

# SĂ DEFINIM CUTREMURUL

Prin **seism** sau **cutremur** se înțelege mișcarea oscilatorie, bruscă, spațială, haotică de la suprafața Pământului, produsă de un șoc deosebit de puternic produs de cauze interne sau externe. În momentul producerii șocului seismic, se eliberează o mare cantitate de energie cinetică. Aceasta se propagă prin masa Pământului sub forma unor unde elastice, numite **unde seismice**, și care, ajungând la suprafață, produc oscilații, deci cutremure. Oscilațiile din timpul cutremurului pot duce la pierderea de vieți omenești. Adeseori, în cazul unui cutremur puternic, pe lângă efecte precum distrugerea unor clădiri și a infrastructurii, au loc și alunecări de teren, ruperea unor falii uriașe, declanșarea unei activități vulcanice.

Cutremurul poate dura doar câteva secunde, dar procesele care cauzează apariția cutremurelor s-au format în milioane și milioane de ani.

**Seismologia** este știința geofizică ce se ocupă cu studiul structurii globului terestru și, în special, cu cel al scoarței terestre, vizând cauzele producerii cutremurelor, propagarea și înregistrarea undelor seismice, a mecanismelor de producere în focar a cutremurelor, zonarea seismică a terenurilor.

Învelișul extern solid al Pământului este format din **plăci tectonice**. Aceste plăci se află în continuă mișcare și transformare, remodelând continentele, bazinele oceanice, cauzând erupții vulcanice, mișcări seismice, îngroșând scoarța terestră (formarea munților tineri), coborând-o (formarea văilor) sau formând șanțuri adânci pe fundul oceanelor.

Seismologii încearcă, de zeci și zeci de ani, să prezică cutremurele, bazându-se pe mișcarea plăcilor tectonice, localizarea zonelor cu falii și seismicitatea înregistrată. Oricât de avansată ar fi știința însă, anticiparea seismelor rămâne o problemă a viitorului. Cercetările au arătat totuși că înaintea cutremurelor apar unele fenomene fizice anormale, numite *precursori*. Dintre tipurile de precursori, amintim: deformația crustală, activitatea seismică, anomaliile geochimice și hidrologice, anomaliile geomagnetice și geoelectrice. Unele fenomene au fost observate înainte de multe cutremure, însă niciunul nu a fost menționat ca repetându-se înainte de fiecare cutremur.

## ► Tehnici de predicție a cutremurelor studiind precursorii:

### ● Emisiile de radon

Radonul este un gaz radioactiv provenit din dezintegrarea radiului. Există o teorie conform căreia creșterea concentrației de radon în atmosferă anunță apropierea unui cutremur. În anii '70-'80, emisiile de radon au fost studiate, însă fără rezultate concrete.

### ● Preșocurile

Preșocurile sunt cutremure care preced producerea unui cutremur mai mare și care apar grupate în zona focală a acestuia. O creștere a activității seismice de tip preșoc a permis

evacuarea cu succes a peste un milion de oameni cu o zi înainte de cutremurul din 4 februarie 1976 ( $M = 7,3$ ) din Haicheng, China. Din păcate, în prezent este greu de identificat „în timp real” dacă un cutremur este preșoc sau nu. De cele mai multe ori, el este recunoscut drept preșoc după ce se produce și cutremurul principal. Aproape 50% dintre cutremurele majore sunt precedate de aceste preșocuri, dar doar 5-10% din cutremurele mici se dovedesc a fi preșocuri, acest lucru conducând la multe alarme false.

- **Semnalele electrice seismice (Metoda VAN)**

VAN este o metodă de predicție a cutremurelor propusă de profesorii Varotsos, Alexopoulos și Nimicos în anii '80 și a fost denumită după inițialele autorilor. Metoda se bazează pe detectarea unor „semnale electrice seismice” (SES), înregistrate cu ajutorul unei rețele telemetrare de conductori instalați în pământ. Cercetătorii susțin că metoda este capabilă să prezică cutremure cu magnitudine peste 5, cu o eroare de 100 km față de epicentru, eroare în magnitudine de până la 0,7 grade și o diferență de timp de la 2 ore până la 11 zile. Metoda a fost revizuită și este utilizată în Japonia.

- **Comportamentul animalelor**

Încă de la începuturile seismologiei, au fost prezentate observațiile asupra comportamentului neobișnuit al animalelor înaintea cutremurelor. Prima consemnare a unui comportament bizar al animalelor a fost înainte de cutremurul ce a dus la distrugerea orașului Helikos, din Grecia antică (anul 3.232 î.H.). Ieșirea iepurilor și a nevăstuicilor din vizuini a mirat, dar fenomenul nu a putut fi înțeles și nici corelat cu producerea unui seism. În China antică au fost izolate și urmărite șase comportamente anormale la diferite specii de animale (peștii săreau pe țărm, albinele roiau spre locuri înalte, rozătoarele migrau masiv, păsările cântau noaptea, fazanii scoteau țipete ascuțite, iar câinii lătrau fără încetare). Se pare că monitorizarea comportamentului animalelor a avut un rol semnificativ în ceea ce ulterior a fost considerată „predicția reușită a cutremurului de la Haicheng” (4 februarie 1976).

Din cauza efectelor dezastruoase produse, oamenii au căutat întotdeauna modalități de a explica **originea cutremurelor**.

*Aristotel* a fost unul dintre primii oameni care a încercat să explice cutremurele, bazându-se pe fenomene naturale. El a afirmat că vânturile biciuiesc Pământul provocând zguduirea suprafeței lui.

Observațiile empirice ale efectelor cutremurelor au fost rare până în 1750, când Anglia a fost zguduită, pe neașteptate, de o serie de cinci cutremure puternice. Aceste cutremure au fost urmate, într-o duminică, pe 1 noiembrie 1755, de un șoc cataclismic și un tsunami care a ucis aproximativ 70.000 de persoane, ducând la distrugerea totală a orașului Lisabona, din Portugalia. Acest eveniment marchează începutul epocii moderne a seismologiei, caracterizată prin numeroase studii cu privire la efectele cutremurelor și localizarea lor în timp și în spațiu. Înainte de cutremurul din Lisabona, oamenii de știință credeau în explicațiile lui *Aristotel* și ale lui *Pliniu*, precum și în alte surse antice legate de cutremure. În urma cutremurului din Lisabona (fig. I.1), aceste explicații au fost uitate și s-a trecut la studiul cutremurului pe baza observațiilor moderne.

fig.  
I.1

Schițe ale vremii prezentând cutremurul din Lisabona (înainte, în timpul și după cutremur), 1755  
(sursa: <http://nisee.berkeley.edu/lisbon/kz143.jpg>)

