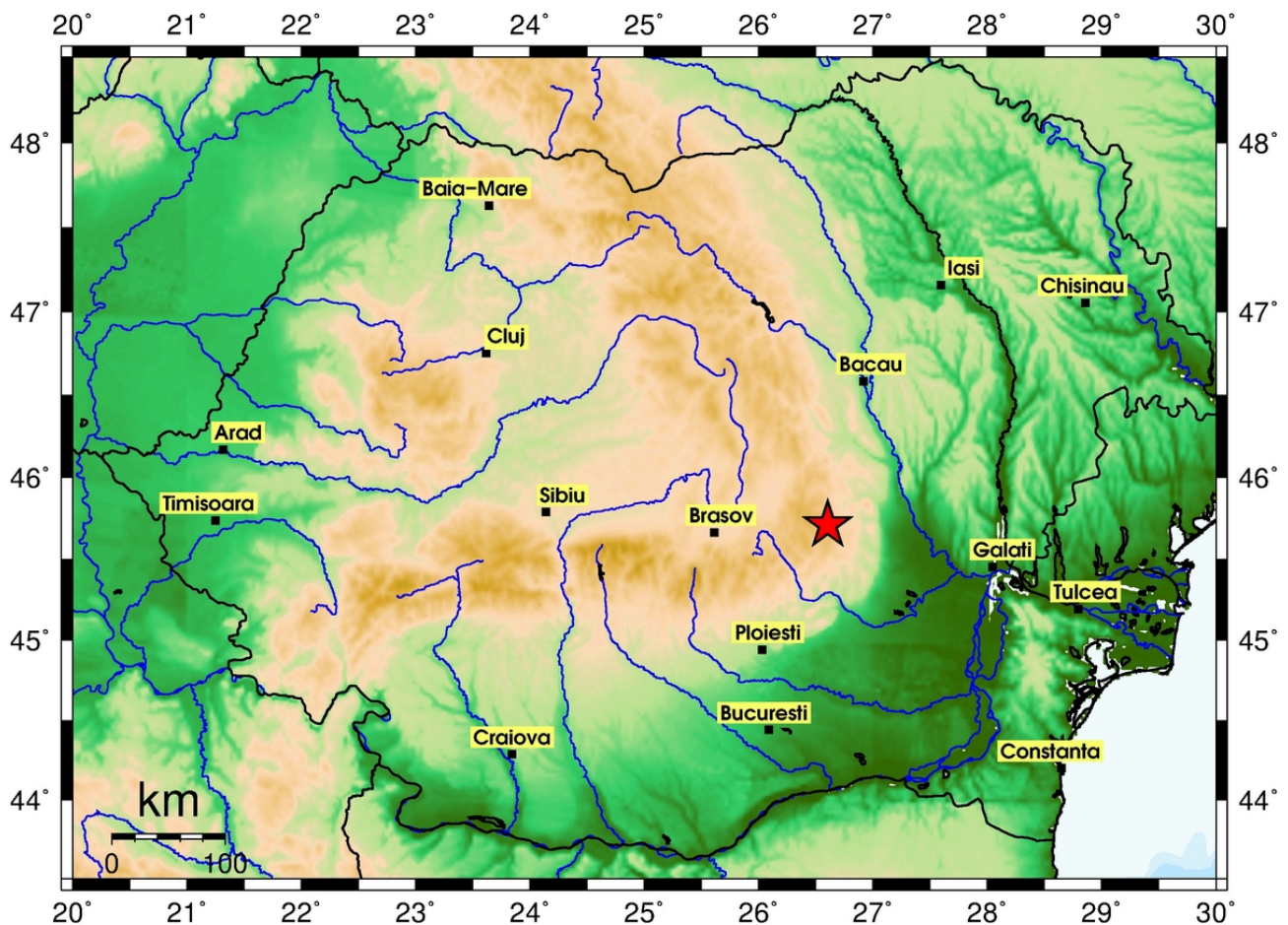




INFP

Raport cutremur 28.12.2016

Zona Vrancea



Notă Introductivă

Toate informațiile prezentate în acest raport reprezintă date revizuite de către specialiști privind parametrii evenimentului. Acestea pot diferi de cele preliminare publicate pe pagina de internet (www.infp.ro) a Institutului National pentru Fizica Pământului imediat după producerea cutremurului.

