

# MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

A MAGYAR  
GEOFIZIKUSOK  
EGYESÜLETÉNEK  
FOLYÓIRATA



JOURNAL OF THE  
ASSOCIATION  
OF HUNGARIAN  
GEOPHYSICISTS

A Kínai-Magyar Geofizikai Expedíció és '56  
- Könyvismertetés

A Balkán Geofizikai Társaság  
12. Kongresszusa

Laboratóriumi akusztikussebesség- és jóságítényező-adatok  
együttes inverziója

A Nyírség mélyföldtani értelmezése –  
lokális vulkánmorfológia a geofizikai mérések alapján

Az „Eötvös 175” mérleg

In Memoriam

Tóth József  
Lothar Dresen





# MAGYAR GEOFIZIKA

## HUNGARIAN GEOPHYSICS

64. évfolyam (2023) 3. szám



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETÉNEK FOLYÓIRATA  
JOURNAL OF THE ASSOCIATION OF HUNGARIAN GEOPHYSICISTS

### TARTALOM • CONTENTS

#### SZERKESZTŐSÉGI ROVAT • EDITORIAL

119 Könyvismertetés (Book review) – *Kilényi É.*

#### MGE HÍREK • NEWS OF ASSOCIATION OF HUNGARIAN GEOPHYSICISTS (AHG)

121 12th Congress of BGS – *Komatina S.*

#### TANULMÁNY • PAPER

123 Laboratóriumi akusztikussebesség- és jóságítényező-adatok együttes inverziója (Joint inversion of acoustic laboratory data) – *Turainé Vurom B., Dobróka T. E., Dobróka M.*

131 A Nyírség mélyföldtani értelmezése – lokális vulkánmorfológia a geofizikai mérések alapján (The interpretation of the deep geological construction of Nyírség – local volcanic morphology based on geophysical measurements) – *Kiss J., Cserkész-Nagy Á., Lőrincz K., Rádi K.*

#### ESEMÉNYEK • EVENTS

156 Az „Eötvös 175” mérleg (The „Eötvös 175” balance) – *Szarka L. Cs.*

#### IN MEMORIAM

164 Tóth József – *Magyar Geofizikusok Egyesülete*

164 Prof Dr. Lothar Dresen – *Ormos T.*

# MAGYAR GEOFIZIKA

## HUNGARIAN GEOPHYSICS

64. évfolyam (2023) 3. szám

A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETÉNEK FOLYÓIRATA  
JOURNAL OF THE ASSOCIATION OF HUNGARIAN GEOPHYSICISTS

*Főszerkesztő • Editor-in-Chief*

DR. BODOKY TAMÁS

E-mail: [mageofedit@gmail.com](mailto:mageofedit@gmail.com)

*Szerkesztőbizottság • Editorial Board*

DR. GALSA ATTILA, DR. KISS JÁNOS, DR. LÓRINCZ KATALIN,

DR. PETHŐ GÁBOR, DR. SZABÓ NORBERT PÉTER

*Technikai szerkesztő • Technical Editor*

HOCK GÁBOR

E-mail: [mageoftechn@gmail.com](mailto:mageoftechn@gmail.com)



Lapunk e számának megjelenését a  
Magyar Tudományos Akadémia  
támogatja

---

A szerkesztőség a szakcikkeket (tanulmányokat) szaklektorálás után közli. A szaklektorok névsorát az évváró számban tesszük közzé. A lapban megjelenő cikkek adatainak és állításainak helyességért, ill. közölhetőségéért kizárólag a szerzők tartoznak felelősséggel.

---

Kiadja a Magyar Geofizikusok Egyesülete

A kiadásért felel: Dr. Timár Gábor

Szerkesztőség: 1145 Budapest, Columbus u. 17–23.

Telefon/Fax: (1) 201-9815

Titkársági e-mail: [postmaster@mageof.t-online.hu](mailto:postmaster@mageof.t-online.hu)

Honlap: [www.mageofegy.hu](http://www.mageofegy.hu)

Megjelenik évente négyszer

INDEX: 26 507

HU ISSN 2677-1497 (online)

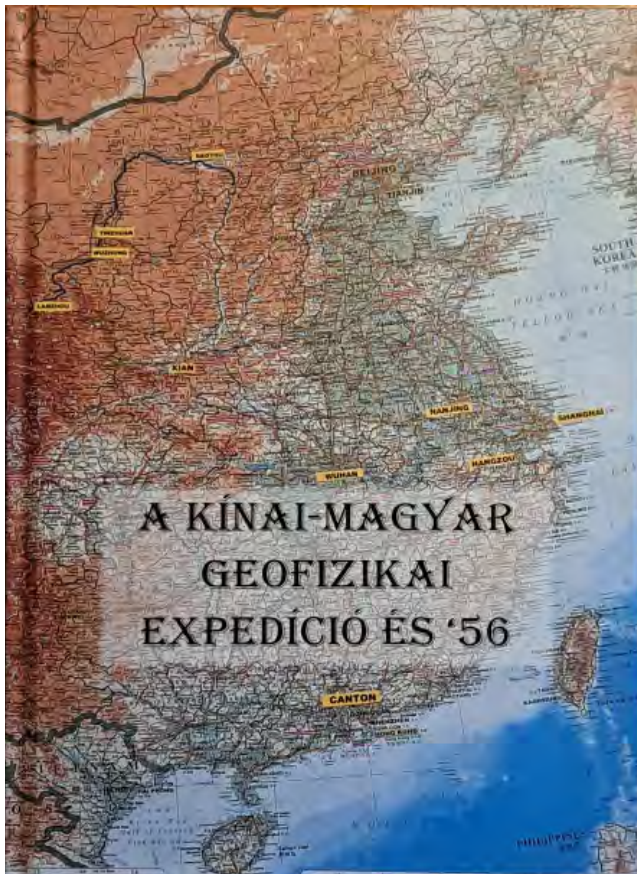
A *Magyar Geofizika* Szerkesztősége örömmel jelenti, egy új, mind egyesületünk, mind lapunk szemszögéből érdekes könyv megjelenését. A könyv címe „A Kínai-Magyar Geofizikai Expedíció és '56”. A könyvet a korabeli naplók alapján *Kilényi Éva* szerkesztette, illetve írta, és az Eötvös

Loránd Geofizikai Alapítvány jelentette meg. A könyv szorosan kapcsolódik *Szabó Zoltánnak* a *Magyar Geofizika* korábbi számaiban a témában megjelent cikkeihez.

Az alábbiakban közöljük a könyv szerzőjének könyvismertetését.

*Szerkesztőség*

## A Kínai-Magyar Geofizikai Expedíció és '56 Szilárd József emlékére



Az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány által kiadott könyv az Előszóban a következőképpen fogalmazza meg célját: „Szilárd József, élete vége felé, saját megtakarított pénzéből alapítványt hozott létre mellyel azokat a fiatal geofizikusokat/geofizikus jelölteket kívánta jutalmazni, akik a Magyar Geofizikusok Egyesületének Ifjúsági ankétjain gravitációs témakörben írt dolgozataikkal arra érdemesnek minősültek. Az évek telnek, az idős geofizikusok létszáma egyre fogy, így joggal felvetődik a kérdés: tudják-e a jutalmazottak – sőt van-e még, aki el tudja mondani

nekik – hogy ki is volt Szilárd József? Azok a kevesek, akik még személyesen ismerték őt – köztük a jelen mű szerkesztői – felelősnek érzik magukat, hogy ismereteiket továbbadják az utókornak.

A magyar geofizika történetében kiemelkedő esemény volt az 1956 júniusában indult Kínai-Magyar Geofizikai Expedíció. Bár már elég sok publikáció jelent meg a témáról, úgy gondoljuk, a jelen összeállítás két szempontból is újat ad: egyrészt Szilárd József naplóján alapul, feltárva egy rendkívüli ember gondolatvilágát, személyiségét, a szelíd természetével ellentétes világgal való konfrontációját, másrészt mindmáig kerültük azt a kényes témát, ahol kapcsolódott a geofizika és a nagypolitika, azaz hogyan élték meg az expedíció igen vegyes szociális összetételű tagjai „az októberi eseményeket” otthonuktól 10 000 km távolságra, csak a nehezen fogható rövidhullámú rádióadások éjszakai hírműsoraiból értesülve az eseményekről.

Sajnos a naplónak csak az 1956. november 26-val induló második és harmadik kötete maradt fenn. Az első kötetet – feltételezésünk szerint – Jóska bácsi hazaterzte előtt megsemmisítette, nehogy feljegyzéseivel egyesek számára terhelő bizonyítékként bajt okozzon. Ezért kénytelenek vagyunk más forrásokból pótolni az 1956. július–november közötti eseményeket. Ebben az időszakban fontos, és nem éppen dicső szerepet játszottak az Expedíció életében a pekingi Magyar Nagykövetség egyes dolgozói.

Az „októberi események” utóélete is – megítélésünk szerint – megőrkítésre érdemes: Horváth Árpád, az I-es szeizmikus csoport észlelőjeként került be az expedícióba mint az expedíció párttitkára. Akkoriban a párttitkárok tagjai voltak az intézmények vezetőségének, így Gálfi János expedícióvezető mellett Horváth Árpád is aktív szereplője volt a követségiekkel vívott viharos tárgyalásoknak az induló időszakban. Ennek következtében az '56 őszén alakuló MSZMP-be nem vették fel, és – „az októberi események alatt tanúsított magatartása” miatt – 1957 nyarán fegyelmi úton hazarendelték Gálfi János mellett őt is. Itthon megfellebbezte a fegyelmi határozatot és kérvényezte a pártba való felvételét. Az erről szóló taggyűlési jegyző-

könyv szintén szerkesztők birtokába jutott, és itt közzétesszük, együtt az ennek hatására 1957-ben Kínában tartott taggyűlés jegyzőkönyvével. 1959-ben pedig elindult egy „Gálf János és társai” elleni büntetőeljárás, melynek iratanyaga az Állambiztonsági Szolgálatok Történelmi Levéltárában kutathatóvá vált, így azt is tudjuk ismertetni.”