Cercetători ca *John Michell*, din Anglia, și *Bertrand Elie*, din Elveția, au realizat **cataloge de cutremure** ce conțineau timpul și localizarea cutremurelor și au studiat efectele fizice ale cutremurelor. În anii ce au urmat cutremurului din Lisabona s-au făcut studii sporadice cu privire la fenomenele seismice, dar acestea au fost dezvoltate în timp. Aceste eforturi au fost intensificate de producerea altor catastrofe seismice, cum a fost cutremurul din Calabria, din 1783 (fig. I.2), care a ucis 35.000 de oameni în sudul Italiei.

fig.  
I.2

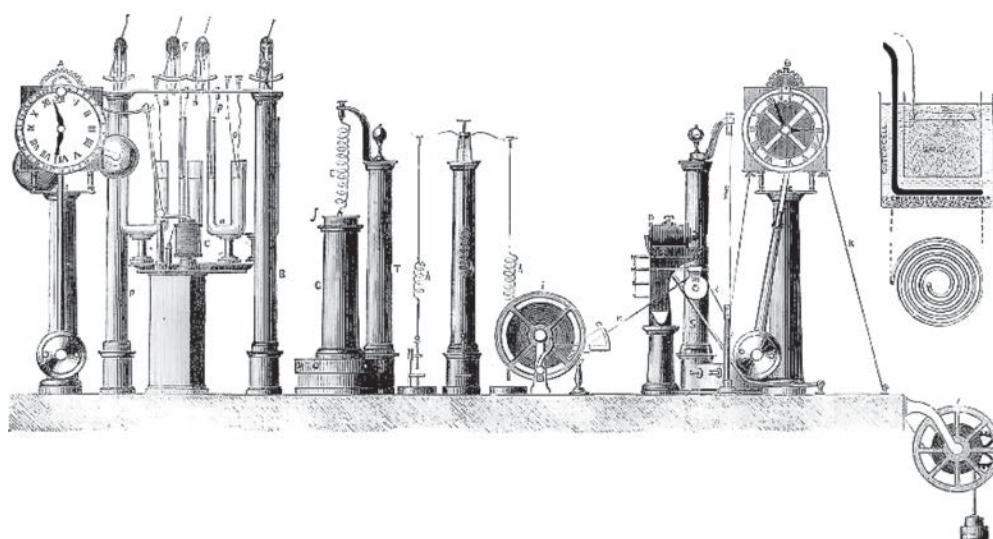
Schițe ale vremii prezentând cutremurul din Calabria, din 1783; cutremurul în stânga și tsunami în dreapta  
(sursa: <http://historyofgeology.fieldofscience.com/2010/06/how-to-make-artificial-earthquakes.html>)

Odată cu dezvoltarea sistemelor de comunicație, s-a putut face mult mai ușor schimbul de observații asupra producerii și efectelor cutremurelor din întreaga lume. Astfel, în urma cutremurului din Chile din 1822, *Maria Graham* a raportat schimbări de altitudine de-a lungul țărmului chilian. Observațiile sale au fost confirmate în urma cutremurului din 1835, tot din Chile, de către *Robert Fitzroy*, căpitan al navei engleze HMS Beagle. Nava plecase în

1831 într-o expediție în America de Sud, avându-l la bord pe naturalistul *Charles Darwin*. În timpul cutremurului, Darwin era pe uscat pentru a examina geologia Anzilor și pentru a aduna informații despre plante, animale și fosile.

Între anii 1850-1870, trei europeni au pus **bazele seismologiei moderne**. *Robert Mallet*, un inginer născut la Dublin, proiectant al mai multor poduri din Londra, a determinat viteza undelor seismice prin pământ folosind explozii cu praf de pușcă. Pe baza variațiilor vitezelor undelor seismice, Mallet urmărea să determine variații ale structurii pământului. Aceeași metodă este folosită și astăzi în domeniul petrolier. *Robert Mallet* a fost unul dintre primii care a reușit estimarea adâncimii unui cutremur. În aceeași perioadă, în Franța, *Alexis Perrey* realiza cataloage de cutremure efectuând analize cantitative, căutând variații periodice ale cutremurelor în raport cu anotimpurile și cu fazele Lunii. În Italia, *Luigi Palmieri* a inventat **seismograful electromagnetic** (fig. I.3), instalând unul în apropierea muntelui Vezuviu și altul la Universitatea din Napoli. Aceste seismografe au fost primele instrumente seismice capabile să detecteze în mod curent cutremure imperceptibile pentru ființele umane.

**Fig.**  
**I.3**



*Seismograful inventat de Luigi Palmieri*

(sursa: <http://www.gutenberg.org/files/33483/33483-h/33483-h.htm>)

Între anii 1800 și începutul anilor 1900, s-au făcut progrese importante în seismologie. În Japonia, trei profesori englezi, *John Milne*, *James Ewing* și *Thomas Gray*, care lucrau la Colegiul Imperial din Tokyo, au inventat primele instrumente seismice suficient de sensibile pentru a fi utilizate în studiul științific al cutremurelor.

Pe baza analizei cutremurului din San Francisco, din 1906 (fig. I.4), *Harry Reid Fielding* a dedus că producerea cutremurelor sunt rezultatul acumulării treptate de tensiuni în interiorul Pământului pe o perioadă de mai mulți ani.

Tot între anii 1800 și începutul anilor 1900 a luat avânt **cercetarea științifică** a cutremurelor, efectuată de către cercetătorii japonezi. *Seikei Sekiya* a devenit prima persoană

care a fost numită profesor în seismologie. El a fost, de asemenea, unul dintre primii oameni care a analizat cantitativ înregistrări seismice de la cutremure. Un alt celebru cercetător japonez din acea perioadă este *Fusakichi Omori*, care a studiat rata de descreștere a activității replicilor în urma cutremurelor mari. Ecuțiile sale sunt folosite și astăzi.