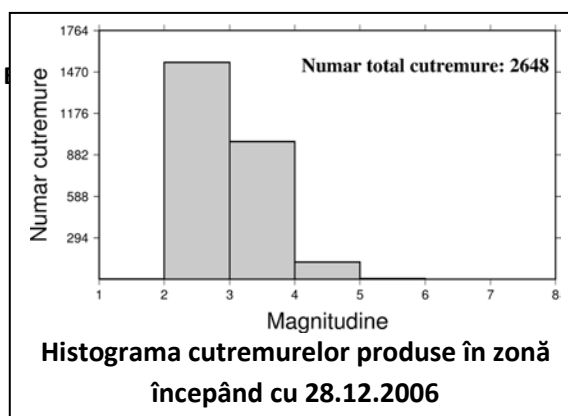
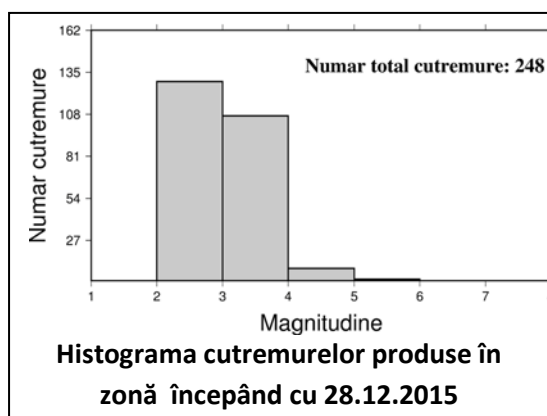
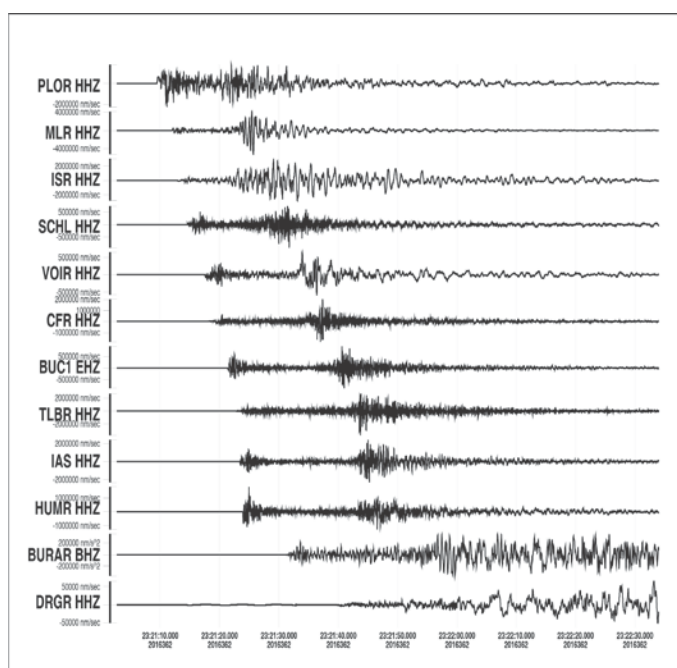
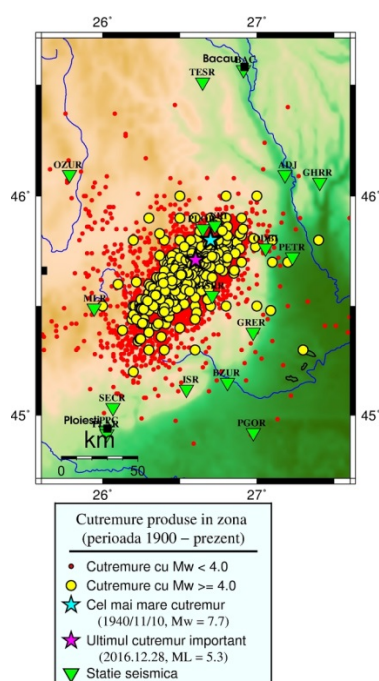
Informațiile din acest raport pot fi preluate și utilizate în scopul informării, doar cu referințele corespunzătoare.

