

Contractor: Institutul National de Cercetare-Dezvoltare
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. Mircea Radulian

RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

Contractul nr.: 31N/2019

Proiectul: PN 19080102: Cercetari avansate privind factorii care contribuie la riscul seismic pe teritoriul Romaniei in contextul interactiunii multiple litosfera, hidrosfera, atmosfera, ionosfera.

Faza 8i: Parametrizarea stohastica a evenimentelor sesimice generate de faliile active. Surse seismice individuale din zona de vest si nord-vest a Romaniei. Campuri de stress. Secventa seismic iulie 2015

Termen de incheiere a fazei: 12.06.2020

1. Obiectivul proiectului:

Proiectul „**Cercetări avansate privind evaluarea hazardului și riscului seismic în vederea creșterii rezilienței la cutremure. Provocari in intelegerea dinamicii Pamantului**” propune o investigatie multidisciplinara, complexă si intercorelata a fenomenelor care au loc în sistemul cuplat Litosfera-Hidrosfera-Atmosfera-Ionosfera, pentru modelarea fenomenelor tectonice si a proceselor seismice si identificarea relatiei spatio-temporale dintre structura geologica, tensiunile crustale, potentialul seismogen, în scopul descifrării conexiunilor complexe dintre fenomenele tectonice si efectele lor

asupra campurilor geofizice masurabile la suprafata Pamantului. Proiectul urmareste totodata si modelele de propagare ale undelor seismice si estimarea efectelor acestora la suprafata Pamantului, prin calcularea/masurarea deformatiilor si deplasarilor crustei si a interactiunii sol-structuri construite in scopul evaluarii hazardului si reducerii riscului la cutremur, dar si a altor fenomene secundare asociate acestuia (tsunami). Acest proiect va aborda fenomenul seismic in interconexiune cu fenomenele generate de sistemele litosfera, hidrosfera, atmosfera si ionosfera in scopul diminuarii riscului, tinand cont de noile metode si procedee aplicabile la aceste sisteme cuplate, incercand sa raspunda provocarilor complexe de natura stiintifica si practica pe care dinamica Pamantului le ridica, in vederea cresterii rezilientei la cutremure.

Proiectul este structurat pe doua directii mari: „D1. Cercetari avansate privind factorii care contribuie la riscul seismic pe teritoriul Romaniei” si „D2. Cercetari complexe ale interactiunii litosfera, hidrosfera, atmosfera, ionosfera”, ce fac parte integranta din obiectivul major „Cercetări avansate privind evaluarea hazardului și riscului seismic în vederea creșterii rezilienței la cutremure. Provocari in intelegerea dinamicii Pamantului”, al Strategiei de dezvoltare a Institutului National de CD pentru Fizica Pamantului (INCDFP).

2. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului: dezvoltarea cercetarilor avansate privind evaluarea cu metode specific seismologice, geotehnice, fizice si matematice a factorilor care contribuie la riscul seismic pe teritoriul Romaniei pentru a asigura cresterea rezilientei societatii umane la cutremure. Se vor dezvolta modele de propagare ale undelor seismice si estima efectele acestora la suprafata Pamantului prin calcularea/masurarea deformatiilor si deplasarilor crustei si a interactiunii sol-structuri construite, in scopul evaluarii hazardului si reducerii riscului la cutremur, dar si a altor fenomene secundare asociate acestuia (tsunami). Din analiza înregistrărilor de mișcări puternice ale cutremurelor vrâncene de magnitudine moderată și mare se va investiga variabilitatea observata în distribuțiile spațiale ale mișcării seismice a terenului. Se va implementa o noua metodologie prin abordari noi de evaluare a hazardului seismic folosind factorii nelinieri de amplificare spectrală, în funcție de magnitudinea cutremurului și de condițiile locale ale amplasamentului seismic. Se vor realiza hărți de expunere si vulnerabilitate seismică, precum si cu estimări de pagube pentru scenarii seismice reprezentative. Imbunătățirea capabilităților de estimare a pagubelor directe si indirecte generate de cutremure în România se va realiza in timp aproape real si pentru scenarii reprezentative. Calculul parametrilor sursei tip falie, estimarea activitatii seismice se vor realiza prin parametrizari stohastice a evenimentelor seismice cu implementarea de tehnici TMS (timp, magnitudine, spatiu). Identificarea și ierarhizarea parametrilor de interes ingineresc se va face în funcție de gradul influenței seismului asupra integrității clădirii. Se vor propune norme metodologice coerente de monitorizare a stării de sănătate și integritate a construcțiilor. De asemenea se are in vedere dezvoltarea cercetarilor complexe privind interactiunile multiple din sistemul complex litosfera, hidrosfera, atmosfera, ionosfera in scopul identificarii corelatiilor intre fenomenele ce au loc in focarul cutremurelor de Pamant si semnaturile acestor fenomene la suprafata Pamantului, in Atmosfera si in stratele inferioare ale ionosferei. Se vor realiza analize multiparametrice si multi statie a campurilor geofizice cu potential precursor seismic avandu-se in vedere standardizarea datelor in vederea asigurarii calitatii. Printre rezultatele cercetarilor se vor regasi si harti geologice si harti geo-tectonice pentru zonele studiate, harti

macroseismice pentru cutremurile recente cu $M > 5.0$ și microzonarea în intensități a unor orașe din zona extracarpatică.

3. Obiectivul fazei:

Realizarea hartilor geotectonice și a hartilor sesimicitatii zonei precum și analiza cutremurilor cu mecanism focal.

4. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:

Realizarea hartilor tectonice și geologice din zonele cu seismicitate. Analiza catalogului de cutremure și catalogului de cutremure cu soluții de plan de falie.

5. Rezumatul fazei:

5.1. INCADRAREA GEOTECTONICĂ

Zona de studiu este localizată în vestul și nord-vestul României. Această parte a României este alcătuită din regiunile Crisanei, Maramureșului și munții Apuseni.

Geomorfologic regiunea studiată înglobează: la nord, unități aparținând Carpaților Orientali, la sud, regiunea de contact dintre Carpații Meridionali și munții Apuseni, la vest, urmărind granița Româno-Ungară, sectorul estic al depresiunii Panonice și la est, unități ale depresiunii Transilvane.

Constituația geotectonică actuală a regiunii de vest și nord-vest a României este datorată proceselor tectonice de scindare și ulterior, de sutură al unităților Tisza și Dacia (aparitia zonei ofiolitice de subducție și/sau obducție) și al apariției unei zone de rift pre-Neojurasică (scindarea blocului transilvano-panonic) (Mutihac V. et al., 2007, Sandulescu M., 1984, Schmid S.M. et al., 2008).

Separarea microplacii transilvane de cea panonică de asemenea contribuie, la formarea munților Apusenilor (Mutihac V. et al., 2007)]. Structogenetic, munții Apuseni sunt distinct divizați în două blocuri, cel de nord și cel de sud (Mutihac V. et al., 2007, Sandulescu M., 1984).

Structura munților Apuseni de Nord este rezultatul proceselor de expansiune, fragmentare și încalecare suferite de marginea pasivă a blocului Panonic. Caracteristicile pentru structura Apusenilor de Nord sunt formațiunile cristalino-mezozoice și prealpine (Mutihac V. et al., 2007).

Blocul sudic al Apusenilor este caracterizat de prezența ofiolitelor (Sandulescu M., 1984, Schmid S.M. et al., 2008) și a formațiunilor de flis (Mutihac V. et al., 2007, Sandulescu M., 1984, Schmid S.M. et al., 2008), fiind interpretat tectonic, în sens larg, ca sutură a fostei zone de expansiune intraplacă, generată prin procesul de riftare a Neotethys-ului (Schmid S.M. et al., 2008).

Cele două blocuri constitutive ale munților Apuseni au o dezvoltare reciproc influențată, procesele tectogenetice care au condus la formarea blocului nordic sunt influențate de procesele tectogenetice care au determinat formarea celui sudic și vice-versa (Mutihac V. et al., 2007).

Geneza tectonică a depresiunilor Transilvania și Panonica este strâns legată, cele două evoluând ca urmare a scindării microplacii Transilvano-Panonice (Mutihac V. et al., 2007, Schmid S.M. et al., 2008), rezultată, prin deschiderea și ulterior, închiderea zonei de rift intra-continentale (care conduce la formarea oceanului Transilvan) (Krezsek C., et al., 2006, Csontos, L. et al., 2004).

Fundamentul sectorului Romanesc al depresiunii Panonice (cel pretertiar) este asemănător din punct de vedere al constitutiei cu cel întâlnit în depresiunea Transilvania (Krezsek C., et al., 2006). Fundamentul celor două depresiunii (Panonica și Transilvania) este alcătuit din unități paleozoice cristaline (micașisturi cu granați, paragneise, amfibolite și ofiolite) (Mutihac V. et al., 2007, Krezsek C., et al., 2006).

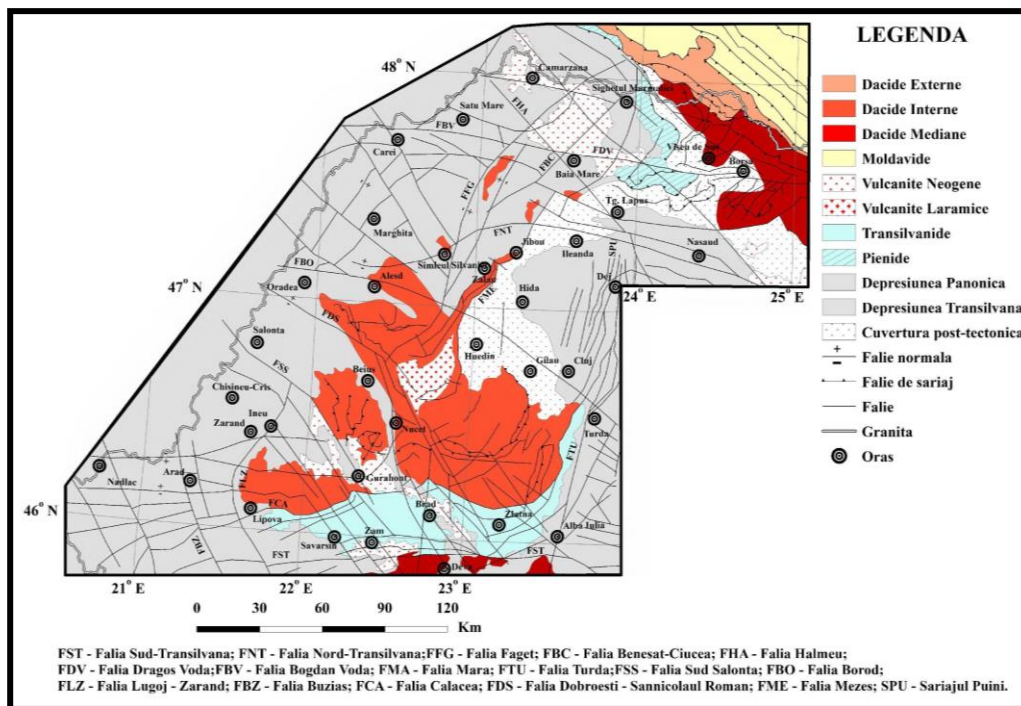


Fig.1. Harta geotectonica a zonei studiate. Tectonica după vezi Anexa A.