Ez az iratanyag bepillantást enged a politikai rendőrség tevékenységébe, hogyan alakítják a „konceptiót”, hogy az ügy egyre „zaftosabb” legyen, a per kimenetele számukra elismerést hozzon, és hogyan zsarolják meg az embereket, hogy ügynökké váljanak. Hogyan próbálják a vádat az enyhébb „izgatás” ügyből a sokkal súlyosabb „ipari szabotázsza” alakítani. Ennek abszurditását Szilárd Jóska bácsi naplója bizonyítja a legjobban, hiszen fő témája az állandó küszködés azért, hogy haladjanak a munkával, miközben a kínai fél által szolgáltatott, a munkához szükséges alapvető feltételek sem teljesültek. De már az expedíció szervezése is – ahogy Rupert Ferenc, a Külkereskedelmi minisztérium műszaki és tudományos együttműködési osztályá-

nak titkára tanúvallomásaiban előadta – magán viselte a „szocialista” gazdasági rendszer alapvető hibáit. A következményeket azután az expedíció résztvevőinek, de főleg vezetőinek kellett viselniük. Úgy gondoljuk, hogy azok számára, akik ezt a korszakot nem éltek át, többet mondanak ezek a jegyzőkönyvek, mint sok történelemkönyv.

Végezetül idézet a Zárszóból: „Hogy az expedíciót sikeresnek mondhatjuk, azt elsősorban az 1958–59 évi mérési területen, az ÉK-kínai Sungliao medencében végzett munkának köszönhetjük. Az itt feltárt, több mezőből származó kőolajkincs sokáig ellátta Kína kőolajszükségletének kb. felét. A nagy kiterjedésű területen több geofizikai expedíció is dolgozott (szovjet, kínai, magyar), az eredmény közös sikernek tekinthető. A kínaiak egy csodás hímezett vörös bársonyzászlóval fejezték ki elismerésüket, melyen a következő felirat olvasható: „Emléklül a magyar szakértő csoportnak. A Sungliao síkságon megtalált ipari jelentőségű olaj a kínai-magyar barátság kikristályosodása. A Kínai Népköztársaság Geológiai minisztériuma 1960.”

*Kilényi Éva*

~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~

Ha már könyvismertetéssel idítjük ezt a lapszámot, akkor ide tartozik még *Szarka László* tagtársunk közleménye is

egy másik, szintén az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány gondozásában megjelent könyvről:

December 18-án, hétfőn 14 órakor az MTA Könyvtárban (Budapest V. Arany János utca 1.) került bemutatásra a dél-tiroli Wolfgang Strobl: „Zu Gast in Schluderbach” (Vendégségben Schluderbachban) című kötetéből az Eötvös hegymászásairól szóló fejezet magyar változata: „Báró Eötvös Loránd és leányai, Ilona és Rolanda a Dolomitokban” címmel, Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány, Budapest, 2023.

A fent említett könyvek a Magyar Geofizikusok Egye-

sületének Titkárságán megvásárolhatók.

*Szerkesztőség*

# Bejelentés

## A BALKÁN GEOFIZIKAI TÁRSASÁG 12. KONGRESSZUSA

A Balkán Geofizikai Társaság, amelynek Egyesületünk is tagja, jövő év, májusának végén, Szerbiában tervezi 12. Kongresszusát megtartani. Az alábbiakban közöljük *Snežana Komatina* professzor asszonynak az ezt bejelentő levelét:

Dear Colleagues,

I hope you're all doing well.

It is time to start preparing for the 12th Congress of the Balkan Geophysical Society (BGS) – Geophysics for the better world, which is held in Serbia, 27–31 May 2024. The previous BGS Congress during AGES presidency, Geophysics at the Cross-Roads, was organized in Belgrade, Hotel Inter Continental (now – Crowne Plaza Hotel, venue of the EAGE NSGC 2022) just 15 years ago, in May 2009.

Next May, the Congress and Technical Exhibition of the Balkan Geophysical Society (BGS) will be held in Serbia again, at the Kraljevi čardaci Hotel, Kopaonik mt. (<https://kraljevicardaci.com/en/>). The event is organized by AGES, supported by EAGE and the National Petroleum Committee of Serbia – World Petroleum Council (NNKS). During the Congress, participants will enjoy amazing Kopaonik National Park (<https://www.tckopaonik.com/kopaonik.php>), the number one ski resort in Serbia during the winter, but also an ideal destination for hiking lovers, and for many other activities which are organized during the spring and summer (<https://www.tckopaonik.com/kopaonik-virtualna-tura.php>).

With its functional, stylish and well-equipped conference halls with 4 separate units (total capacity is up to 500 participants) in conjunction with the professional team are making the Kraljevi Čardaci Hotel the perfect location for the next BGS Congress (<https://kraljevicardaci.com/en/congress-center/>).

AGES has long cooperation with the Hotel – since 2015, almost all AGES conferences and workshops are held here. This July, we organized traditional bunch of events: XI International Conference – BIOMEDICINE AND GEOSCIENCES – INFLUENCE OF ENVIRONMENT ON HUMAN HEALTH, V International Students' Workshop – PUPIN MEETS NOBEL and IV SPE/SEG Student sections Networking Workshop MEMBERS – MEET, GREET & NETWORK!

I know that some of you would be much more happy if we organize the Congress in Belgrade, not at Kopaonik, but there is an important fact which makes it impossible – in Belgrade, all hotels are part of the world known hotel systems and if we want to organize the event in any of them, AGES has to cover all expenditures in advance. So, if we make a contract for 150 participants, for example, we have to pay the full cost before the Congress, although we do not know the exact number of participants. The same is with accommodation – if we ask special discount for the rooms, we have to define the number of rooms at least three-four months before the event and pay for them, regardless the real number of participants. For AGES it is impossible and that is why we organize all events in the Kraljevi Čardaci hotel.

In July, I had a meeting with the top managers and the owner of the Hotel and they are happy to offer special prices for accommodation and other issues. Also, they will organize transfer of the participants from/to Belgrade and Niš airports, field trips, social events, catering, etc.

I hope that you will understand the situation and accept this solution for the venue. As the next step, please send me the data necessary for the 1st Announcement – name(s) of the representative(s) of your society in the International Steering Committee and the Scientific Committee. Also, I need your opinion about including all geophysical societies from one country into the BGS hub – in some of the BGS member countries, there are more than one geophysical society, my idea is that it is better to have all in the team.

If you send me the necessary info till the next week, we will create the 1st Announcement and distribute it in the next two weeks, but also share the info via social media and AGES web-site.

For your information, the article announcing the BGS Congress in Serbia will be published in the December issue of the EAGE First Break. There you will see that message of the event and BGS is that, beside professionals, there are three pillars more – students, young professionals and seniors. Only this combination gives the best result. Various panel discussions and Workshops for students and young professionals are planned, but also the special program – session and exhibition Pioneers of Geoscience, dedicated to colleagues who established Geoscience and Geophysics at Balkan countries (all member countries will participate with their pioneers).

All your ideas regarding the Technical Program are very welcome. 12th BGS Congress is the event where all of us are hosts and that will be the opportunity to present not only the knowledge and experience of Balkan geophysicists to the world, but also the unique energy and hospitality.

I am waiting for your answer in the next seven days. Thank you!

Best regards,  
Snežana

*Snežana Komatina*, AGES President/Founder  
Association of Geophysicists and Environmentalists (AGES)  
Mob.: +381616438360 (Viber)  
[www.AGESerbia.org](http://www.AGESerbia.org)

# Laboratóriumi akusztikussebesség- és jóságítványzó-adatok együttes inverziója

Turainé Vurom B.<sup>@</sup>, Dobróka T. E., Dobróka M.

Miskolci Egyetem, Nyersanyagkutató Földtudományi Intézet, Geofizikai Intézeti Tanszék,  
3515 Miskolc-Egyetemváros

<sup>@</sup>E-mail: brigitta.vurom@gmail.com

Egy széles körben használt empirikus képlet kőzetfizikai hátterének magyarázata érdekében új kőzetfizikai modellt mutatunk be, amely a terjedési sebesség és a jóságítványzó nyomásfüggését írja le. A P-hullám sebességére és a jóságítványzó tényezőre vonatkozó akusztikus laboratóriumi adatokat mértünk homokkőmintán 40 különböző nyomáson. A jóságítványzó adatainak mérésére a spektrális arány módszerét alkalmaztuk, ezért egy, a kőzetminta geometriájával teljesen egyező geometriájú alumíniummintát használtunk referenciaként. A mért sebesség- és jóságítványzó-adatokat független és együttes inverziós eljárásokban is feldolgoztuk. Az eredmények azt mutatják, hogy mind a sebesség–nyomás kapcsolat, mind a jóságítványzó nyomásfüggése jól leírható a bemutatott kőzetfizikai modell felhasználásával.

**Kulcsszavak:** modellfejlesztés, akusztikus P-hullám-sebesség és jóságítványzó mérés, inverzió, nyomásfüggés

## Turainé Vurom, B., Dobróka, T. E., Dobróka, M.: Joint inversion of acoustic laboratory data

In order to explain the rock physical background of an extensively used empirical formula we present new rock-physical models describing the velocity–pressure and Quality factor–pressure dependences. Acoustic laboratory data for P-wave velocity and Quality factor were measured on a sandstone sample at 40 different pressures. The spectral ratio method was used to measure the Quality factor data utilizing an aluminum sample (with the size and geometry of the rock sample) as a reference. The measured velocity and Quality factor data were processed in independent and also in joint inversion procedures. The results showed that both the velocity–pressure and the Quality factor pressure dependence can be well-described utilizing the newly developed rock-physical model in forward modeling.