Cuprins:

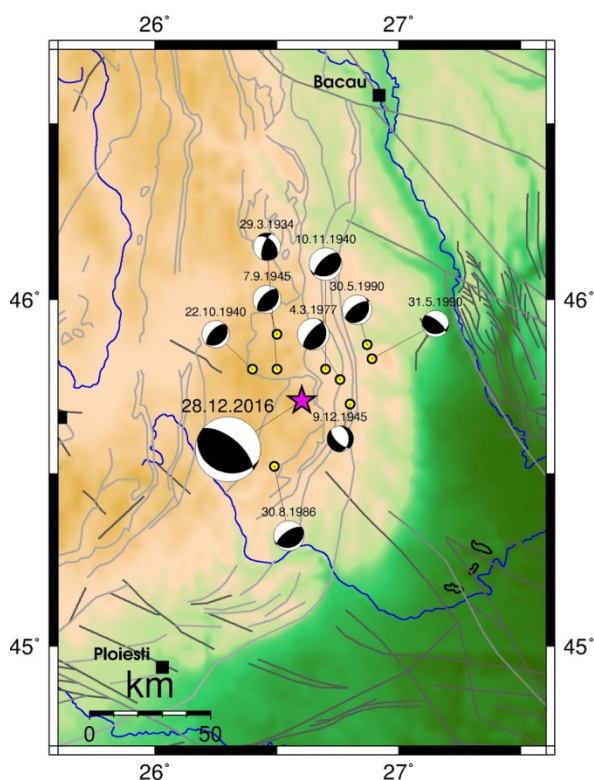
Notă Introductivă	2
Parametrii cutremurului și seismicitatea zonei.....	3
Tectonica zonei. Mecanism de focar.....	4
Estimarea tensorului moment utilizând inversia formelor de undă	5
Hărți cu accelerațiile solului și intensitățile seismice	5
Cutremure de adâncime intermediară produse în 2014-2016	8

Parametrii cutremurului și seismicitatea zonei

Pe data de **28.12.2016** la ora locală **01:20:55** (**27.12.2016 23:20:55 GMT**) s-a produs în **zona seismică Vrancea** un cutremur cu magnitudinea $M_L = 5,3$ la o adâncime de $h=99$ km. Epicentrul cutremurului a fost localizat în apropierea următoarelor orașe: Covasna (37km), Focșani (45km), Târgu Secuiesc (48km), Mărășești (51km), Râmnicu Sărat (51km). Intensitatea cutremurului în zona epicentrală a fost de V (scara Mercalli modificată), iar accelerațiile maxime s-au înregistrat în partea de nord-est a României, la stația Bacau-BAC ($63,3 \text{ cm/s}^2$) și în sudul României, la stațiile Seciu-SECR ($53,2 \text{ cm/s}^2$) și Singureni-SIGRR ($51,2 \text{ cm/s}^2$). Momentul seismic calculat prin metoda directă are valoarea $M_0=4,2E+17 \text{ Nm}$, iar magnitudinea (M_w) determinată din momentul seismic este 5,6. Cutremurul a fost resimțit în multe orașe din țară (Bârlad, Brașov, Brăila, București, Buzău, Constanța, Craiova, Galați, Iași, Sibiu, Suceava, etc.), dar și în Republica Moldova, Ucraina, Bulgaria și vestul Turciei. Ultimul eveniment important cu magnitudine mai mare de 5 s-a produs pe 24 septembrie 2016 ($M_L = 5,3$) cu epicentrul foarte aproape de cel al cutremurului din 28 decembrie la o adâncime de 92 km.



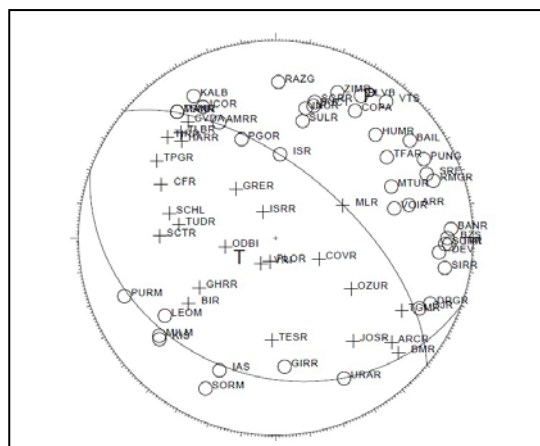
Tectonica zonei. Mecanism de focar.



Harta seismotectonică a zonei

Mecanismul focal determinat pe baza polarităților undelor P (citite cu grad de încredere ridicat la 65 de stații ale Rețelei Seismice Naționale) indică o falie inversă, tipică zonei Vrancea, cu axa extensiei (T) aproape verticală, axa compresiei (P) orientată pe direcția NE-SV, planele nodale fiind orientate pe direcția NV-SE, perpendiculară pe Arcul Carpatic.