5.2. FALII IMPORTANTE DIN REGIUNEA STUDIATĂ

Principale sisteme de falii devin active în Neogen continuând să fie active până în Cuternar. Faliile influențate, în principal, de mișcările Neogen-Cuaternare, sunt falia Dragos Voda și falia Halmeu. Falia Dragos Voda este o falie crustală, de strike-slip, orientată est-vest. Falia Bogdan Voda este o falie de strike-slip cu orientare E-V. Falia Halmeu se comportă ca șariaj, și este orientată NE-SV. Falia Benesat-Ciucea este o falie orientată NE-SV.

Falia Carei delimitează unitățile de fundament ale depresiunii Panonice de cele ale structurilor geotectonice învecinate (Mutihac V. et al., 2007, Diaconescu M., 2019)

Falia Sud-Transilvană delimitează domeniul Danubian de orogenul Munților Apuseni. Orientarea acestei falii este E-V. În partea de nord, Bazinul Transilvaniei este străbătut de falia Nord-Transilvană.

Falia Nord-Transilvană este orientată E-V și are comportament de falie normală cu o componentă de strike-slip.

Falia Mara este o falie orientată NNE-SSV care trece pe la est de Baia Mare și Sighetul Marmatiei. Sectorul nordic al falii (în vecinătatea localității Sighetul Marmatiei) este activ seismic datorită procesului de ridicare a unității Oaș-Gutâi (Diaconescu M., 2019).

Falia Turda marginește la vest depresiunea Transilvaniei și este orientată N-S.

Falia Borod este o falie orientată E-V, urmând, de la nord de Aleșd, o traiectorie către SE. Aceasta falie intersectează falia Faget la sud de localitatea Simleul Silvaniei și falia Turda la N de localitatea Turda. Falia Borod traversează unități ale depresiunii Panonice și ale Apusenilor.

Falia Dobrești-Sânnicolaul-Român este o falie normală care are traseul orientat VNV – ESE. La nord de Beiuș falia Dobrești-Sânnicolaul-Român își schimbă orientare, urmând o traiectorie NNW-SSE. Aceasta falie străbate unități ale Apusenilor, pe la E de localitățile Nucet și Brad până la N de Deva.

Falia Sud Salonta urmărește un traseu orientat NV-SE parcurgând unități ale Apusenilor și ale depresiunii Panonice.

Falia Lugoj-Zarand străbate unități ale depresiunii Panonice având sectorul sudic orientat NNV-SSE. La vest de localitatea Lipova falia Lugoj-Zarand este curbată către V.

Falia Buziaș străbate unități ale depresiunii Panonice și este orientată NNV-SSE.

Falia Calacea este orientată E-V intersectând falia Lugoj-Zarand și falia Buziaș. Falia Calacea străbate atât unități ale depresiunii Panonice cât și unități ale Apusenilor de Sud.

5.3. SEISMICITATEA

Pentru studierea seismicității au fost selectate din catalogul ROMPLUS, 3986 de evenimente seismice. Activitatea seismică este doar de natură crustală, adâncimile focarelor nedepășind 50 de km. Din numărul total de cutremure selectionat, 94% au hipocentrul localizat în primii 15 km ai crustei. 5% din cutremurele selectionate au hipocentrele localizate la adâncimi cuprinse între 15 și 30 de km. Restul de 1% fiind localizate la adâncimi cuprinse între 30 de km și 50 de km. Seismicitate regiunii Crișanei și Maramureșului este moderată, magnitudinea maximă înregistrată, în zona Crișanei fiind de 5.6 pentru evenimentul seismic din 15 octombrie 1834 de la sud de Carei, iar, pentru zona Maramureșului, magnitudine maximă estimată este de aproximativ 6.2(Mw) pentru un eveniment seismic din anul 1829. 50% (1991 de cutremure) din numărul total de evenimente seismice au valori de magnitudine Mw mai mici de 2. 48% (1933 de cutremure) din totalul cutremurelor au valori de magnitudine Mw între 2 și 3.

Valori ale magnitudinii $M_w > 3$ au fost înregistrate doar pentru 63 de cutremure (2% din totalul cutremurelor). În sudul zonei studiate, sunt remarcate mai multe aglomerări epicentrale (fig.3). Cea mai mare densitate de cutremure poate fi observată la nord de localitatea Deva și la sud de

La nord de aliniamentul localitatilor Camarzana și Sighetul Marmatiei, în Ucraina, au fost înregistrate următoarele secvențe seismice: secvența seismică din iunie – septembrie 2011 alcătuită dintr-un soc principal de magnitudine 2.7 și continuată de alte 5 replici mai slabe, secvența seismică din 15 noiembrie – 17 decembrie 2014 al cărui soc principal a fost de magnitudine 2.7 și secvența seismică din 19 – 27 iunie 2015 constituită dintr-un soc principal de magnitudine 3.1, alte 10 evenimente seismice secundare cu magnitudine mai mare de 2.5 și numeroase replici.[Diaconescu M., 2019]