**Keywords:** model development, acoustic P-wave Quality factor and velocity measurements, joint inversion, pressure dependence

*Beérkezett:* 2023. október 30.; *elfogadva:* 2023. november 21.

## 1. Bevezetés

A kőzetekben terjedő akusztikus hullámok sebességének és jóságítványzó tényezőjének nyomásfüggése releváns kőzetfizikai probléma, így egyre nagyobb igény mutatkozik arra, hogy a kőzetfizikai paramétereket a különböző geológiai szerkezeteknél minél pontosabban meg lehessen jósolni. A geofizika széles palettával rendelkezik e paraméterek meghatározására, így például az akusztikus hullámsebesség, a porozitás, a permeabilitás, a rugalmassági modulusok, és jól ismert, hogy a nyomás is erősen befolyásolja ezeket a paramétereket. A nyomás alatt lévő kőzetekben terjedő akusztikus hullámsebesség változása erősen nemlineáris. A

jelenség magyarázatára különböző modelleket és empirikus összefüggéseket dolgoztak már ki. Megfigyelhető, hogy a nyomás a terhelés kezdeti szakaszában nagyobb hatással van a sebességekre, ez később csökken, majd a sebességértékek egy határértékhez tartanak. A sebességek és a jóságítványzó tényezők nyomásfüggésének alapkonceptiója szerint a pórustérfogat változásához vagy a mikrorepedések záródásához kötik a jelenséget a növekvő terhelés függvényében, ahogyan azt Birch (1960) vagy Brace és Walsh (1964) tanulmányaikban kifejtették. Vizsgálatunkban a két konceptió kombinációjára összpontosítunk, mivel ezek egyszerre fordulnak elő valós petrofizikai körülmények között. Amikor növekvő nyomás hat a kőzetre, a mikro-

repedések bezáródnak, ugyanakkor a szemcsék közelebb is kerülnek egymáshoz (tömörödés következik be a szerkezetben). Mind a mikrorepedések záródása, mind a pórus-térfogat csökkenése a terjedési sebesség és a jóság tényező növekedését okozza. E kapcsolatot leíró kőzetfizikai modell ismerete segítséget nyújthat a nyomásviszonyok (pórusnyomás) *in situ* tanulmányozásához (Dócs, Baracza 2022, Nagy et al. 2019, Nagy et al. 2021). A továbbiakban egy kombinált petrofizikai modellt mutatunk be, mely modell validálásra kerül a laboratóriumban mért sebesség- és jóság-tényező-adatok értelmezésében történő alkalmazásakor. Bemutatjuk, hogy a kombinált modell határesetben egy, a szakirodalomban gyakran használatos empirikus formulára vezet, azaz a formula fizikai hátterének magyarázatát adja meg.

## 2. A kombinált kőzetfizikai modell

A szeizmikus hullámok terjedési jellemzőinek nyomásfüggését két alapvető elképzelés magyarázza: Brace és Walsh (1964) szerint a fő tényező a mikrorepedések záródása, míg Birch (1960) elmélete alapján a növekvő nyomás hatására a pórustér csökkenése miatt a kőzetszemcsék közelebb kerülnek egymáshoz. Brace és Walsh (1964) nyomán Dobróka és Somogyi Molnár (2012) egy kőzetfizikai modellt vezetett be, míg a Birch (1960) koncepcióján alapuló modellt Somogyi Molnár és szerzőtársai (2015) publikálták. Valós kőzetviszonyok között mind a két mechanizmus (mikrorepedések záródása és pórustérfogat-csökkenés) előfordulhat, ezért a következőkben egy kombinált petrofizikai modellt mutatunk be Dobróka és Somogyi Molnár (2012), valamint Somogyi Molnár és szerzőtársai (2015) eredményeinek alapján.

### 2.1. A mikrorepedések modellje

A modell alapfeltevése az, hogy a mikrorepedések számának  $dN$  változása egyenesen arányos az alkalmazott nyomás  $d\sigma$  növekedésével és a mikrorepedések  $N$  teljes számával (térfogategységként), melyet az (1) differenciálegyenlet fejez ki:

$$dN = -\lambda N d\sigma, \quad (1)$$

ahol  $\lambda$  egy arányossági tényező. Az (1) egyenletben a negatív előjel azt jelenti, hogy növekvő nyomásnál – a mikrorepedések záródásával – a nyitott mikrorepedések száma csökken. Az (1) egyenletet megoldva a következőket kapjuk:

$$N = N_0 \exp(-\lambda\sigma), \quad (2)$$

ahol  $N_0$  a nyitott mikrorepedések száma nyomásmentes állapotban ( $\sigma = 0$ ). A modell másik eleme a  $d\sigma$  nyomásnövekedés hatására bekövetkező  $dv$  terjedési sebesség változása:

$$dv = -\alpha dN, \quad (3)$$

ahol  $\alpha$  egy másik arányossági tényező (anyagminőségtől függő állandó). Itt a negatív előjel azt fejezi ki, hogy a sebesség a repedések számának csökkenésével nő. A (3) egyenletet az (1) és (2) egyenletekkel kombinálva a következőket kapjuk:

$$dv = \alpha\lambda N_0 \exp(-\lambda\sigma) d\sigma, \quad (4)$$

majd a fenti differenciálegyenletet megoldva kapjuk, hogy

$$v = K - \alpha N_0 \exp(-\lambda\sigma), \quad (5)$$

ahol  $K$  egy integrációs állandó. Nyomásmentes állapotban ( $\sigma = 0$ ) a  $v_0$  terjedési sebesség mérhető, valamint kiszámítható az (5) egyenletből vett  $v_0 = K - \alpha N_0$  kifejezésből. Ebből adódik az integrációs állandó:  $K = v_0 + \alpha N_0$ . Ezután az (5) egyenlet a következőképpen írható át:

$$v = v_0 + \Delta v [1 - \exp(-\lambda\sigma)], \quad (6)$$

ahol az  $\alpha N_0 = \Delta v$  jelölést alkalmaztuk. A (6) egyenlet elméleti kapcsolatot biztosít a terjedési sebesség és a kőzetnyomás között. A modellegyenlet azt mutatja, hogy a terjedési sebesség – a nyomás függvényében – a  $v_0$  értékről indulva  $v_{\max} = v_0 + \Delta v$  értékig növekszik az  $1 - \exp(-\lambda\sigma)$  függvény szerint. Így a  $\Delta v = v_{\max} - v_0$  érték egy olyan sebességtartományt határoz meg, amelyben a terjedési sebesség a nyomásmentes állapottól a nagy kőzetnyomással jellemezhető állapotig változhat. A  $\lambda$  állandót nyomásérzékenységnek is nevezhetjük.

### 2.2. A pórustérfogat-modell

Birch (1960) gondolatát elfogadva, az alkalmazott nyomásnövekedés és az akusztikus P-hullámsebességek közötti fizikai kapcsolatot magyarázó kőzetfizikai modellt Somogyi Molnár et al. (2015) nyomán foglaljuk itt össze. A fentiekhez hasonló megfontolásokat felhasználva a modell alaptörvénye a (7) egyenlet szerint fogalmazható meg:

$$dV = -\gamma V d\sigma, \quad (7)$$

ahol  $dV$  a fajlagos pórustérfogat változása,  $d\sigma$  az alkalmazott nyomásnövekedés és  $\gamma$  az arányossági tényező, egy új kőzetfizikai paraméter. A megoldás:

$$V = V_0 \exp(-\gamma\sigma). \quad (8)$$

Feltételezzük továbbá, hogy lineáris kapcsolat van a megfelelő terjedési hullámsebesség  $dv$  és a fajlagos pórustérfogat-változás  $dV$  között:

$$dv = -\beta dV, \quad (9)$$

ahol a  $\beta$  arányossági tényező szintén anyagjellemező paraméter. A negatív előjel azt fejezi ki, hogy a csökkenő pórustérfogat növekvő sebességet okoz. A (7)–(8) egyen-

letek kombinálásával és a differenciálegyenletek megoldásával, valamint a  $\Delta v_0 = \beta V_0$  jelölés alkalmazásával a következőket kapjuk:

$$v = v_0 + \Delta v_0 [1 - \exp(-\gamma\sigma)], \quad (10)$$

ahol  $v_0$  a terjedési sebesség nyomásmentes állapotban, míg a  $\Delta v_0$  mennyiség a pórusok jelenléte által okozott sebességcsökkenést jelenti nyomásmentes állapotban (Ji et al. 2007), és a maximális, illetve a nulla nyomásnál mért sebességek különbségének tekinthető, azaz  $\Delta v_0 = v_{\max} - v_0$ .

A  $\gamma$  paraméter fizikai jelentését Dobróka és Somogyi Molnár (2012) mint a sebességcsökkenés logaritmikus nyomásérzékenységét

$$S(\sigma) = -\frac{1}{\Delta v} \frac{d\Delta v}{d\sigma} = -\frac{d \ln(\Delta v)}{d\sigma} = \gamma \quad (11)$$

adta meg.

### 2.3. A kombinált sebességmodell

Ha a két mechanizmus egyszerre van jelen, akkor a sebességváltozásnak a nyomás okozta változás mindkét forrását tartalmaznia kell, azaz

$$dv = -\alpha dN - \beta dV, \quad (12)$$

vagy a (2) és (8) egyenletek alapján

$$dv = \alpha \lambda N_0 \exp(-\lambda\sigma) d\sigma + \beta \gamma V_0 \exp(-\gamma\sigma) d\sigma. \quad (13)$$

Az integrálás után a következő eredményt kapjuk:

$$v = -\alpha N_0 \exp(-\lambda\sigma) - \beta V_0 \exp(-\gamma\sigma) + C, \quad (14)$$

ahol  $C$  integrációs állandó, amelyet a kezdeti feltétel felhasználásával határozunk meg: nyomásmentes állapotban ( $\sigma = 0$ ) a terjedési sebesség  $v_0$ :

$$v_0 = -\alpha N_0 - \beta V_0 + C \quad (15)$$

és

$$C = v_0 + \alpha N_0 + \beta V_0, \quad (16)$$

ezekből pedig

$$v = v_0 + \alpha N_0 [1 - \exp(-\lambda\sigma)] + \beta V_0 [1 - \exp(-\gamma\sigma)]. \quad (17)$$

Ez a kombinált közetfizikai modell alapegyenlete (inverziós eljárásokban a direkt feladat megoldása).