fig.  
I.4



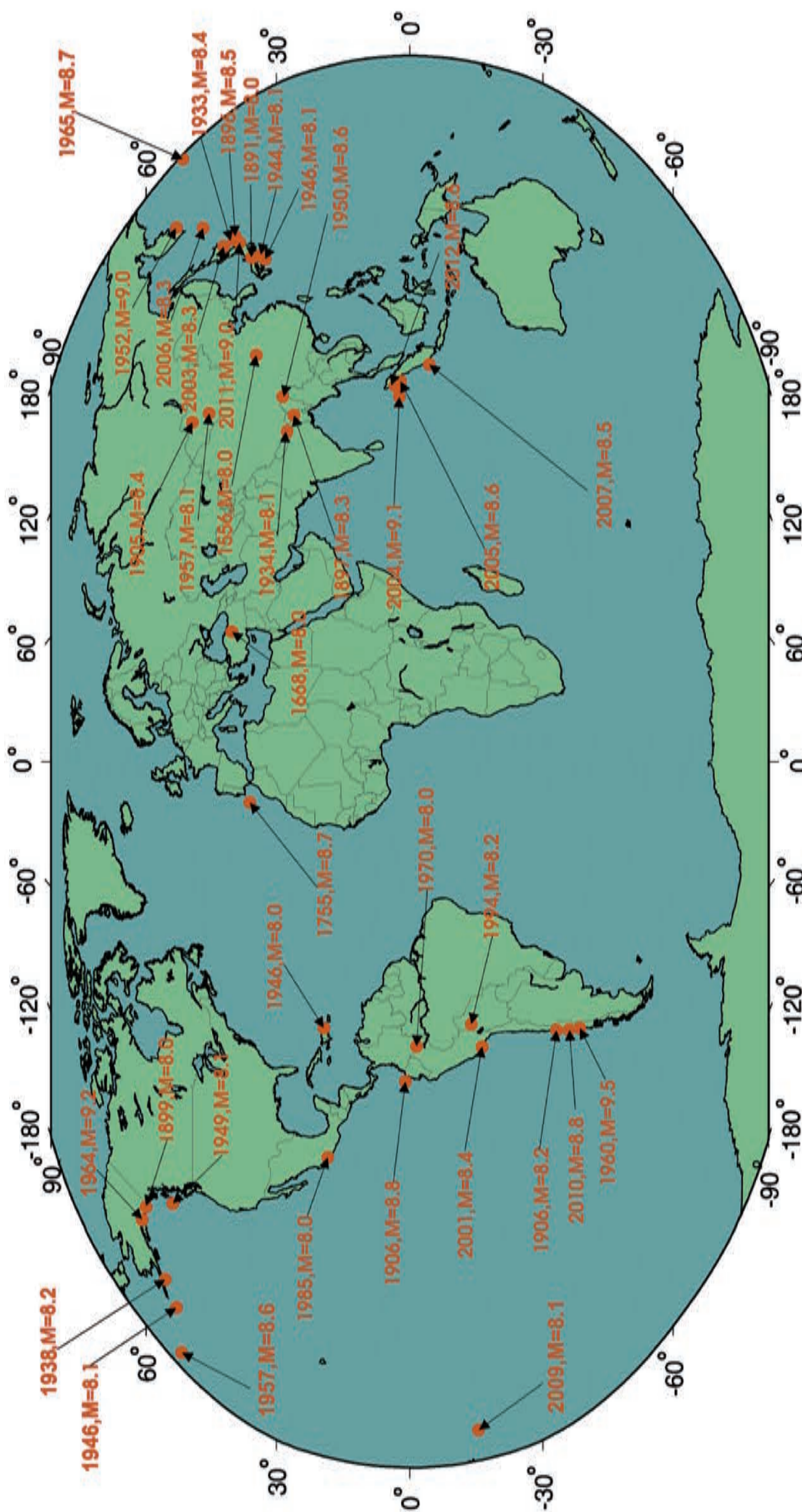
Ruinele din San Francisco, 1906 (sursa: <http://robroy.dyndns.info/lawrence/landscape.html>)

Secolul XX a cunoscut un interes crescut în studiul științific al cutremurelor. Ar trebui remarcat, totuși, faptul că cercetarea cutremurelor s-a extins și din cauza numeroaselor regiuni ale globului afectate de cutremure: Japonia, Statele Unite, Europa, Rusia, Canada, Mexic, China, America Centrală și de Sud, Noua Zeelandă, Australia. Cutremurele majore care au zguduit lumea de-a lungul timpului sunt prezentate în figura I.5.

La începutul secolului XX, măsurătorile seismice erau simple descrieri, numite evaluări de intensitate. În 1902, seismologul italian *Giuseppe Mercalli* (fig. I.6, stânga) a definit scara de măsurare a intensității cutremurelor, luând în considerare daunele cauzate clădirilor și felul în care simțeau oamenii cutremurul. **Scara de intensități a lui Mercalli**, cu mici modificări, este folosită și astăzi. Totuși, seismologii aveau nevoie de o modalitate prin care să determine dimensiunea, amploarea cutremurului. Aveau nevoie de o măsură cantitativă, numerică, pentru a putea compara mărimea cutremurelor, nu doar de a cataloga daunele sau percepțiile, așa cum se făcea cu metoda calitativă a lui Mercalli. Acest factor critic a fost stabilit în mod definitiv în 1935, de către seismologul american *Charles F. Richter* (fig. I.6, dreapta), profesor de seismologie la Institutul de Tehnologie din California. Sistemul său de măsurare, numit **scara de magnitudine Richter**, s-a bazat pe studiile sale asupra cutremurelor din sudul Californiei. Scara de magnitudine Richter a devenit cea mai utilizată metodă de evaluare a mărimii cutremurelor.

În **România**, deși primele însemnări despre cutremure există de peste un mileniu, totuși studiile sistematice de seismologie apar abia la sfârșitul secolului al XIX-lea. Inițierea studiilor de seismologie a aparținut directorului Institutului de Meteorologie din acea vreme, fizicianul *Ștefan Hepites* (fig. I.7, stânga). Însă fondatorul seismologiei românești trebuie considerat academicianul *Gheorghe Demetrescu* (fig. I.7, dreapta), care a pus în funcțiune un seismograf, începând cu 1 ianuarie 1935, în stația seismică București (stație instalată în subsolul Observatorului Astronomic), îmbunătățind astfel proiectul inițial al seismografelelor Mainka (fig. I.8).

## Cutremure majore ( $M \geq 8.0$ ) în lume



Cutremure majore cu magnitudinea  $\geq 8$  în lume

fig.  
I.6



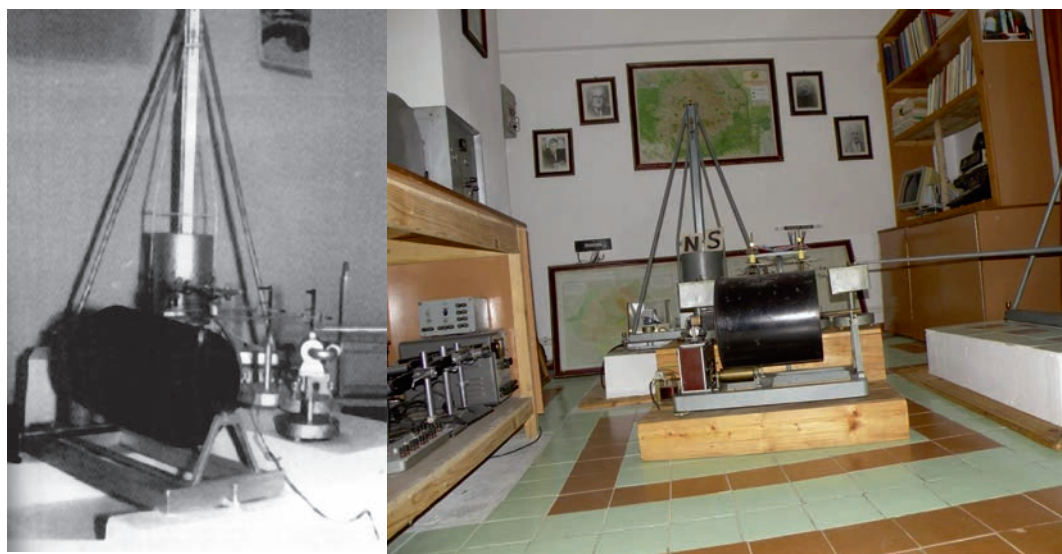
Giuseppe Mercalli, stânga (sursa: [http://www.earthquakes.bgs.ac.uk/hazard/History\\_intensity.htm](http://www.earthquakes.bgs.ac.uk/hazard/History_intensity.htm)) și Charles Richter, dreapta (sursa: [https://www.e-education.psu.edu/earth520/content/l2\\_p26.html](https://www.e-education.psu.edu/earth520/content/l2_p26.html))

