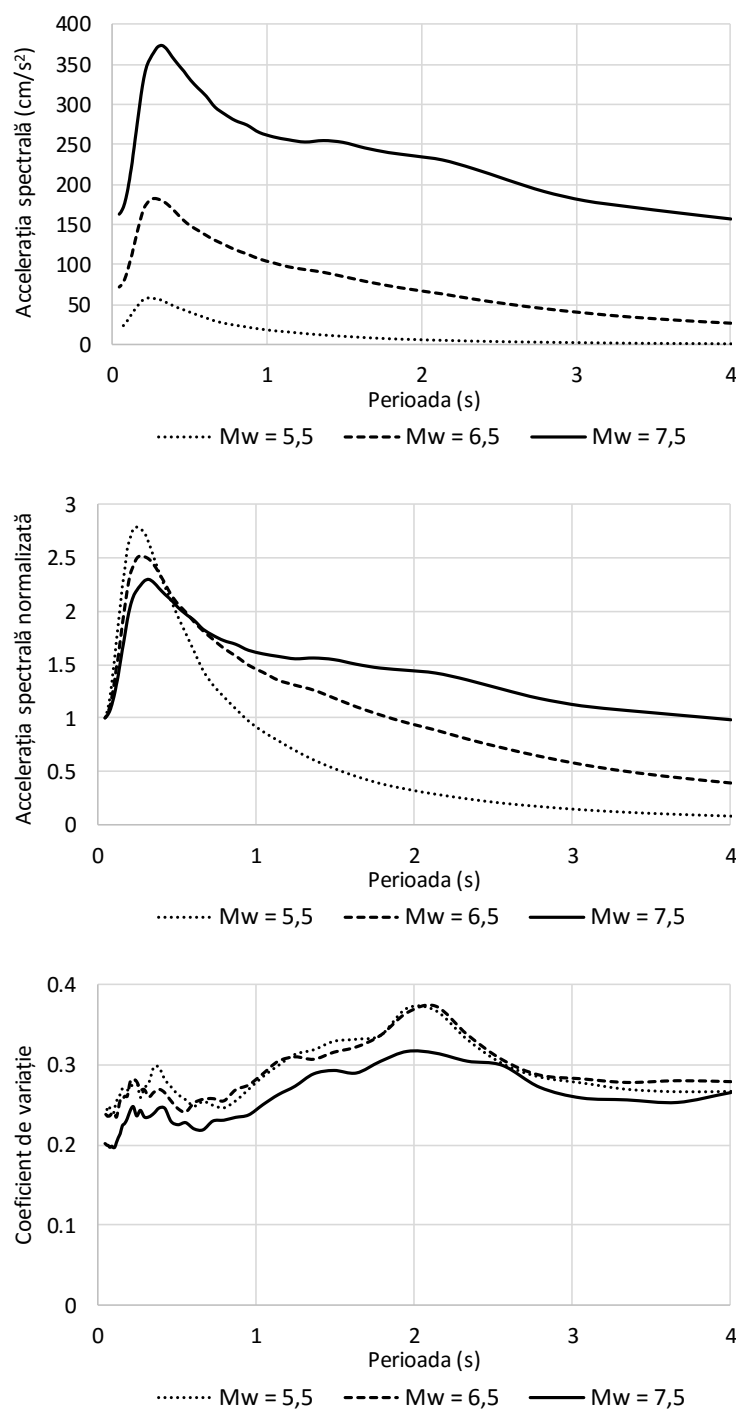


Figura 4.3 Comparații între spectrele medii de accelerații absolute (sus), spectrele de accelerații normalizate (mijloc) și coeficienții de variație asociați accelerațiilor spectrale în funcție de mărimea (Pavel et al. 2016c)

4.2 Derivarea scenariilor de cutremur din sursa seismică Vrancea

În cadrul raportului științific aferent fazei din anul 2015 al proiectului COBPEE a fost evaluat hazardul seismic pentru municipiul București.

Dezagregarea hazardului seismic (McGuire, 1995) reprezintă evaluarea contribuțiilor relative ale fiecărei surse seismice și a fiecărei distanțe sursă-amplasament, magnitudini sau a numărului de abateri standard asupra nivelului de hazard seismic pentru un anumit amplasament. Prin această operație se pot identifica diferite scenarii de cutremure (caracterizate de o anumită magnitudine, distanță sursă-amplasament sau număr de abateri standard care se adaugă la mediană) care sunt caracteristice unui anumit interval mediu de recurență (*IMR*).

Seismicitatea observată din sursa seismică de adâncime intermediară Vrancea este comparată cu legea de recurență a magnitudinilor de tip Gutenberg-Richter trunchiat (McGuire, 2004) în Figura 4.4. Valorile parametrilor de seismicitate din relația Gutenberg-Richter trunchiată au fost preluați din Văcăreanu et al. (2016). Este evident faptul că distribuție teoretică este aproape identică cu distribuția reală a magnitudinilor cutremurelor din sursa Vrancea. Astfel, se pot calcula intervalele medii de recurență pentru diferite valori de magnitudini.

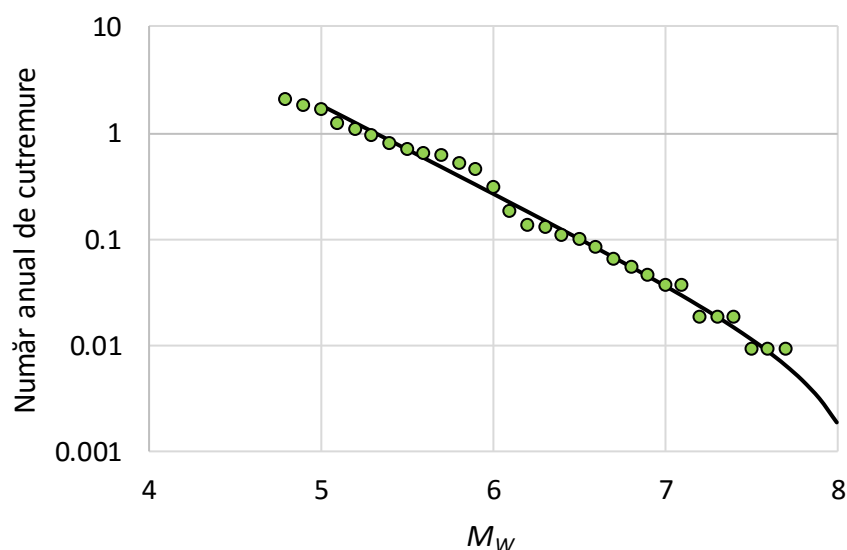


Figura 4.4 Comparare între seismicitate observată și legea de recurență Gutenberg-Richter trunchiate pentru sursa seismică de adâncime intermediară Vrancea

În codul actual de proiectare seismică P100-1/2013 (2013) acțiunea seismică este definită pentru calculul la Starea Limită Ultimă (SLU) ca având un interval mediu de recurență (perioadă medie de revenire) de 225 ani (probabilitate de depășire de 20% în 50 de ani). Pentru calculul la Starea Limită de Serviciu (SLS), acțiunea seismică are asociată un interval mediu de recurență mai mic.

Activitatea 5 - Derivarea parametrilor de performanță ai comunității

5.1 Stabilirea unei legături între parametrii de performanță ai comunității și comportarea materialelor de construcții/structurilor

Evaluarea comportării fondului construit existent în timpul unui cutremur reprezintă un rezultat al analizei de risc seismic. Evaluarea riscului seismic al construcțiilor existente este un procedeu complex ce depinde de metodele de descriere a hazardului seismic și a vulnerabilității seismice a construcțiilor. Alegerea metodei de evaluare a vulnerabilității seismice depinde de nivelul de detaliu la care construcțiile ce urmează să fie analizate sunt caracterizate. Astfel, în funcție de calitatea și cantitatea informațiilor de care dispunem și de importanța zonei analizate, metoda de evaluare a vulnerabilității poate să se refere la o clădire individuală, la un tip de sistem structural, la o categorie de construcții sau la o clasă de vulnerabilitate.