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a legtöbb esetben a pórusok zárása sokkal nagyobb nyomást igényel, mint a mikrorepedések zárása, vagy másképpen fogalmazva, a pórusok zárásának mechanizmusára jellemző  $\sigma_c = 1/\gamma$  karakterisztikus nyomás sokkal nagyobb, mint a  $\sigma'_c = 1/\lambda$  (a mikrorepedések zárásának mechanizmusára jellemző nyomás). Ez azt jelenti, hogy a (17) egyenletben

$$\gamma\sigma \ll \lambda\sigma. \quad (18)$$

Ilyen esetekben a (17) egyenlet egyszerűsíthető, mivel mérsékelt nyomáson a második exponenciális függvényt a Taylor-sorának első két tagjával lehet közelíteni:

$$\exp(-\gamma\sigma) \cong 1 - \gamma\sigma. \quad (19)$$

Ha ezt beillesztjük a (17) egyenletbe, akkor a következőket kapjuk:

$$v = v_0 + \alpha N_0 [1 - \exp(-\lambda\sigma)] + \beta V_0 \gamma \sigma, \quad (20)$$

valamint az  $\alpha N_0 = \Delta v$  és a  $D = \beta V_0 \gamma$  jelölések bevezetésével egy egyszerűsített modellegyenletet kapunk

$$v = v_0 + \Delta v [1 - \exp(-\lambda\sigma)] + D\sigma. \quad (21)$$

Ezt az összefüggést széles körben használják a közetfizikában empirikus egyenletként: Ji et al. (2007), Wepfer és Christensen (1991), Wang et al. (2005), Stierman et al. (1979), Yu et al. (1993) és mások. A fenti megfontolások elméleti háttérként szolgálhatnak egy korábban bevezetett empirikus formula számára, megadva annak közetfizikai tartalmát.

### 2.4. A kombinált jósági tényező modellje

Feltételezzük, hogy a jósági tényező nyomásfüggését ugyanazok a belső mechanizmusok (a mikrorepedések záródása és a pórustérfogat változása) befolyásolják, mint amelyet a hullámsebesség esetében feltételeztünk. Következésképpen a jósági tényező infinitezimális változásának a nyomás okozta változás mindkét forrását tartalmaznia kell, mivel

$$dQ = -\eta dN - \kappa dV, \quad (22)$$

ahol az arányossági tényezők  $\eta$  és  $\kappa$  új anyagjellemzők. A (2) és (8) egyenletek differenciálása után a következőket kapjuk:

$$dQ = \eta \lambda N_0 \exp(-\lambda\sigma) d\sigma + \kappa \gamma V_0 \exp(-\gamma\sigma) d\sigma. \quad (23)$$

A fenti levezetéseket megismételve a következő végeredményre jutunk:

$$Q = Q_0 + \eta N_0 [1 - \exp(-\lambda\sigma)] + \kappa V_0 [1 - \exp(-\gamma\sigma)], \quad (24)$$

ahol  $Q_0$  a nulla nyomáson mért jósági tényező, és ez így a kombinált jósági tényező modelljének az alapegyenlete. Amennyiben a (18) egyenlőtlenség teljesül, akkor a (24) egyenlet is egyszerűsödik:

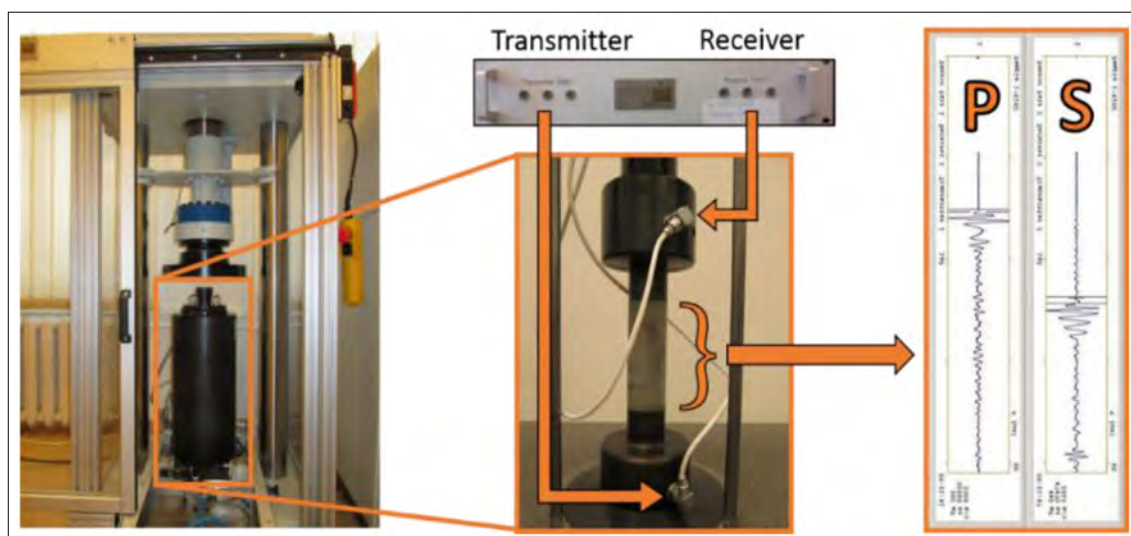
$$Q = Q_0 + \Delta Q [1 - \exp(-\lambda\sigma)] + E\sigma, \quad (25)$$

ahol a  $\Delta Q = \eta N_0$  és az  $E = \kappa V_0 \gamma$  jelöléseket használtuk. A  $\kappa V_0 \ll \eta N_0$  esetben a (25) egyenlet az egymechanizmusos modellt adja vissza:

$$Q = Q_0 + \Delta Q [1 - \exp(-\lambda\sigma)]. \quad (26)$$

### 2.5. Mérések és inverzió

A kombinált modell megbízhatóságának megerősítése érdekében sebesség- és jóságítényező-adatsorokat mértünk. A hullámsebesség mérésekhez az impulzusátviteli technikát használtuk, a jósági tényező meghatározásához pedig a Toksöz és szerzőtársai (1979) által kidolgozott módszert alkalmaztuk (lásd Függelék). A méréseket egy finomszemcsés homokkőmintán végeztük el a Miskolci



**1. ábra** | A mérőberendezés. Balra: terhelőkeret és nyomás cella. Középen: ultrazsonikus egység, a homokkőminta a nyomópeccsbe épített adó és vevő között. Jobbra: P- és S-hullámok beérkezése

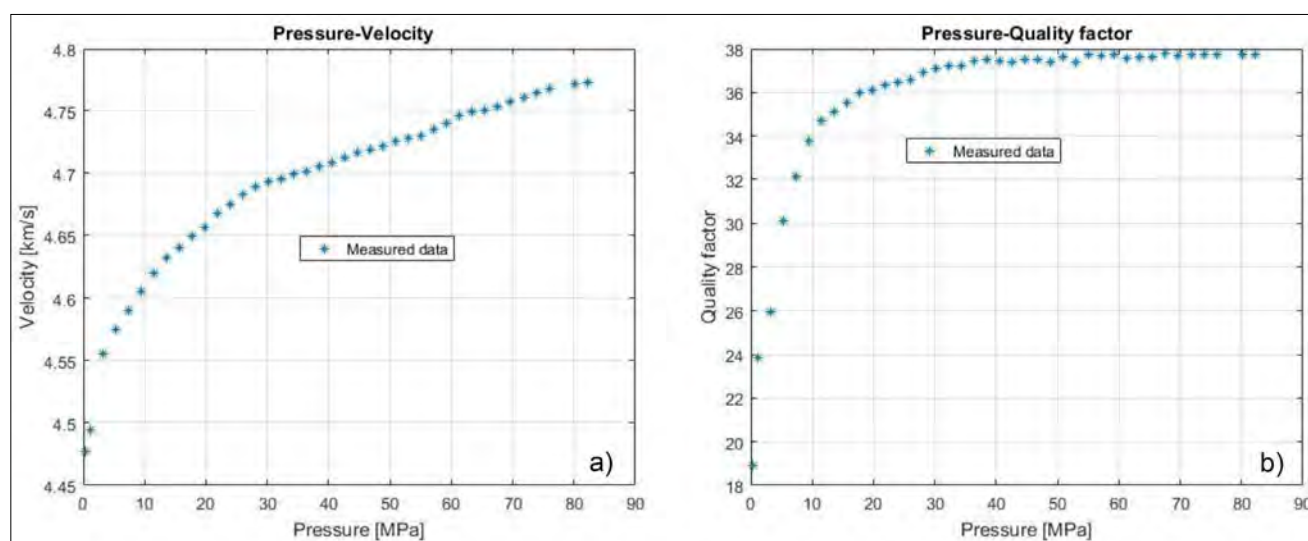
**Figure 1** | Experimental setup. Left: load frame and pressure cell. Middle: ultrasonic device, sandstone sample between transmitter and receiver built in the pressure stamps. Right: P- and S-wave arrivals

Egyetem Geofizikai Tanszékén, ahol a mintát egy akusztikus berendezéssel egytengelyű terhelésnek tettük ki. A digitálisan vezérelt mérőrendszer egy nyomáscellát, egy ultrahangos 2 csatornás mérőberendezést és egy terhelőkeretet tartalmaz (1. ábra). A P-hullámsebességeket és a jósági tényezőket – a nyomás függvényében – 40 diszkrét nyomáson mértük, amelyek többnyire egyenközüen oszlottak el a  $[0,26 \div 82,15]$  (MPa) nyomástartományban. A Toksöz-módszer (1979) alapján a teljes hullámképeket a referenciaként használt alumíniummintán is megmértük mind a 40 diszkrét nyomáson. A homokkőminta P-hullám jósági tényezőjét ( $Q$ ) a mért teljes P-hullámok diszkrét Fourier-transzformációja (DFT) után kapott spektrumokból, a spektrális arányok

kiszámításával határoztuk meg. (Ennek részleteit a Függelékben mutatjuk be.)