fig.  
I.7



Ștefan Hepites, stânga (sursa: [http://ro.wikipedia.org/wiki/Fi%C8%99ier:%C5%9Etefan\\_Hepites.jpg](http://ro.wikipedia.org/wiki/Fi%C8%99ier:%C5%9Etefan_Hepites.jpg)) și Gheorghe Demetrescu, dreapta (sursa: [http://ro.wikipedia.org/wiki/Gheorghe\\_Demetrescu](http://ro.wikipedia.org/wiki/Gheorghe_Demetrescu))

fig.  
I.8



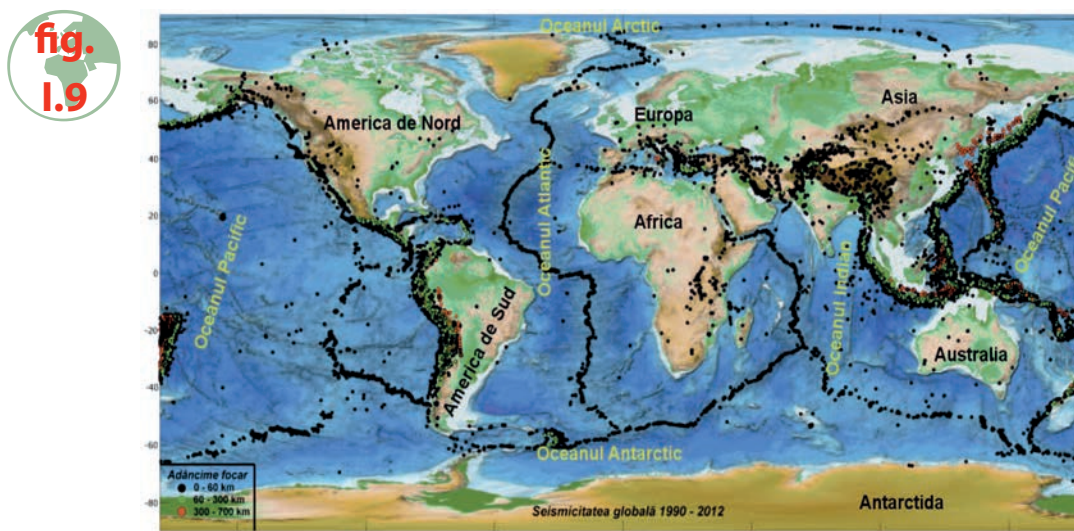
Seismograful îmbunătățit de Demetrescu (arhiva INCDFP), aflat în prezent la muzeul Observatorului Seismologic Dr. Radu Cornelius, din Vrîncioaia

După cutremurul din 10 noiembrie 1940, academicianul Demetrescu, ajutat de prof. *Gheorghe Petrescu*, a creat Serviciul Seismic Național, prin instalarea stațiilor seismice la Focșani și Bacău în 1942, la Câmpulung-Muscel în 1943, iar după 1950, la Iași și în comuna Vrîncioaia. Tot după 1950, prof. *Curea* a instalat stația seismică de la Timișoara, apoi alte două stații, la Șușara și Gura Zlata, realizând o mini-rețea de stații seismice pentru studiul cutremurelor din Banat.

După cutremurul major din 4 martie 1977, România a primit un ajutor constând din aparatură seismică și asistență din partea Statelor Unite ale Americii, în cadrul Programului Națiunilor Unite pentru Dezvoltare. Aparatura a fost instalată în vederea monitorizării activității seismice din zona Vrancea.

Studiul cutremurelor din ultimii ani arată că Pământul nu este static. Învelișul de roci al Pământului este format din **plăci tectonice**. Aceste plăci sunt în mișcare permanentă, dar lentă, una față de alta. Din această cauză, apare o acumulare de tensiune la contactul dintre ele. Din când în când, această tensiune se eliberează brusc, dând naștere cutremurelor. Energia eliberată în urma cutremurului se transmite prin interiorul Pământului sub formă de **unde seismice**.

Primele teorii coerente care explică apariția cutremurelor s-au formulat abia în anii '60. Studiul seismicității globale a avansat începând cu anul 1960 și a permis seismologilor să localizeze pe glob concentrările de cutremure (fig. 1.9). Zonele corespunzătoare acestor concentrări se suprapun, în cea mai mare parte, limitelor dintre plăcile tectonice. Zona cea mai întinsă din lume unde se produc cutremure este așa-numita *Centură de foc a Pacificului*, care mărginește oceanul Pacific – din Chile până în Alaska, Japonia, Filipine și, în final, Noua Zeelandă. Aici au loc peste 81% din cele mai mari cutremure ale lumii. A doua centură importantă, *Alpidele*, se extinde de la insula Java spre Sumatra, prin Himalaya, Marea Mediterană până la Atlantic. Aceasta cuprinde și munții Carpați, cu zona seismică Vrancea. În această centură au loc peste 17% din cele mai mari cutremure ale lumii, inclusiv cele mai distructive. Al treilea sector important este *Dorsala Medio-Atlantică*, aflată în mijlocul Oceanului Atlantic. Celelalte cutremure puternice au loc în diferite alte zone de pe glob, situate și în interiorul plăcilor tectonice, nu neapărat la marginea lor.



