

Contractor: Institutul Național 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. Gheorghe Marmureanu

RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

Contractul nr.: PN 16 35 01 03

Proiectul: Structura crustei terestre în ariile tectonice din Romania, element esential în optimizarea caracterizării cutremurelor precum și în vederea creșterii gradului de cunoaștere al hazardului seismic pe baze deterministe.

Faza: I/2016, *Modele crustale în partea sudică a României: Câmpia Română și Dobrogea Centrala și de sud*

Termen: 14.10.2016

1. Obiectivul proiectului:

Proiectul are ca obiectiv realizarea unor modele ale crustei terestre în ariile tectonice din Romania, în special în zonele dens populate, unde se fac resimțite efectele cutremurelor puternice. Modelele crustale vor constitui datele de intrare pentru evaluarea efectelor mediului de propagare asupra undelor seismice, de la sursă până într-un punct de observație. Propagarea undelor seismice prin mediile reale are loc în conformitate cu legi fizice specifice, ale căror variabile sunt legate de structura și parametrii elastici ai mediului (vitezele de propagare ale undelor seismice) și de densitatea mediului. Cunoașterea distribuției acestor parametri în mediul geologic aflat între focarul seismic și un punct de observație la suprafață permite predicția efectului seismic (intensitate și compoziție spectrală), în punctul de observație, înaintea producerii unui seism major și înregistrării lui instrumentale în acel punct.

2. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului:

Se vor obține modele crustale cu informații asupra evoluției 2D a principalelor interfețe din sedimentar (baza cuverturii neogene, sau unele interfețe din Mezozoic și Paleozoic) și crusta cristalină (fundamentul cristalin, interfața midcrustală și Moho), precum și vitezele de propagare ale undelor seismice în crusta cristalină. Gradul de încredere a acestor date va fi în funcție de adâncime și de sursa care le-a furnizat. Astfel pentru date provenite din măsurători, eroarea în adâncime crește de la câteva sute de metri pentru cuvertura sedimentară la ± 1 km pentru baza crustei, iar vitezele seismice crustale vor avea erori de $\pm (0.1 - 0.5)$ km/s.

3. Obiectivul fazei:

În cadrul acestei faze vor fi integrate lucrările seismice realizate la scară regională și locală în anii 70 și 80, cu datele mai noi obținute în perioada 1999 – 2001 pe principalele profile regionale de refracție, obținute de INCDFP în colaborare cu Universitatea din Karlsruhe, Germania, în Platforma Moesica (sudul României). Acestea vor fi integrate într-un capitol ce va sintetiza modelele crustei terestre adânci, cu principalele adâncimi la interfața midcrustală (IM) și adâncimea la Moho(M). În capitole distincte se vor obține rezultate asupra seismicității Platformei Moesice la nivel crustal, precum și distribuția regională a epicentrelor, pentru a contura zone cu seismicitate ridicată și eventuale falii(fracturi) noi, evidențiate doar prin seismicitate.

4. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:

Lucrările de investigare seismică la scară regională realizate în România în anii 70 și apoi completate cu lucrări mai modeste în anii 80 au condus la crearea unor modele regionale ale structurii crustale. Aceste modele au furnizat informații asupra structurii crustale și a evoluției principalelor discontinuități crustale de-a lungul câtorva profile regionale, însă informații asupra vitezelor de propagare ale undelor seismice au fost oferite într-o măsură mai mică. Modelele crustale astfel realizate coroborate cu alte date geologice și geofizice ale structurii adânci au stat la baza unor noi modele tectonice și geodinamice.

În anii 90 au fost înregistrate și interpretate o serie de profile seismice de reflexie în Platforma Moesică, Avânsa carpatică, Depresiunea Transilvaniei și Depresiunea Pannonică care au adăugat noi informații asupra structurii crustale.

