

Contractor: INSTITUTUL NATIONAL DE CD PENTRU FIZICA PAMANTULUI

Cod fiscal : 5495458 (anexa la procesul verbal de avizare interna nr.)

De acord,
DIRECTOR GENERAL

Dr. ing. Constantin IONESCU

Avizat,
DIRECTOR DE PROGRAM

Prof. dr. ing. Gheorghe MARMUREANU

RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

Contractul nr.: PN 16 35 01 06

Proiectul: Evaluarea efectelor macroseismice ale cutremurelor produse recent pe teritoriul Romaniei in scopul obtinerii parametrilor miscarii solului pentru evenimentele seismice crustale.

Faza 2: Elaborarea hartii macroseismice a cutremurului crustal din 22 noiembrie 2014 (M=5.7) produs in zona Vrancea.

Termen: 5.12.2017

1. Obiectivul proiectului:

Obiectivul general al proiectului se refera la activitatea de cercetare complexa privind evaluarea efectelor macroseismice produse de cutremurele recente pe teritoriul Romaniei si in zonele transfrontaliere in scopul obtinerii parametrilor miscarii solului pentru evenimentele seismice crustale, fiind un instrument deosebit de pretios in evaluarea seismicitatii pe termen lung si a hazardului seismic. De asemenea, pentru atingerea obiectivului final al proiectului se iau in considerare toate evenimentele seismice crustale pentru care exista informatii macroseismice (intensitati, harti cu izoseiste, chestionare etc.), in scopul dezvoltarii si testarii unor noi legi de atenuare a intensitatii macroseismice.

2. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului:

- Baze de date cu valori ale intensitatii macroseismice rezultate din evaluarea informatiilor din chestionarele macroseismice completate pentru evenimentele seismice analizate in cadrul proiectului;
- Incadrarea seismotectonica a zonelor seismice care au generat evenimentele cercetate macroseismic;
- Harti macroseismice ale cutremurelor studiate in proiect;
- Baza de date cu IDP-uri (puncte de intensitate macroseismica) pentru toate cutremurele crustale produse pe teritoriul Romaniei;
- Parametrii miscarii solului pentru evenimentele seismice crustale;
- Relatii de atenuare a intensitatii macroseismice pentru cutremurele crustale;
- Lucrari stiintifice publicate in reviste de referinta ISI;
- Prezentarea rezultatelor la conferinte nationale si internationale;
- Pagina web a proiectului.

3. Obiectivul fazei nr 2:

Elaborarea hartii macroseismice a cutremurului crustal din 22 noiembrie 2014 ($M_L=5.7$) produs in zona Vrancea.

Pe data de 22 noiembrie 2014 la ora locala 21:14:17 (19:14:17 UTC) s-a produs in zona orasului Marasesti, Judetul Vrancea un cutremur crustal cu magnitudinea $M_L=5.7$, epicentrul fiind localizat la 45.87° N si 27.16° E, la adancimea focala de 39 km. Acest cutremur constituie socul principal al unei secvente care a debutat cu acesta. Imediat dupa producerea cutremurului, Institututul National de CD pentru Fizica Pamantului (INCDFP) a trimis chestionare macroseismice in toate zonele afectate, pentru a putea defini campul macroseismic al miscarii seismice. Elaborarea unei hartii macroseismice implica procesarea, analiza si interpretarea complexa a informatiilor existente in chestionarele completate si returnate din teritoriu, cu privire la efectele macroseismice observate pe teren, imediat dupa producerea cutremurului. Conform informatiilor din chestionarele macroseismice, intensitatea in zona epicentrala a fost estimata la VI grade MSK, iar cutremurul a fost simtit in toata zona extracarpatica. Acest cutremur a provocat panica si avarii minore spre moderate cladirilor, atat in zona epicentrala cat si in partea de NE a tarii. Scopul principal al acestei faze consta in intocmirea hartii cu distributia intensitatilor macroseismice observate pentru cutremurul din 22.11.2014.

4. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:

- Harti seismice si seismotectonice;
- Diagrame privind statistica observatiilor macroseismice colectate;
- Baze de date macroseismice (fisiere cu intensitatile seismice observate dupa producerea cutremurului din 2014);
- Harta macroseismica a cutremurului crustal vrancean din 22 noiembrie 2014;
- 3 articole stiintifice publicate in reviste cotate ISI;
- Prezentari conferinte.