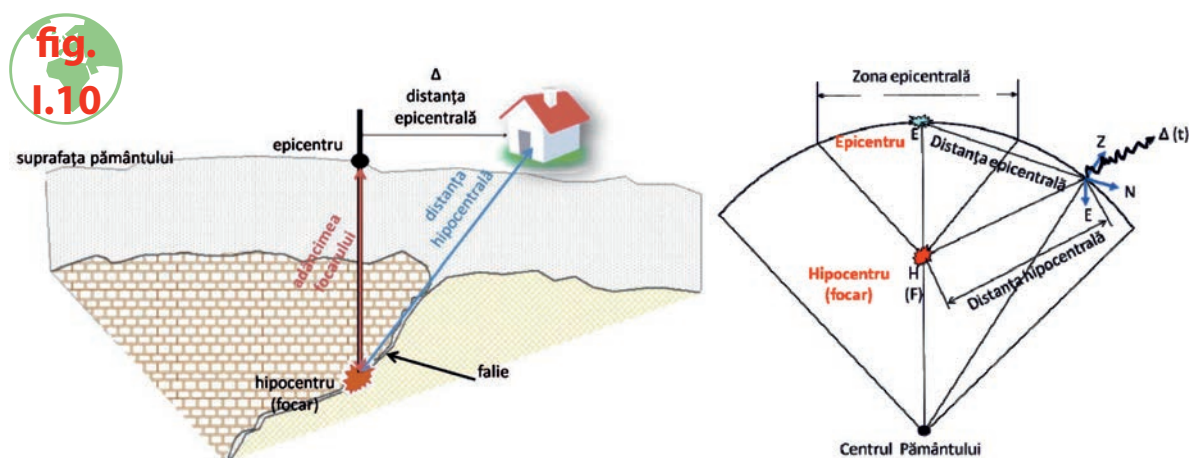
Harta seismicității globale. Sunt reprezentate numai cutremurele cu  $M \geq 4$



Există și zone în care nu se produc cutremure. Aceste **zone**, numite **aseismice**, sunt situate pe zonele stabile ale continentelor și sunt următoarele: **scutul** baltic, canadian, brazilian, african, australian, Platforma Rusă și Groenlanda.

Există mai multe **cauze** care pot duce la producerea unui cutremur, cum ar fi: tensiunile tectonice din scoarța terestră, de la contactul dintre plăcile tectonice, erupțiile vulcanice, exploziile sau impacturile puternice (meteoriți). Cutremurele produse de forțele tectonice poartă numele de **cutremure tectonice**. Surpările vechilor mine, a unor mari goluri subterane sau exploziile provocate de oameni constituie și ele cauze ale seismelor. Aproximativ 90% dintre cutremure sunt de origine tectonică. Cutremurele pot fi însoțite de tsunami atunci când hipocentrul cutremurului se situează sub un ocean sau o mare. Locul din interiorul Pământului unde este generat cutremurul se numește **hipocentru** sau **focar**, iar punctul de la suprafață, pe verticala hipocentrului, se numește **epicentru**. Distanța de la epicentru la un alt punct de pe suprafața Pământului se numește **distanță epicentrală**, iar distanța de la focar la un punct de pe suprafața Pământului se numește **distanță hipocentrală**.

Ca efecte, cutremurele se manifestă mai intens pe o zonă în jurul epicentrului, numită **zonă epicentrală**. În timpul unui cutremur, într-un punct oarecare de la suprafață au loc oscilații ale terenului. Amplitudinile oscilațiilor se definesc, în general, prin trei componente: două în plan orizontal (Nord-Sud, Est-Vest) și o componentă orientată după verticala locului (Z). Aceste noțiuni teoretice despre cutremur sunt prezentate în figura I.10.



Elemente caracteristice ale cutremurului

### ► Clasificarea cutremurelor

În prezent, cutremurele pot fi clasificate după:

#### 1. Adâncimea focarului:

- a. *Cutremure crustale*, care se produc la adâncimi mici (până la 60 de km). Aceste cutremure reprezintă 90% din numărul total de cutremure produse pe glob și apar frecvent în centura circumpacifică, bazinul mediteraneeen și anumite zone din sud-estul Asiei, precum și în România. Pot provoca pagube foarte mari în imediata apropiere a epicentrului.

- b. *Cutremure subcrustale sau intermediare*, care se produc între 60 și 300 km adâncime și pot cauza pagube mai însemnate decât cele crustale la distanțe mari de epicentru. Focare ale cutremurelor subcrustale sunt situate în Afganistan, Columbia, Mexic și zona Vrancea, din România.
- c. *Cutremure profunde sau adânci*, care se produc între 300 și 700 km adâncime, în zone din Asia și coasta de vest a Americii de Sud, și reprezintă cutremure cu o rată de apariție destul de scăzută.

## 2. Distanța epicentrală:

- a. Cutremure locale, la care distanța epicentrală este mai mică de 1.000 km.
- b. Cutremure regionale, la care distanța epicentrală este cuprinsă între 1.000 km și 3.000 km.
- c. Cutremure îndepărtate sau teleseisme, la care distanța epicentrală este mai mare de 3.000 km.

## 3. Energia degajată în focar:

- a. Cutremure mici, care nu sunt simțite de către oameni.
- b. Cutremure moderate, care sunt simțite de către oameni și care pot provoca pagube.
- c. Cutremure puternice, care sunt simțite de către oameni și provoacă pagube însemnate.

## 4. Poziția geografică a focarului:

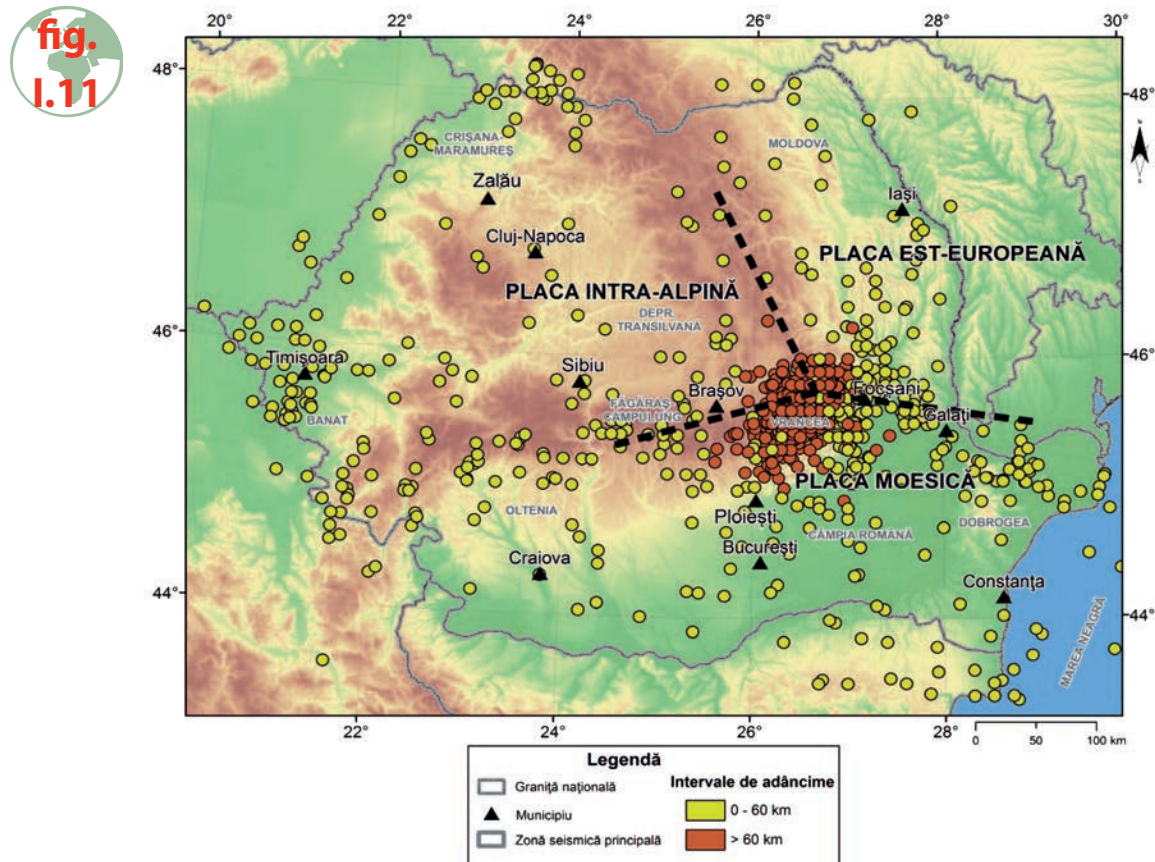
- a. Cutremure continentale, care au focarul în zona continentelor.
- b. Cutremure marine, care au focarul în zona mărilor și a oceanelor.