Seismicitatea istorică prezintă un model cu câteva evenimente cu $M_w \geq 4,0$ împrăștiate în regiune, în principal la contactul dintre zona Munților Apuseni și depresiunile panonice și transilvănene (Deva / Carpathian Fault System: 23.11.1867, $M_w = 4,5$, 05.10.1890, $M_w = 4,1$, 05.12.1890, $M_w = 4,1$, Nord-Vest de regiune: Beius, 17.01.1911, $M_w = 4,2$, Oradea, 12.02.1614, $M_w = 4,6$; 12.04.1886, $M_w = 4,6$, Nord: Huedin, 24.10.1890, $M_w = 4,3$). Cele mai puternice evenimente au fost înregistrate în Depresiunile Transilvaniei și Panoniei, în apropierea structurilor orogene din regiunea studiată (de exemplu Cluj, 05.05.1603, $M_w = 5,5$, Galos Petreu, 01.07.1829, $M_w = 5,9$, 15.10.1834, $M_w = 6,4$). Seismicitatea recentă (2010-2016) prezintă un model spațial caracterizat prin grupuri mici situate aproape de epicentrele istorice

Activitatea seismică are epicentrele dispersate în întreaga regiune, dar mai ales pe structurile sale marginale. Cele mai puternice cutremure au avut loc în zonele de contact cu structurile neotectonice vecine: 05.05.1603, $M = 5,5$ (Cluj), 15.10.1834, $M_w = 6,4$ (Sud Satu Mare).

Sumarizând seismicitatea istorică putem spune că seismicitatea istorică este caracterizată de:

Sud: 23.11.1867, $M_w = 4,5$; 05.12.1890, $M_w = 4,6$

Nord-Vest: 12.02.1614, $M_w = 4,6$, 12.04.1886, $M_w = 4,6$

Nord: 24.10.1890, $M = 4,3$

Pentru zona Crisana Maramures: 05 ianuarie.1823 la est de Sighetul-Marmatiei cu magnitudine $M_w=5$, 15 octombrie.1834 la sud de Carei cu magnitudine $M_w=5,6$ (zona Pișcolt-Petrești) (aproximativ 15 km sud de Carei). Zona activă seismică dintre localitățile Oradea și Carei se află la intersecția fracturilor orientate NE - SW precum ar fi cutremurele din 12 aprilie 1886 la sud de Oradea cu magnitudine $M_w= 4,1$, 11 martie 1893 cu magnitudine $M_w= 4,7$ cu epicentrul în vecinătatea localității Carei, cel din 1906 de magnitudine 4.2 Mw din vecinătatea localității Oradea și cel de magnitudine 5.3 Mw din anul 1784 de la Sighetul Marmatiei. Alte seisme importante și mai recente ca cele menționate,

sunt: cutremurul din anul 1965 localizat în apropierea localității Halmeu, de magnitudine 3.7 Mw; cele 2 cutremure din anul 1979, localizate în apropiere de Baia Mare (4.5 Mw) și Sighetul Marmăției (3.5 Mw).

Cutremurele din Maramureș sunt cunoscute cu șocuri în perioada 1876-1926, de intensitate maximă V, uneori cu multe replici [2]. Cutremurele apar pe o aliniere de la Sighetului Marmăției spre vest de-a lungul Tisei sau aliniamente orientate spre NW-SE. Zona Maramureșului este afectată de o seismicitate crustală grupată în câteva locuri (Polonic 1980). În zona Sighet, Faliile Mara și Halmeu, au scos în evidență unele zone cu activitate seismică destul de ridicat. În 1894 și 1893 au aprut evenimente sesimice unul cu magnitudinea 3,8 (Mw) și 4,7 (Mw); în 1888, un cutremur de magnitudine 3,8 (Mw) a avut loc în Coștiui; Sarasău în 1911, magnitudine 4 (Mw); în 1926 un cutremur de magnitudine 4 (Mw) și $I = 4 +$ cu intensitate maximă pe linia Sighet-Ocna Șugatag. După modul cum au fost afectate diferite localități sunt sugerate liniile seismice Sarasău-Teceu, Sighet-Ona Șugatag și Coștiui-Strâmtura. Polonic (1980) indică faptul că, în timpul celor 66 de ani (1876-1940) pentru care există informații, nu s-au simțit intensități mai mari de $I = 5 +$.

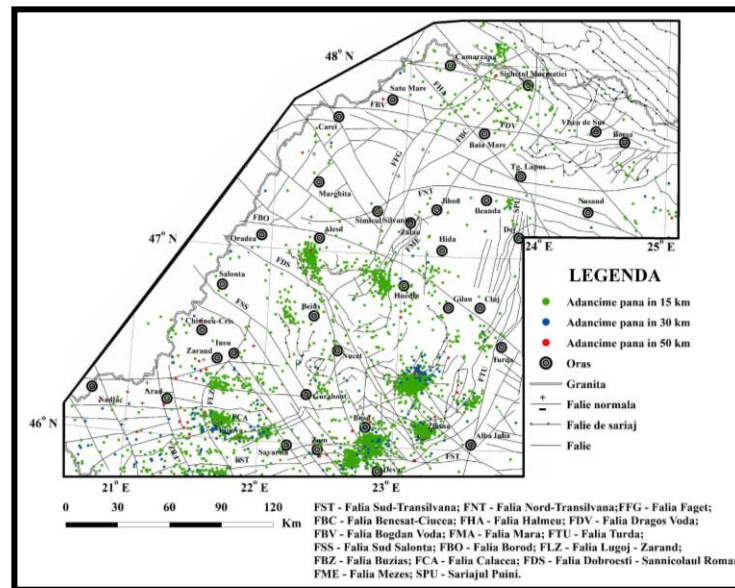


Fig. 2. Seismicitatea zonei studiate.

