

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII
BUCUREȘTI**

**Dynamic Soil Properties and Seismic Risk Assessment of
Structures**

**Proprietățile dinamice ale terenului și Evaluarea
riscului seismic al structurilor**

Teza de Abilitare - Rezumat

Domeniul de doctorat: Inginerie civilă

conf.dr.ing.Cristian Arion

2025

Rezumat

Obiectivul principal al activităților de cercetare prezentate în această teză de abilitare, intitulată „Proprietățile dinamice ale terenului și evaluarea riscului seismic al structurilor”, este dezvoltarea unor metodologii și instrumente avansate pentru înțelegerea, cuantificarea și reducerea răspunsului seismic al terenurilor și structurilor din România. Lucrarea integrează cercetarea geotehnică fundamentală cu studiile aplicative de risc seismic, având ca scop îmbunătățirea practicilor naționale de proiectare și consolidarea strategiilor de reziliență urbană.

Teza se bazează pe două direcții științifice și profesionale majore care au definit cariera autorului de peste 25 de ani:

1. Caracterizarea seismică a terenului — prin studii de laborator, in situ și analitice, care stabilesc relații fiabile între proprietățile dinamice ale terenului și răspunsul seismic.
2. Evaluarea riscului seismic al structurilor — prin dezvoltarea de modele integrate de hazard, vulnerabilitate și expunere, aplicate la scară urbană și națională pentru managementul riscurilor.

Aceste direcții converg către o viziune unitară: conectarea geotehnicii experimentale, seismologiei și fiabilității structurale într-un cadru coerent pentru reducerea riscului la dezastre. Cercetarea se situează la interfața dintre practica inginerescă, investigația științifică și politica publică, contribuind direct la Strategia Națională de Reducere a Riscului Seismic a României și la alinierea acesteia la cadrele europene (EPOS, Horizon Europe).

Dr. ing. Cristian Vasile Arion a absolvit Universitatea Tehnică de Construcții București (UTCB) în 1996, obținând diplomele de licență și master în Inginerie civilă și geotehnică, urmate de doctoratul în Inginerie civilă (2003), cu teza „Zonarea seismică și condițiile de amplasament și de sursele seismice specifice României”. După absolvire, și-a început cariera profesională ca inginer proiectant de structuri, contribuind la proiectarea structurală a unor lucrări majore precum Hotelul Marriott Grand și Tour Place de la Victoire din București. Această experiență practică a oferit o bază solidă pentru activitatea sa academică și de cercetare ulterioară.

Între 2002 și 2010, a ocupat funcția de șef al Diviziei de Experimentări Tehnice pentru Terenuri și Structuri la Centrul Național de Reducere a Riscului Seismic (CNRRS), unde a coordonat studii experimentale în cadrul proiectului de cooperare tehnică JICA (Japan International Cooperation Agency). Colaborarea a introdus în România tehnologii moderne de testare seismică și geotehnică și a dus la înființarea unuia dintre primele laboratoare naționale pentru testarea dinamică a terenurilor. Experiența sa internațională include formări și stagii de cercetare la: International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), Tsukuba, Japonia; Universitatea din Tokyo (Laboratorul Towhata); Universitatea Waseda (Laboratorul Hamada); CEDEX, Madrid (program TEMPUS); Universitatea Karlsruhe, Germania (programul SFB 461).

Din 2015, este conferențiar universitar la UTCB, unde predă cursuri de Siguranța structurală și analiză de risc, Seismologie și inginerie seismică, Risc seismic urban și coordonează activități de cercetare pentru studenți de masterat și doctorat.

Pe parcursul a peste două decenii de activitate științifică, Dr. Arion a construit un portofoliu amplu care include mecanica experimentală a terenurilor, modelarea numerică, analiza hazardului seismic și managementul riscurilor. Activitatea sa are caracter atât fundamental, cât și aplicativ, influențând direct codurile de proiectare și politicile publice de reducere a riscului la cutremure.