În cadrul proiectului COBPEE, evaluarea vulnerabilității seismice se face pe baza rezultatelor de la recensământul din anul 2011. Aceste date, referitoare la anul de construcție, regimul de înălțime și materialul de construcție au fost disponibile la nivel de sector.

Cea mai cunoscută metoda de evaluare a vulnerabilității construcțiilor bazată pe niveluri de performanță este HAZUS-MH (2012). Metoda are la bază patru concepte fundamentale: curba de capacitate, spectrul de cerință seismică, punctul de performanță și curbele de fragilitate. Curba de capacitate reprezintă relația dintre rezistența laterală și deplasarea structurii și se obține în urma unei analize de tip static neliniar (pushover). Punctul de performanță se obține prin intersecția curbei de capacitate cu spectrul de cerință seismică caracteristic amplasamentului. Curbele de fragilitate estimează probabilitatea de a atinge sau de a depăși anumită stare limită de avariere dată fiind o anumită valoare a unui parametru al mișcării seismice. Pentru a evalua gradul de avariere al structurii, localizarea punctului de performanță se compară cu limitele stărilor de avariere predefinite în funcție de forma curbei de capacitate. HAZUS-MH (2012) definește curbe de capacitate și parametrii acestora (valoarea mediană și abaterea standard a distribuției lognormale) pentru construcția curbelor de fragilitate pentru 36 tipologii diferite de structuri.

În Manualul Tehnic HAZUS-MH(2012) sunt definite stările de avariere Ușoară, Moderată, Extinsă și Completă. Probabilitatea de a fi în sau de a depăși o stare de avariere dată este modelată prin funcția de repartiție de tip lognormal, ea fiind cea mai uzuală formă a unei funcții de fragilitate seismică având unele proprietăți particulare ce sunt ușor de implementat în analizele de fragilitate.

Un obiectiv de performanță structural se definește ca fiind comportarea dorită pentru acea structură în cazul unei mișcări seismice de o anumită amplitudine (ATC-40). Un anumit obiectiv de performanță ține cont atât de comportarea elementelor structurale, cât și de comportarea elementelor nestructurale. Recomandarea din ATC-40 (1996) pentru obiectivele minime de performanță ale clădirilor în funcție de importanța acestora este propusă în Figura 5.1.

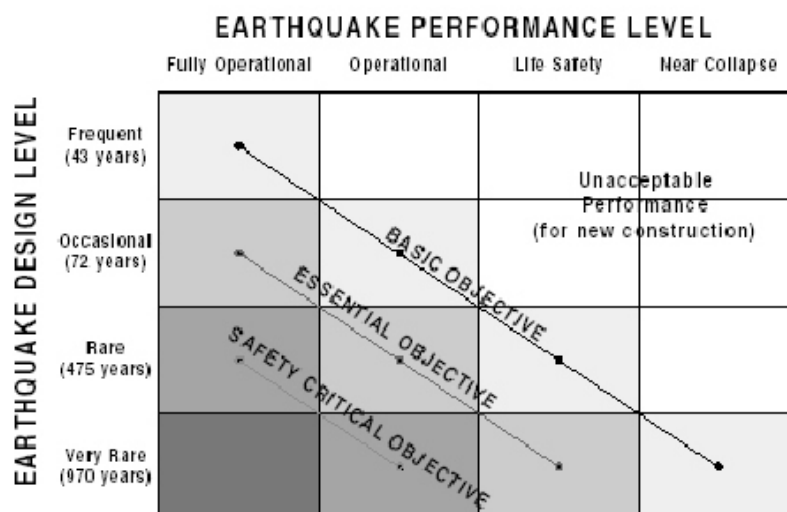


Figura 5.1 Obiective minime de performanță pentru clădiri (ATC-40)

Comportarea/permanența structurală poate fi evaluată folosind mai mulți indicatori, atât indicatori globali cum ar fi driftul maxim de etaj, ductilitatea globală a structurii, sau rapoarte între perioadele structurii înainte și după ce acțiunea seismică a încetat sau indicatori locali, precum rotirea sau curbura maximă a diferitelor elemente structurale, deformația specifică maximă din beton sau armătură, energia disipată, sau indicatori compuși precum indicatorul Park-Ang care ține cont atât de ductilitate, cât și de energia disipată.

5.2 Derivarea parametrilor de performanță ai comunității

Mieler et al. (2014) menționează trei tipuri de parametri de performanță ai comunității. Aceștia sunt: efecte nedorite, funcțiile vitale ale comunității și sisteme/componente importante. Un exemplu de efect nedorit este plecarea în număr masiv a rezidenților comunității respective după un dezastru (așa cum s-a întâmplat în New Orleans după uraganul Katrina) sau închiderea unor firme/activități economice de a căror funcționare depindea un număr mare din locuitori. Cea de-a doua categorie de parametri de performanță include serviciile/facilitățile necesare astfel încât să nu aibă loc un efect nedorit. Mieler et al. (2014) oferă ca exemplu existența unor adăposturi/locuințe temporare în interiorul comunității și în care să poată fi cazate persoanele care nu se mai pot întoarce la locuințele lor în urma dezastrului natural. Un alt exemplu este lipsa școlilor sau a locurilor de muncă în perioada de după dezastrul natural. Ultimul tip de parametri de performanță include atât fondul construit permanent al unei comunități, cât și adăposturile/locuințele temporare și serviciile publice (apă, electricitate, gaz, telefonie, etc.). În cadrul sondajului de opinie efectuat în cadrul proiectului de cercetare CoBPPE a fost evaluată opinia rezidenților din București referitoare la o serie de parametri de performanță mai-sus menționați. Principalele categorii de parametri de performanță evaluați sunt legați de:

- comportarea fondului construit în eventualitatea unui cutremur de magnitudine mare – număr clădiri distruse, număr persoane deplasate și număr de adăposturi temporare necesare;

- impactul unui cutremur asupra serviciilor publice;
- impactul unui cutremur asupra comunității prin pagubele economice directe și indirecte rezultate.

Parametrul de performanță referitor la comportarea fondului construit în timpul unui cutremur și pagubele rezultate în urma acestuia este strâns legat de analiza de risc seismic efectuată în subcapitolul precedent. Pe baza răspunsurilor oferite la chestionarul efectuat în cadrul acestui proiect și utilizând rezultatele analizelor de risc seismic prezentate anterior vor fi propuse o serie de obiective de performanță în cadrul fazei III a proiectului. Din nefericire, impactul asupra utilităților publice nu poate fi analizat în acest proiect din lipsa datelor, dar pe baza răspunsurilor persoanelor intervievate vor putea fi propuse și în acest caz o serie de obiective de performanță.

În cadrul fazei din 2017 a proiectului COBPEE vor fi evaluați parametrii de performanță mai sus menționați și vor fi propuse obiective de performanță pentru scenariile de cutremur din sursa de adâncime intermediară Vrancea cu diferite perioade medii de revenire.

5.3 Analiza de risc seismic pentru municipiul București

În cadrul proiectului de cercetare COBPEE a fost prevăzută pentru anul 2016 o activitate referitoare la efectuarea unui studiu de risc seismic pentru București. Această analiză este necesară pentru a putea calibra mai bine parametrii de performanță ai comunității rezultați din analiza rezultatelor sondajului de opinie efectuat în perioada februarie – septembrie 2016. Pe baza analizei de risc seismic se pot evalua avariile și pagubele suferite de fondul construit din București utilizând fie o abordare probabilistică, fie o abordare bazată pe scenariile de cutremur.

Pentru acest studiu de risc seismic au fost utilizate datele colectate la recensământul din 2011 referitoare la structura fondului de clădiri rezidențiale din București. Fondul construit existent (la data recensământului din 2011) conține clădiri rezidențiale cu o suprafață totală de aproape 40 milioane m².