În zonă s-au numărat 227 de cutremure, dintre care 45,82%, situate în adâncimi de 5 până la 10 km și 23,35% în primele 5 km. Cutremurele cu cel mai înalt nivel de magnitudine se află la nivelul crustalelor în zona studiată. 98,24% din cutremurele se află la adâncimi de crustă (mai puțin de 35 km) și 1,76% în următoarele 10 km.

Domeniul de magnitudine este cuprins între 0,1-6,2 (Mw) și este concentrat în intervalul între 1,5 (Mw) și 2,5 (Mw). Acest interval de magnitudine este localizat în primele 20 km de crustă. Intervalul de toată magnitudinea este atins de-a lungul primelor 10 km de crustă, cu o adâncime foarte mică. Cutremurul cu magnitudine maximă, 6,2 (Mw) la 1 iulie 1829, este situat la nivel de subcrustal, adâncime de 37 km. În zona studiată Moho este situată la adâncimea de 27,5 km. La nivelul subcrustal se situează și cutremurul de 6 (Mw) la 4 august 1444.

Este bine cunoscut faptul că exploziile de carieră sunt în general efectuate în timpul orelor de zi [Rydylek și Sacks 1989, 1992, Wiemer și Baer 2000]. Dacă extragem evenimentele seismice din zona de studiu între (46,2 N și 48 N și 20.7 E și 25 E), și analizăm distribuția în diferite ore (Figura 3), putem observa o analiza bimodala, cu o concentrație puternică în jurul orelor 10-11, 12-13 UTC

Aceste ore sunt legate de la pauza de la amiaza, astfel ele reprezintă alegerea preferată pentru timpul de sablare efectuat în majoritatea carierelor.

Justificarea este că cel puțin o parte din această seismicitate este legată de explozia carierelor.

Se poate observa un număr destul de semnificativ de evenimente în ore de noapte; aceste evenimente sunt distribuite în mod aleatoriu în (termen mediu de aproximativ 25 evenimente / oră, în ansamblu ca perioadă) și pot fi ușor clasificate ca seismicitate naturală.

În astfel de cazuri, acceptarea metodei propuse de Wiemer și Baer [2000], bazate pe înlăturarea tuturor evenimentele zilnice ale zonei, ar duce la îndepărtarea la eliminarea exploziilor de cariera.

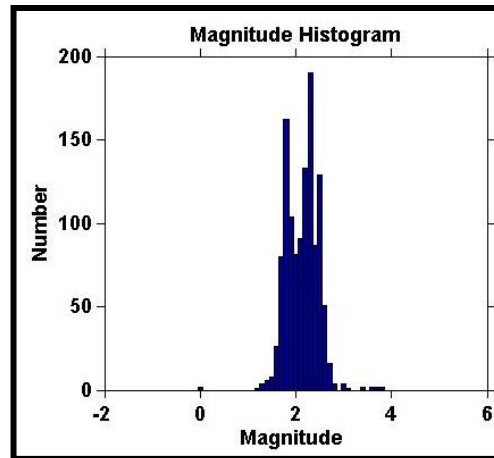


Fig. 3. Activitatea seismică monitorizată în perioada 1 iulie 1990 -2018

III. Prelucrarea datelor de observație

În perioada iulie 1990 - aprilie 2019 au fost găsite 1269 de evenimente cu (46,2 N și 48 N și 21 E și 25 E)

Odată cu dezvoltarea rețelei seismice naționale începând cu anul 2005 se observă o îmbunătățire considerabilă a calitatii localizărilor evenimentelor seismice .

Pentru prelucrarea datelor s-au folosit codurile Wiemer (2001), Cao et al (2002) și Reasenberg (1986) implementat în Matlab cu optimizările făcute pe zona de studiu.

Pentru rularea algoritmilor pentru calculul statistic, din catalog am folosit următoarele condiții de filtrare conform RSN 02 Parametrii evenimentelor (localizare, magnitudine și erori asociate) situate la distanțe locale ($\Delta < 6^0$) ($GAP < 130$, $RMS < 1.1$, eroarea de timp < 1 , erorile semiaxelor < 5