Direcția I – Caracterizarea seismică a terenului

Această direcție formează nucleul tezei de abilitare. Ea analizează modul în care comportamentul dinamic al terenului – rigiditate, amortizare, dependență de deformare – afectează răspunsul seismic local și performanța structurilor în timpul cutremurelor. Contribuțiile esențiale includ:

- Implementarea testărilor dinamice de laborator în România: prin cooperarea JICA, Dr. Arion a introdus testele triaxiale ciclice, testele cu impuls ultrasonic și tehnicile cu elemente bender pentru măsurarea modulului de forfecare (G) și a raportului de amortizare (h). A fost prima inițiativă sistematică de stabilire a curbelor $G-\gamma$ și $h-\gamma$ pentru terenurile din România.
- Integrarea metodelor seismice de teren: a aplicat metode downhole, crosshole și MASW pentru determinarea vitezei undelor de forfecare (V_s), corelând rezultatele de laborator și de teren. Aceste studii au permis calibrarea relațiilor empirice V_s -SPT-plasticitate pentru terenurile din România.
- Crearea bazelor de date naționale și a platformei SETTING: rezultatele experimentale au fost integrate într-o bază de date geotehnică națională (SETTING, 2021–2023), o platformă digitală care combină profile V_s , date GNSS și informații seismologice, contribuind la infrastructura europeană EPOS.
- Elaborarea primei hărți V_s30 de microzonare pentru București: utilizând foraje adânci (până la 145 m) și profiluri MASW, a generat prima hartă completă V_s30 pentru capitală, esențială pentru clasificarea terenurilor conform Eurocod 8.
- Modernizarea infrastructurii experimentale: a coordonat actualizarea sistemului triaxial Seiken la Centrul de Evaluare a Riscului Seismic (CCERS), introducând achiziție de semnal pe 16 biți, celule de sarcină noi și algoritmi de prelucrare avansată.

Direcția II – Evaluarea riscului seismic al structurilor

Această direcție integrează datele de hazard, vulnerabilitate și expunere într-un cadru coerent de evaluare a riscului seismic. Realizări principale:

- Dezvoltarea platformei GIS ROSERIS: Dr. Arion a co-dezvoltat un sistem geografic integrat pentru evaluarea riscului seismic în România, combinând inventare de clădiri, hărți de hazard și modele de pierderi. Platforma aplică metodologia HAZUS (FEMA), adaptată la tipologiile constructive locale.
- Participarea la proiecte europene și naționale: RISK-UE (FP5), PROHITECH (FP6), COST Action C26, RO-RISK (2016–2017) și ANDROID (Erasmus).
- Adaptarea curbelor de fragilitate și a funcțiilor de vulnerabilitate: a elaborat modele noi pentru clădiri din beton armat și zidărie, pe baza datelor empirice din fondul construit românesc, contribuind la Strategia Națională de Reducere a Riscului Seismic (2022).

- Modelare urbană și suport decizional: platforma ROSERIS, integrată cu date Copernicus și modele digitale de teren, permite vizualizarea în timp real a expunerii la hazard și sprijină deciziile privind intervențiile de urgență și planificarea urbană.

Direcția III – Contribuții la coduri și standarde

Activitatea științifică a fost transpusă în cadrul normativ prin participarea la elaborarea codurilor românești și regionale: coautor al codurilor P100-1 (2006, 2013) și P100-3 privind evaluarea și reabilitarea seismică; coautor al CR 0 (Bazele proiectării structurale), CR 1-1-3 și CR 1-1-4; autor al Anexelor Naționale din Republica Moldova la Eurocodurile EN 1990 și EN 1991.

Direcția IV – Activitate academică și educațională

În calitate de conferențiar, Dr. Arion îmbină cercetarea cu formarea studenților, predând cursuri de Siguranța structurală și analiză de risc, Risc seismic urban, Hazarduri naturale în regiunile costiere (EU-CONEXUS). A coordonat numeroase teze de licență și master promovând abordarea interdisciplinară și gândirea critică. A publicat peste 140 de lucrări (articole, conferințe, cărți și capitole), inclusiv volume precum: Seismic Motions – Examples of Application in Earthquake Engineering (2013), Evaluarea vulnerabilității rețelelor de utilități și facilităților esențiale (2017), Managementul riscului seismic urban utilizând GIS (2009).

Direcții viitoare de dezvoltare

- Integrarea bazelor de date dinamice ale solurilor în Eurocod 8 și anexele naționale;
- Extinderea platformelor SETTING și ROSERIS în sisteme multi-hazard interoperabile;
- Modernizarea infrastructurii experimentale CCERS (inclusiv modelare 3D teren–structură);
- Consolidarea parteneriatelor cu industrie, autorități și institute internaționale;
- Introducerea de cursuri interdisciplinare noi (Modelare digitală a hazardului, Inginerie seismică geotehnică avansată);
- Participare activă în rețele europene (EPOS, UNESCO-IPRED, COST) și în comitete de standardizare (ASRO).

