

## Prekursor-alapú földrengés-előrejelzés: vágyalom vagy valós lehetőség?

## Precursor-based earthquake prediction: wishful thinking or real possibility?

SZAKÁCS Sándor<sup>1</sup>, KOVÁCS István-János<sup>2</sup>, Mircea RADULIAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Romanian Academy, Institute of Geodynamics, Bucharest,

<sup>2</sup>Institute of Earth Physics and Space Science, Sopron, Hungary

<sup>3</sup>National Institute of Earth Physics, Bucharest Romania

### Abstract

*Earthquake prediction-related research gained a new impetus during the last two decades after a period of prevailing pessimistic attitude of the science community. Encouraging results were obtained using new and various approaches and innovative techniques mostly focused around the idea of the lithosphere-atmosphere-ionosphere-magnetosphere coupling. However, scepticism still persists due to 1) ambitious individual or restrained team efforts aiming at discovering the “holy Grail” of earthquake prediction by developing self-conceived methodologies, hence obstructing large-scale synergic multidisciplinary approaches, and 2) the lack of a conceptually well-supported long-term research strategy. To counteract this drawback, a paradigm-shifting long-term research strategy was recently proposed based on the newly introduced concept of “precursory fingerprint” targeting individual seismic structures. Because its well-known structure and centuries-long record and behaviour, Romania’s Vrancea seismic zone appears as an ideal target for experimenting the new concept-based earthquake prediction research strategy.*

**Kulcsszavak:** földrengéselőrejelzés, kutatási stratégia, prekursor ujjlenyomat

### Bevezetés

A földrengés-előrejelzéssel kapcsolatos problematika éles viták keresztüztüzebe került az utóbbi évtizedek során. Az 1975-ös, sikeresnek minősített Haicheng (Kína) földrengés előrejelzését a következő évben rögtön követő előre-nem-jelzett katasztrófális következményekkel járó Tangshan (Kína) földrengés nyomán [1] a szeizmológus körökben szélsőségen pesszimista hangulat kezdett eluralkodni, ahogy azt a Nature folyóiratban az 1990-es években lezajlott vita-sorozat is tanúsítja: a szakterület mérvadó kutatói zömükben úgy nyilatkoztak, hogy a prekursor jeleken alapuló földrengés-előrejelzés elvileg lehetetlen tekintettel a szeizmikus jelenség nonlineáris és kaotikus természetére [2, 3]. Később azonban, egy sor ambiciózus kutató világszerte céljául tűzte ki bebizonyítani, hogy ez a szélsőségesen szkeptikus álláspont nincs kellőképpen megalapozva, ezért újabb prekursor-alapú földrengés-előrejelzési kutatásokat kezdeményeztek változatos és innovatív módszerek és megfigyelési eszközök bevetésével, amelyekből biztató eredmények születtek, köztük sikeres „post factum előrejelzések” is. Ezeket az új eredményeket, szakfolyóiratokban közölt cikkek mellett, egy pár kötetben is összefoglaltak és közzétettek a 2010-es évek során [4, 5]. Az új kutatási hullám legszámottevőbb pozitív eredményei a litoszféra-atmoszféra-ionoszféra-magnetoszféra összekapcsolt rendszerének az elvére alapulnak, amely szerint a nagyenergiájú földrengések kipattanása előtti visszafordíthatatlan folyamatban levő feszültségmező által kiváltott változások az összekepcolt rendszer alkotói elemein keresztül propagálódnak különböző természetű (fizikai, kémiai, biológiai) prekursor jelek formájában. Ezek a „jelek” elvileg kimutathatóak olyan megfelelő módszerek és eszközök segítségével, amelyek a csatolt rendszer különböző részeit monitorizálják földfelszínen telepített vagy távérzékelő szenzorokkal. Két prekursor-kutatási vonal látszik a legbiztatóbbnak: az egyik fluidumokkal kapcsolatos prekursorokra [6], a másik az atmoszférikus-ionoszférikus prekursorokra [7] összpontosít. Mindamelllett, egyes szaklapokban - köztük „a-priori előrejelzések” [8] - igényével jelentett sikeres „predikció” dacára, ezek kritizálható fő hátránya az alkalmazott módszerek egyetemes érvényességének a pretenciója, vagyis az, hogy a jó eredményt hozó metodológia kiterjeszhető a világ bármelyik szeizmikus területére és szerkezetére. Főleg az atmoszférikus-ionoszférikus távérzékelő eszközökkel kimutatható – és esetenként ki is mutatott [7] – prekursorok (amelyek nemcsak az esedékes földrengések közeledtét, hanem azok földrajzi helyzetét is kimutatják) univerzalitása kérdőjelezhető meg.

