Seismicitatea zonei Oltenia, Gorj: tectonică, cauze și caracteristici

Regiunea Nord Vest Târgu Jiu, jud. Gorj a fost cunoscută, până de curând, ca fiind o zonă seismică care produce, de regulă, cutremure de suprafață mici şi moderate. Scurta istorie seismică a zonei (1900-2022, conform Catalogului ROMPLUS) arată că în toată această perioadă s-au produs doar 4 cutremure cu magnitudine ≥ 4 M_w (4.5 M_w – 09.07.1912, 5.2 M_w – 20.06.2023, 4 M_w – 26.07.1962, 4.5 M_w – 04.05.1963).

Începând cu 13 februarie 2023, odată cu producerea cutremurului de 5.2 M_L, această zonă a devenit epicentrul cercetătorilor, în ceea ce privește reevaluarea hazardului și a riscului seismic în regiunea Olteniei şi a Carpaţilor Meridionali. Astfel, până la momentul acestui studiu, au fost înregistrate în această zonă, aproximativ 2150 de cutremure, dintre acestea 36 având magnitudine ≥ 3 M_L:

- 29 seisme cu magnitudine între 3 – 3.9 M_L;
- 5 seisme cu magnitudine între 4 - 4.9 M_L: 4.1 M_L (3.2M_w) – 14.02.2023, 4.2 M_L (3.3 M_w) – 16.02.2023, 4.3 M_L (3.3 M_w) – 17.02.2023, 4 M_L (3.2 M_w) – 22.02.2023, 4.9 M_L (4.4 M_w) 20.03.2023;
- 2 cutremure cu magnitudine ≥ 5 M_L: 5.2 ml (4.8 M_w) – 13.02.2023 și 5.7 M_L (5.4 M_w) – 14.02.2023.

Magnitudinea locală (M_L) și magnitudinea moment (M_w) sunt două moduri diferite de a determina mărimea unui cutremur. Scara de magnitudine M_L (magnitudinea Richter) este calculată din amplitudinea maximă a mișcării solului înregistrată la diferite stații seismice, iar M_W, reprezintă energia eliberată în hipocentru, în momentul producerii cutremurului. Mw este diferită de Ml, de obicei având valoare mai mică decât M_L (între aceste două mărimi există o relație de proporționalitate neliniară).

Sistemul de tip dublet seismic înregistrat în această perioadă reprezintă cea mai intensă activare a zonei de când există monitorizare seismică în această regiune. Cele trei cutremure cu magnitudini de 4.9 M_L, respectiv 5.2 și 5.7 M_L au fost resimțite cu intensitățile V-VI pe scara Mercalli în zona epicentrală şi au produs avarii minore şi moderate.

Energia eliberată de cutremure este convertită în unde seismice ce se propagă la suprafața Pământului. Cantitatea de energie eliberată este proporțională cu (M_w) magnitudinea cutremurului: cutremurele mai mari eliberează mult mai multă energie decât cele mai mici. O creștere cu o unitate a magnitudinii corespunde unei creșteri de 30 de ori a energiei eliberate.