În 1999 și 2001 două profile seismice de refracție care traversează de la nord la sud și de la est la vest zona seismogenă Vrancea au furnizat modelele crustale cele mai complete până în prezent, întrucât sunt definite pe lângă poziția geometrică a principalelor discontinuități crustale, și distribuțiile vitezelor de propagare ale undelor seismice pe întreaga scară crustală.

5. Rezumatul fazei: (maxim 5 pagini)

REZUMATUL ETAPEI I/2016

Dupa introducerea de la capitolul întâi, în al doilea capitol sunt prezentate particularitățile geologice și crustale ale Platformei Moesice, lucrările seismice de refracție și reflexie precum și alte lucrări aplicabile la studiul nostru.

Al treilea capitol face analiza profilelor seismice de refracție înregistrate pe aria Platformei Moesice, mai întâi cele mai vechi – profilele de refracție: II, XI, XI₁, XII. Urmează apoi ultimele profile de refracție executate în cooperare internațională cu Universitatea din Karlsruhe, Germania: Vrancea 99, Vrancea 2001.

Se face o descriere a fiecărui profil, apoi sunt prezentate modele crustale 1D extrase de pe aceste profile bidimensionale, având o structură cu trei straturi: sedimentar, crusta superioară+medie, crusta inferioară. Fiecarui strat îi sunt asociate viteze medii ale undelor longitudinale V_p rezultate din media ponderată a vitezelor din straturile care le alcătuiesc. Pentru profilele înregistrate în anii 1970, lipsite de informații asupra vitezelor seismice, s-au folosit curbele variației vitezei seismice cu adâncime deduse din date seismologice.

Al patrulea capitol analizeaza 14 profile de reflexie inregistrate la timpi de 10-15s distribuite pe toata aria platformei. Corelarea principalelor interfete crustale este facuta in concordanta cu datele seismice de refractie. Pentru fiecare profil sunt realizate 1-3 modele crustale 1D, la capete sau/si la mijlocul profilului, asemanatoare celor descrise mai sus. Pentru fiecare model sunt precizate date asupra timpului de parcurs la interfetele majore (fundamentul cristalin, topul crustei inferioare si baza crustei) precum si adancimea estimata. In fiecare strat crustal sunt atasate viteze medii ale undelor longitudinale Vp preluate fie de pe profilele seismice de refractie, sau din modelul general de variatie a vitezelor Vp in functie de adancime, pentru Platforma Moesica.

Din tabele prezentate privind modelele crustale realizate pe profilele seismice de refractie si reflexie reies valori ale grosimii sedimentelor în gama 1-20 km (pe profilul XI), pentru pachetul crustal superior +medie grosimi între 6-24.5 km, iar pentru pachetul crustal inferior între 4.5-25.6 km. Baza crustei este în intervalul de adancimi de la 29.5 km (sud Bucuresti) pe pr.Vr99 la 46 km sub bazinul Focsani, Vr2001. Vitezele medii ale undelor seismice longitudinale Vp in pachetul format din crusta cristalina superioara+medie sunt în domeniul 6.0-6.5 km/s, iar cele din crusta inferioara între 6.5-7.0 km/s. In partea superioara a mantalei superioare vitezele variaza între 7.8-8.0 km/s.

Capitolul 5 trateaza seismicitatea crustală în partea româneasca a Platformei Moesice.

Istoria seismică a părții sudice a României consemnează evenimente care nu au depășit $M_w=5.6$, excepție făcând zona Făgăraș unde s-au produs cutremure relativ violente cu maxime de până la $M_w=6.5$. Dacă excludem zona bazinului Focșani, studiată în etapa trecută, seismicitatea crustală este dispersată între faliile Peceneaga-Camena și Intramoesică, în Dobrogea centrală și de sud, în zona Câmpulung-Făgăraș-Sinaia, și în zona curburii de vest a Carpaților Meridionali: Tg.Jiu-Tismana-Herculane și zona Moldova Nouă-Reșița.