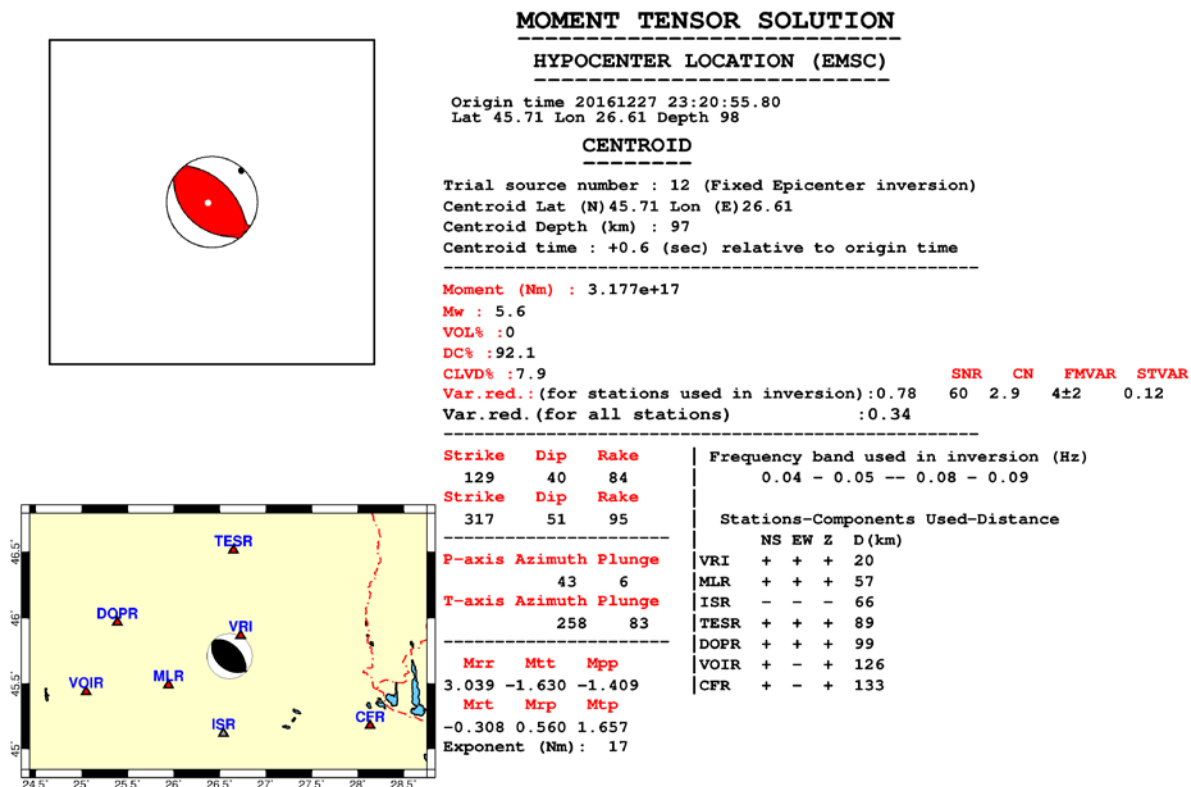
Regiunea Vrancea este o regiune seismică complexă de convergență continentală, cu cel puțin trei unități tectonice în contact: placa Est – Europeană și subplăcile Intra – Alpină și Moesică. Activitatea seismică cea mai puternică din România se concentrează la adâncimi intermediare de 60-200 km, într-un bloc litosferic, orientat aproape vertical care coboară în manta. Generarea a 1 - 6 evenimente de magnitudine $M_w > 7.0$ pe secol, într-un volum focal foarte restrâns, implică un nivel ridicat al deformării active ($\sim 3.5 \times 10^{-7}/\text{an}$) în domeniul subcrustal care nu se regăsește în deformarea crustei.