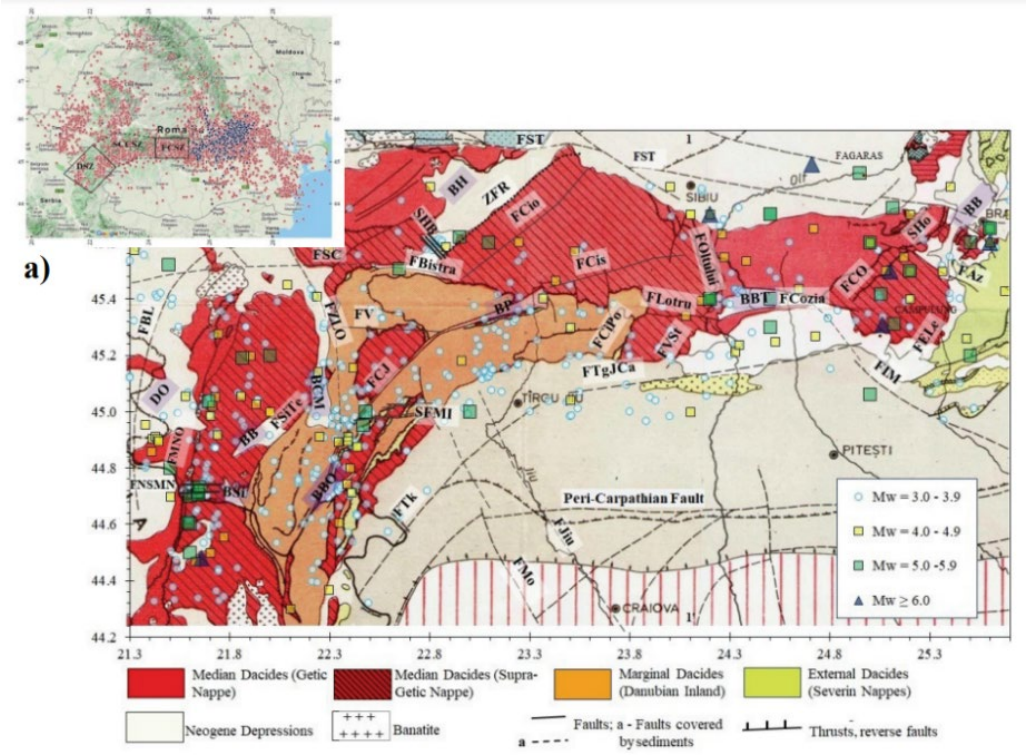
Este important de menționat că energia eliberată de un cutremur cu anumită magnitudine poate fi echivalentă cu explozia subterană a unei anumite cantități de trinitrotoluen (TNT) sau a unei bombe nucleare. Folosind abordarea lui Charles Richter, unul dintre primii oameni de știință care a propus o ecuație pentru a calcula energia seismică, se poate calcula energia unui cutremur folosind megatone de TNT ca unitate de energie. Astfel, bomba atomică lansată asupra Hiroshimei în 1945 a eliberat echivalentul a 16 kilotone = 0,016 megatone de TNT, aproximativ echivalentul energetic al unui cutremur cu magnitudinea de aproximativ Mw=6.

Earthquake magnitude [M]	Energy [erg]	Energy [tons TNT]	No. Hiroshima nuclear bombs
4.0	6.3×10^{17}	15	0.001
4.5	3.6×10^{18}	85	0.006
5.0	2.0×10^{19}	480	0.03
5.5	1.1×10^{20}	2,630	0.2
6.0	6.3×10^{20}	15,000	1
6.5	3.6×10^{21}	86,000	6
7.0	2.0×10^{22}	478,000	30
7.5	1.1×10^{23}	2,640,000	200
8.0	6.3×10^{23}	15,000,000	1,000
8.5	3.6×10^{24}	86,000,000	6,000
9.0	2.0×10^{25}	480,000,000	30,000

Comparație între energia seismică eliberată în timpul cutremurelor de pământ energia eliberata de TNT în tone și bombe nucleare Echivalent ("Rocks that crackle and sparkle and glow: Strange pre-earthquake phenomena", Friedemann Freund, Journal of Scientific Exploration 17(1), 2013)

Este important de subliniat că aceste seisme sunt de **natură tectonică**, seismicitatea din această zonă datorându-se tensiunilor acumulate la contactul dintre Platforma Moesică și orogenul Carpaților Meridionali. Majoritatea solutiilor planelor de falie calculate pentru aceste socuri sunt de tip faliere normala si produse de-a lungul unor falii orientate NE-SV