5. Rezumatul fazei:

5.1 Introducere

Intensitatea macroseismica obtinuta prin cuantificarea efectelor cutremurelor reprezinta in continuare un parametru important pentru cercetarile seismologice si de inginerie seismica, cat si pentru institutiile guvernamentale si companiile de asigurare. Acest tip de date este, de asemenea, util pentru dezvoltarea ecuatiilor predictive ale intensitatii macroseismice pentru anumite zone seismice, cat si pentru compararea si corelarea intensitatii cu PGA, respectiv PGV.

Incepand cu data de 22 noiembrie 2014 o secventa seismica moderata s-a produs in zona seismogena Vrancea. Secventa a durat mai mult de 2 luni. Socul principal al secventei a fost cel mai mare eveniment seismic din zona Vrancea crustala din ultimii 120 de ani. Acest cutremur s-a produs la ora 19:14:17 UTC in aceeasi zi, practic secventa seismica debutand cu acesta. Spre sfarsitul secventei, seismicitatea a fost mai densa, inregistrandu-se evenimente cu magnitudini mai mari. Magnitudinea celor mai puternice 3 cutremure ale secventei a variat intre 4.2 si 5.7; evenimentele semnificative s-au produs la o adancime cuprinsa intre 19-41 km.

Cutremurele crustale sunt legate de fracturi ale scoartei terestre, falii care delimiteaza blocuri crustale mai mult sau mai putin mobile. Zona seismica Vrancea de adancime normala este deplasata catre Est fata de zona intermediara. In aceasta zona, cutremurele crustale se produc la adancime mica ($h < 60$ km), la intervale si cu magnitudini mai mici decat ale cutremurelor intermediare ($M_{max} < 5.9$). Totusi, aceste seisme pot produce pagube insemnate in localitatile din apropierea epicentrului, deoarece ele pot fi resimtite destul de puternic pe arii reduse, din cauza adancimilor mici la care se produc.

Pe baza datelor istorice din catalogul Romplus (Oncescu et al., 2000; ROMPLUS updated), in ultimii 1000 de ani in zona Vrancea crustala s-au produs 7 cutremure cu $M_w > 5$ (Figura 1), dintre care doua (in martie 1784 si martie 1894) avand intensitati macroseismice maxime observate de VII MSK. In urma cutremurului crustal din anul 1894 s-au inregistrat intensitati maxime in Panciu, Focsani si Adjud (judetul Vrancea). De asemenea, s-a mai raportat faptul ca evenimentul a fost acompaniat de zgomot puternic. In zona epicentrala, în special in Focsani, pereții caselor "solide" au suferit crapaturi (Florinesco, 1958; Hepites, 1893).



Figura 1. Epicentrele cutremurelor crustale cu $M > 5$ care s-au produs in zona seismogena Vrancea in perioada istorica.

In zona crustala vranceana s-au remarcat mai multe subzone, printre care si subzona Marasesti ce prezinta caracteristici seismice particulare. Din punct de vedere geologic aceasta zona apartine Bazinului Focsani. In zona bazinului Focsani cutremurele sunt grupate in secvente si roiuri seismice cu magnitudini mici si moderate. In ultimii 40 de ani in zona crustala vranceana s-au inregistrat in jur de 20 de secvente seismice (Popescu, 2007). Secventele seismice inregistrate prezinta o orientare sistematica a directiei de rupere paralela cu lantul Carpatic, pe directia NE-SV (Bala et al., 2015). In aceasta arie relativ restransa se intalnesc atat falieri normale cat si inverse. Focarele cutremurelor sunt grupate in cel putin doua intervale de adancime: 15-20 km in crusta superioara si pana la 45 km in crusta inferioara.

In ultimii ani, seismicitatea acestei zone a fost caracterizata de cutremure cu magnitudini mai mici de 4.0. In timp, in zona Marasesti s-au produs cutremure cu magnitudini mici, precum secventa din 29 noiembrie - 3 decembrie 2007 ($M_D=3.9$). Aceasta secventa a constat in 41 de evenimente seismice cu magnitudine relativ mica (de la 1.8 pana la 3.9). Distributia epicentrelor reproduce directia tipica NE-SV, observata si la secventa precedenta produsa in trecut in aceeasi zona. Majoritatea hipocentrelor sunt localizate in domeniul crustei inferioare (Tugui et al., 2009; Popescu et al., 2011).