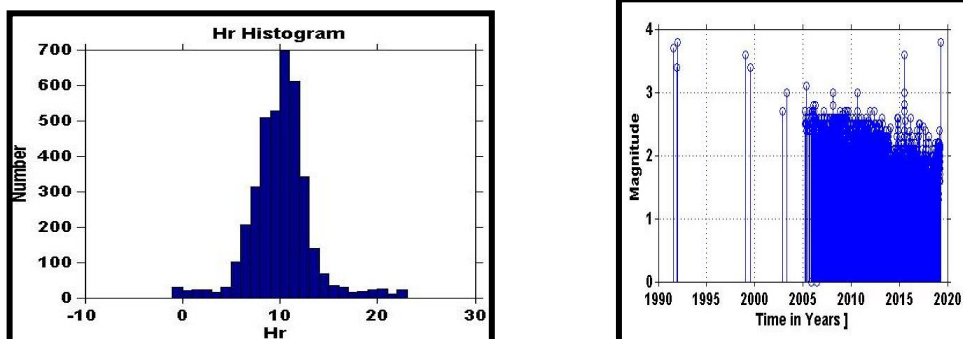


Fig.4. Distribuția după timp și magnitudine

5.4. SOLUȚII MECANISME FOCAL

Pentru a investiga câmpul de stres actual, am calculat 86 de mecanisme focale pentru cutremurele situate în regiunea de studiu și / sau aproape de granițele sale, în funcție de afinitățile structurale și de seismicitate. Soluțiile mecanismelor focale au fost calculate folosind o procedură care urmează mai multe etape: i) estimarea soluției mecanismelor focale folosind doar polaritățile și pachetul de software free Seisan de către Ottemoller V. et al., 2014; ii) amplitudinea și rapoartele de amplitudine S / P au fost utilizate pentru a constrânge mai bine și pentru a îmbunătăți soluțiile bazate pe polarități; iii) inversiune completă a formei de undă atunci când au fost disponibile puține polarități sau mai multe soluții și incertitudini mari au fost obținute anterior. Soluțiile finale sunt cele cu indicii de calitate A, B, C și D (de ex. Incertitudinile planului focal, criteriile F-fit, rata de distribuție a stației sau diferența) și în funcție de clasificarea WSM de calitate.

Maramures-Crisana. În ceea ce privește soluția planului de falie, avem 8 cutremure cu soluții inverse, aparținând unui caracter compresiv, S-au ales cutremure înregistrate la cel puțin 7 stații seismologice pentru a asigura o bună calitate a datelor.

Seismicitatea zonei Munților Apuseni, unde avem 109 cutremure grupate în 5 zone și anume nord, est, sud, sud vest, nord vest este mai mică decât în Carpații Meridionali, dar semnificativ mai mare decât în Carpații Orientali, ceea ce ar putea indica un contact activ între Munții Apuseni și depresiunea Panonică și depresiunea transilvăneană, iar la nord cu sistemul de falii Dragos-Bogdan Vodă (Fig.5)

5.5. NEOTECTONICA ȘI MODELUL REGIONAL DE STRES DE ZI CU ZI

Ansamblul neotectonic (post-miocen) este reprezentat prin structuri de tip graben extensiv, alungite în direcția WNW-ESE care sunt conectate la bazinele și sub-bazinele din zona panonică. Vulcanismul neogen a fost legat și de procesele de extensie. De la Pliocen până la ultima dată când a început bazinul de inversiune cu procese compresive, munții au fost erodați, rezultând o creștere izostatică accelerată.

În prezent există un gradient orizontal ridicat al mișcărilor verticale pozitive și negative ale munților și ale structurilor sedimentare occidentale.

Câmpul de stres netezit de ordinul întâi pare a fi guvernat de forțele de graniță și intraplate și se propagă la NE din Adria în Bazinul Panonic. În munți, stresul orizontal se modifică spre E și apoi spre SE-NW.

6. REZULTATE, STADIUL REALIZĂRII OBIECTIVULUI FAZEI, CONCLUZII ȘI PROPUNERI PENTRU CONTINUAREA PROIECTULUI (se vor preciza stadiul de implementare a proiectului, gradul de îndeplinire a obiectivului cu referire la tinte stabilite și indicatorii asociați pentru monitorizare și evaluare).

6.1 Rezultate

1. S-au întocmit hartile geologice și tectonice, s-a realizat descrierea geo-tectonică a zonei de studiu
2. S-a întocmit catalogul de cutremure și s-a efectuat o analiză a acestuia realizându-se grafice specifice.
3. S-a întocmit catalogul de cutremure cu soluții de plan de falie și s-au analizat rezultatele obținute

6.2 Stadiul realizării obiectivului fazei

Prin rezultatele prezentate referitoare consideram ca **obiectivele fazei au fost îndeplinite în totalitate** și ca **angajamentele asumate au fost** atinse, iar proiectul a atins gradul de implementare scontat pentru această fază.

6.3 Propuneri pentru continuarea proiectului

In această etapă, **obiectivul a fost indeplinit integral iar rezultatele obtinute sunt in concordanta cu tintele propuse** venind in sprijinul implementarii proiectului.

Viitoarele studii vor fi facute in evaluarea stressului zonei atat in totalitate cat si secvential pe surse sesimogene. Se va realiza o parametrizarea stohastica a evenimentelor sesimice generate de faliile active. Rezultatele obtinute in acesta faza au fost si vor fi publicate si prezentate la conferinte stiintifice nationale si internationale.

6.4 Concluzii

O bază de date de înaltă calitate și rezoluție, cu 117 soluții mecanisme focale, a fost obținută utilizând date primare de înaltă calitate și rezoluție (forme digitale de undă) și o procedură avansată care asigură stabilitatea și precizia soluțiilor. Raportul prezintă o investigație a câmpului de stres activ în România de vest utilizând parametrii obiectivi și reali determinați de tensori de stres, obținuți prin inversarea formală a mai multor soluții de mecanisme focale distribuite în seturi de date bine definite (seismicitate și tectonică). Am prezentat prima hartă seismotectonică în regiune care corelează particularitățile seismice și tectonice cu câmpul de stres, aducând informații noi și valoroase despre procesele seismogene din crustă. O heterogenitate ridicată a câmpului de stres a fost documentată în regiune oferă oportunitatea și necesitatea extinderii analizei la noi seturi de date distribuite în zone mai bine definite. Relația dintre tensorul de stres, stresul și regimurile tectonice cu tectonică și seismicitate pune accentul pe zonele seismogene bine poziționate pe intersecțiile de falii, aproape de unele anomalii crustale și litosferice și respectiv flexuri. Analiza stresului a evidențiat o posibilă variație 4D a proceselor seismotectonice cu diferite condiții de faliere, în funcție de regimurile tectonice și adâncimi.