Concluzie

Activitatea științifică și profesională prezentată în această teză demonstrează maturitatea științifică, leadership-ul și viziunea autorului pentru dezvoltarea domeniului ingineriei seismice în România. Contribuțiile sale au modernizat infrastructura experimentală pentru studiul dinamicii solurilor, au furnizat modele analitice și empirice noi pentru proiectarea antiseismică, au influențat direct codurile și strategiile naționale de reziliență, au consolidat rolul României în rețelele științifice europene și au format o nouă generație de ingineri și cercetători capabili să abordeze provocările actuale ale siguranței seismice. Teza confirmă astfel maturitatea științifică și capacitatea de coordonare a autorului, poziționând UTCB ca un centru regional de excelență în ingineria seismică și seismologia geotehnică, dedicat rezilienței proactive, pregătirii pentru urgențe și protecției vieții și patrimoniului construit.

Publicații relevante:

Lista celor 10 publicații selectate de candidat, considerate relevante pentru realizările profesionale obținute de candidat pentru perioada postdoctorală, susținând activitatea acestuia prezentată în Teza de abilitare sunt enumerate mai jos:

- 1.1 **Arion C.**, Lungu D, Vacareanu, R. 2009. Earthquake hazard and risk in Romania, p. 1437-1442. Protection of Historical Buildings, PROHITECH 09, 2009 Taylor and Francis Group, London, ISBN 978-0-415-55803-7.
- 1.2 **Arion C.**, Lungu D, Neagu C Calarasu E., 2009, Geotechnical in situ investigation for seismic design of buildings in Romania; *in Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering* – Kokusho, Tsukamoto & Yoshimine (eds) © 2009 Taylor & Francis Group, London, p.1293-1300, ISBN 978-0-415-55614-9
- 1.3 Bala A., **Arion C.**, Aldea A., 2013. In situ borehole measurements and laboratory measurements as primary tools for the assessment of the seismic site effects, *Romanian Reports in Physics, Vol. 65, No. 1, P. 285–298, 2013, ISSN 1221-1451 43 822*
- 1.4 Văcăreanu, R., Demetriu, D., Lungu, D., Pavel, F., Arion, C., Iancovici, M., Aldea, A., C., Neagu, C. (2014). Empirical ground motion model for Vrancea intermediate-depth seismic source. *Earthquakes and Structures. An International Journal*, Volume 6, Number 2, pp 141-161, DOI: 10.12989/eas.2014.6.2.127
- 1.5 **Arion C.**, Calarasu E., Neagu C., 2015. Evaluation of Bucharest soil liquefaction potential, *Mathematical Modelling in Civil Engineering*, volume 11, no.1, 5-12. Doi: 10.1515/mmce-2015-0005
- 1.6 Calarasu, E., **Arion, C.**, Neagu, C., (2016). Prediction of Site Characterization Based on Field Investigations and Empirical Correlations. In: Văcăreanu, R., Ionescu, C. (Eds) (2016). The 1940 Vrancea Earthquake. Issues, Insights and Lessons Learnt. Proceedings of the Symposium Commemorating 75 Years from November 10, 1940 Vrancea Earthquake, Springer Natural Hazards Book Series, p. 169-188, eBook ISBN 978-3-319-29844-3, Hardcover ISBN 978-3-319-29843-6, DOI 10.1007/978-3-319-29844-3_11
- 1.7 Vacareanu, R., Pavel, F., Craciun, I., Coliba, V., **Arion, C.**, Aldea, A., Neagu, C., (2017). Risk-targeted maps for Romania. *J Seismol* (2017). <https://doi.org/10.1007/s10950-017-9713-x>
- 1.8 Pavel, F., Văcăreanu, R., Calotescu, I., Sandulescu, A.-M., Arion, C., Neagu, C. (2017). Impact of spatial correlation of ground motions on seismic damage for residential buildings in Bucharest, Romania. *Natural Hazards*, DOI 10.1007/s11069-017-2814-6
- 1.9 **Cristian Arion**, Florin Pavel, Radu Vacareanu, Cristian Neagu, Mihail Iancovici, Viorel Popa and Ionuț Damian (2018) Seismic Risk Assessment of Romania. In: Vacareanu R., Ionescu C. (eds) *Seismic Hazard and Risk Assessment*. Springer Natural Hazards. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74724-8_17
- 1.10 Neagu C., **Arion C.**, Aldea A., Calarasu EA., Vacareanu R., Pavel F. (2018) Ground Types for Seismic Design in Romania. In: Vacareanu R., Ionescu C. (eds) *Seismic Hazard and Risk Assessment*. Springer Natural Hazards. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74724-8_11