Concluzii la Capitolul 5.

În *Dobrogea* activitate seismică crustală are magnitudini mici spre moderate în partea centrală, crescând spre sud. Astfel în Dobrogea centrală se remarcă o activitate seismică intensă pentru cutremure cu magnitudini joase ($2.0 \leq M_w \leq 3.0$), unele evenimente fiind suspectate a fi explozii de derocare în carierele din zonă. Cu toate acestea focarele se grupează pe două direcții paralele SE-NV, prima direcție fiind paralelă cu falia Capidava-Ovidiu, ceea ce confirmă caracterul ei activ, iar a doua se extinde de la țărmul Mării Negre (Palazu-Mare) până la Hârșova. Cutremurele cu magnitudini de $3.2 \leq M_w \leq 4.9$ sunt mult mai rare și au epicentre de-a lungul faliei Peceneaga-Camena, la nord de Cogea, la Hârșova, între Adamclisi și Cobadin și în zona de offshore, la cca 25 km ESE de Mangalia. Cutremure cu magnitudini $M_w > 5.0$ sunt localizate la sud de granița cu Bulgaria, acestea fiind cutremure mai recente, produse între 1960-1981 sau foarte recent, august 2009. Tipul principal de falie este de tip alunecare pe direcție, care adesea are și o componentă verticală.