Heterogenitate ridicată a câmpului de stress pusa in evidenta in regiunea studiata impreuna cu regimul; tectonic si seismicitatea pune accentul pe zonele localizate pe intersecțiile faliilor, aproape de unele anomalii crustale și litosferice.

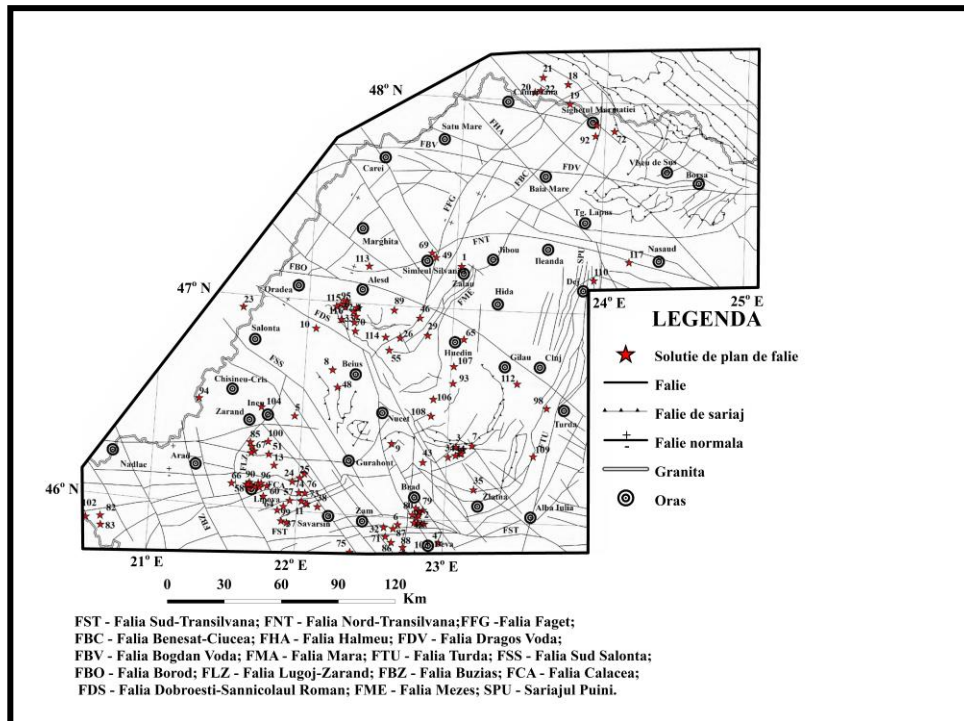


Fig.5. Distributia cutremurelor cu mecanisme focale. Tectonica după Săndulescu, 1984, Polonic 1980, Răileanu et al., 1992.

Articole publicate

1. Oros E., Placinta A.O., Popa M., Diaconescu M.(2020). The 1991 seismic crisis from west Romania and its impact on the seismic risk and hazard management. *Environmental Engineering and Management Journal*, 19, 4, 317-332.

2. Spatial and temporal variation of seismic b-value Beneath Danubian and Hateg-Strei seismogenic area. GHITA C., DIACONESCU M., MOLDOVAN I. A., OROS E., CONSTANTINESCU E.G., *Rom. Rep. Phys.* 72, 704 (2020)

EGU General Assembly 5-9 Mai 2020

1. On the infrasound array monitoring in Romania: reprocessing of the data recorded by the national infrasound network. Ghica D., Popa M., Ionescu C.

2. Larger Peak Ground Accelerations in Extra- Carpathian Area than in Epicenter. Marmureanu Gh., Balan S.F., Marmureanu Al., Ionescu C., Cioflan C.O., Apostol B.

3. Complex system for earthquakes forecast using gas emission observation . ToaderV. E., Moldovan I.A., Ionescu C., Marmureanu A., and Mihai A.

Anexa A

Hartile tectonice au fost compilate din:

M. Sandulescu. *Geotectonica Romaniei, Harta Tectono-Structurala a Romaniei*, Editura Tehnica, Bucuresti 1984

V. Mutihac, M. I. Stratulat, R. M. Fechet. *Geologia Romaniei, Harta tectonica a Romaniei si a Zonelor Adiacente, plansa III*, Editura Didactica si Pedagogica, 2007.

I. Dumitrescu, M. Sandulescu . *Harta Tectonica, scara 1:1000000, Atlas Geologic foaia 6*, IGR, 1978.

Harta Tectonica - Atlasul Republicii Socialiste Romania, II-2, Institutul de Geografie, Directia Topografica Militara(Tiparit), 1976.

G. Polonic – *Structure of The Crystalline Basement in Romania*, Institute of Geodynamics, 1996.

M. Sandulescu, H. Krautner, M. Borcos, S. Nastaseanu, D. Patrulius, M. Stefanescu, C. Ghenea, M. Lupu, H. Savu, I. Bercia, F. Marinescu - *Harta Geologica a Romaniei, Atlas Geologic, Foaia 1*, IGR, 1978

Referinte:

Aki, K., (1965). Maximum likelihood estimate of b in the formula $\log N = a-bM$ and its confidence limits, *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo*, 43, 237 – 239, 1965.