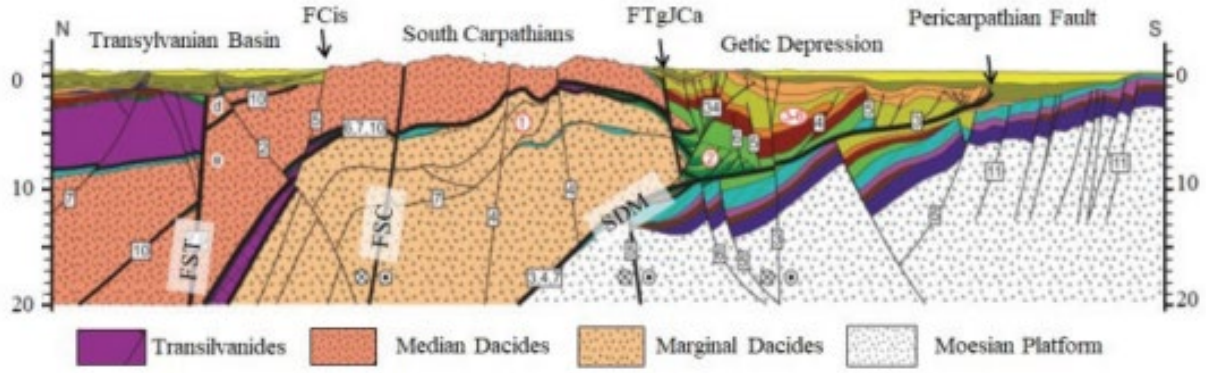
Sectorul sudic al Carpaților Meridionali, spre deosebire de cel nordic care este relativ compact, constând din mai multe blocuri tectonice mai mici. La nivelul crustei, sunt cunoscute mai multe sisteme de falii longitudinale, transversale și oblice, cu orientarea determinată de lanțul muntos. Acestea au dus la formarea unor zone depresionare care în timpul perioadei neogene și care au fost afectate de forțe de extensie și transtensiune, adică forțe care cauzează atât lărgirea, cât și deplasarea în lateral a rocilor.



Seismicitatea (conform Oncescu et al., 1999 și Oros et al., 2008) și caracteristicile tectonice (după Săndulescu, 1984 și Stelea, 2016) ale Carpaților Meridionali; următoarele unități sunt marcate:

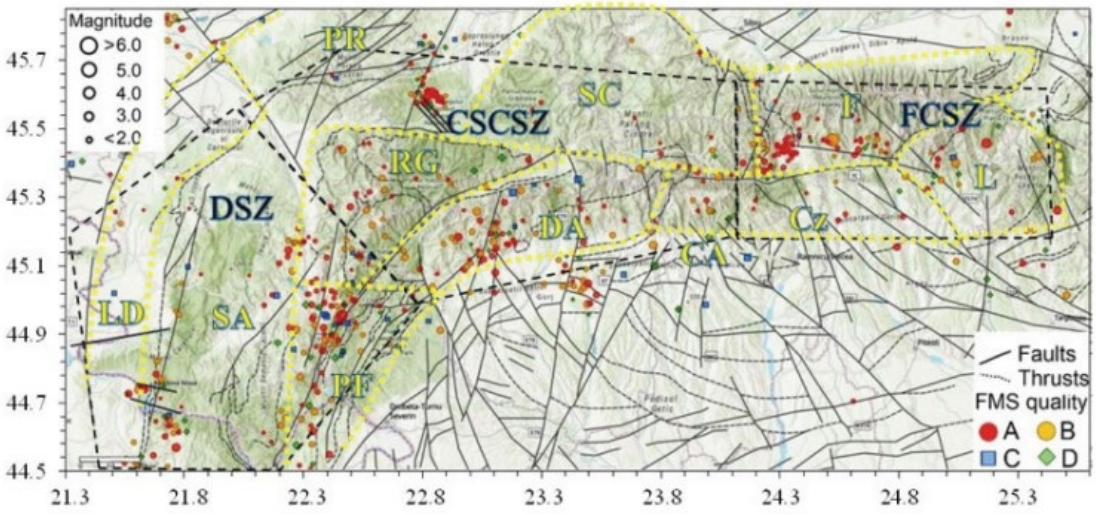
Depresiunile intramontane: DO -Oravița; Bsi - Sichevița; BCM -Caransebeș-Mehadia; BBO - Bahna-Orsova; BP - Petroșani; BBT - Brezoi-Titești; BB - Brașov;