In prezentul studiu sunt analizate efectele macroseismice ale cutremurului principal din secventa seismica inceputa in ziua de 22 noiembrie 2014. Imediat dupa producerea socului principal, INFP a demarat o investigatie macroseismica in zonele in care s-a simtit cutremurul, pentru a evalua intensitatile macroseismice conform scarii Medvedev - Sponheuer - Karnik (MSK-64) (Medvedev et al., 1967). De asemenea, la scurt timp dupa cutremur, oamenii au completat chestionarul macroseismic existent pe site-ul INCDFP, in timp ce altii au raportat efectele evenimentului seismic prin intermediul retelelor de socializare. Informatiile rezultate din alte tipuri de surse au fost in principal folosite ca si surse aditionale de informare. Din nefericire, numarul chestionarelor online completate de respondentii care au simtit miscarea seismica a fost foarte redus.

5.2 Cutremurul de la Marasesti din 22 noiembrie 2014 si secventa de replici

In data de 22 noiembrie 2014 (19:14 UTC, 21:14 ora locala), un cutremur moderat de magnitudine 5.7 s-a produs in centrul Romaniei, in apropierea orasului Marasesti, la circa 7 km de Panciu, 19 km de Focsani, 21 km de Tecuci si aproximativ 180 km NE de Bucuresti. Socul principal a fost localizat la o adancime de 39 km. Secventa seismica a debutat cu acest eveniment, fiind urmat de 230 de replici cu $M_{Lmax}=4.5$, secventa desfasurandu-se pe parcursul a 70 de zile (Fig. 2). S-a inregistrat un numar de 30 de evenimente cu magnitudine de 2.0 sau mai mare (vezi Tabelul 1). Adancimile la care au avut loc aceste replici au variat intre 16 - 50 km. Cele doua replici mai mari s-au produs in zilele de 7 decembrie 2014 ($M_L=4.5$) si 12 ianuarie 2015 ($M_L=4.2$). Figurile 3 si 4 prezinta numarul de evenimente functie de zilele secventei si magnitudinile versus adancimile hipocentrelor pentru aceleasi evenimente ale secventei seismice.

Cutremurul din 22 noiembrie 2014 a fost simțit în zona extra carpatică, până în Ucraina, Republica Moldova, sudul Bulgariei și SE Turciei. De asemenea, acest cutremur a fost înregistrat de 82 de stații strong-motion instalate pe teritoriul României, aparținând rețelei INCDFP.

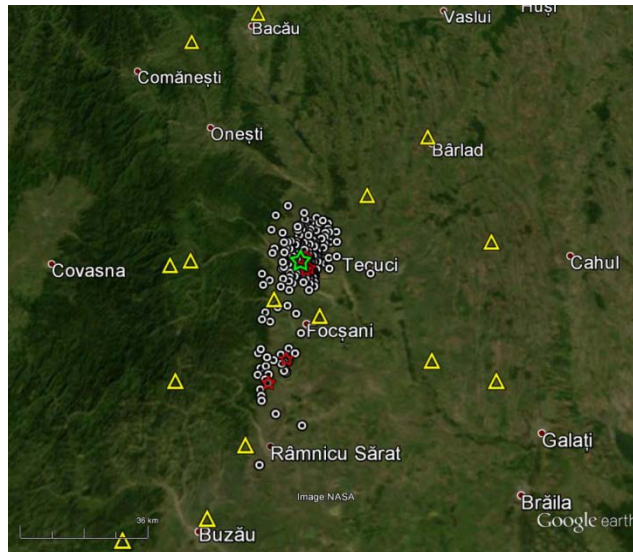


Figura 2. Secvența seismică din 22.11.2014-30.01.2015 din zona Marasesti. Epicentrul socului principal din 22 noiembrie ($M_L=5.7$) este marcat prin steaua verde, replicile cu magnitudinea mai mare sau egală cu 3 sunt reprezentate prin stelele roșii, iar prin cercurile goale sunt prezentate toate evenimentele secvenței. Triunghiurile galbene reprezintă stațiile seismice ale INCDFP instalate în zona.

Tabelul 1 - Evenimentele seismice cu $M_L > 2$ ale secvenței de la Marasesti.
Primul eveniment este socul principal al secvenței.