Figura 5.2 arată distribuția la nivel de sector a populației și respectiv a numărului de clădiri rezidențiale și a suprafeței acestora din municipiul București. Astfel, în sectoarele 1, 2 și 5 există cel mai mare număr de clădiri (aproape 70% din total) în care locuiește sub 45% din totalul populației. Restul de peste 55% din populație locuiește în puțin peste 30% din numărul clădirilor rezidențiale din București. Acest lucru arată că, în sectoarele 1 și 5, în special, există o proporție mare a clădirilor cu regim mic de înălțime, în timp ce Sectoarele 3, 4 și 6 conțin cea mai mare proporție a clădirilor cu regim mediu-mare de înălțime și care adăpostesc și cea mai mare parte a populației, lucru vizibil și din distribuția pe sectoare a suprafeței locuințelor.

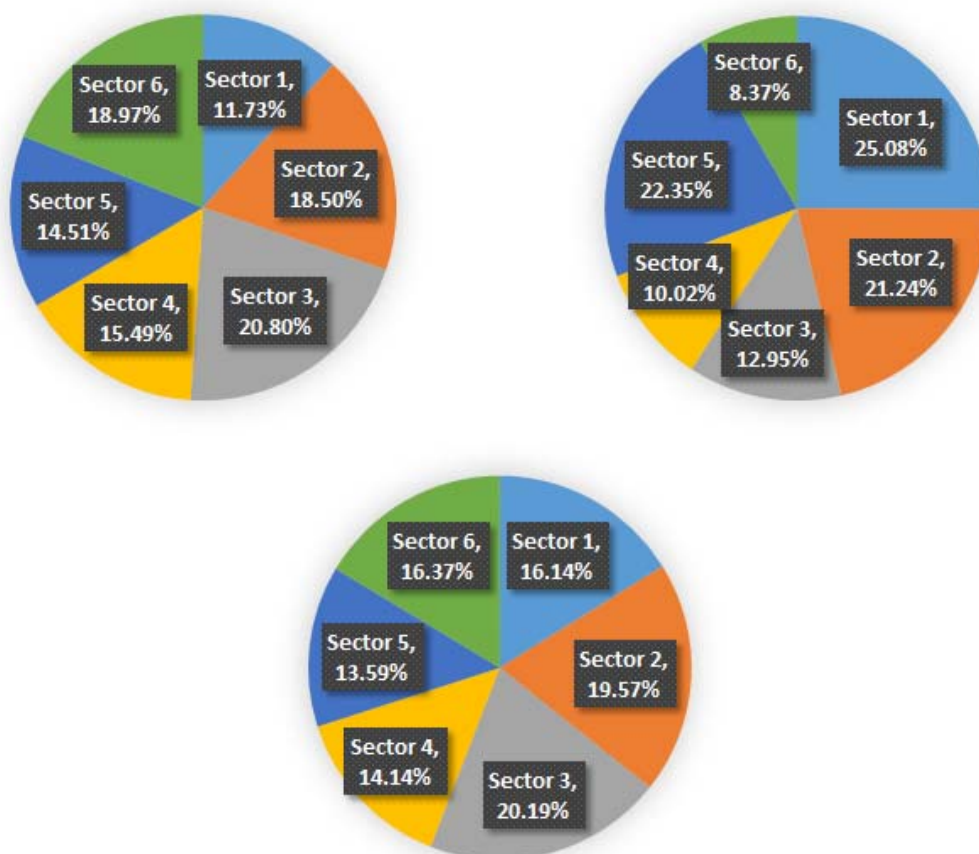


Figura 5.2 Distribuția populației (stânga sus), a numărului de clădiri rezidențiale pe sectoare (dreapta sus) și a suprafeței locuințelor (jos)

Repartiția pe perioade de construcție și pe sectoare a clădirilor rezidențiale din București este raportată în Tabelul 5.1. Se poate observa faptul că cel mai mare procent de clădiri post-1960 se găsește în Sectoarele 3 și 6.

Cel mai mare procent de clădiri pre-1945 se întâlnește în Sectoarele 1 și 2. Se remarcă faptul că aproape un sfert din clădirile rezidențiale din București sunt construite înainte de 1945. Aproape 60% dintre imobilele rezidențiale din București au fost afectate într-o măsură mai mică sau mai mare de cutremurul vrâncean din 4 martie 1977 ($M_W = 7,4$, $h = 94$ km). Puțin peste 15% din numărul de clădiri nu a fost afectat de niciun cutremur vrâncean cu magnitudinea $M_W \geq 6,9$ (ultimul astfel de eveniment a avut loc în luna mai 1990). Mai trebuie subliniat faptul că pentru 15% dintre clădirile existente în București nu se cunoaște perioada de construcție.

Tabel 5.1 Distribuția în funcție de anul de construcție a clădirilor rezidențiale din București

An construcție	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Sector 6	Total
< 1919	4,67%	6,41%	3,94%	6,42%	2,62%	1,97%	4,43%
1919 - 1945	24,42%	24,68%	12,29%	17,21%	17,12%	10,67%	19,40%
1946 - 1960	18,08%	20,75%	15,79%	18,53%	25,75%	16,52%	19,98%
1961 - 1970	15,57%	13,07%	18,42%	13,72%	21,77%	14,54%	16,52%
1971 - 1980	3,49%	5,09%	7,49%	6,31%	4,11%	8,84%	5,22%
1981 - 1990	2,50%	3,12%	4,61%	4,14%	3,24%	5,30%	3,47%
1991 - 2000	5,62%	4,44%	4,48%	6,30%	5,16%	6,22%	5,24%
2001 - 2005	6,46%	3,95%	3,49%	5,65%	3,85%	6,67%	4,89%
2006 - 2011	6,14%	4,62%	5,08%	7,22%	4,11%	8,84%	5,56%
NA	13,05%	13,87%	24,43%	14,50%	12,28%	20,41%	15,28%

O altă analiză a fondului construit rezidențial existent este prezentată în Figura 5.3 în care este ilustrată distribuția clădirilor rezidențiale pe regimuri de înălțime, precum și distribuția populației pe nivelul de înălțime al clădirilor. Astfel, se poate observa că aproape 90% din clădirile rezidențiale existente au mai puțin de 3 etaje (incluzând parterul), dar acestea adăpostesc doar 21% din populație. În același timp, clădirile cu mai multe de șapte etaje având structuri de beton armat și care reprezintă în jur de 6% din numărul total de clădiri adăpostesc peste 50% din locuitorii municipiului București. Majoritatea acestor clădiri cu regim de înălțime mediu-mare au o structură cu pereți de beton armat (turnați monolit sau prefabricați) și au fost construite în anii '60 și '70 (Avram, 1987).

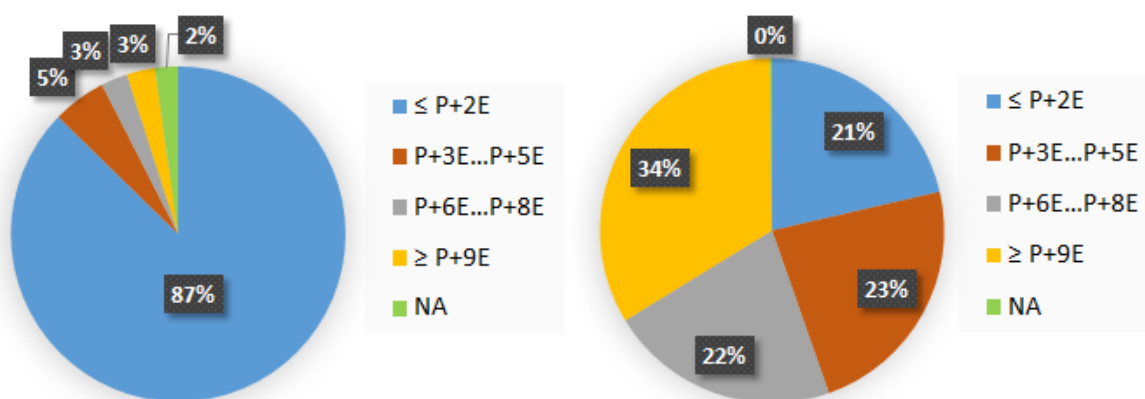


Figura 5.3 Distribuția numărului de clădiri rezidențiale în funcție de numărul de etaje (stânga) și distribuția populației pe nivelul de înălțime al clădirii (dreapta)

Distribuția clădirilor în funcție de materialul de construcție este ilustrată în Figura 5.4. Este ușor de evidențiat faptul că majoritatea clădirilor din toate sectoarele sunt de zidărie. Structurile de beton armat au o pondere între 15% și 30%, cu un procentaj maxim pentru Sectorul 6. Se mai remarcă faptul că o treime din clădirile rezidențiale din Sectorul 5 sunt realizate din alte materiale de construcție (lemn, chirpici, etc.). La nivelul municipiului București, ponderea construcțiilor din alte materiale este mai mare decât cea a structurilor de beton armat.