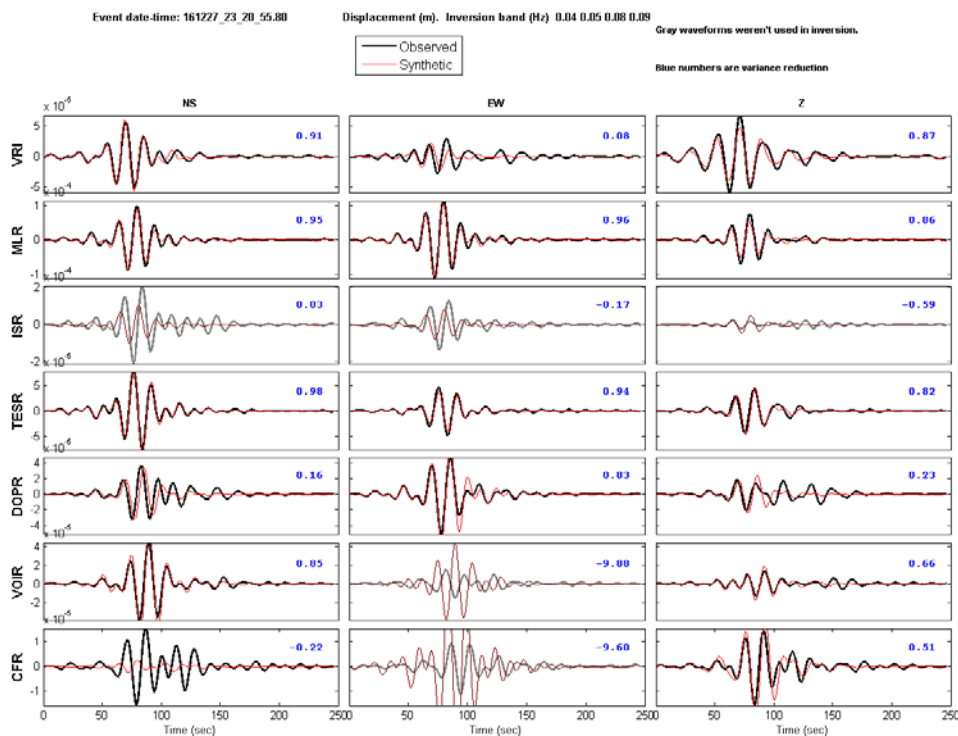


Estimarea tensorului moment utilizând inversia formelor de undă

Momentul seismic a fost calculat utilizând inversia formelor de undă înregistrate de stațiile de bandă largă ale Rețelei Seismice Naționale din cadrul INCDFP. Pentru determinarea momentului seismic au fost preluați parametrii sursei seismice calculați de către Centrul Internațional de Seismologie „The European-Mediterranean Seismological Centre” (EMSC, <http://www.emsc-csem.org>). Modelul de viteze folosit pentru inversie este cel determinat de Koulakov și alții, 2010. Pentru realizarea inversiei s-a utilizat metoda ISOLA (Sokos și Zahradnik, 2008), un pachet de programe interactiv care funcționează sub Matlab. Soluția a fost constrânsă încă de la început pentru aproximația cuplului dublu. Banda de frecvențe utilizată a fost aleasă astfel încât să fie obținut raportul semnal zgomot maxim pentru înregistrările celor 6 stații utilizate în analiză.

Adâncimea cutremurului a fost determinată menținând fixe coordonatele epicentrului (folosind o metodă de tip “grid search”) pe baza celei mai bune potriviri (fit) între formele de undă observate și cele sintetice. S-a observat că adâncimea de 97 km produce o corelare a formelor de undă caracterizată de o valoare (variance reduction) de 0,78. Parametrii rezultați în urma inversiei precum și formele de undă observate/calculate sunt detaliate în reprezentările de mai jos.





Compararea formelor de undă sintetice (roșu) și cele înregistrate (negru) utilizate în algoritmul de inversie. Componentele care nu au fost folosite sunt reprezentate cu gri. Măsura corelării (variance reduction) pentru fiecare componentă este notată cu albastru.