Nr. crt.	Data (d/m/y)	Timpul (UTC)	Lat. N	Long. E	Adâncime (km)	M_L
1	22/11/2014	19:14:17	45.87	27.16	39	5.7
2	22/11/2014	19:27:39	45.869	27.119	39.5	2
3	22/11/2014	19:32:36	45.881	27.179	36.8	2.1
4	22/11/2014	20:24:47	45.862	27.164	34.4	2.8
5	22/11/2014	20:30:56	45.853	27.186	36.3	3.1
6	22/11/2014	20:38:32	45.876	27.156	31.4	2
7	22/11/2014	21:05:30	45.883	27.205	33.5	2
8	22/11/2014	22:19:19	45.871	27.192	39.4	2.3
9	23/11/2014	00:22:43	45.6	27.115	16.7	2
10	23/11/2014	01:14:39	45.882	27.161	34.8	2.5
11	23/11/2014	02:21:05	45.851	27.185	34.1	2.5
12	23/11/2014	04:01:58	45.823	27.175	31	2.6
13	23/11/2014	04:14:58	45.837	27.173	31.3	2

14	23/11/2014	05:27:58	45.845	27.189	34.6	2.4
15	23/11/2014	07:03:07	45.854	27.183	33.6	2
16	23/11/2014	10:16:14	45.814	27.208	29.8	2.7
17	23/11/2014	20:57:59	45.838	27.187	31.8	2
18	23/11/2014	23:22:49	45.848	27.185	33.3	2.3
19	24/11/2014	00:45:06	45.87	27.166	34.4	2.4
20	24/11/2014	23:20:20	45.852	27.151	33.4	2.1
21	25/11/2014	01:52:25	45.848	27.161	32	3.2
22	02/12/2014	04:19:29	45.869	27.175	28.8	2.5
23	04/12/2014	05:39:53	45.866	27.179	23.7	2
24	07/12/2014	21:04:05	45.883	27.171	40.6	4.5
25	14/12/2014	17:24:47	45.605	27.108	14.3	3.1
26	14/12/2014	18:24:34	45.603	27.116	15.7	2.6
27	01/01/2015	11:39:40	45.845	27.199	31.7	2.2
28	12/01/2015	06:08:31	45.542	27.045	17	4.2
29	19/01/2015	23:53:07	45.878	27.148	39.8	3.8
30	20/01/2015	02:52:46	45.885	27.158	33.4	2.2
31	29/01/2015	12:43:24	45.845	27.156	39.4	2.2