Balintoni, I. 1988. The Apuseni Mountains. *CERGOP-Monography of South Carpathians*, vol 7(37), 93-109, Warszawa.

Balintoni I., “Geology of Romania”, Springer Nature 2019, *Cave and Karst Systems of Romania, Cave and Karst Systems of the World*, https://doi.org/10.1007/978-3-319-90747-5_3

Csontos, L., Voro S, A., 2004. Mesozoic plate reconstructions of the Carpathian region. *Paleogeogr. Paleoclim. Paleocol.* 210, 1–56, <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.02.033>

Gardner J K, Knopoff L (1974) “Is the sequence of earthquakes in southern California, with aftershocks removed, Poissonian?” *Bull. Seism. Soc. Amer* 64:5, 1363-1367.

Gulia, L., 2010. Detection of quarry and mine blast contamination in European regional catalogues. *Natural hazards*, 53(2), pp.229-249.

Lexa J., Seghedi I., Nemeth K., Szakacs A., Konecny V., Pecskey Z., Fulop A., Kovacs M., “Neogene-Quaternary Volcanic forms in the Carpathian-Pannonian Region: a review.”, *Cent. Eur. J. Geosci.*, 2(3), 2010, 207-270, DOI: 10.2478/v10085-010-0024-5.

Krezsek C., Bally A. W., “The Transylvanian Basin (Romania) and its Relation to the Carpathian Fold and Thrust Belt: Insights in Gravitational Salt Tectonics”, *Marine and Petroleum Geology*, Vol. 23, Issue 4, May 2006, Pg. 405-442, Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2006.03.003>

Mogi, K., 1962. Magnitude-frequency relationship for elastic shocks accompanying fractures of various materials and some related problems in earthquakes. *Bull. Earthquake Res. Inst. Univ. Tokyo*, **40**: 831-883.

Mutihac V., Stratulat N.I., Fechet R.M., *Geologia Romaniei*, Editura Didactica si pedagogica, R.A., pp 249, Bucuresti, 1990

Oros E., Popa M., Moldovan I. A. (2008) Seismological database for banat seismic region (Romania) – the parametric earthquake catalogue

Oros E., Constantinescu E. G., Diaconescu M., Popa M. (2017). Stress field, seismicity and seismotectonic features in the Apuseni Mts area. 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, www.sgem.org, SGEM2017 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7408-00-3 / ISSN 1314-2704, 29 June - 5 July, 2017, Vol. 17, Issue 14, 421-428 pp, DOI: 10.5593/sgem2017/14/S05.053

Oros E., Contractul nr.: 21N/2016. Proiectul PN 16 35 01 05: Campul de tensiune activ si regimul tectonic din regiunile Intra-Carpatice si zonele adiacente. Faza 2. Modele ale campului de tensiuni activ si ale regimului tectonic si definirea surselor seismogene, 02 Mai 2017.

Ota Kulhanek 2005 Seminar on b- value Dept. of Geophysics, Carles University, Prague

Ottmoller, V., Havskov J., (2014). SEISAN earthquake analysis software for windows, solaris, linux and macosx, 2014.

Reiser M.K., Schuster R., Spikings R., Tropper P., Fugenschuh B., “From nappe stacking to exhumation: Cretaceous tectonics in the Apuseni Mountains (Romania)”, *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)* (2017) 106:659–685, DOI 10.1007/s00531-016-1335-y.

Sandulescu M., *Geotectonica Romaniei*, Editura Tehnica, Bucuresti, 1984.

Sandulescu M., Visarion M., Stanica D., Stanica M., Anastasiu L., “Deep Structure of the Inner Carpathians in the Maramures-Tisa Zone (East Carpathians)” *Rom. J. Geophysics*, 1993, 16, p. 67-76.

Schmid S.M., Bernoulli D., Fugenschuh B., Matenco L., Schefer S., Schuster R., Tischler M., Ustaszewski K., “The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units”, *Swiss J. Geosci.* 101 (2008) 139–183, DOI 10.1007/s00015-008-1247-3, Basel, Switzerland, 2008.

Shi, Bolt 1982 The standard error of the magnitude-frequency b value *Bulletin of the Seismological Society of America* (1982) 72 (5): 1677-1687.

Tischler M., Groger H. R., Fugenschuh B., Schmid S. M., “Miocene tectonics of the Maramures area (Northern Romania) implications for the Mid-Hungarian fault zone” , *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)* (2007) 96:473–496 DOI 10.1007/s00531-006-0110-x.-

Wiemer, S. and Baer, M., 2000. Mapping and removing quarry blast events from seismicity catalogs. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 90(2), pp.525-530

Wiemer S (2001) “A software package to analyze seismicity: ZMAP”, *Seism. Res. Lett.*, 72, 373-382. *Soc. Am.* 90, 859869, 2000.

Woessner J, Wiemer S., (2005) Assessing the quality of earthquake catalogues: Estimating the magnitude of completeness and its uncertainty *Bulletin of the Seismological Society of America* 95 (2), 684-698, 2005.

Responsabil Faza

Dr. Diaconescu Mihail

Responsabil proiect,

Dr. Iren Adelina Moldovan