A mért adatokat a 2. ábra mutatja be. Látható, hogy a sebességadatsor nagyobb nyomáson lineáris tendenciát mutat (a (21) egyenletet követve), míg a jósági tényező állandó értékre vagy enyhén növekvő értékre (a (26) egyenletet követve) konvergál.

A fent bemutatott modellek érvényességének és alkalmazhatóságának a bizonyítására a mért adatsorokat inverziós eljárás során használtuk fel. A modellegyenletekben megjelenő paramétereket a mérési adatok önálló és együttes inverziós eljárás során történő feldolgozásával határoztuk meg (*Damped Least Squares* módszerrel). Az előremodellezés során kézenfekvő, hogy a sebességadatok eseté-



**2. ábra** | A mért adatok: a) P-hullámsebesség, b) P-hullám jósági tényezője

**Figure 2** | The measurement data: a) P-wave velocity, b) P-wave Quality factor

ben az egyszerűsített kombinált modellt válasszuk. A jósági tényező nagy nyomáson történő mérsékelt növekedése miatt mind az egyszerűsített kombinált, mind az egymechanizmos modell alkalmazható. Az együttes inverzióhoz célszerű kissé módosítani a direkt feladat képleteit, és azt a (21) egyenletet a következő formában alkalmazni:

$$v = A - B \exp(-\lambda\sigma) + D\sigma, \quad (27)$$

ahol  $A = v_0 + \Delta v$ ,  $B = \Delta v$ . Hasonlóképpen a (25) egyenletet is felírhatjuk ebben a formában:

$$Q = A - B \exp(-\lambda\sigma) + E\sigma, \quad (28)$$

ahol  $A = Q_0 + \Delta Q$ ,  $B = \Delta Q$ . Az egymechanizmos modell esetében pedig a (26) egyenlet a következőképpen alakul:

$$Q = A - B \exp(-\lambda\sigma). \quad (29)$$

Az inverzió pontosságának jellemzésére a relatív becslési hibát használhatjuk (Menke (1984)). A mért és a számított adatok közötti illeszkedés jellemzésére a relatív adattávolságot

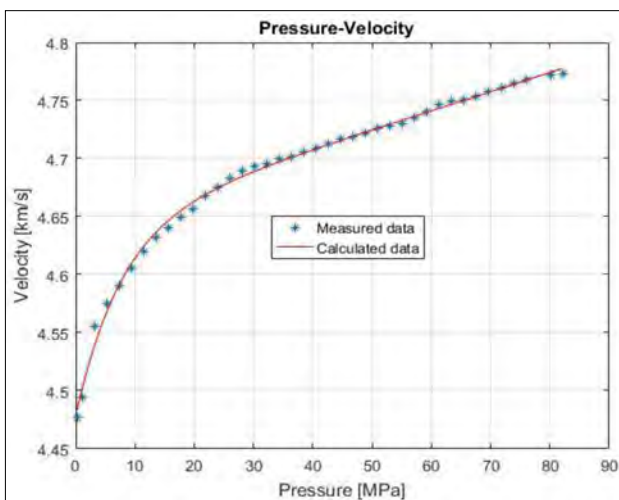
$$d = \left[ \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left( \frac{d_k^{(\text{mért})} - d_k^{(\text{számított})}}{d_k^{(\text{számított})}} \right)^2 \right]^{1/2} \cdot 100 [\%] \quad (30)$$

vezetjük be. A P-hullám-sebességadatok független LSQ inverziójának eredménye a 3. ábrán látható. A becslőt modellparaméterek és a relatív adattávolság az 1. táblázat első oszlopában találhatóak. A jóságítványzó-adatok inverziója során két esetet is előremodelleztünk. Az LSQ inverzió eredményeihez a (28) egyenletet mint előre modellezési formulát használtuk, az inverzió eredményeit a 4. ábra szemlélteti, a becslőt paramétereket pedig az 1. táblázat második oszlopa foglalja magában. A másik esetben, amikor a (29) egyenlet szolgál alapul, akkor az 5. ábrán látható eredményeket kaptuk, és az ehhez tartozó becslőt paramétereket az 1. táblázat harmadik oszlopában mutatjuk. Mint látható, a mért adatok közötti illeszkedés a 4. ábrán jobb.

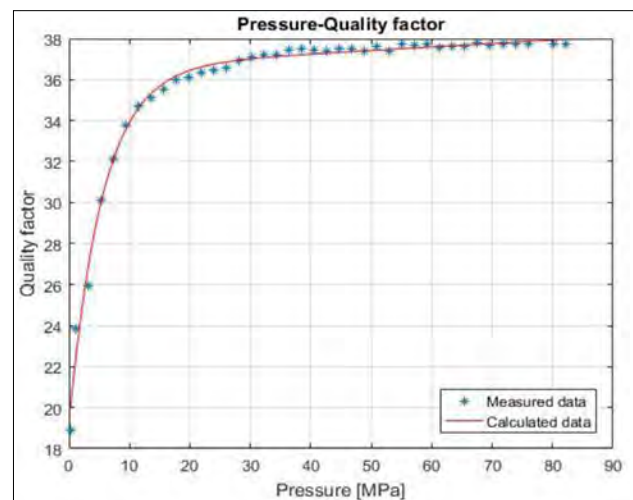
A független inverzió fenti eredményei három különböző értéket adtak a lambda paraméterre. Másfelől mindhárom közetfizikai modell a fenti inverziós vizsgálatokban az (1) egyenleten alapult, ami a lambda paraméter azonos értékét kell, hogy jelentse. Az együttes (joint) inverziós eljárás különböző fizikai alapokon mért adatok feldolgozására szolgál úgy, hogy a modell paraméterei között van legalább egy közös paraméter (Gyulai, Baracza 2012). Emiatt a sebesség- és jóságítványzó-adatsorokat együttes inverziós eljárásba integráltuk, hogy a két fizikailag különböző mérési adatsort összekapcsolhassuk a közös lambda paraméter által.

1. táblázat | Becslőt paraméterek a független LSQ inverzió során (a % a becslési hibákra vonatkozik)

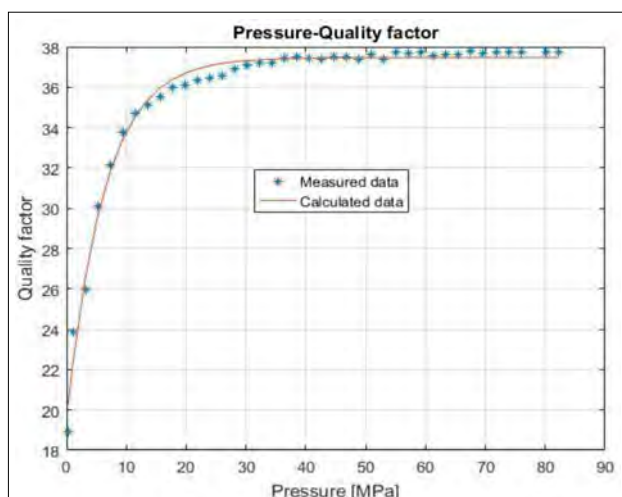
Sebességinverzió (%)	Jósági tényező – inverzió I, (kombinált modellel) (%)	Jósági tényező – inverzió II, (egymechanizmos modellel) (%)
$A = 4,642 \pm 0,071$	$A = 36,582 \pm 0,609$	$A = 37,473 \pm 0,231$
$B = 0,165 \pm 2,447$	$B = 17,382 \pm 2,038$	$B = 17,941 \pm 2,030$
$\lambda = 0,129 \pm 5,72$	$\lambda = 0,181 \pm 4,74$	$\lambda = 0,158 \pm 3,99$
$D = 0,0016 \pm 3,452$	$E = 0,0168 \pm 24,33$	
$d = 0,094$	$d = 1,604$	$d = 1,797$



3. ábra | P-hullám-sebességadatok inverziója az egyszerűsített kombinált modell ((27) egyenlet) alkalmazásával  
 Figure 3 | Inversion of P-wave velocity data using the simplified combined model (Eq. (27)) in forward modeling

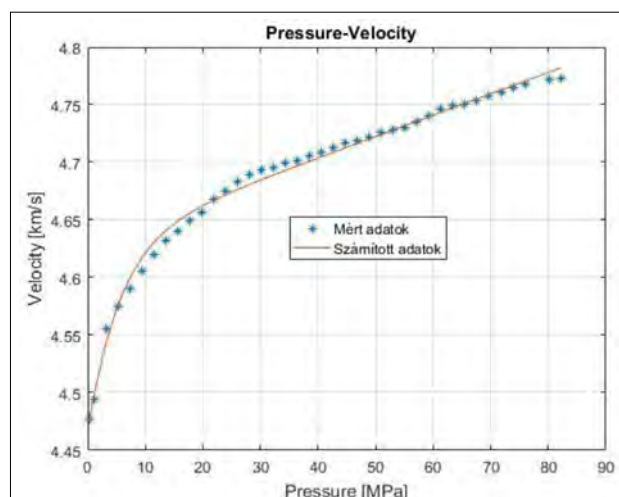


4. ábra | A P-hullám jóságítványzó-adatainak inverziója az egyszerűsített kombinált modell használatával (a (28) egyenlet alkalmazásával)  
 Figure 4 | Inversion of P-wave Quality factor data using the simplified combined model (Eq. (28)) in forward modeling



5. ábra A P-hullám jóságítényező-adatainak inverziója az egymechanizmusos modell használatával (a (29) egyenlet alkalmazásával)

Figure 5 Inversion of P-wave Quality factor data using the one mechanism model (Eq. (29)) in forward modeling



6. ábra A P-hullámsebesség a nyomás függvényében, az egyszerűsített kombinált modellek ((27) és (28) egyenletekkel) közös inverziójával

Figure 6 P-wave velocity as a function of pressure found in joint inversion using the simplified combined models (Eq. (27) and Eq. (28)) in forward modeling

Az együttes inverziós eljárásban a (27) és a (28) egyenleteket alkalmaztuk az előremodellezéshez. Az eredményeket a 6. és 7. ábra mutatja, a becsült paramétereket pedig a 2. táblázat foglalja össze.