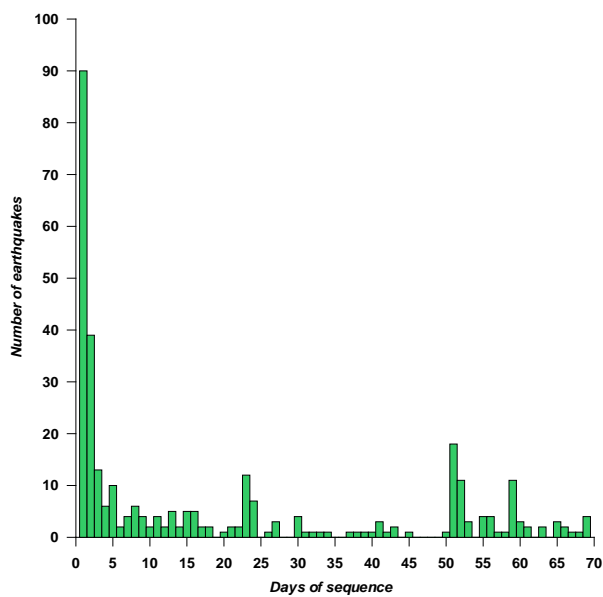


Figura 3. Numarul total de cutremure inregistrate pentru secventa seismica

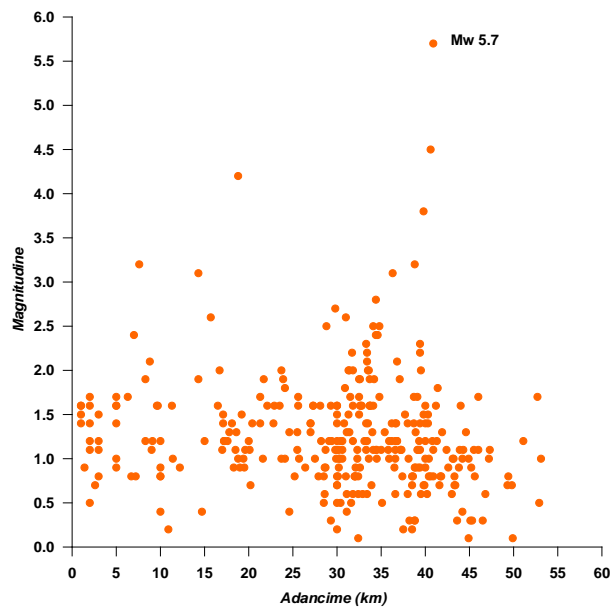


Figura 4. Magnitudinea vs adancimea focala pentru toate evenimentele inregistrate ale secventei de la Marasesti.

5.3 Efectele macroseismice ale socului principal

Investigatia macroseismica folosind chestionare demarata de INCDFP in zonele unde s-a simtit cutremurul si estimarea intensitatilor s-au facut conform metodologiei cercetarilor macroseismice descrisa in manualul Scarii Macroseismice Europeana (EMS-98) (Grünthal, 1998) si in versiunile 1 si 2 ale "New Manual of Seismological Observatory Practice" (Bormann, 2009, 2012, ch-12). Numarul total de localitati pentru care s-au primit mai multe CM pozitive a fost de 680. In total, raspunsurile din chestionare s-au referit la intensitati cuprinse intre gradele II si VI MSK. Aceste observatii au fost folosite pentru a realiza harta macroseismica a acestui cutremur (fig. 5). Avand in vedere ca efectele observate n-au fost suficient de puternice incat sa produca pagube (avarii semnificative fondului construit), in procesul de evaluare a intensitatii, pentru o mare parte a locatiilor, s-a tinut cont, in principal, de perceptia umana (Constantin si Pantea, 2013).

Din chestionare rezulta ca seismul a produs avarii minore pana la moderate, precum aparitia unor crapaturi mici in pereti, caderea unor bucati de tencuiala in unele case, si crapaturi mari si extinse in peretii unora dintre cladirile vechi din localitatile situate in zona epicentrala, precum si in partea estica. Pagubele au inclus, de asemenea, si crapaturi ale unor cosuri si tavane.

Dupa cutremurul vrancean crustal din 22 noiembrie 2014, intensitatea maxima observata (VI MSK) a fost estimata in 25 de localitati. In unele localitati din judetul Vrancea s-au observat avarii importante la cateva cladiri vechi (crapaturi adanci si largi in pereti, desprinderea unor fragmente mari de tencuiala). In judetele Vrancea si Galati curentul electric s-a intrerupt. De asemenea, s-au raportat avarii la retelele de apa. S-au înregistrat disfunctionalitati in reseaua de telefonie mobila, datorita numarului ridicat de apeluri telefonice.