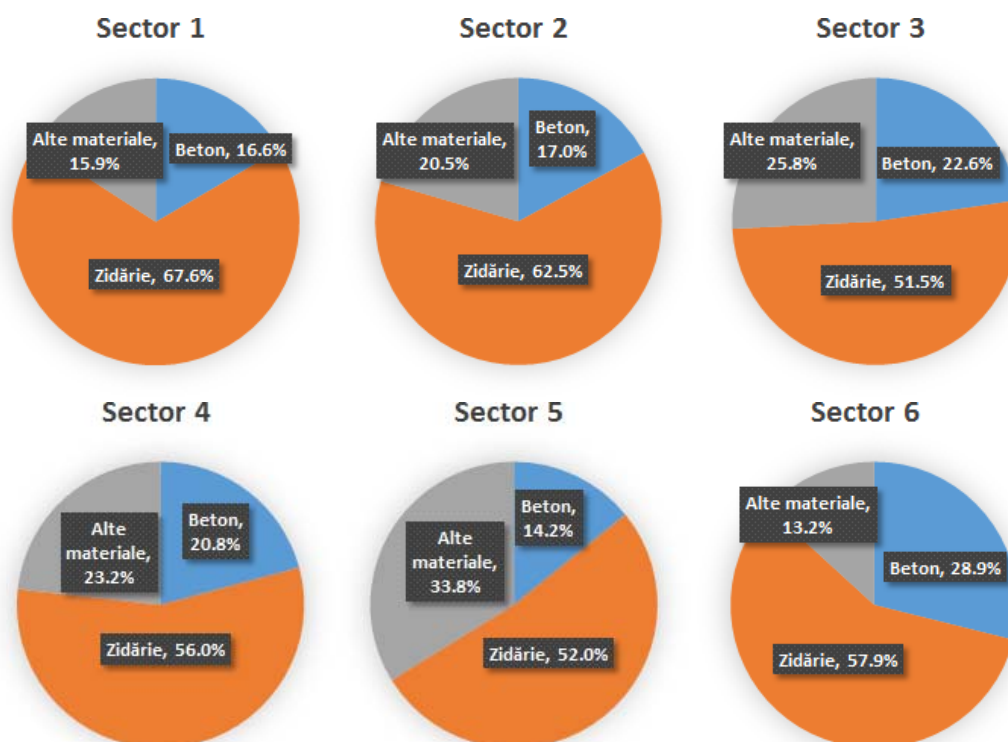


Figura 5.4 Distribuția numărului de clădiri rezidențiale pe sectoare în funcție de materialul de construcție

Pe baza datelor disponibile de la recensământul din 2011, s-a reușit o distribuție a clădirilor pe diferite tipologii, în funcție de nivelul de cod seismic utilizat la proiectare (determinat pe baza anului de construcție), regimul de înălțime și materialul din care este realizată structura de rezistență.

Nivelul codului de proiectare antiseismică utilizat la proiectarea structurii este fundamental pentru aprecierea/evaluarea vulnerabilității seismice a acesteia. Practica internațională clasifică prevederile de proiectare antiseismică în funcție de nivelul de siguranță considerat, de nivelul acțiunii seismice de proiectare, de prevederile de calcul, de prevederile de conformare și de detalieri, etc. Nivelul codurilor de proiectare antiseismică este împărțit astfel:

- PC – fără proiectare antiseismică (pre/no-code)
- LC – nivel scăzut (low-code)
- MC – nivel moderat (moderate-code)
- HC – nivel avansat (high/advanced-code).

Pentru încadrarea structurilor clădirilor 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 antiseismică (Lungu et al. 2002), se recomandă utilizarea următoarei clasificări:

- PC – înainte de 1961
- LC – între 1961 și 1977
- MC – între 1978 și 1991
- HC – după 1992

Limitele din punctul de vedere al regimului de înălțime sunt:

- Pentru structuri de beton armat:
 - $P - P + 2E$ - structuri cu regim mic de înălțime (L);
 - $P + 3E - P + 6E$ - structuri cu regim mediu de înălțime (M);
 - $\geq P + 7E$ - structuri cu regim mare de înălțime (H);
- Pentru structuri de zidărie, chirpici, lemn și alte materiale:
 - $P - P + E$ - structuri cu regim mic de înălțime (L);
 - $P + 2E - P + 4E$ - structuri cu regim mediu de înălțime (M).

Pentru fiecare tipologie a fost asociată câte o curbă de capacitate definită în funcție de patru parametri și anume accelerația de curgere, deplasarea de curgere, accelerația ultimă și deplasarea ultimă. Curbele de fragilitate au fost preluate din proiectul RISK-UE (Văcăreanu et al. 2009), precum și din HAZUS-MH (2012). Distribuția numărului de clădiri și a suprafeței aferente fiecărei tipologii din București este ilustrată în Figura 5.5.

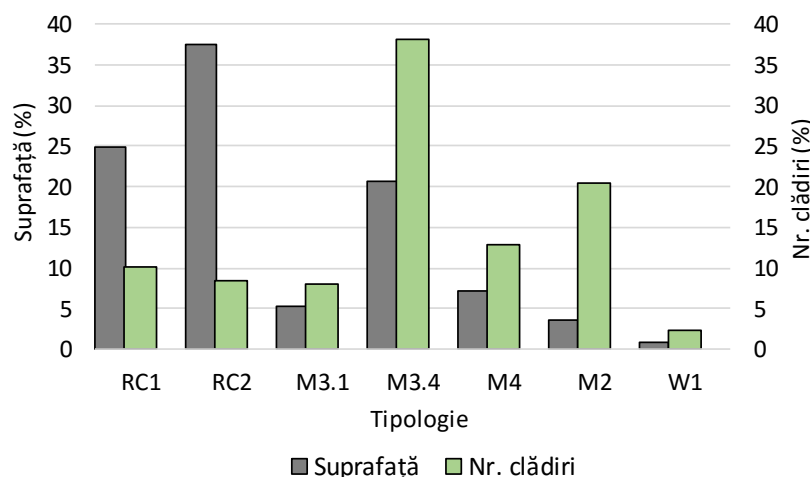


Figura 5.5 Distribuția suprafeței construite și a numărului de clădiri pentru tipologiile din municipiul București

Hazardul seismic a fost evaluat utilizând atât o abordare probabilistă, cât și o abordare bazată pe scenarii (similară cu cea din Lang et al., 2012 sau Toma-Dănilă et al., 2015). Totodată, spre deosebire de cele două studii mai-sus menționate, în această analiză de risc seismic a fost luată în considerare și variația spațială a mișcării seismice pe suprafața municipiului București. Variabilitatea a fost considerată cu ajutorul unui model de corelație spațială a mișcării seismice dezvoltate de către (Pavel și Văcăreanu, 2017) pe baza înregistrărilor seismice de la cutremure vrâncene de adâncime intermediară. Cu ajutorul acestui model și plecând de la o relație de atenuare se poate lua în calcul atât variabilitatea inter-eveniment, cât și cea intra-eveniment. Pentru această analiză de risc seismic, a fost selectată pentru calcule relația de atenuare dezvoltată de către Văcăreanu et al. (2015) pentru sursa seismică de adâncime intermediară Vrancea.