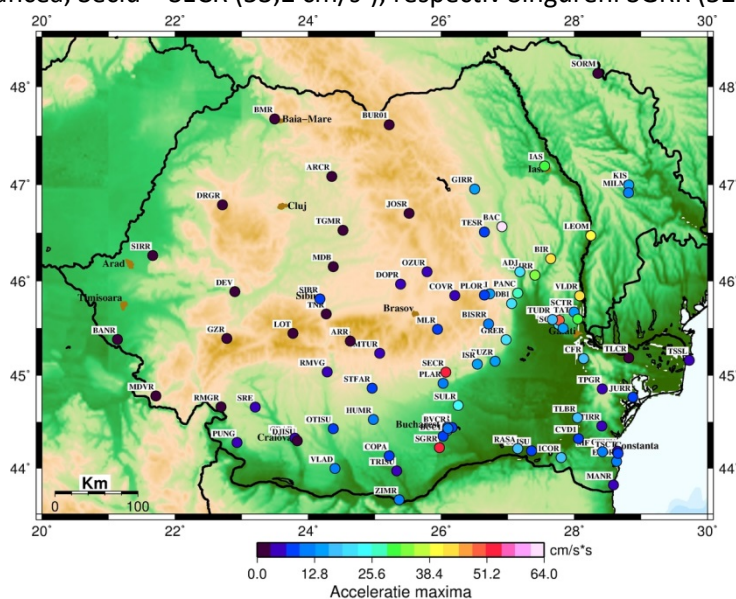
Estimarea obținută prin metoda inversiei formelor de undă, aplicată în cadrul INCDFP produce rezultate similare cu cele obținute de Centrele Internaționale de Seismologie. Se constată de asemenea că valorile obținute prin inversie (momentul seismic și magnitudinea calculate din moment) sunt apropiate de cele obținute prin utilizarea tehnicii directe (estimarea palierelor spectrale). Diferențele rezultatelor obținute prin cele 2 tehnici sunt scăzute, încadrându-se practic în domeniul erorilor de estimare.

Mecanismul focal determinat pe baza inversiei formelor de undă indică o faliere inversă, având un grad ridicat de similaritate cu soluția obținută pentru evenimentul produs la data de 23.09.2016.

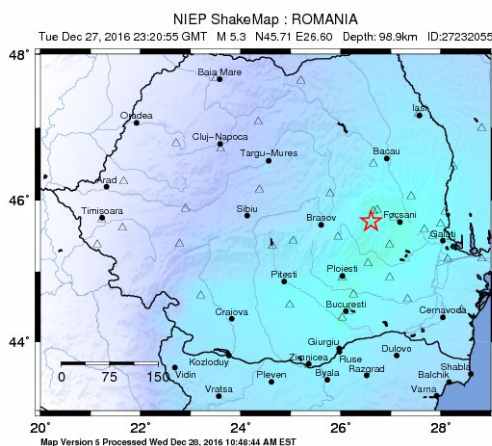
Reprezentarea pe harta României a soluțiilor calculate de Centrele Internaționale de Seismologie (<http://www.emsc-csem.org/Earthquake/tensors.php?id=0&id2=DJPH3;MT&id3=GDYRY>)

Hărți cu accelerațiile solului și intensitățile seismice

Cutremurul a fost înregistrat cu un raport semnal zgomot bun la un număr de 85 de accelerometre aparținând Rețelei Seismice Naționale. Din distribuția valorilor maxime de accelerație prezentată în figura de mai jos se poate observa că accelerațiile cele mai mari s-au înregistrat în partea nord-est și est a zonei Vrancea. Cea mai mică valoare a fost înregistrată la stația Draganu- DRGR (0,03 cm/s²), iar cea mai mare la stația Bacau – BAC (63,3 cm/s²). Valori de accelerație de peste 50 cm/s² s-au înregistrat și la două stații aflate la sud-vest de zona Vrancea, Seciu – SECR (53,2 cm/s²), respectiv Singureni SGRR (52,1 cm/s²).



Harta cu accelerațiile solului înregistrate de Rețeaua Seismică Națională (maximul accelerației de pe componentele orizontale NS, EV)