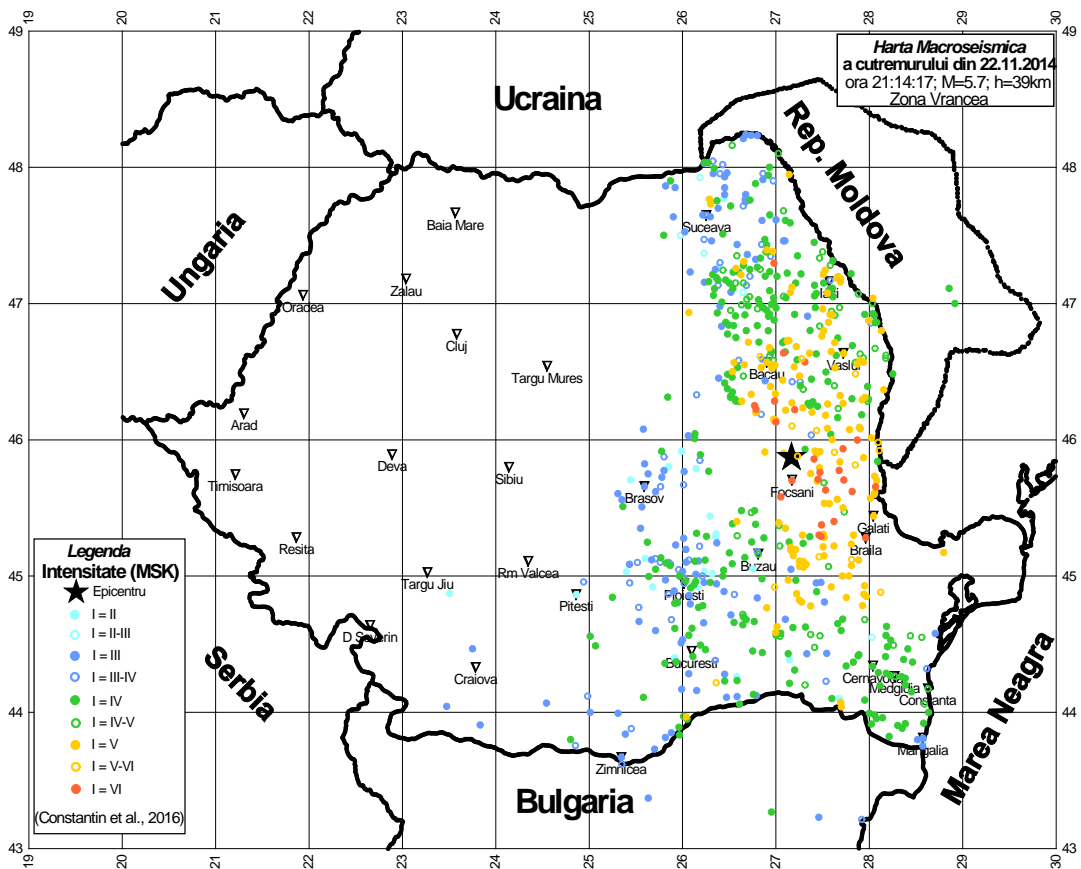


Figura 5. Harta macroseismică a cutremurului din 22 Noiembrie 2014.

Bibliografie

- Bala, A., Raileanu, V., Dinu, C., Diaconescu, M. (2015) Crustal seismicity and active fault systems in Romania, Rom. Rep. Phys., 67 (3), 1176–1191.
- Bormann, P. (Ed.) (2009) New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP-1), IASPEI, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, DOI: 10.2312/GFZ.NMSOP-r1_ch12.
- Bormann, P. (Ed.) (2012) New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP-2), IASPEI, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam; <http://nmsop.gfz-potsdam.de>; DOI: 10.2312/GFZ.NMSOP-2_ch12.
- Constantin, A. P., Pantea A. (2013). Macroseismic field of the October 27, 2004 Vrancea (Romania) moderate subcrustal earthquake, J. Seismol, 17, 4: 1149-1156, DOI: 10.1007/s10950-013-9383-2.
- Florinesco, A., (1958). Catalogue of Earthquakes felt in the Territory of the People’s Republic of Romania (Catalogue des Tremblements de Terre Ressentis sur le Territoire de la RPR). Academia. Com. Nat. Geod. Geophys., 167p., Bucharest.
- Grünthal, G. (ed) (1998). European Macroseismic Scale 1998. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Seismologie. Conseil de l'Europe, Luxembourg, 99p.
- Hepites, St. (1893). Registrul cutremurelor de pamant din Romania, Analele Institutului Meteorologic al Romaniei, Tom IX, Part. II, Anul 1893.

- Medvedev, S. V., Sponheuer, W., Karnik, V. (1967). Seismic intensity scale version MSK 1964. Publ. Inst. Geodynamik, 48, Jena.
- Oncescu, M. C., Marza, V. I., Rizescu, M., Popa, M. (2000). The Romanian earthquake catalogue between 984-1997. Vrancea Earthquakes: Tectonics, Hazard and Risk Mitigation, F. Wenzel, D. Lungu (eds.) & O. Novak (coed.), p. 43-47, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Popescu, E. (2007). Complex study of the earthquake sequences on the Romanian territory in Romanian, PhD Thesis, Ed. Granada, Bucharest.
- Popescu, E., Neagoe, C., Rogozea, M., Moldovan, I.A., Borleanu, F., Radulian, M. (2011). Source parameters for the earthquake sequence occurred in the Ramnicu Sarat area (Romania) in November – December 2007, Rom. Journ. Phys., 56 (1–2), 265–278.
- Tugui, A., Craiu, M., Rogozea, M., Popa, M., Radulian, M. (2009). Seismotectonics of Vrancea (Romania) zone: the case of crustal seismicity in the foredeep area, Rom. Rep. Phys., 61, 2, 325–334.
- *Romplus catalogue, Updated to 2016 by the Department of Data Acquisition of the National Institute for Earth Physics (NIEP), Bucharest, 2016.
- **STAS 3684-71 : Seismic intensity scale. Romanian Institute for Standardization, IRS, Bucharest (in Romanian).