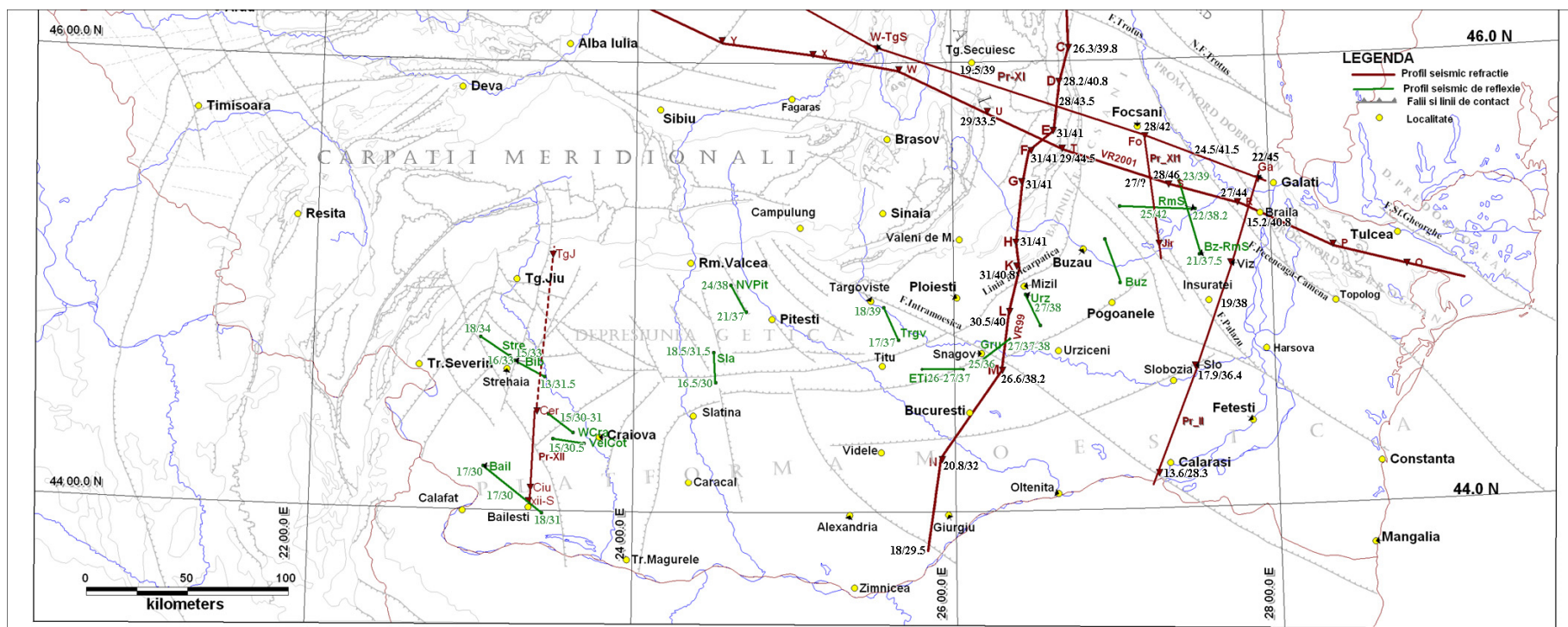


Fig. 4.10. Distributia profilelor seismice crustale de refractie (linii maro) si de reflexie (linii verzi) din Platforma Moesica, pe fondul Hartii tectonice a Romaniei (Dumitrescu si Sandulescu, 1970). Cifrele de langa profile arata adancimea in km la Interfata mid-crustala (IM) si la discontinuitatea Moho, asa cum au rezultat din cercetarile seismice de adancime efectuate. Dupa Raileanu et al., 2010.