## Módszerek, eredmények és diszkusszió

Függetlenül a fentebb vázolt biztató, sikeresnek is mondható kutatásoktól, a földrengés-előrejelzésekkel kapcsolatos szkeptikus magatartás továbbra sem indokolatlan, ahogy azt a hivatalosan elfogadott és megfelelően finanszírozott nemzeti vagy nemzetközi nagy-kaliberű kutatási programok hiánya is sugallja [9, 10]. Szerintünk ennek okai 1) az ambiciózus, az előrejelzés „Szent Gráljának” megtalálására irányuló egyéni vagy csoportos „egoista” kutatási erőfeszítésekben, és 2) egy átfogó, konceptuálisan megalapozott hosszútávú kutatási stratégia hiányában keresendőek.

Nemrég Szakács [11] egy paradigma-váltás esélyeit magában hordozó kutatási stratégiát javasolt, amely elsődlegesen azon az a-priori elfogadható feltételezésen alapulna, hogy a prekursor alapú földrengés-előrejelzés elvileg nem lehetetlen. Továbbá, egy pár újonnan bevezetett konceptus – mint amilyenek a földrengés-szerkezetek egyedisége és, ezáltal, azok prekursor-tevékenységének is az egyedisége, amely saját, önálló „prekursor ujjlenyomatban” nyilvánul meg – megalapozhat egy új, az eddigieknél kevésbé ambiciózus, univerzálisra nem törekvő, de realisabb esélyekkel biztató kutatási stratégiát. Ahelyett tehát, hogy egyetemes érvényű prekursorokat keressünk, a kutatásainkat inkább az egyedi földrengés-szerkezetekre kellene irányítanunk, külön-külön és minél többre világszerte, arra hogy megtaláljuk azok saját, egyedi „prekursor ujjlenyomatát” (amely a különböző természetű – fizikai, kémiai, biológiai – prekursor „jelek” sajátos egyedi kombinációja). Később, az elért eredmények összesítése után akár földrengés-típusokra jellemző típus-specifikus „prekursor ujjlenyomatokat” is lehetne, esetleg, azonosítani. A javasolt kutatási stratégia első, kísérleti fázisában minden lehetséges és feltételezhető (fizikai, kémiai, biológiai) prekursor jelenséget kutatás tárgyává kéne tenni kimutatva/felmérve azok „prekursor ujjlenyomat” potenciálját. És azokat megfelelő, nagyérzékenységű, naprakész technológiájú módszerekkel és eszközökkel (szenzorokkal) vizsgálni és követni ahhoz, hogy a prekursorokra „pozitívan érzékeny” paramétereket ki lehessen mutatni adott szeizmikus szerkezet esetében. A „pozitívan” érzékeny” paraméterek összessége és kombinációja fogja megadni az illető szerkezet sajátos, egyedi „prekursor ujjlenyomatát”.

Természetesen, a „prekursor ujjlenyomat” keresésével párhuzamosan magának a célzott szeizmikus szerkezetnek és tágabb környezetének az intenzív kutatása is kötelező annak érdekében, hogy jobban megértjük a helyi és regionális geológiai szerkezetek természetét és geodinamikáját, a szeizmikus tevékenység múltbeli lefolyását, ritmikusságát, sajátosságait és „viselkedésmódját”, mivel a „prekursor ujjlenyomat” kutatások eredményei csak így válhatnak értelmezhetőkké.

A prekursor-alapú földrengés-előrejelzési kutatásokat a fentebb vázolt konceptuális keretek között ajánlatos egy jól ismert és területileg jól-meghatározott szeizmikus szekezettel kezdeni. A Kárpátkanyar külső ívében elhelyezkedő Vrancea szeizmikus fészek ideális kísérleti célpontnak tűnik több megfontolásból is: szeizmogén (földrengés-generáló) térfogata térben jól lehatárolt, századokra visszanyúló nagyobb magnitúdójú földrengéstörténete jól ismert, szeizmikus tevékenysége részleteiben is jól ismert immár sok évtizedre tehető monitorizálása által, helyi és regionális geodinamikai környezete is intenzíven kutatott és aránylag jól megértett. Továbbá, partikuláris geodinamikai helyzete, belső szerkezete és környezetének intenzív fluid-feláramlásai folyamatban levő kutatás és monitorizálás tárgyát képezik egy új geodinamikai paradigma - a „pargaszoszféra hipotézis” [12] - figyelembevételével. Ezek a rendkívül kedvező körülmények premisszái egy kibontakozó, a Vrancea-ra összpontosuló prekursor-alapú földrengések előrejelzését célzó multidiszciplináris nemzetközi kutatási programnak.