6. Rezultate, stadiul realizării obiectivului fazei, concluzii și propuneri pentru continuarea proiectului

Rezultatele preconizate pentru aceasta faza a proiectului au fost obtinute in totalitate, si anume: a) Harti seismice si seismotectonice; b) Diagrame privind statistica observatiilor macroseismice colectate; c) Baze de date macroseismice (fisiere cu intensitatile seismice observate dupa producerea cutremurului crustal din 2014); d) Harta macroseismica a cutremurului crustal vrancean din 22 noiembrie 2014; e) 3 articole stiintifice publicate in reviste cotate ISI; f) Prezentari la conferinte:

Articole publicate:

1. **A. P. Constantin**, I. A. Moldovan, A. Craiu, M. Radulian, C. Ionescu (2016) Macro seismic intensity investigation of the November 2014, M=5.7, Vrancea (Romania) crustal earthquake, *Annals of Geophysics*, 59, 5, S0542; doi:10.4401/ag-6998.
2. I. A. Moldovan, M. Diaconescu, R. Partheniu, **A. P. Constantin**, E. Popescu, D. Toma-Danila (2017) Probabilistic seismic hazard assessment in the Black Sea area, *Romanian Journal of Physics*, Vol. 62, No 5-6, Article Number: 809.
3. **A. P. Constantin**, R. Partheniu, I. A. Moldovan, A. Pantea (2017) The intensity assessment of the April 25, 2009, Vrancea subcrustal earthquake from macro seismic data, *Romanian Journal of Physics*, acceptata spre publicare.

Prezentari la conferinte:

1. European Geosciences Union General Assembly, EGU, Viena, Aprilie 2017:

1.1 Iren-Adelina Moldovan, Dragos Toma-Danila, Cosmin Marian Paerele, Victorin Emilian Toader, **Angela Petruta Constantin**, and Cristian Ghita, Seismic risk assessment for Poiana Uzului (Romania) buttress dam on Uz river, [EGU2017-18037](#)

2. The 6th National Conference on Earthquake Engineering & 2nd National Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Bucuresti, Iunie 2017:

2.1. I. A. Moldovan, B. Grecu, **A.P. Constantin**, A. Anghel, E.F. Manea, L. Manea, R. Partheniu - Seismic Intensity estimation using macroseismic questionnaires and instrumental data - Case Study Bârlad, Vaslui County.

2.2. M. Rogoza, I. A. Moldovan, **A. P. Constantin**, E. F. Manea, C. O. Cioflan, L. M. Manea - Testing the macroseismic intensity attenuation laws for Vrancea intermediate depth earthquakes.

2.3. **A.P. Constantin**, I. A. Moldovan, R. Partheniu - Abnormal animal behavior prior to the Vrancea (Romania) major subcrustal earthquakes

2.4 M. Diaconescu, E. Oros, A. Craiu, A. Placinta - Seismotectonic characterization of the South-Western part of Southern Carpathians

3. The 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2017, Albena, Bulgaria

3.1 Iren Adelina Moldovan, Victorin Emilian Toader, Adrian Septimiu Moldovan, Daniela Ghica, **Angela Petruta Constantin** - Spectral Investigation Of Infrasonic Signals Recorded On The Romanian Black Sea Coast

3.2 **Angela Petruta Constantin**, Iren Adelina Moldovan, Franck Lavigne, Delphine Grancher, Raluca Partheniu - Perception And Preparedness Of The Tsunami Risk Within The Black Sea (Romania) Communities

4. The 17th International Balkan Workshop on Applied Physics and Materials Science IBWAP 2017 (11-14 July, 2016)

4.1 Iren-Adelina Moldovan, Dragos Toma-Danila, Cosmin Marian Paerele, Victorin Emilian Toader, **Angela Petruta Constantin**, Cristian Ghita - Seismic Hazard And Risk Assessment For Poiana Uzului (Romania) Buttress Dam On Uz River

4.2 Mihail Diaconescu, Andreea Craiu, Iren Adelina Moldovan, Eduard Gabriel Constantinescu - Main transversal and oblique active faults from onshore and offshore of the Black Sea coast