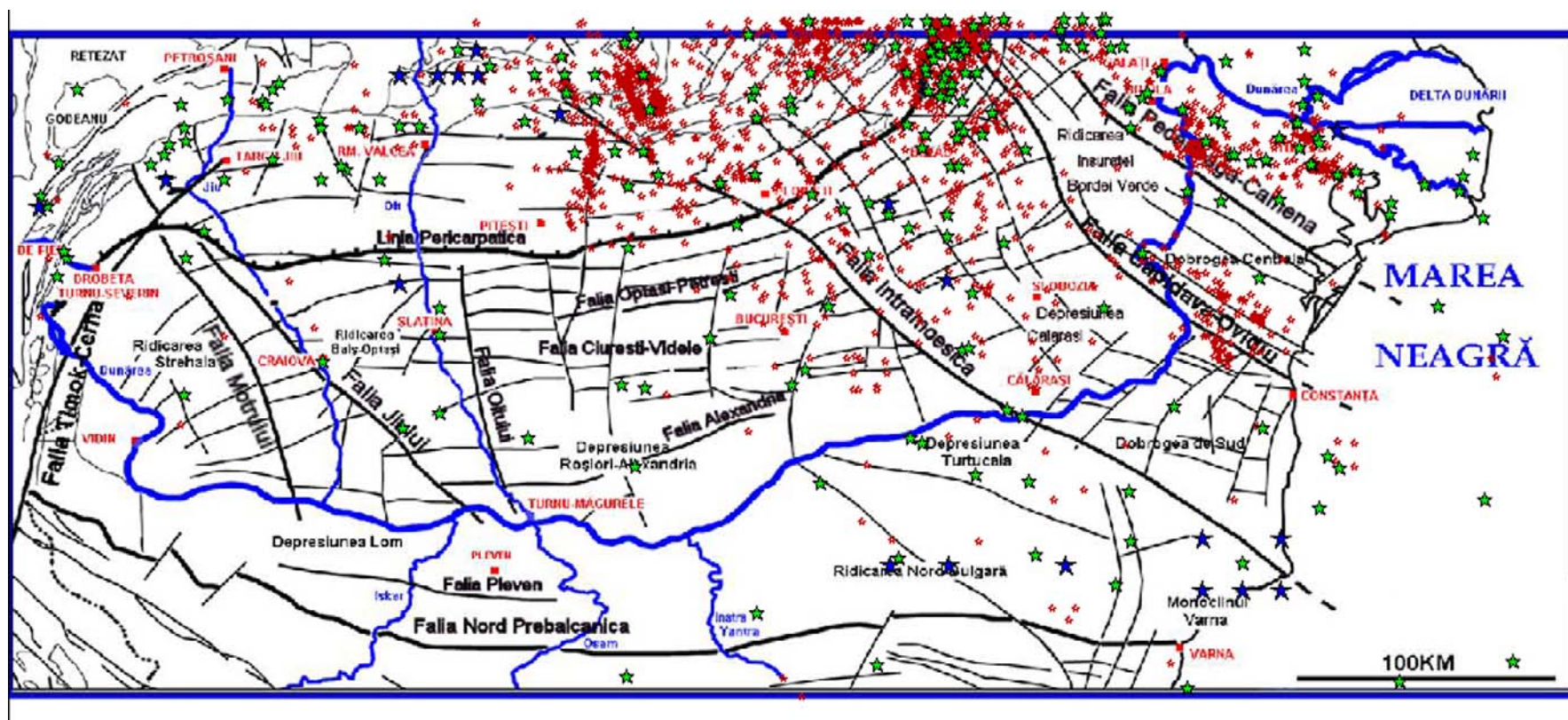


Fig. 5.1 Harta cu activitatea seismică crustală (din Catalogul Romplus) în partea de sud a României, pe fondul hărții tectonice (Tari et al., 1997). Legenda: stelute roșii $2,0 < M_w < 2,9$; stelute verzi $3,0 < M_w < 4,9$; stelute albastre $M_w > 5,0$.

În *Câmpia Română* au fost identificate mai mult de 300 cutremure din 1872 până în prezent. Aici predomină cutremurele cu magnitudini $M_w \leq 3,0$, distribuite cu precădere la est de râul Argeș. În jurul municipiului București, la sud, la nord și est, o serie de cutremure au fost resimțite în ultimul secol, o parte din ele fiind subsecvente cutremurului intermediar major de la 4 martie 1977. Dintre ele marea majoritate au magnitudini $M_w \leq 3,0$, și doar câteva depășesc $M_w > 3$, acestea fiind așezate de-a lungul unei faliei Oltenița-Turtucaia, Fig.8.

Între faliile Intramoescică și Capidava-Ovidiu se observă o activitate seismică semnificativă cu multe cutremure de joasă magnitudine (2,0-3,0), și doar câteva cu magnitudini $\geq 3,0$ spre nord și est de o linie București-Ploiești, cu epicentre la Tomșani, la vest Urziceni, Baba Ana, etc. Un cutremur cu $M_w = 5,4$ a avut loc la Căzănești pe 4.01.1960.

La vest de falia Intramoescică până în aria râului Olt s-au produs mai multe cutremure cu magnitudini $\geq 3,0$ la vest de Buftea, la Găești, între Olteni și Drăgănești-Vlașca, sud Alexandria și alte câteva pe Valea Oltului, la sud de Drăgănești Olt, și la Slatina.

În *zona Sinaia* au fost semnalate mai multe cutremure cu magnitudini mici și moderate, din care o secvență de tipul preșocuri-șoc principal-replici cu peste 350 cutremure cu magnitudinea $M_L > 1,3$ înregistrate la cel puțin o stație seismică. Mecanismele focale și distribuția epicentrelor evidențiază un plan de rupere orientat în direcția SE-NV, care se corelează cu sistemul de falii prezent în regiune, caracterizat prin două orientări predominante: una paralelă cu direcția generală de convergență SE-NV din zona avanfosei carpatice și alta legată de direcția de înaintare a pânzei Pericarpatice.

Capitolul 6 tratează sistemele de falii active în partea de Sud a României. Zona studiată se suprapune peste două unități tectonice majore: Platforma Moescică (PM) și orogenul Carpaților Meridionali (OCM). Cele două unități vin în contact pe un aliniment aproximativ E-V, acoperit de sedimentele depresiunii Getice.