Pentru evaluarea performanței structurale s-a folosit metoda N2 dezvoltată de Fajfar (2000) în care spectrul inelastic al cerinței a fost calculat plecând de la spectrul elastic de proiectare din codul P100-1/2013 (2013) și care a fost mai apoi redus cu factori ce țin cont de ductilitatea structurală (în acest caz s-au utilizat factorii de reducere propuși de Vidic et al. 1994). Atât

cerința, cât și capacitatea sunt reprezentate grafic în format accelerație spectrală – deplasare spectrală (SA – SD).

Pentru efectuarea analizei de risc seismic s-au aplicat două metodologii de evaluare a hazardului seismic. Astfel, prima variantă descrisă în lucrarea (Pavel et al. 2016b) a implicat simularea unui catalog seismic pentru sursa seismică de adâncime intermediară Vrancea de tip Monte-Carlo cu o durată de 50000 ani. A fost considerată în calcule doar sursa seismică de adâncime intermediară Vrancea întrucât această sursă este responsabilă pentru nivelul de hazard seismic pentru București, celelalte surse seismice crustale având contribuții nesemnificative (Pavel et al. 2015). În total, catalogul seismic conținea 13894 de evenimente seismice individuale cu magnitudini $M_W \geq 6,0$. A fost ales acest prag de magnitudine întrucât evenimentele seismice cu magnitudini mai mici produc doar panică la nivelul populației, fără a genera și avarii structurale. Catalogul seismic simulat conține 1480 de cutremure cu $M_W \geq 7,0$, dintre care 437 au magnitudini $M_W \geq 7,5$.

Cea de-a doua abordare descrisă în lucrarea (Pavel și Văcăreanu, 2016) a implicat calculul nivelului de avariere și al pagubelor pentru șase scenarii de cutremur, definite în Tabelul 5.2 în termeni de magnitudine, adâncime de focar și distanța epicentrală față de București. Pentru fiecare din cele șase scenarii de cutremur au fost simulate câte 2000 de simulări luând în considerare atât variabilitatea inter- cât și pe cea intra-eveniment.

Tabel 5.2 Caracteristicile scenariilor de cutremur pentru municipiul București

Scenariu nr.	M_W	h (adâncimea de focar)	d (distanța epicentrală)
1	$M_W = 7.0$	90 km	120 km
2	$M_W = 7.0$	150 km	180 km
3	$M_W = 7.5$	90 km	120 km
4	$M_W = 7.5$	150 km	180 km
5	$M_W = 8.0$	90 km	120 km
6	$M_W = 8.0$	150 km	180 km

Modelele folosite pentru evaluarea pagubelor materiale și a numărului de persoane afectate sunt preluate din HAZUS-MH (2012). Pagubele pentru structurile de beton armat au fost modificate folosind datele din Bal et al. (2008), iar costurile de înlocuire au fost preluate din Lang et al. (2012) și ajustate ținând cont de variația prețurilor la materiale de construcție și la forța de muncă.

În continuare sunt prezentate o parte din rezultatele analizei probabilistice de risc seismic. Astfel, în Tabelul 5.3 și în Tabelul 5.4 sunt ilustrate pagubele directe medii pentru clădiri rezidențiale și numărul mediu de persoane afectate (de la răniri ușoare până la persoane decedate instantaneu) pentru diferite perioade medii de revenire. De asemenea, sunt prezentate și rezultatele obținute fără luarea în considerare a corelației spațiale a mișcării seismice. Este evident faptul că atât pagubele, cât și numărul persoanelor afectate cresc odată cu luarea în considerare a corelației spațiale a mișcării seismice. Pagubele indirecte au fost

evaluate folosind tot modelul propus în HAZUS-MH (2012), iar acestea pot ajunge în cazul cutremurelor mai mari la 25 – 30% din pagubele directe.

Tabel 5.3 Pagube economice directe medii pentru diferite perioade medii de revenire

Perioada medie de revenire (ani)	Pagube economice directe medii pentru clădiri rezidențiale din București			
	Tip corelație spațială			
	Fără corelație		Corelație inter-eveniment + intra-eveniment	
	Miliarde €	% PIB România	Miliarde €	% PIB România
50	5,50	3.67 %	6,65	4.43 %
100	6,58	4.39 %	8,06	5.37 %
200	7,62	5.08 %	9,31	6.20 %
500	8,83	5.89 %	10,67	7.11 %
1000	9,42	6.28 %	11,82	7.88 %

Tabel 5.4 Număr mediu de persoane afectate pentru diferite perioade medii de revenire

Perioada medie de revenire (ani)	Număr mediu de persoane afectate	
	Tip corelație spațială	
	Fără corelație	Corelație inter-eveniment + intra-eveniment
50	4024	4918
100	4777	6900
200	5922	11000
500	8249	15100
1000	12150	19600

O parte din rezultatele analizei de risc seismic pentru municipiul București bazată pe scenarii de cutremur sunt discutate în continuare. Pagubele economice directe (valori medii și coeficienți de variație) sunt prezentate în Tabelul 5.5. Totodată, pentru comparație sunt trecute și valorile obținute de Lang et al. (2012). Se poate observa faptul că pentru scenariul cu $M_w = 7,0$ pagubele obținute în acest studiu sunt mai mari decât cele ale lui Lang et al. (2012), în timp ce pentru scenariul cu $M_w = 8,0$, pagubele determinate de Lang et al. (2012) sunt superioare. Se mai remarcă și faptul că variabilitatea rezultatelor scade odată cu magnitudinea evenimentului seismic.

Tabel 5.5 Pagube economice directe pentru cele șase scenarii de cutremur

Scenariu nr.	M_W, h, d	Pagube economice directe		Pagube economice directe în miliarde € din Lang et al. (2012)
		Medie (miliarde €)	Coeficient de variație	
1	$M_W = 7,0, h = 90 \text{ km},$ $d = 120 \text{ km}$	7,20	0,34	5,12
2	$M_W = 7,0, h = 150 \text{ km},$ $d = 180 \text{ km}$	5,04	0,41	2,83
3	$M_W = 7,5, h = 90 \text{ km},$ $d = 120 \text{ km}$	10,31	0,26	9,00
4	$M_W = 7,5, h = 150 \text{ km},$ $d = 180 \text{ km}$	7,68	0,32	6,97
5	$M_W = 8,0, h = 90 \text{ km},$ $d = 120 \text{ km}$	12,72	0,20	14,80
6	$M_W = 8,0, h = 150 \text{ km},$ $d = 180 \text{ km}$	10,09	0,26	11,00

Incertitudinile asociate acestui studiu de risc seismic (comune ambelor abordări) se datorează mai multor cauze care pot fi rezumate astfel:

- Utilizarea unei singure relații de atenuare – modelul dezvoltat de Văcăreanu et al. (2015);
- Utilizarea unor date referitoare la fondul construit rezidențial disponibile la nivel de sector;
- Incertitudinile legate de rezultatele din recensământ referitoare la materialele de construcție ale clădirilor.
- Utilizarea datelor referitoare la fondul construit din anul 2011;
- Folosirea unor model pentru pagube și persoane afectate bazate pe date din SUA;
- Considerarea în calcule a unui singur tip de spectru pentru cerință;

Totodată, mai trebuie menționat faptul că fondul construit este în continuă schimbare, iar o comparație a unor rezultate obținute folosind date despre fondul construit actual cu ceea ce s-a întâmplat în urma cutremurului vrâncean din 1977 nu își are rostul.