4.3 **Angela Petruta Constantin**, Aurelian Pantea, Iren Adelina Moldovan - The Intensity Assessment Of The April 25, 2009, Vrancea Subcrustal Earthquake From Macroseismic Data

5. The World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium - WMESS 2017

5.1 I.A. Moldovan, **A. P. Constantin**, E. F. Manea, C. O. Cioflan, B. Grecu, A. O. Placinta, A. Anghel - Comparison between macroseismic and instrumental intensities for recent Vrancea (Romania) moderate earthquakes

Articole publicate in Proceedinguri ISI

3.1 Iren Adelina Moldovan, Victorin Emilian Toader, Adrian Septimiu Moldovan, Daniela Ghica, **Angela Petruta Constantin** - Spectral Investigation Of Infrasonic Signals Recorded On The Romanian Black Sea Coast, Proc. of the 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, pg 405-412, STEF92 Technology Ltd., ISBN 978-619-7408-00-3.

3.2 **Angela Petruta Constantin**, Iren Adelina Moldovan, Franck Lavigne, Delphine Grancher, Raluca Partheniu - Perception And Preparedness Of The Tsunami Risk Within The Black Sea (Romania) Communities, Proc. of the 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, pg 311-318, STEF92 Technology Ltd., ISBN 978-619-7408-00-3.

Capitole in carti

1. I. A. Moldovan, B. Grecu, **A.P. Constantin**, A. Anghel, E.F. Manea, L. Manea, R. Partheniu (2017) Seismic Intensity estimation using macroseismic questionnaires and instrumental data - Case Study Bârlad, Vaslui County, The 6th National Conference on Earthquake Engineering & 2nd National Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Editura Conspress, pg 107-115, ISBN 2559-3943.

2. M. Rogozea, I. A. Moldovan, **A. P. Constantin**, E. F. Manea, C. O. Cioflan, L. M. Manea - Testing the macroseismic intensity attenuation laws for Vrancea intermediate depth earthquakes, The 6th National Conference on Earthquake Engineering & 2nd National Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Editura Conspress, pg 129-134, ISBN 2559-3943.

3. **A.P. Constantin**, I. A. Moldovan, R. Partheniu - Abnormal animal behavior prior to the Vrancea (Romania) major subcrustal earthquakes, The 6th National Conference on Earthquake Engineering & 2nd National Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Editura Conspress, pg 71-77, ISBN 2559-3943.

Rezumatetele, prezentarile si articolele stiintifice publicate sau in curs de publicare au multumiri aduse Proiectului Nucleu 16 35 01 06/2016.

Stadiul realizării obiectivului fazei: Obiectivul a fost realizat integral.

Concluzii

In cea de-a doua faza a proiectului **PN 16 35 01 06/2016** s-au obtinut rezultate importante pentru buna desfasurare viitoare a proiectului. Observatiile macroseismice si rezultatele obtinute in acest studiu au condus catre urmatoarele remarci:

- Cutremurul de Mw=5.7 din data de 22 noiembrie 2014 a fost cel mai puternic produs in zona Vrancea crustala din ultimul deceniu, atat ca magnitudine cat si ca efecte macroseismice. De fapt, socul principal al secventei din noiembrie 2014 s-a produs in partea de NV a aliniamentului Marasesti - Galati - Braila, fiind cel mai mare eveniment inregistrat vreodata in zona.
- Investigarea efectelor macroseismice produse de acest cutremur a fost realizata pentru 680 de locatii, majoritatea situate in zona extra-carpatica.
- Intensitatea macroseismica maxima evaluata dupa investigatia pe baza chestionarelor pentru socul principal al secventei a fost VI MSK.

- In general, in zonele afectate de cutremur fondul construit a suferit pagube minore pana la moderate; avarii majore s-au observat doar la cateva case vechi.
- Conform observatiilor macroseismice si hartii intocmita pe baza acestora, zona afectata se extinde catre E si NE.

Proiectul se continua cu Faza 3, avand urmatorul obiectiv: **Dezvoltarea si testarea relatiilor de atenuare a intensitatii macroseismice pentru evenimentele seismice crustale.**

Proiectul isi poate extinde studiile si in viitor prin realizarea acestui tip de cercetari si pentru alte cutremure romanesti.

Responsabil proiect,

Dr. ing. geofiz. Constantin Angela