## ► Principalele zone seismice din România

**Zonele seismice** reprezintă arii de seismicitate grupată, unde activitatea seismică este considerată relativ uniformă. Seismicitatea României (fig. I.11) este rezultată din energia eliberată de cutremure grupate în mai multe zone seismice principale: Vrancea, Făgăraș-Câmpulung, Banat, Crișana, Maramureș și Dobrogea. La acestea se adaugă zone epicentrale cu importanță locală, în: regiunea Jibou și a Târnavelor din Transilvania, nordul și vestul Olteniei, nordul Moldovei și Câmpia Română.

Dintre aceste regiuni, **zona seismică Vrancea**, situată la curbura Carpaților Orientali (fig. I.11), este cea mai importantă prin energia cutremurelor produse, extinderea **ariei lor de macroseismicitate** (arie unde cutremurele se simt și pot avea efecte) și prin caracterul persistent și concentrat al epicentrelor. În celelalte regiuni se produc cutremure crustale (cu focare cu adâncime între 5 și 30 km), de joasă energie și intensitate, uneori policinetice (însoțite de numeroase replici).

Cutremurele majore în funcție de zona seismică din România sunt prezentate la pagina 18, iar în figura I.12 sunt arătate cele mai importante cutremure care au zguduit România în ultimii 600 de ani împreună cu informații despre efectele lor.



Harta seismicității din România și a zonelor de graniță.  
Sunt reprezentate numai cutremurele cu magnitudinea  $M \geq 3$ .

### Regiunea Vrancea

Vrancea este o regiune seismică deosebit de complexă, caracterizată de convergența a trei plăci tectonice în contact: Placa Est-Europeană, Placa Intra-Alpină și Placa Moesică (fig. I.11).

Aici se înregistrează activitatea seismică cea mai puternică din România, concentrată la adâncimi intermediare (între 60 și 200 km), într-un fragment de placă continentală desprins parțial, aflat, în prezent, în poziție aproape verticală. Zona seismică Vrancea este afectată și de cutremure crustale (fig. I.13), dar de mică intensitate. În regiunea Vrancea se produc, în medie, 2-3 cutremure puternice pe secol, care pot produce distrugerii importante.

Zona seismică Vrancea este una dintre cele mai active zone seismice din Europa. În ultimii ani, grupuri de cercetători (seismologi) au încercat să-și concentreze eforturile în direcția înțelegerii dinamicii și comportamentului acestei regiuni unice. Astfel, cele mai cunoscute scenarii propuse privind evoluția în timp a regiunii Vrancea sunt: subducția unei plăci oceanice, subducția unei plăcii oceanice, urmată de desprinderea parțială a plăcii subduse, delaminarea litosferei continentale (tabelele 1 și 2).

În prezent, se continuă cercetările pentru obținerea unui model cât mai realist referitor la originea și la regimul dinamic al zonei seismice Vrancea.

**Vrancea:**

Data producerii	Adâncimea focarului (km)	Magnitudine (M)
26 Oct.1802	150	7,9
26 Nov.1829	150	7,3
23 Ian.1838	150	7,5
17 Aug.1893	100	7,1
31 Aug.1894	130	7,1
06 Oct.1908	125	7,1
10 Nov.1940	150	7,7
07 Sept.1945	80	6,8
04 Mar.1977	94	7,4
30 Aug.1986	131	7,1
30 Mai 1990	86,9	6,9
27 Oct. 2004	98,6	6

**Făgăraș-Câmpulung:**

Data producerii	Adâncimea focarului (km)	Magnitudine (M)
19 Feb. 1832	10	5,6
26 Ian. 1916	10	6,4
18 Apr. 1919	10	4,1