Activitatea 6 - Diseminarea rezultatelor la conferințe și în reviste tehnice naționale sau internaționale.

Diseminarea rezultatelor proiectului de cercetare COBPEE s-a făcut prin participarea la trei conferințe, dintre care două au fost conferințe internaționale. Prima conferință internațională, numită International Conference on Urban Risk (ICUR 2016) a avut loc în perioada 30 iunie – 2 iulie la Lisabona (Portugalia), iar cea de-a doua conferință internațională intitulată 35th General Assembly of the European Seismological Commission (35 ESC) a avut loc între 4 și 10 septembrie 2016 la Trieste (Italia). Participarea la Conferința Națională a AICPS (Asociația Inginerilor Constructori Proiectanți de Structuri) din data de 3 iunie 2016 a presupus susținerea unei prezentări orale, intitulată „Noi perspective și rezultate ale analizei de risc seismic pentru București”.

Articole în jurnale internaționale cu recenzori

1. Pavel, F., Văcăreanu, R. (2016) Scaling of ground motions from Vrancea (Romania) earthquakes. *Earthquakes and Structures*, 11(3): 505-516.
2. Pavel, F. (2016) Next Future Large Earthquake in Romania: A Disaster Waiting to Happen? *Seismological Research Letters*, 88(1), DOI: 10.1785/0220160140.
3. Pavel, F., Văcăreanu, R. (2016) Scenario-based earthquake risk assessment for Bucharest, Romania. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, DOI: 10.1016/j.ijdr.2016.11.006.
4. Pavel F, Văcăreanu R (2016) Spatial correlation of ground motions from Vrancea (Romania) intermediate-depth earthquakes. *Bulletin of the Seismological Society of America*, DOI: 10.1785/0120160095.

Articole în volumele unor conferințe internaționale

1. Pavel, F., Calotescu, I., Văcăreanu, R. (2016). Evaluation of ground motion variability in Bucharest from Vrancea intermediate-depth earthquakes. *Proceedings of the International Conference on Urban Risk, ICUR 2016, Lisabona, Portugalia, paper no. 146.*
2. Pavel, F., Calotescu, I., Văcăreanu, R., Săndulescu, A.M., (2016). Derivation of scenario earthquakes for Bucharest, Romania. *Proceedings of the International Conference on Urban Risk, ICUR 2016, Lisabona, Portugalia, paper no. 145.*
3. Calotescu, I., Pavel, F., Săndulescu, A.M., Sibișteanu H., Văcăreanu, R., (2016). Preliminary investigation on community resilience of Bucharest, Romania. *Proceedings of the International Conference on Urban Risk, ICUR 2016, Lisabona, Portugalia, paper no. 142.*
4. Pavel, F., Văcăreanu, R. (2016) Investigation on the seismic risk of Bucharest, Romania. *Proceedings of the 35th General Assembly of the European Seismological Commission, Trieste, Italia, paper no. 370.*
5. Pavel, F., Calotescu, I., Văcăreanu, R, Săndulescu, A.M., Sibisteanu H. (2016). Investigation on community resilience in Bucharest, Romania. *Proceedings of the 35th*

General Assembly of the European Seismological Commission, Trieste, Italia, paper no. 372.

Articole în volumele unor conferințe naționale

1. Pavel, F., Ciuiu, D., Văcăreanu, R. (2016). Site-dependent seismic hazard assessment for Bucharest based on stochastic simulations. In Văcăreanu, R., Ionescu, C. (ed.): The 1940 Vrancea earthquake. Issues, insights and lessons learnt. Springer Natural Hazards, pp. 221-233.

Prezentări susținute în cadrul conferințelor naționale

1. Pavel, F., Văcăreanu, R., Calotescu, I., Crăciun, I. (2016). Noi perspective si rezultate ale analizei de risc seismic pentru București. Cea de-a XXVI-a Conferință Națională AICPS "Probleme practice ale activității de proiectare în sistemul legislativ și economic curent."

Referințe

1. Ainuddin S, Mukhtar U, Ainuddin S (2014) Public perception about enforcement of building codes risk reduction strategy for seismic safety in Quetta, Baluchistan. *International Journal of Risk Reduction* 9: 99-106.
2. Al Atik L, Abrahamson NA, Bommer JJ, Scherbaum F, Cotton F, Kuehn N (2010) The variability of ground-motion prediction models and its components. *Seismological Research Letters* 81: 794-801.
3. Anderson JG, Hough SE (1984) A model for the shape of the Fourier amplitude spectrum of acceleration at high
4. Armaș I (2006) Earthquake risk perception in Bucharest, Romania. *Risk Analysis* 26: 1223-1234.
5. Assatourians K, Atkinson GM (2013) EqHaz: an open-source probabilistic seismic-hazard code based on the Monte Carlo simulation approach. *Seismological Research Letters* 84: 516-524.
6. ATC 40, (1996) Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings. Applied Technology Council, Redwood City, California.
7. Atkinson G (2006) Single station sigma. *Bulletin of the Seismological Society of America* 96(2): 446-455.
8. Atkinson GM, Boore DM (2006) Earthquake ground-motion prediction equations for eastern North America. *Bulletin of the Seismological Society of America* 96(3): 2181-2205.
9. Avram C (1987) Istoria betonului armat din România, vol. 2. Ed. Tehnică, București, România.
10. Babbie E (2008) The basics of social research. Fourth Edition. Thomson Wadsworth USA.
11. Bal IE, Crowley H, Pinho R, Gülay FG (2008) Detailed assessment of structural characteristics of Turkish RC building stock for loss assessment models. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 28: 914-932.
12. Bălă A, Aldea A, Hannich D, Ehret D, Raileanu V (2009a) Methods to assess the site effects based on in situ measurements in Bucharest city, Romania. *Romanian Reports in Physics* 61(2): 335-346.
13. Bălă A, Grecu B, Ciugudean V, Raileanu V (2009b) Dynamic properties of the Quaternary sedimentary rocks and their influence on seismic site effects. Case study in Bucharest City, Romania. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 29: 144-154.
14. Bălă A, Hannich D, Ritter JRR, Ciugudean-Toma V (2011) Geological and geophysical model of the quaternary layers based on in situ measurements in Bucharest, Romania. *Romanian Reports in Physics* 63(1): 250-274.
15. Beresnev IA, Atkinson GM (1998) FINSIM - a FORTRAN program for simulating stochastic acceleration time histories from finite faults. *Seismological Research Letters* 69: 27-32.
16. Boore DM (2003) Simulation of ground motions using the stochastic method. *Pure and Applied Geophysics* 160: 635-676.
17. Boore DM, Joyner WJ (1997) Site amplifications for generic rock sites. *Bulletin of the Seismological Society of America* 87(2): 327-341.
18. Boore DM (2005) SMSIM – Fortran programs for simulating ground motions from earthquakes: version 2.3 – a revision of OFR 96-80-A. U.S. Geological Survey report OFR 00-509.
19. Boore DM, Di Alessandro C, Abrahamson NA (2014) A generalization of the double-corner-frequency source spectral model and its use in the SCEC BBP validation exercise. *Bulletin of the Seismological Society of America* 104(5): 2387-2398.
20. Brune J (1970) Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes. *Journal of Geophysical Research* 75: 4997-5009.