Faliile: FST - Sud-Transilvanic; FSC- Sud-Carpatic cu segmentele sale principale (Bistra, Lotru și Cozia); ZFR - Zona de forfecare Răşinari; FBL - Baziaș-Lugoj; FNSMN - falii Moldova Nouă Nord și Moldova Nouă Sud; FZLO - Zarand-Lugoj-Orsova; FMNO – Moldova Nouă-Oravița; FsiTe - Sichevița-Teregova; FCJ - Cerna-Jiu; FTk - Timoc; SFMI - Mehadia-Isverna (sistemul Baia-de-Arama); FV - Virciorova; SHB - sistemul Hațeg-Bistra; FCio - Cioclovina; FCis - Cisnădie; FtgJCa - Tg. Jiu-Călimănești; FMo - Motru; FJiu - Jiu; SDM - Sistemul Danubiano-Moesian; FciPo - Ciungesti-Polovraci; FVSt - Valea lui Stan; FCO - Curmatura Oticului; SHo - Holbav thrust; FELe - Est-Leaota; FIM - IntraMoesica; Faz - Azuga.



Profil (Sandulescu, 1984; Stelea, 2016) care traversează Carpații Meridionali -reprezentarea faliilor FST – Sud-Transilvania; FSC - Sud-Carpați; FTgJCa - Tg. Jiu-Călimănești, analizate în Oros et al, 2021.

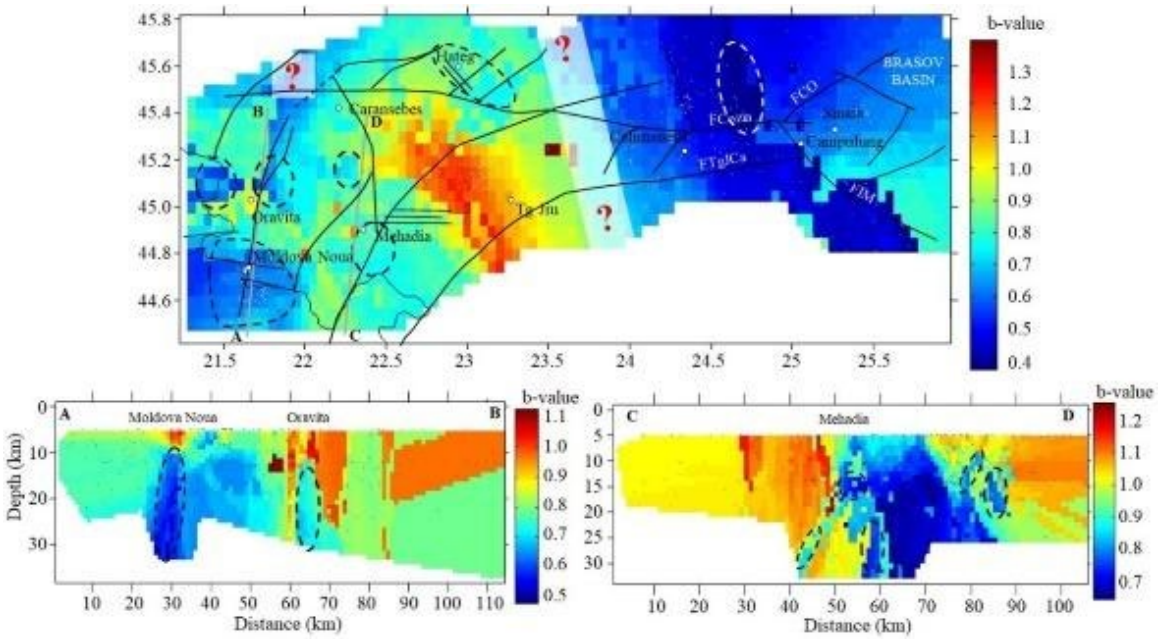
Aria în care s-au produs cutremurele este cunoscută ca o zonă cu seismicitate slabă și moderată. Cel mai mare cutremur înregistrat, în decurs de 200 de ani, fiind cel din anul 1943, cu magnitudinea Mw de 5.2. Cutremurele semnificative din anii 1912 și 1963 au avut loc în Bazinul Hațegului, la intersecția faliilor FSC-SHB-ZFR-Fcio (FSC - Carpații de Sud cu segmentele sale principale Bistra, Lotru și Cozia, SHB - sistemul Hațeg-Bistra, ZFR - zona de forfecare Răşinari, FCio – Cioclovina, conform studiului Oros et al, 2021).