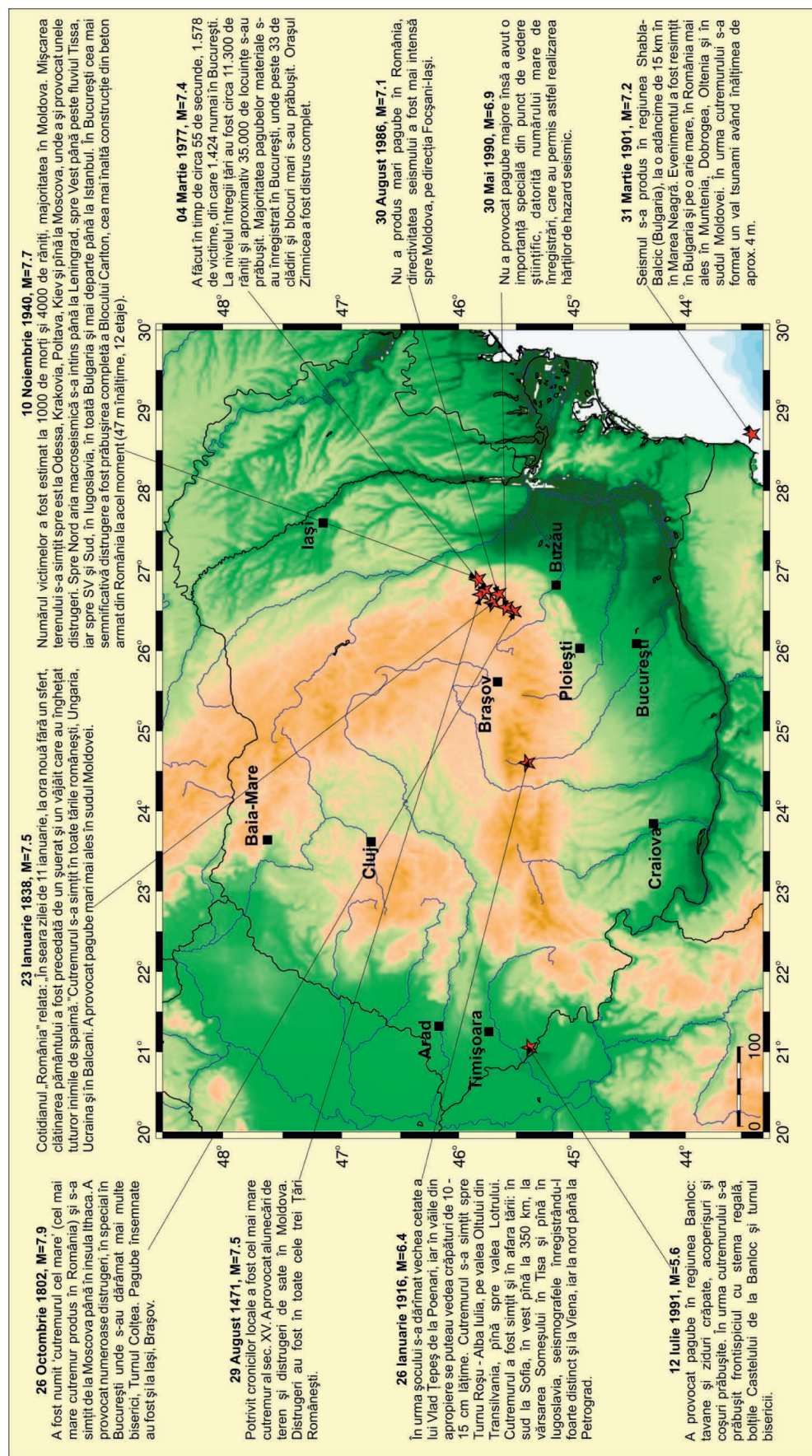
**Banat:**

Data producerii	Adâncimea focarului (km)	Magnitudine (M)
12 Iul. 1991	11	5,6
18 Iul. 1991	12	5,6

**Dobrogea:**

Data producerii	Adâncimea focarului (km)	Magnitudine (M)
11 Sept.1980	20	4,2
13 Nov. 1981	4	5,1
07 Mai 2008	5	5,4

**fig. 1.12**



Cutremure majore produse în România în ultimii 600 de ani

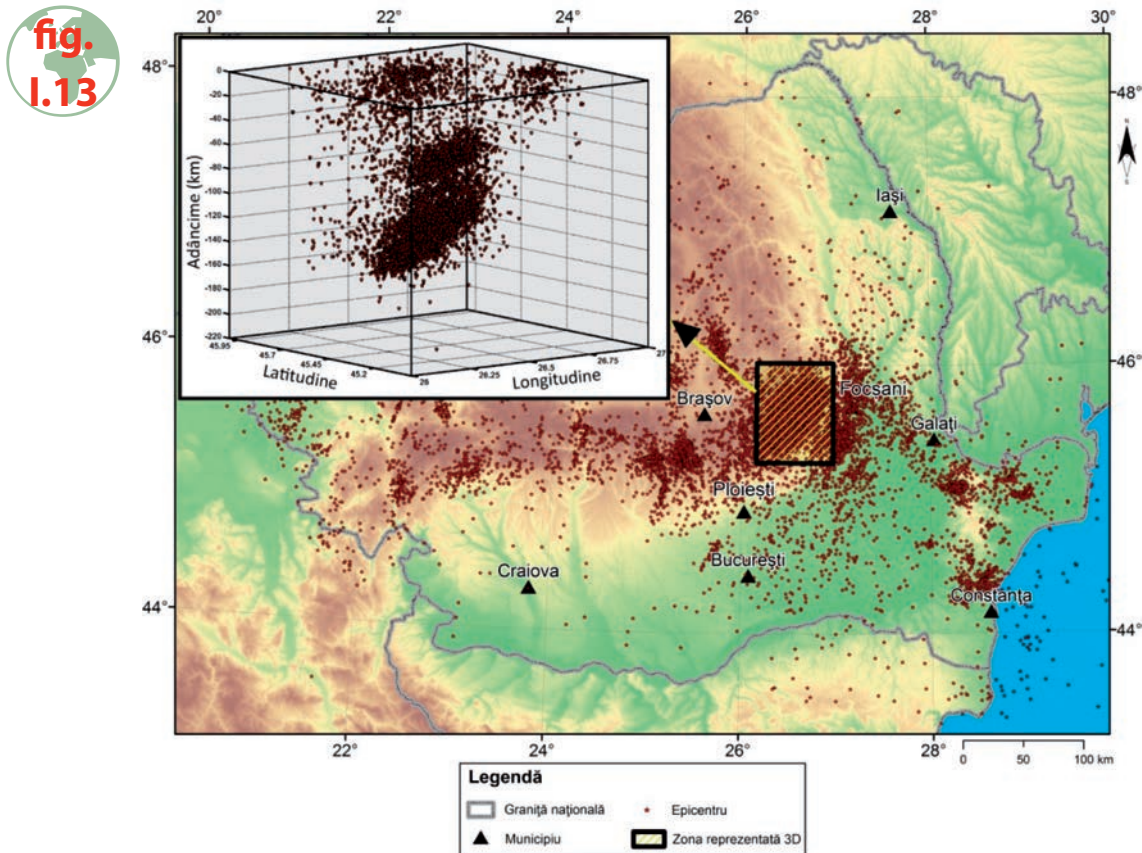
Tabelul 1

Scenarii privind evoluția în timp a regiunii Vrancea		
Subducția unei plăci oceanice	Subducția unei plăci oceanice, urmată de desprinderea parțială a plăcii subduse	Delaminarea litosferei continentale
<p>Proces care apare când marginea unei plăci oceanice se scufundă sub marginea unei plăci continentale.</p>	<p>Proces care apare când marginea unei plăci oceanice se scufundă sub marginea unei plăci continentale, desprinzându-se parțial.</p>	<p>Proces care apare când crusta inferioară se îngroașă din cauza coliziunii a două plăci continentale, devine mai grea și coboară în astenosferă sub forma unei picături.</p>