21. Bruneau M, Chang S, Eguchi R, Lee G, O'Rourke T, Reinhorn A, Shinozuka A, Tierney K, Wallace W, von Winterfeldt D (2003) A Framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities. *Earthquake Spectra* 19: 733-752.
22. Calotescu I, Pavel F, Sandulescu AM, Sibisteanu H, Văcăreanu R (2016) Preliminary investigation on community resilience of Bucharest, Romania. *International Conference on Urban Risk ICUR 2016*, Lisabona, Portugalia, paper no. 142.
23. Calvi GM, Sullivan TJ, Welch DP (2014) A seismic performance classification framework to provide increased seismic resilience. *Perspectives on European Earthquake Engineering and Seismology Volume 34 of the series Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering*, pp. 361-400.
24. Călărășu E (2012) Microzonarea condițiilor locale de teren pentru municipiul București și zona sa metropolitană cu aplicații în evaluarea hazardului seismic. Teza de doctorat, UTCB, București, România.
25. Chelcea S (2001) Metodologia cercetării sociologice, Metode cantitative și calitative. Editura Economică, București, România.
26. COBPEE (2015) Raport Științific Contract PN-II-RU-TE-2014-4-0697 Etapa I – 2015.
27. Contantinescu L, Enescu D (1985) Cutremurele din Vrancea în cadru științific și tehnologic. Editura Academiei, București, România.
28. Davis M, Porter K (2016). The public's role in seismic design provisions. *Earthquake Spectra* 32: 1345-1361.
29. Direcția Regională de Statistică București (2015), <http://www.bucuresti.insse.ro/cmsbuc/rw/pages/index.ro.do;jsessionid=73f4be2bce06cfc36863cc89a2b51105b030951260a1ba7821a9ad0e6c5fd669.e34Ma3mNaNaTb40Lc3eLe0>
30. Edwards B, Fäh D (2013) A stochastic ground-motion model for Switzerland. *Bulletin of the Seismological Society of America* 103(1): 78-98.
31. EN 1998-1:2004 (2004) Eurocode 8: design of structures for earthquake resistance, Part 1: general rules, seismic actions and rules for buildings, Bruxelles, Belgia, CEN.
32. Esposito S, Iervolino I (2012) Spatial correlation of spectral acceleration in European data. *Bulletin of the Seismological Society of America* 102: 2781-2788.
33. Eurostat (2015) <http://ec.europa.eu/eurostat>
34. Fajfar P (2000) A nonlinear analysis method for performance-based seismic design. *Earthquake Spectra* 16: 573–592.
35. Federal Emergency Management Agency (2000). FEMA 356 Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Washington, DC: Federal Emergency Management Agency
36. Federal Emergency Management Agency (2012) Multi-hazard loss estimation methodology. Earthquake model - HAZUS MH 2.1. Technical manual, Washington, USA.
37. Gârboan R (2007) Metode de cercetare utilizate în evaluare. *Transylvanian Review of Administrative Sciences* 20: 33-51.
38. Granger K, Jones T, Leiba M, Scott G (1999) Community risk in Cairns: a multi-hazard Risk Assessment. *Management* 14: 29-30.
39. Grecu B, Radulian M, Mândrescu N, Panza GF (2008) Relevance of H/V spectral ratio technique for Bucharest citz. In: Zaicenco A, Craifaleanu I, Paskaleva (ed.) *Harmonization of seismic hazard in Vrancea zone*, Springer, pp. 133-149.
40. Hanks TC (1982) f_{max} . *Bulletin of the Seismological Society of America* 72(6): 1867-1879. http://www.pmb.ro/servicii/alte_informatii/lista_imobilelor_exp/docs/Lista_imobilelor_expertizate.pdf

41. Institutul Național de Statistică (2013) Recensământul Populației și al Locuințelor 2011 <http://www.recensamantromania.ro/>
42. Ismail-Zadeh A, Matenco L, Radulian M, Cloetingh S, Panza G (2012) Geodynamics and intermediate-depth seismicity in Vrancea (the south-eastern Carpathians): current state-of-the art. *Tectonophysics*, 530-531: 50-79.
43. Jaramillo N, Careno M. L, Lantada N (2016) Evaluation of social context integrate into the study of seismic risk for urban areas. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 17: 185-198.
44. Joffe H, Rossetto T, Solberg C, O'Connor C (2013). Social representation of earthquakes: a study of people living in three highly seismic areas. *Earthquake Spectra* 29: 367-397.
45. Kappos AJ (1997) Seismic damage indices for RC buildings: evaluation of concepts and procedures. *Progress in Structural Engineering and Materials* 1: 78-87.
46. Kappos AJ, Panagopoulos G, Panagiotopoulos C, Penelis G (2006) A hybrid method for the vulnerability assessment of R/C and URM buildings. *Bulletin of Earthquake Engineering* 4: 391-413.
47. King D, MacGregor C (2000) Using social indicators to measure community vulnerability to natural hazards. *Australian Journal of Emergency* 15: 52-57.
48. Lang D, Molina-Palacios S, Lindholm C, Bălan ȘF (2012) Deterministic earthquake damage and loss assessment for the city of Bucharest, Romania. *Journal of Seismology* 16: 67-88.
49. Lungu D, Aldea A, Arion C, Cornea T, Vacareanu R (2002) Risk-UE, WP1: European distinctive features, inventory database and typology. În: Lungu D, Wenzel F, Mouroux P, Tojo I (ed.) *Earthquake loss estimation and risk reduction. Contributions from the second international conference on Vrancea earthquakes*, București, România, pp. 251-271..
50. Mândrescu N, Radulian M, Mărmureanu G (2007a) Geological, geophysical and seismological data for site effects evaluation in the Bucharest urban area. *Revue Roumaine de Geophysique* 51: 43-70.
51. Mândrescu N, Radulian M, Mărmureanu G (2007b) Geological, geophysical and seismological criteria for local response evaluation in Bucharest urban area. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 27: 367-393.
52. McGuire R (1995) Probabilistic seismic hazard analysis and design earthquakes: closing the loop. *Bulletin of the Seismological Society of America* 85(5): 1275-1284.
53. McGuire R (2004) Seismic hazard and risk analysis, *Earthquake Engineering Research Institute MNO-10*.
54. Meloun M, Militki J (2011). *Statistical data analysis. A practical guide*. Woodhead Publishing India PVT LTD, New Delhi, India.
55. Mieler M, Stojadinovic B, Budnitz R, Comerio M, Mahin S (2015) A framework for linking community resilience goals to specific performance targets for the built environment. *Earthquake Spectra* 31(3): 1267-1283.
56. Mora K, Chang J, Beatson A, Morahan C (2015). Public perception of building seismic safety following the Canterbury earthquakes: A qualitative analysis using Twitter and focus groups. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 13: 1-9.
57. Motazedian D, Atkinson GM (2005) Stochastic finite-fault modeling based on a dynamic corner frequency. *Bulletin of the Seismological Society of America* 95: 995-1010.
58. Müller G, Bonjer KP, Stöckl H, Enescu D (1979) Cutremurul romanesc din 4 martie 1977. I. Procesul de rupere dedus din soluția planului de falie și analiza evenimentului multiplu. In Cornea I, Radu