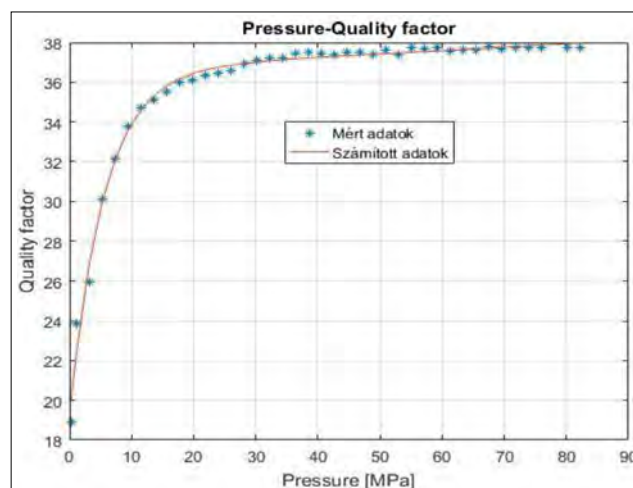
2. táblázat | Becsült paraméterek az LSQ együttes inverzió során

Sebesség-paraméterek	Q tényező paraméterek	Közös paraméter
$A_v = 4,629$	$A_q = 36,582$	$\lambda = 0,180$
$B_v = 0,163$	$B_q = 17,382$	
$D_v = 0,0019$	$E_q = 0,0168$	data distance: $d = 1,137\%$

Ezekkel a modellparaméterekkel a (27) és (28) egyenleteket felhasználva kiszámítható a nyomásfüggő akusztikus P-hullámsebesség és jósági tényező a teljes nyomástartományra. Látható, hogy a mért és a számított adatok közti távolság a független Q tényező esetén kisebb, a független sebességinverzió esetén viszont nagyobb. Ezek az inverziós eredmények azt bizonyítják, hogy az akusztikus P-hullámsebesség és a jósági tényező nyomásfüggését leíró petrofizikai modell a gyakorlatban jól alkalmazható.

### 3. Összefoglalás

Egy finom szemcsésű, kompakt homokkőmintát használva a P-hullámok laboratóriumi akusztikus adatainak mérésére, 40 különböző diszkrét nyomáson a [0,26 ÷ 82,15] (MPa) tartományban, sebesség–nyomás és jósági tényező – nyomás kapcsolatokat határoztunk meg. A jósági tényező meghatározására a spektrális arány módszerét alkalmaztuk. A homokkőminta sebesség–nyomás és jósági tényező – nyomás összefüggéseinek leírására egy kőzetfizikai modellt adtunk meg, amely két mechanizmus (mikrorepedések



7. ábra A P-hullám jósági tényezője a nyomás függvényében. Az együttes inverzióban az egyszerűsített kombinált modell (27) és (28) egyenletei szolgálták direkt feladatként

Figure 7 P-wave Quality factor as a function of pressure found in joint inversion, using the simplified combined models (Eq. (27) and Eq. (28)) in forward modeling

záródása és pórústérfogat-változás) szimultán jelenlétét feltételezi. A mért sebesség- és jóságítényező-adatokat független inverziós eljárásokkal dolgoztuk fel, majd együttes inverziós eljárásba integráltuk azokat, hogy a két fizikailag különböző típusú mérési adatsort a lambda ismeretlen mint közös paraméter segítségével kombináljuk, feltételezve, hogy a jósági tényező nyomásfüggését ugyanazok a belső mechanizmusok befolyásolják, mint a P-hullámsebesség nyomásfüggését. Az együttes inverzióval becsült modellparaméterek felhasználásával a nyomástól függő akusztikus P-hullámsebesség és a jósági tényező a teljes nyomástartományra kiszámítható az előremodellezés egyenletei alapján. Az inverziós eredmények azt mutatják,

hogyan az akusztikus P-hullámsebesség és a jósági tényező nyomásfüggését magyarázó petrofizikai modell jól alkalmazható. Az inverziós számítás eredményei alapján megállapítható, hogy az együttes inverzió jelentősen csökkenti a jósági tényező inverziójának adattávoltságát.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) által támogatott K-135323 számú projekt keretében valósult meg.

## Függelék

A kőzetek jósági tényezőjének ( $Q$ ) laboratóriumi meghatározására Toksöz és szerzőtársai (1979) kidolgozták a spektrális arányok módszerét, amelyet az akusztikus P-hullámméréseink kiértékelésére mi is használtunk. A spektrális arányok módszere során egy, a kőzetmintával azonos geometriájú alumíniummintán is végzünk referenciamérést. Mivel az alumínium jósági tényezője igen magas, ezt a tulajdonságát jól ki tudjuk használni a számításainkban. A mintákon mérhető akusztikus hullámok amplitúdóspektrumai a következő összefüggésekkel írhatók fel:

$$A_{\text{alu}}(f) = G_{\text{alu}}(x) \exp[-a_{\text{alu}}(f)x] \exp[j(2\pi ft - k_{\text{alu}}x)], \quad (31)$$

$$A_{\text{rock}}(f) = G_{\text{rock}}(x) \exp[-a_{\text{rock}}(f)x] \times \exp[j(2\pi f t - k_{\text{rock}}x)], \quad (32)$$

ahol

$A_{\text{alu}}(f)$  – az alumíniumminta amplitúdóspektruma,  
 $A_{\text{rock}}(f)$  – a homokkőminta amplitúdóspektruma,  
 $G_{\text{alu}}(x)$  – az alumíniumminta geometriai tényezője,  
 $G_{\text{rock}}(x)$  – a homokkőminta geometriai tényezője,  
 $a_{\text{alu}}(f)$  – az alumíniumminta frekvenciafüggő csillapítási tényezője,  
 $a_{\text{rock}}(f)$  – a homokkőminta frekvenciafüggő csillapítási tényezője,  
 $k_{\text{alu}}$  – az alumíniumminta hullámszáma,  
 $k_{\text{rock}}$  – a homokkőminta hullámszáma.

McDonal és szerzőtársai (1958), valamint Jackson és Anderson (1970) korábban kimutatták, hogy a 0,1–1 MHz frekvenciatartományban az  $a$  csillapítási tényező a frekvencia lineáris függvénye, amely a következőképpen írható fel:

$$a(f) = \psi f, \quad (33)$$

ahol  $\psi$  az arányossági tényező.

Ha az alumíniumminta és a kőzetminta geometriája megegyezik, a spektrális arány a következő lesz:

$$A_{\text{alu}}(f)/A_{\text{rock}}(f) = \exp[-(\psi_{\text{alu}} - \psi_{\text{rock}})fx]. \quad (34)$$

A kőzetekhez képest az alumínium szinte csillapításmentes közeg ( $\psi_{\text{alu}} \approx 0$ ), ezért

$$A_{\text{alu}}(f)/A_{\text{rock}}(f) = \exp(\psi_{\text{rock}}fx). \quad (35)$$

Így ennek természetes logaritmusát véve megkapjuk a kőzet  $\psi_{\text{rock}}$  arányossági tényezőjét:

$$\psi_{\text{rock}} = \ln [A_{\text{alu}}(f)/A_{\text{rock}}(f)]/(fx). \quad (36)$$

A  $\psi_{\text{rock}}$  mennyiségének ismeretében meghatározható a jósági tényező (Toksöz et al. 1979):

$$Q = \pi/(\nu \psi_{\text{rock}}). \quad (37)$$

ahol  $\nu$  az akusztikus P-hullám sebessége.

A fáziseltolódás és a mérési hibák figyelmen kívül hagyásával a frekvencia függvényében számított spektrális arány logaritmusát a következő kiegyenlítő egyenes körül szóródik:

$$\ln [A_{\text{alu}}(f)/A_{\text{rock}}(f)]_{\text{str}} = \tau f + \delta, \quad (38)$$

ahol  $\tau$  a kiegyenlítő vonal irántangense,  $\delta$  a kiegyenlítő vonal függőleges tengelymetszete.