Tectonica Platformei Moesice este caracterizată de un sistem de blocuri de fundament denivelate separate prin fracturi, unele din ele extinzându-se până la nivel crustal. Au fost cartate două sisteme de falii, un sistem paralel cu arcul carpatic, care acomodează coborârea platformei spre depresiune și un la doilea sistem, relativ transversal la primul cu direcții de orientare spre arcul carpatic.

Structura orogenului Carpaților Meridionali este complicată, fiind alcătuită dintr-un sistem complex de pânze de încălecare fracturate. În timp ce structura Platformei Moesice a fost investigată geofizic de la nivel regional până la nivel de detalii locale în multe zone, mai ales prin metode seismometrice, Carpații Meridionali nu au beneficiat de astfel de investigații, decât la scară regională sau în puncte izolate. Metodele gravimetrice, magnetice sau electrice au furnizat informații la scară regională. Iată de ce gradul de cunoaștere este limitat la structura de suprafață cartată geologic, iar cea de adâncime este mai puțin documentată.

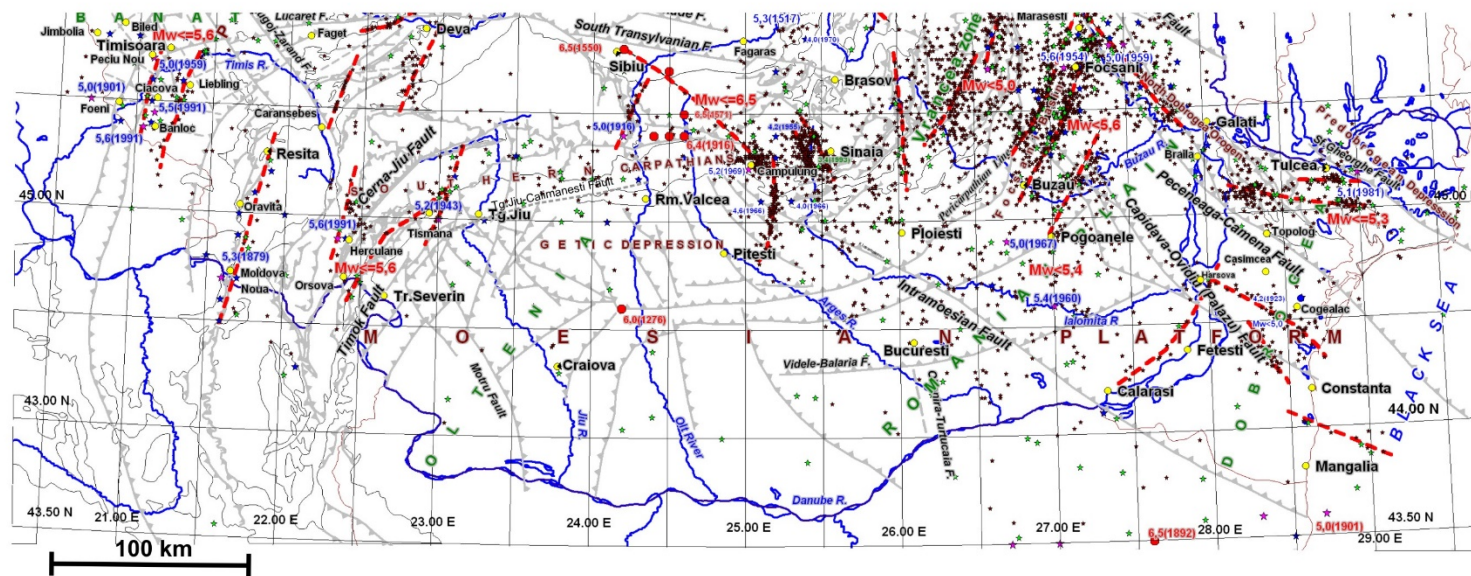
Concluzii la capitolul 6.