- C (ed.) Cercetări seismologice asupra cutremurului din 4 martie 1977, Centrul de Fizica Pământului și Seismologie, București.
59. Nakamura Y (1989) A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, Quarterly Report of the Railway Technical Research Institute, 30(1): 25-33.
 60. National Research Council (NRC) (2012) Disaster resilience: A national imperative. The National Academies Press, Washington, SUA.
 61. Oth A, Parolai S, Bindi D, Wenzel F (2009) Source spectra and site response from S waves of intermediate-depth Vrancea, Romania, earthquakes. Bulletin of the Seismological Society of America 99:235-254
 62. P100-1/2013 (2013) Cod de proiectare seismică - Partea I - Prevederi de proiectare pentru clădiri. Ministerul Dezvoltării Regionale și Administrației Publice, București, România.
 63. Park J, Bazzurro P, Baker JW (2007) Modeling spatial correlation of ground motion intensity measures for regional seismic hazard and portfolio loss estimations. În: Kanda J, Takada T, Furuta H (ed.) Applications of statistics and probability in civil engineering. Taylor & Francis Group, Londra, pp. 1-8.
 64. Park YJ, Ang AHS (1985) Mechanistic Seismic damage model for reinforced concrete. Journal of Structural Engineering 111: 722-739.
 65. Pavel F, Văcăreanu R, Aldea A, Arion C (2013) Source effects on the spectral characteristics of strong ground motions recorded in Bucharest area during Vrancea earthquakes of 1986 and 1990. Journal of Earthquake Engineering 17(8): 1192-1211.
 66. Pavel F, Văcăreanu R, Ionescu C, Iancovici M, Sercaianu M (2014) Investigation on the variability of strong ground motions from Vrancea earthquakes. Natural Hazards 74(3): 1707-1728.
 67. Pavel F (2015) Investigation on the stochastic simulation of strong ground motions for Bucharest area. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 69: 227-232.
 68. Pavel F, Calotescu I, Săndulescu AM, Sibișteanu H, Văcăreanu R (2015) Raport Științific Contract PN-II-RU-TE-2014-4-0697 – Faza 1., București, România.
 69. Pavel F, Văcăreanu R (2015) Kappa and regional attenuation for Vrancea (Romania) earthquakes. Journal of Seismology 19: 791-799.
 70. Pavel F, Văcăreanu R (2015a) Assessment of the ground motion levels for the Vrancea (Romania) November 1940 earthquake. Natural Hazards 78: 1469-1480.
 71. Pavel F, Văcăreanu R (2015b) Kappa and regional attenuation for Vrancea (Romania) earthquakes. Journal of Seismology 19: 791-799.
 72. Pavel F, Văcăreanu R (2016) Scenario-based earthquake risk assessment for Bucharest, Romania. International Journal of Disaster Risk Reduction (acceptat).
 73. Pavel F, Ciuiu D, Văcăreanu R (2016a). Site-dependent seismic hazard assessment for Bucharest based on stochastic simulations. In Văcăreanu R, Ionescu C (ed.): The 1940 Vrancea earthquake. Issues, insights and lessons learnt. Springer Natural Hazards, pp. 221-233.
 74. Pavel F, Văcăreanu R, Calotescu I, Săndulescu AM, Arion C, Neagu C (2016b) Impact of spatial correlation of ground motions on seismic damage for residential buildings in Bucharest, Romania. Natural Hazards.
 75. Pavel F, Calotescu I, Văcăreanu R, Săndulescu AM (2016c) Derivation of scenario earthquakes for Bucharest, Romania. Proceedings of the International Conference on Urban Risk, ICUR 2016, Lisabona, Portugalia, paper no. 145.

76. Pavel F, Calotescu I, Vacareanu R, Săndulescu AM, Sibișteanu H, (2016d). Investigation on community resilience in Bucharest, Romania. 35th General Assembly of the European Seismological Commission, Trieste, Italia, paper no. 372.
77. Pavel F, Văcăreanu R, Douglas J, Radulian M, Cioflan C, Bărbat A (2016e) An updated probabilistic seismic hazard assessment for Romania and comparison with the approach and outcomes of the SHARE project. *Pure and Applied Geophysics* 173: 1881-1905.
78. Pavel F, Văcăreanu R (2017) Spatial correlation of ground motions from Vrancea (Romania) intermediate-depth earthquakes. *Bulletin of the Seismological Society of America* 107(1).
79. Pitilakis, K., Crowley, H., Kaynia, A. (Eds.) (2014) SYNER-G: Typology Definition and Fragility Functions for Physical Elements at Seismic Risk. Buildings, Lifelines, Transportation Networks and Critical Facilities. Springer. Volume 27. ISSN 1573-6059 ISSN 1872-4671 (electronic) ISBN 978-94-007-7871-9 DOI 10.1007/978-94-007-7872-6.
80. Potter SH, Becker JS, Johnston DM, Rossiter KP (2015). An overview of the impacts of the 2010-2011 Canterbury earthquakes. *International Journal of Risk Reduction* 14: 6-14.
81. Primăria municipiului București (2015),
82. Radulian M, Mandrescu N, Popescu E, Utale A, Panza G (2000) Characterization of Romanian seismic zones. *Pure and Applied Geophysics* 157: 57-77.
83. Rotariu T, Iluț P (1996). Sociologie. Editura Mesagerul. Cluj-Napoca, România.
84. Sandi H, Borcia IS (2011) A summary of instrumental data on the recent strong Vrancea earthquakes, and implications for seismic hazard. *Pure and Applied Geophysics* 168: 659-694.
85. Săvoiu G (2012). Statistica generală cu aplicații în contabilitate. Editura Universitară, București, România.
86. Singly F de, Blanchet A, Gotman A, Kaufman JC (1998). Ancheta si metodele ei: chestionarul, interviul de productie a datelor, interviul comprehensiv. Editura Polirom, Iași, România.
87. Sokolov V, Wenzel F (2011) Influence of ground-motion correlation on probabilistic assessments of seismic hazard and loss: sensitivity analysis. *Bulletin of Earthquake Engineering* 9: 1339-1360.
88. Thomson EM, Baise LG, Kayen RE, Guzina BB (2009) Impediments to predicting site response: seismic property estimation and modeling simplifications. *Bulletin of the Seismological Society of America* 99(5): 2927-2949,
89. Toma-Dănilă D, Zulfikar C, Manea EF, Cioflan CO (2015) Improved seismic risk estimation for Bucharest, based on multiple hazard scenarios and analytical methods. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 73: 1-16.
90. Văcăreanu R, Lungu D, Arion C (2009) Capacity curves and fragility functions for representative building types in Bucharest. *Proceedings of the 4th National Conference on Earthquake Engineering, București, România, vol. I, pp. 183-192.*
91. Văcăreanu R, Pavel F, Aldea A, Arion C, Neagu C (2015a) Elemente de analiză a hazardului seismic. Conspress, București, România.
92. Văcăreanu R, Radulian M, Iancovici M, Pavel F, Neagu C (2015b). Fore-arc and back-arc ground motion prediction model for Vrancea intermediate depth seismic source. *Journal of Earthquake Engineering* 19(3): 535-562.
93. Văcăreanu R, Aldea A, Lungu D, Pavel F, Neagu C, Arion C, Demetriu S, Iancovici M (2016). Probabilistic seismic hazard assessment for Romania. În: D'Amico, S. (Ed.) *Earthquakes and Their Impact on Society*, Springer Natural Hazards Book Series, p. 137-169, ISBN: 978-3-319-21752-9 (Print) 978-3-319-21753-6 (Online), <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-21753-6>.

94. Velleman P, Wilkinson L (1993). Nominal, ordinal, interval, and ratio typologies are misleading. *The American Statistician*, 47: 65-72.
95. Vidic T, Fajfar P, Fischinger M (1994) Consistent inelastic design spectra: strength and displacement. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 23: 507–521.
96. Weatherhill GA, Silva V, Crowley H, Bazzurro P (2015) Exploring the impact of spatial correlations and uncertainties for portfolio analysis in probabilistic seismic loss estimation. *Bulletin of Earthquake Engineering* 13: 957-981.
97. Wells DL, Coppersmith KJ (1994) New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bulletin of the Seismological Society of America* 84: 974-1002
98. Wenzel F, Achauer U, Enescu D, Kissling E, Russo R, Mocanu V, Musacchio G (1998) Detailed look at final stage of plate break-off is target of study in Romania. . *EOS Transactions American Geophysical Union* 79(48): 589-600.
99. Wenzel F, Sperner B, Lorenz F, Mocanu V (2002) Geodynamics, tomographic images and seismicity of the Vrancea region (SE-Carpathians, Romania). *EGU Stephan Mueller Special Publication Series* 3: 95-104.
100. Yamanaka H, Aldea A, Fukumoto S, Poiata N, Albota E (2007) Results from single-station and array microtremor measurements in Bucharest, Romania. *Proceedings of the 4th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Salonic, Grecia*, paper no. 1522.
101. Zaharia B, Radulian M, Popa M, Grecu B, Bălă A, Tataru D (2008) Estimation of the local response using the Nakamura method for the Bucharest area. *Romanian Reports in Physics* 60(1): 131-144.