A (36) és (37) összefüggések alapján meghatározható a jósági tényező értéke:

$$Q = \pi x f [\nu \ln \{A_{\text{alu}}(f)/A_{\text{rock}}(f)\}_{\text{str}}]^{-1}. \quad (39)$$

## A tanulmány szerzői

Turainé Vurom Brigitta, Dobróka Tünde Edit, Dobróka Mihály

## Hivatkozások

- Birch F. (1960): The velocity of compression waves in rocks to 10 kilobars – Part 1. *Journal of Geophysics Research*, 65, 1083–1102.
- Brace W. F., Walsh J. B., (1964): A fracture criterion for brittle anisotropic rock. *Journal of Geophysics Research*, 69, 3449–3456. DOI: 10.1029/JZ069i016p03449
- Dobróka M., Somogyi-Molnár J. (2012): The pressure dependence of acoustic velocity and quality factor: new petrophysical models. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, 47, 149–160. <https://doi.org/10.1556/AGeod.47.2012.2.4>
- Dócs R., Baracza M. K. (2022): A new method of pressure drop modelling in sandstone rocks. *Multidisciplinary Studies*, 12/3, 264–273.
- Gyulai Á., Baracza M. K. (2012): Mi a joint inverzió? *Magyar Geofizika*, 53/4, 275–280.
- Jackson D. D., Anderson D. L. (1970): Physical mechanisms of seismic wave attenuation. *Rev. Geophys. Space Phys.*, 8, 1–63.
- Ji S., Wang Q., Marcotte D., Salisbury M. H., Xu Z. (2007): P-wave velocities, anisotropy and hysteresis in ultrahigh-pressure metamorphic rocks as a function of confining pressure. *Journal of Geophysics Research*, 112, B09204, DOI: 10.1029/2006JB004867
- McDonal F. J., Angona F. A., Mills R. L., Sengbush R. L., Van Nostrand R. G., White J. E. (1958): Attenuation of shear and compressional waves in Pierre shale. *Geophysics*, 23, 421–439.
- Menke W. (1984): *Geophysical Data Analysis – Discrete Inverse Theory*. London, Academic Press

- Nagy Zs., Baracza M. K., Szabó N. P. (2019): Integrated pore pressure prediction with 3D basin modeling. In: Second EAGE Workshop on Pore Pressure Prediction, pp, 1–5., 19–21 May 2019, Amsterdam, Netherlands
- Nagy Zs., Baracza M. K., Szabó N. P. (2019): Pore pressure prediction in Pannonian hydrocarbon reservoir systems using an integrated interpretation approach. *Geosciences and Engineering*, 7/12, 105–115.
- Somogyi Molnár J., Kiss A., Dobróka M. (2015): Petrophysical models to describe the pressure dependence of acoustic wave propagation characteristics. *Acta Geodaetica et Geophysica*, DOI: 10.1007/s40328-014-0074-4
- Stierman D. J., Healy J. H., Kovach R. L. (1979): Pressure-induced velocity gradient: An alternative to a Pg refractor in the Gabilan Range, Central California. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 69, 397–415. <https://doi.org/10.1785/BSSA0690020397>
- Toksöz M. N., Johnston D. H., Timur A. (1979): Attenuation of seismic waves in dry and saturated rocks. *Geophysics*, 44/4, 681–690.
- Wang Q., Ji S. C., Salisbury M. H., Pan M. B., Xia B., Xu Z. Q. (2005): Pressure dependence and anisotropy of P-wave velocities in ultrahigh-pressure metamorphic rocks from the Dabie-Sulu orogenic belt (China): Implications for seismic properties of subducted slabs and origin of mantle reflections. *Tectonophysics*, 398, 67–99. DOI: 10.1016/j.tecto.2004.12.001
- Wepfer W. W., Christensen N. I. (1991): A seismic velocity-confining pressure relation, with applications. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics*, 28, 451–456. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(91\)90083-X](https://doi.org/10.1016/0148-9062(91)90083-X)
- Yu G., Vozoff K., Durney D. W. (1993): The influence of confining pressure and water saturation on dynamic elastic properties of some Permian coals. *Geophysics*, 58/1, 30–38.

# A Nyírség mélyföldtani értelmezése – lokális vulkánmorfológia a geofizikai mérések alapján

Kiss J.<sup>1,\*</sup>, Cserkész-Nagy Á.<sup>1</sup>, Lőrincz K.<sup>1</sup>, Rádi K.<sup>2,#</sup>

<sup>1</sup>Szabályzott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SZTFH), Földtani Igazgatóság,  
H-1051 Budapest, Sas utca 20–22.

<sup>2</sup>Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (MBFSZ), Budapest

\*E-mail: janos.kiss@sztfh.hu

#E-mail: radikaroly@gmail.com

A legutóbbi cikkünk a Nyírség területéről a relatív sűrűségnek és relatív mágnesezettségnek a térbeli eloszlását mutatja be, illetve az ezek alapján beazonosított morfológiai jeleket, amelyeket a miocén kori vulkáni működéssel hoztunk kapcsolatba. A cikk konklúziója az volt, hogy a kapott vulkánmorfológiai elemeket más geofizikai módszerek vagy földtani adatok alapján is tesztelni kellene. Új mérésekre vagy fúrás lemélyítésre nincs keret, de a meglévő adatok alapján néhány tesztelést, szelvények mentén végzett feldolgozást minimális költséggel elvégezhetünk. Cikkünk ennek a munkának az eredményeit mutatja be.

## Kiss, J., Cserkész-Nagy, Á., Lőrincz, K., Rádi, K.: The interpretation of the deep geological construction of Nyírség – local volcanic morphology based on geophysical measurements

Our most recent paper presented the spatial distribution of relative density and relative magnetization in the Nyírség region, and the morphological features that we have associated with Miocene volcanic activity. The conclusion of the paper was that the volcanic morphological elements obtained should be tested against other geophysical methods or geological data. There is no budget for new measurements or drilling deeper, but some testing and processing along sections based on existing data can be done at minimal cost. Our article presents the results of this work.

Beérkezett: 2023. október 31.; elfogadva: 2023. december 27.

### 1. A sűrűségi és mágnesezettségi voxel (térbeli grid) adatrendszer elemzése és megjelenítése, vulkán szerkezeti elemek geofizikai kimutatása

A Nyírség és a Tokaji-hegység területén rengeteg geofizikai mérés történt a földtani felépítés megismerése és kutatófúrások telepítése céljából. Ennek ellenére a földtani ismereteink tulajdonképpen csak a miocén összletekig, a miocén vulkanitok szintjéig terjednek. A vulkáni összletek elérése a fúrások leállítását eredményezte, a geofizikai (elsősorban szeizmikus és elektromágneses) adatok értelmezésekor pedig takarékos jellegükönél fogva a vulkanitok egyfajta határt képeztek.

A mélyföldtani kutatások keretében a szeizmikus és magnetotellurikus szelvények értelmezéséhez a gravitációs és mágneses adatokat is bevontuk. A potenciáltér elméle-

téből kiindulva és módszertani vizsgálatokkal (Kiss, Vértesy 2020) megtámogatva úgy tűnt, hogy van még továbblépési lehetőség a legegyszerűbb és a legrégebb óta használt geofizikai módszerek alkalmazásával. A szeizmikus adatok földtani értelmezését számos azokból származtatott attribútum segíti elő, amelyek közül a legfontosabbakat – azok felhasználását a nyírségi területen – a *Függelék* mutatja be.

A gravitációs Bouguer-anomália-térkép, a földi mágneses anomália-térkép és a légi mágneses anomáliatérkép spektrálanalízisével, a térfrekvencia alapján az eltérő mélységű hatásokat szétválasztottuk (Kiss et al. 2019B). A frekvenciaszűrt térképeken megjelenő változások legvalószínűbb mélységét meg lehet határozni.

A spektrálisan szűrt erőter-geofizikai (gravitációs és mágneses) anomália-térképek nem összevethetők egymással, mivel rendkívül nagy az eltérés az anomáliák amplitü-

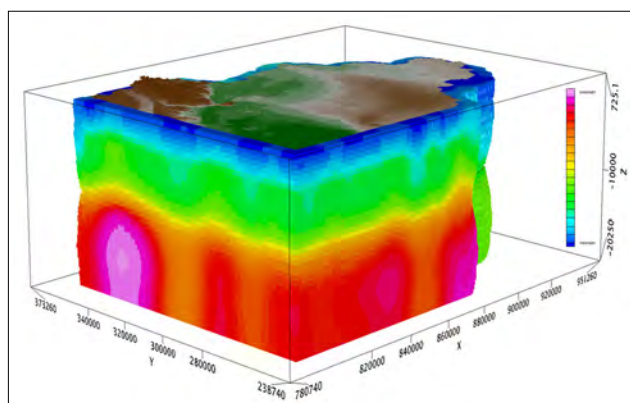
**1. táblázat** | Spektrálanalízis és mélységbecslés eredményei a Nyírségben  
**Table 1** | Spectral analysis and depth estimation results at the Nyírség area

Geofizikai adat	Domináns spektrális mélység (m)	Mélységköz, „ugrás” (m)	Mélységtartomány (m)	Egyszerűsített értelmezés
Szűrt Bouguer-anomália	200	NA	<500	fiatal laza fedő (zaj)
	1 300	1 100	500–2 400	idős, tömörödött fedő
	4 500	3 200	2 400–7 000	medencealjzat
	16 000	11 500	7 000<	Conrad- (Moho-?) szint
Szűrt légi mágneses	430	NA	<800	felszíni vulkanitok
	1 360	930	800–2 600	sekély eltemetett vulkanitok
	4 500	3 140	2 600–6 000	mély eltemetett magmatitok
	9 000	4 500	6 000<	magmás, metamorf aljzat
Szűrt földi mágneses	1 000	NA	<1 450	felszínközeli vulkanitok
	2 000	1 000	1 450–3 100	mélybeli vulkanitok
	11 200	9 200	3 100–15 500	magmatitok (intrúziók, Conrad?)
	27 700	17 500	15 500<	Moho-szint (?)

dójában, azaz a minimum–maximum értékekben. Vizsgálataink szerint ez a gravitáció esetében leginkább az eltérő tömegnek (sűrűség  $\times$  térfogat), míg a mágnesség esetében az eltérő mágneses momentumnak (mágnessézség  $\times$  térfogat) köszönhető.