Distribuția cutremurelor cu mecanisme focale (Oros et al., 2020); liniile negre întrerupte delimitează zonele seismogene; liniile galbene punctate delimitează blocurile tectonice definite de Savu: DL - Dognecea-Locva; SA - Semenic-Almaj, PF - Porțile de Fier, RG - Retezat-Godeanu; PR - Poiana Ruscă; DA - Danubian; SC - Sebeș-Cibin; F - Făgăraș, Ca - Căpățână, Cz - Cozia; L - Leaota.

Numărul ridicat de replici înregistrate după cutremurele moderate din Gorj se explică prin faptul că dezvoltarea Rețelei Seismice Naționale a permis detectarea și înregistrarea mai precisă a cutremurelor, dar și a microcutremurelor. Cu siguranță că și cutremurele moderate din trecut au fost urmate de multiple replici, dar acestea nu au fost înregistrate anterior din cauza absenței instrumentelor de măsură și a nivelului de înțelegere a fenomenului seismic.

Echipamentele seismice contribuie semnificativ la o localizare mai bună a cutremurelor, cu rol în înțelegerea modului de producere a secvenței și a factorilor declanșatori, identificarea și caracterizarea mai bună a sistemelor de falii din zonă, precum și la înregistrarea parametrilor de mișcare a terenului, ce sunt de interes ingineresc.



Distribuția teritorială a valorilor coeficientului b din relația Gutenberg-Richter calculate pentru catalogul revizuit - identificarea zonelor tensionate și a asperităților cu potențial de reactivare și corelarea acestora cu structurile geologice

Nu în ultimul rând dorim să facem cunoscut articolul *"Seismicity, active stress pattern and fault reactivation potential in South Carpathians",* E. Oros, A. O. Placintă, I. A. Moldovan, elaborat de către cercetători INCDFP, în cadrul Programului Nucleu PN19080102, 2019-2022. Studiul prezintă o descriere complexă a regiunii Carpaților Meridionali și relația dintre seismicitate, tensiunile crustale și structura geologică cu scopul de a evalua potențialul seismogen al surselor. Modelul de seismicitate se bazează pe un catalog de cutremure revizuit prin aplicarea unor metode macroseismice calibrate instrumental. Astfel, caracterizarea structurilor seismogene (tipologia faliilor active și, relații de recurență, Mmax) a condus la prognozarea potențialului seismogen al zonei SCS - Târgu Jiu și a magnitudinii maxime posibile în această zonă, magnitudine confirmată și de secvența care a început în 13 februarie 2023.

Referințe:

M. Sandulescu (1984), Geotectonica României, Editura Tehnica, Bucuresti (1984).

I. Stelea, Comments on the supragetic nappe in the central-eastern south Carpathians, Muzeul Olteniei Craiova, Studii şi comunicări, Ştiinţele Naturii, Tom. 32, No. 1/2016, 7–11 (2016).

Popa, Mihaela; Chircea, Andreea ; Dinescu, Raluca; Neagoe, Cristian ; Grecu, Bogdan; Borleanu, Felix (2022), "Romanian Earthquake Catalogue (ROMPLUS)", Mendeley Data, V2, doi: 10.17632/tdfb4fgghy.2

E. Oros, M. Popa and I.A. Moldovan, Seismological DataBase for Banat Seismic Region (Romania) –Part 1: The Parametric Earthquake Catalogue. Rom. Journ. Phys, 53 7–8. 955–964 (2008).

Oros, E., Popa, M., Paulescu, D., Placinta, A. O., & Ghita, C. (2020). A refined catalogue of focal mechanisms for the Intra-Carpathian region of Romania: implications for the stress field and seismogenic features assessment. Annals of Geophysics.

Oros, E., Placinta, A. O., & Moldovan, I. A. (2021). SEISMICITY, ACTIVE STRESS PATTERN AND FAULT REACTIVATION POTENTIAL IN SOUTH CARPATHIANS. Romanian Journal of Physics, 66, 811.

Friedemann Freund (2013), Rocks that crackle and sparkle and glow: Strange pre-earthquake phenomena, Journal of Scientific Exploration 17(1).

Surse:

https://www.usgs.gov/

https://www.volcanodiscovery.com

https://www.openhazards.com/