În capitolul final sunt inventariate principalele sisteme de falii din partea de S a României, făcându-se o caracterizare a poziției lor pe fondul hărții tectonice. Principalele falii și sisteme de falii active sunt:

-în partea centrală și de est: Pecineaga-Camena, Capidava Ovidiu, Intramoescică, Cernavodă – Constanța, Rasova – Costinești, Nord-Mangalia și Mangalia, Videle-Bălăria și Novaci-Fundeni, Oltenița-Turtucaia, Belcigatele-Ileana, Periș, Pogonele, Pericarpatică, Bărăitaru-Făurei-Oprișenești și Moara Vlăsiei-Urziceni;

-în partea de vest: Tg.Jiu- Sud Călimănești, falia Timocului, Cernei, sud-Carpatică.

O hartă tectonică ilustrează pozițiile acestor falii, cutremurele cele mai importante cunoscute și magnitudinea maximă în zonele analizate. Pe baza grupării de epicentre și a soluțiilor de mecanism focal sunt trasate câțva alinamente ale unor falii probabile, nedetectate prin alte metode geofizice (Fig. 6.2).



LEGENDA: Falii; Falii presupuse; Epicentre cutremure (Mw): 2,0-2,9; 3,0-3,9; 4,0-4,9; 5,0-5,9; 6,0-7,2. Localitati.

Harta tectonica a partii de sud a Romaniei cu principalele fracturi deduse din date geologice si/sau geofizice (liniile gri) si falii presupuse pe baza datelor seismologice (linii rosii intrerupte). Completare legenda: 5.4(1960) - cutremur cu Mw5.4 produs in anul 1960.

Fig. 6.2. Harta tectonica a partii de sud a Romaniei cu principalele fracturi sau falii cunoscute (linii gri) si cu falii presupuse (linii rosii). Dupa Bala et al., 2015.

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 tintele stabilite și indicatorii asociați pentru monitorizare și evaluare).

Lucrările de investigație crustală realizate până în prezent nu sunt distribuite uniform pe teritoriul național, gradul de acoperire fiind destul de heterogen: o densitate mai mare de informații este înregistrată în Platforma Moesică și Avânsa Carpatică, și una slabă în Dobrogea centrală și de sud. Necesitatea unei sinteze a datelor acumulate până acum se face resimțită prin cerințele exprimate de utilizatorii din domeniul seismologiei, a tectonicii și chiar a hazardului seismic.

Datele existente asupra structurii crustei terestre au fost însă centralizate și prezentate atât sub forma unor tabele ce cuprind adâncimile în kilometri la principalele interfețe crustale din zonă. A fost realizată de asemenea și o hartă a Platformei Moesice cu poziția punctelor în care a fost determinată structura crustei terestre și principalele valori de adâncime până la principalele interfețe.

În capitol separat a fost analizată seismicitatea zonei, cu pozițiile hipocetrelor în zona crustală, așa cum au fost determinate în catalogul Romplus, alcătuit și actualizat permanent în INCDFP.

În ultimul capitol au fost prezentate faliile active din zona Platformei Moesice și au fost reprezentate pe o hartă, așa cum au fost determinate prin metode geologice și geofizice. Pe această hartă au fost figurate și zonele de intensă activitate seismică crustală, unde au fost figurate aliniamente ce ar putea reprezenta zone de falie cu caracter activ în zona de adâncime crustală.

Pe baza rezultatelor etapei I/2016 a fost făcută o lucrare care a fost prezentată la workshopul SGEM 2016, Albena, Bulgaria :

Bala A. , D. Tataru, B. Grecu, V. Raileanu, **Crustal models in Moesian Platform, Romania, based on seismic and Seismologic data**, Conference Proceedings la SGEM 2016, Vol. III, 435-442.

Lucrarea a fost publicată în Conference Proceedings la SGEM 2016, care este catalogată Proceedings ISI.

Au fost îndeplinite toate obiectivele etapei I /2016 a proiectului NUCLEU PN 16 35 01 03.

Responsabil proiect

Dr. Ing. Andrei Bala, CS I