Sursă desene: J.H. KNAPP et al., 2005

Tabelul 2

Argumente pentru scenariile privind comportamentul regiunii Vrancea			
	<i>Subducția unei plăci oceanice</i>	<i>Subducția unei plăci oceanice, urmată de desprinderea parțială a plăcii subduse</i>	<i>Delaminarea litosferei continentale</i>
<b>Pro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– arcul muntos a fost creat în timpul fazei de ciocnire a plăcilor;</li> <li>– prezența unui lanț vulcanic în interiorul lanțului muntos (Munții Perșani);</li> <li>– seismicitate activă la adâncime subcrustală;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– lipsa seismicității între 40 și 60 km adâncime;</li> <li>– migrarea activității vulcanice de-a lungul Arcului Carpat, dinspre nord spre sud;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– regiunea Vrancea este o zonă tectonică complexă, caracterizată de o coliziune de tip continent-continent;</li> <li>– arcul muntos a fost creat în timpul fazei de ciocnire;</li> <li>– coborârea rapidă a plăcii explică prezența activității seismice din interiorul acesteia;</li> </ul>
<b>Contra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– seismicitatea de adâncime subcrustală în zonele de subducție tipică este localizată de-a lungul suprafeței superioare a plăcii subduse;</li> <li>– cutremurele sunt distribuite aproape vertical în partea centrală a plăcii.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– prezența activității seismice în interiorul plăcii arată că aceasta nu poate fi suspendată într-o stare de echilibru, ci suferă o mișcare de coborâre permanentă;</li> <li>– regimul predominant de extensie pe verticală.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– simetria puternică a tectonicii între zona din spatele și din fața Arcului Carpat.</li> </ul>



Distribuția focarelor în regiunea Vrancea (inserția 3D din stânga)

Academicianul *Gheorghe Demetrescu*, fondatorul seismologiei românești, afirma: „Cercetările seismologice arată că, în România, la cotul Carpaților, în Vrancea, există unul dintre cele mai caracteristice și interesante puncte seismice, un focar de cutremure adânci care, prin persistența și izolarea, nu-și găsește perechea pe toată fața Pământului, decât într-un singur punct similar din Munții Hindu Kush, în Afganistan-Himalaia”.

Zona epicentrală a cutremurelor vrâncene de adâncime intermediară a fost comparată de Richter (*Gutenberg și Richter, 1952*) cu focarele din zona Hindu Kush și cu cele din regiunea Bucaramanga (Columbia), din punctul de vedere al succesiunii lor sistematice (peste 100 de seisme, cu  $M \geq 5$  de la începutul secolului XX), al nivelului energetic și al concentrării. Seismele vrâncene au caracter monocinetic (fără replici) în cazul celor mici și cu numeroase replici în cazul evenimentelor importante. Ele au întotdeauna o **arie mare de macroseismicitate** (arie unde cutremurele se simt și pot avea efecte), de formă eliptică alungită pe direcția NE-SV. Adâncimea focarelor variază între 60 și 200 km, dar cele mai frecvente valori ale focarelor sunt de 130-150 km. Evenimentele seismice sunt adesea precedate de o lacună de activitate seismică obișnuită, care, cu cât este mai lungă, cu atât este mai mare probabilitatea ca evenimentul următor să fie unul important.

O caracteristică a cutremurelor vrâncene este aceea că ele se resimt mai slab în interiorul arcului carpatic (Transilvania). De asemenea, în zona Vrancea se produc și cutremure crustale, dar acestea sunt fenomene rare și sporadice comparativ cu evenimentele generate în partea subcrustală a zonei Vrancea. Seismicitatea crustală, localizată chiar în fața zonei de curbură a Munților Carpați, este caracterizată prin apariția cutremurelor grupate în secvențe și roiuri seismice cu magnitudini mai mici decât 5,6.

### Zona Făgăraș-Câmpulung

Regiunea Făgăraș-Câmpulung este considerată a doua zonă seismogenă a țării, după Vrancea, din punctul de vedere al energiei eliberate de cutremurele locale produse în această zonă (fig. I.11), unde magnitudinea poate atinge valoarea de 6,5. Ultimul cutremur major s-a produs în 26 ianuarie 1916 ( $M = 6,4$ ).

Epicentrele cele mai active se află în zona Câmpulung Muscel, în Munții Făgăraș (cu deosebire în vecinătatea lacului de acumulare Vidraru-Argeș și în Depresiunea Loviștei), precum și pe Valea Oltului (zona Brezoi-Câineni-Călimănești).

### Zona Banat

Seismicitatea din zona Banat (fig. I.11) este caracterizată de mai multe cutremure cu magnitudine  $M > 5$ , dar care nu depășesc magnitudinea 5,6.

Cutremurele din Banat au caracter policinetic, cu numeroase replici în cazul evenimentelor mari. Astfel, menționăm: cutremurele produse între octombrie 1879 și aprilie 1880 în zona Moldova Nouă; cutremurul produs în zona Timișoara, din 27 mai 1959, cu  $M = 5$ , adâncime 5 km, urmat de două șocuri produse în 1960; cutremurele de la Banloc, din 12 iulie 1991, cu  $M = 5,6$ , adâncime 11 km, și Voiteg, din 2 decembrie 1991, cu  $M = 5,6$ , adâncime 9 km, urmate de numeroase replici.

### Zona Crișana-Maramureș

Informațiile istorice sugerează, pentru zona Crișana-Maramureș (fig. I.11), cutremure potențiale cu magnitudini mai mari de 6, dar, în secolul trecut, a fost raportat doar un eveniment cu magnitudinea apropiată de 5. Zona seismic activă din jurul localităților Oradea și Carei este caracterizată prin focare normale, care au activat, după datele găsite în literatură, între anii 1829 și 1834.

Cutremurele din Maramureș sunt cunoscute prin șocurile din perioada 1876-1926, uneori cu multe replici. În zona Baia Mare s-au produs cutremure resimțite, unul la 30 iunie 1978 ( $M = 4$ ) și alte trei în martie 1979.

### Zona Dobrogea

Această zonă seismică (fig. I.11) este caracterizată de cutremure crustale de mărime moderată. Înregistrările seismologice au condus la localizarea multor epicentre în Dobrogea, atât în partea sa nordică, cât și în centrul Dobrogei și în regiunea sudică, însă cele mai importante cutremure au fost generate în două zone epicentrale diferite: zona de nord a Dobrogei și zona litorală din sudul Dobrogei, la sud de Mangalia, până în zona de la est de capul Shabla (Bulgaria).

Câteodată, în cazul seismelor cu focar submarin (cum au fost cele localizate la est de capul Shabla), s-au produs și valuri seismice (tsunami), așa cum s-a întâmplat în anul 1901. Cutremurul pontic din 31 martie 1901, cu magnitudinea de 7,2 grade pe scara Richter, s-a produs la est de capul Shabla, la o adâncime de circa 15 km sub fundul mării. Seismul a avut urmări distrugătoare în zona litorală, la sud de Mangalia, mai multe sate fiind ruinate. De asemenea, în urma cutremurului s-a format un val tsunami cu înălțimea de circa 4 metri.