## Konkluziók

Egy döntően pesszimista alaphangú periódust követően a prekursor-alapú földrengés-előrejelzés kutatás reneszánszát éli napjainkban és biztató eredményeket ért el az utóbbi két évtizedben. Ennek dacára, a sikeresnek elkönnyvelhető eredmények, amelyeket egyedi kutatók vagy kislétszámú csoportok értek el, egyéni fejlesztésű módszerekkel és eszközökkel, meglehetősen esetlegeseknek bizonyultak és nem támaszkodtak semmilyen konceptuálisan megalapozott stratégiára. Egy nemrég javasolt potenciálisan paradigmaváltó kutatási stratégia, amely az egyedi szeizmikus szerkezetek „prekursor ujjlenyomata” konceptusán alapul, áttörést hozhat a további kutatások terén. A romániai Vrancea szeizmikus szerkezet a lehető legalkalmasabbnak tűnik a javasolt új kutatási stratégia kikísérletezésére.

**Idézett szakirodalom**

1. HOUGH, S. 2010: *Predicting the unpredictable. The tumultuous science of earthquake prediction*, Princeton University Press, p. 280, Princeton
2. GELLER, R.J., JACKSON, D.D., KAGAN, Y.Y., MULARGIA, F. 1997; Earthquakes Cannot Be Predicted *Science*, **275** (5306), 1616
3. MATTHEWS, R. A. J., 1997: Decision-theoretic limits on earthquake prediction. *Geophysical Journal*, **131** (3), 526–529
4. OUZOUNOV D., PULINETS S., HATTORI K., TAYLOR P., 2018: *Pre-Earthquake Processes: A Multidisciplinary Approach to Earthquake Prediction Studies*, **234**, Geophysical Monograph Series, John Wiley & Sons, p. 384.
5. PULINETS, S., OUZOUNOV, D. 2018: *The Possibility of Earthquake Forecasting Learning from nature*. IOP Publishing, p. 152, Bristol, UK
6. MARTINELLI G., 2020: Previous, Current, and Future Trends in Research into Earthquake Precursors in Geofluids. *Geosciences*, **10**(5), 189; doi:10.3390/geosciences10050189
7. Pulinets, S., Ouzounov, D, Karelin, A, Davidenko, D. 2018: Lithosphere–Atmosphere–Ionosphere–Magnetosphere Coupling - A Concept for Pre-Earthquake Signals Generation. in Dimitar Ouzounov, Sergey Pulinets, Katsumi Hattori, Patrick Taylor (Eds.) *Pre-Earthquake Processes. A Multidisciplinary Approach to Earthquake Prediction Studies*. AGU, John Wiley and Sons Inc., p. 79-98
8. PERESAN, A., KOSSOBOKOV, V., PANZA, G.F., 2012: Operational earthquake forecast/prediction. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, **23**: 131–138
9. WYSS, M., 2001: Why is earthquake prediction research not progressing faster? *Tectonophysics*, **338**, (3-4): 217-223
10. Martinelli, G., 2018: Contributions to a history of earthquake prediction research. in Dimitar Ouzounov, Sergey Pulinets, Katsumi Hattori, Patrick Taylor (Eds.) *Pre-Earthquake Processes. A Multidisciplinary Approach to Earthquake Prediction Studies*. AGU, John Wiley and Sons Inc., p. 67–76.
11. SZAKÁCS A., 2021: Precursor-Based Earthquake Prediction Research: Proposal for a Paradigm-Shifting Strategy. *Frontiers in Earth Science*, Geohazards and Georisks, doi.org/10.3389/feart.2020.548398.
12. KOVÁCS I. J., LIPTAI N., KOPTEV A., CLOETINGH S. A. P. L., LANGE T. P., MAȚENCO L., SZAKÁCS A., RADULIAN M., BERKESI M., PATKÓ L., MOLNÁR G., NOVÁK A., WESZTERGOM V., SZABÓ Cs., FANCSIK T. 2021: The ‘pargasosphere’ hypothesis: looking at global plate tectonics from a new perspective. *Global and Planetary Change*, **204** (3-4):103547