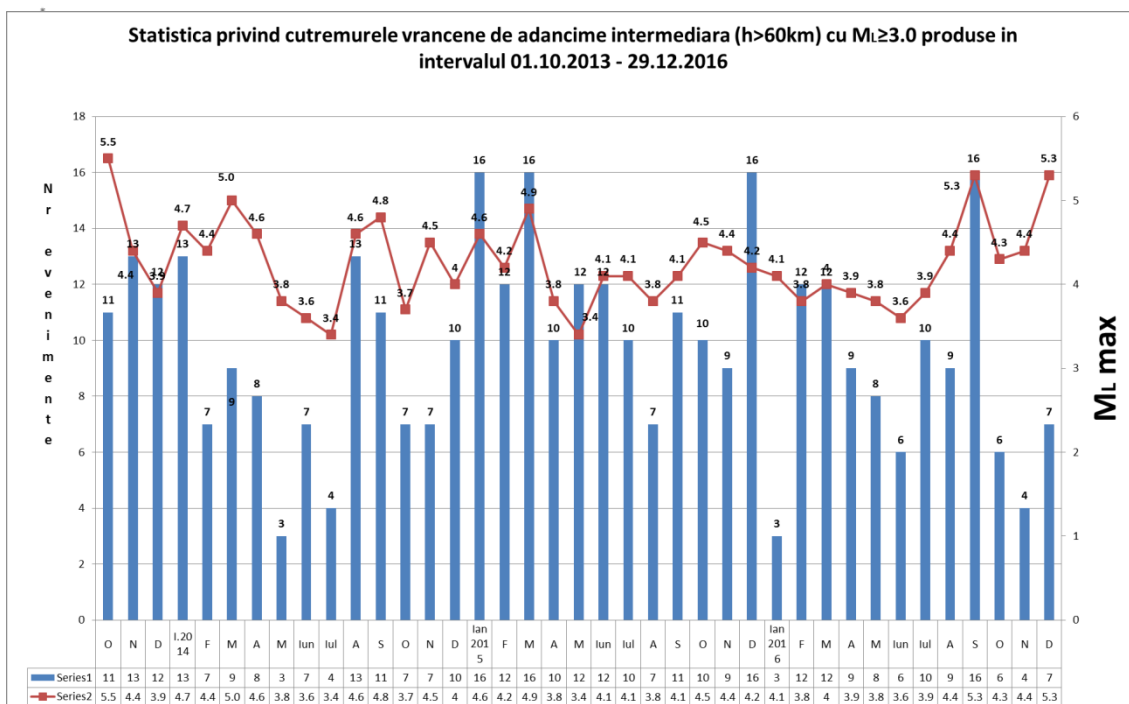
PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Harta cu intensități macroseismice instrumentale (calculate pe baza înregistrărilor de accelerații)

Cutremure de adâncime intermediară produse în 2014-2016

Tabel Numărul de cutremure vrâncene cu adâncime mai mare de 60 km și magnitudine ≥ 3 și cutremurul cu magnitudine maximă produs în luna respectivă (octombrie 2014 - decembrie 2016) <http://www1.infp.ro/arhiva-in-timp-real/>

Luna	Nr. evenimente H>60km $M_L \geq 3$	$M_{L \max}$	Adâncime cutremur cu $M_{L \max}$	Data producerii cutremurului cu $M_L \max$
Octombrie'14	7	3,7	135	7 octombrie
Noiembrie	7	4,5	118	3 noiembrie
Decembrie	10	4,0	120	12 decembrie
Ianuarie '15	16	4,6	84	24 ianuarie
Februarie'15	12	4,2	129	27 februarie
Martie	16	4,9	141	29 martie
Aprilie	10	3,8	128	29 aprilie
Mai	12	3,4	144	17 mai
Iunie	12	4,1	140	9 iunie
Iulie	10	4,1	146	14 iulie
August	7	3,8	137	6 august
Septembrie	11	4,1	121	29 septembrie
Octombrie	10	4,5	130	07 octombrie
Noiembrie	9	4,4	126	29 noiembrie
Decembrie	16	4,2	142	18 decembrie
Ianuarie '16	3	4,1	117	7 ianuarie
Februarie'16	12	3,8	85	18 februarie
Martie	12	4	66	1 martie
Aprilie	9	3,9	146	29 aprilie
Mai	8	3,8	137	26 mai
Iunie	6	3,6	106	22 iunie
Iulie	10	3,9	123	25 iulie
August	9	4,4	140	4 august
Septembrie	16	5.3	92	24 septembrie
Octombrie	6	4.3	91	31 octombrie
Noiembrie	4	4.4	141	19 noiembrie
Decembrie	7	5.3	99	28 decembrie



Bibliografie selectivă:

Koulakov, I., Zaharia, B., Enescu, B., Radulian, M., Popa, M., Parolai, S., and J. Zschau, 2010: Delamination or slab detachment beneath Vrancea? New arguments from local earthquake tomography, *Geochem. Geophys. Geosyst.* (G3), 11, 3, Q03002, doi:10.1029/2009GC002811

Sokos E.N. and Zahradnik, J. 2008 ISOLA a Fortran code and a Matlab GUI to perform multiple-point source inversion of seismic data, *Computers & Geosciences*, 34 (8), 967-977. doi: 10.1016/j.cageo.2007.07.005.