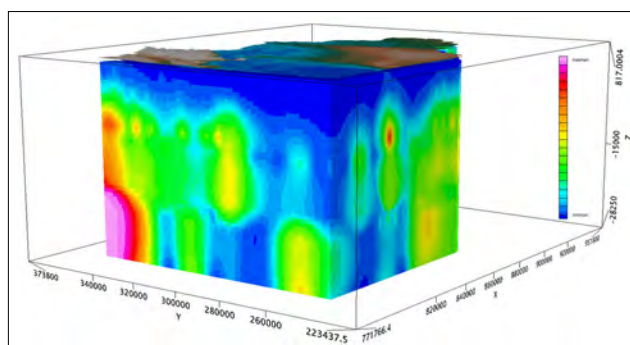
A tömegben és a mágneses momentumban is jelen van a közettérfogat hatása. A kiindulási alaptérképek esetén a tömeg hatása mindenhol ugyanaz, ezért nem foglalkozunk vele. Az eltérő spektrális mélységű térképek esetén az eltérő mélységtartományok (1. táblázat) miatt a térfogatok is eltérőek lesznek, miközben egy adott spektrális mélység térképén a térfogat mindenhol állandónak tekinthető.

0–1 érték közé normálva a spektrálisan szűrt térképeket, tulajdonképpen az eltérő térfogatok hatását ejtjük ki, felerősítve a fizikai paraméterek változását. Azaz, mélységről mélységre ráfókuszálunk a fizikai paraméterek megváltozásából származó hatásokra, és az erőter-geofizikai anomália-térképből relatív paramétertérképeket készítünk. A spektrálisan szűrt térképek esetében meghatározott mélységek miatt a származtatott adatok három dimenzióban ( $x$ ,  $y$ ,  $z$  + fizikai paraméter) is rendelkezésre állnak, így elkészíthetővé váltak kétdimenziós relatív sűrűségi és mágnessézségi mélységmetszetek (Kiss 2021A) és a háromdimenziós relatív térmodell is (Kiss 2021B, 2022). Azért relatív, mert nem a valós közzetfizikai paramétereket kaptuk meg, hanem csak az azonos szintben lévő összeletek egymáshoz viszonyított relatív eltéréseit, kontrasztját. Ezzel egyfajta nagyítóként a legkisebb eltéréseket is felerősítettük, kizárva a szűrt térképek eltérő térfogatából (eltérő mélységtartományok miatt) származó amplitúdóbeli eltéréseket és kiemelve az azonos szinteken bekövetkező paraméterbeli változások hatását.



**1. ábra** | Háromdimenziós relatív sűrűségi térrács (voxel) a domborzattal DNy felől

**Figure 1** | Three-dimensional relative density spatial grid (voxel) with topography from SW



**2. ábra** | Háromdimenziós mágnessézségi térrács (voxel) a domborzattal DNy felől

**Figure 2** | Three-dimensional magnetization field grid (voxel) with topography from SW

Minden szűrt térképet normálva maximális fizikai paraméterérzékenységet kapunk az adott spektrális mélységekben. (Relatív sűrűség és relatív mágnesezettség, ami az adott szinten megjelenő kontrasztot, a minimum- és maximumértékeket jelöli. A továbbiakban a színskála mellett megjelenő minimum és maximum felirat is erre utal, azaz nem valódi sűrűséggel és mágnesezettséggel van dolgunk!) A különböző mélységszinteknek a relatív paraméterei segítségével mélységmetszeteket (Kiss 2021A), háromdimenziós térbeli eloszlásokat (Kiss 2022) készítettünk, ezek megjelenítése nagymértékben segítheti az eltemetett szerkezetek kimutatását. A kapott térrács izofelületei olyan morfológiát rajzolnak ki, amely a Nyírség és a Tokaji-hegység területére jellemző építő (konstruktív) és romboló (destruktív) vulkáni tevékenység lenyomataiként értelmezhető.

Az adatok háromdimenziós kezelését és megjelenítését a Geosoft (Oasis Montaj) programrendszerrel készítettük el. Az 1. ábra egy tömbben mutatja a relatív sűrűség térbeli eloszlását, a 2. ábra pedig a relatív mágnesezettség térbeli eloszlását. Látszik, hogy a belső szerkezetek kimutatása szempontjából a különböző vízszintes vagy függőleges metszetek mellett a legérdekesebb a paraméterek – relatív sűrűség ( $\sigma$ , [kg/m<sup>3</sup>]) vagy relatív mágnesezettség ( $\epsilon$ , [nT/km<sup>2</sup>]) – szerint végzett leválogatás, azaz az azonos értékű felületek háromdimenziós megjelenítése.

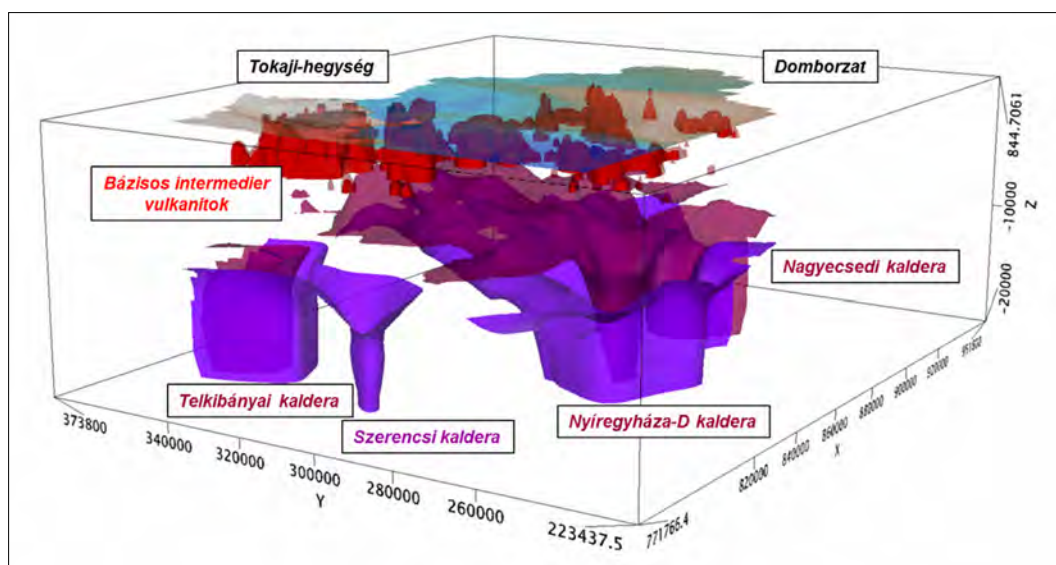
A destruktív vulkánmorfológiai elemeket (kirobbanási kúrtókat és kalderákat) a kristályos környezetben sikerült legjobban azonosítani csökkent sűrűségük alapján viszonylag nagy, ~10 km körüli mélységben: ilyenek a Telkibánya-Gönc, a Szerencs, a Nyíregyháza-D és a Nagyecsed környéki kúrtók, kalderák. Kisebb mélységekben már csak

a nagyobb ovális vagy izometrikus minimumzónák látszanának, amit a fedő üledékes összletek miatt elsőre nem feltétlenül kapcsolnánk magmás (vulkáni) tevékenységhez.

A konstruktív mélybeli morfológiai elemeket (vulkáni kúpok, szubvulkánokat, feltételezett magmacsatornákat) a mágneses maximumok alapján tudtuk azonosítani – már a felszíntől a Tokaji-hegységben vagy felszínközelségben, a Bodroghözben. A Nyírségben a nagy tömzsős megjelenés kb. 4000–5000 m-es mélységtől, kisebb méretű lokális megjelenés 2000–2500 m-től van várhatóan jelen. Az 1500–2500 m mélységben, a kainozoos fedőben megjelenő vulkanitok valaha felszínre ömlött lávaképződmények lehetnek (3. ábra). Ez azt jelenti, hogy a Tokaji-hegység felszíne és a Nyírség vulkáni paleofelszíne között mára már 2000–2500 m szintkülönbség van.

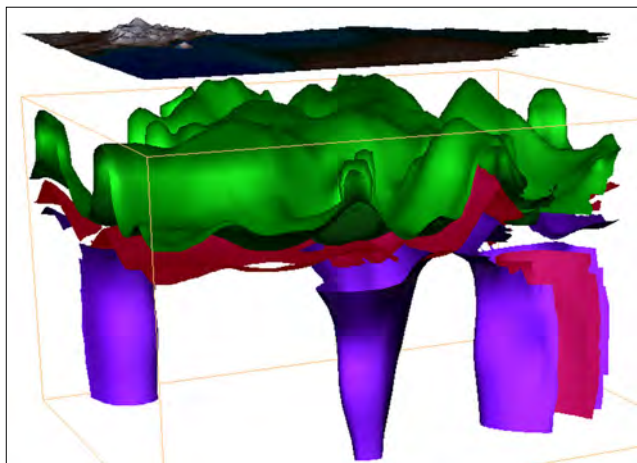
A kisebb, lokális anomáliák savanyú intrúzív és effúzív összleteket is jelentkezhetnek, de ezeket a kőzetfizikai paraméterek átfedése és a kis térfogat miatt nem lehet egyértelműen elkülöníteni. A résztema keretében végzett munka részletesebb ismertetése a *Magyar Geofizika* hasábjain korábban már megjelent (lásd Kiss 2022).

Néhány háromdimenziós sűrűség-határfelületet mutat a 4. ábra. A felszíni domborzat alatt jelentettük meg a 3000, 3100 és 3200 kg/m<sup>3</sup> relatív sűrűségek izoértékeit. Már a 3000-es érték is erősen hullámzó felületet ad, a telkibányai kaldera felett egészen mélyre kerül (ez a kaldera lehet legközelebb a felszínhez, így a kalderaszerkezetet feltöltő vulkáni hamu és vulkántörmelékcses összlet sűrűsége nagy mélységig kicsi). A nagyecsed kaldera mélyebb és nagyobb is. Belsejében a 3000-es szint még nem látszik, de a 3100-as szint már vertikális henger formájában megjelenik. A Nyíregyháza D-i kaldera csak a 3200-as értéknél látszik



**3. ábra** Leválogatott relatív sűrűségi (lila-bordó színek) és mágnesezettségi (piros szín) határfelületek. Romboló vulkánműködés hatására kialakuló kúrtó- és kalderaformák (sűrűségminimumok) a kristályos medencealjazatban és építő jellegű morfológiai elemek, bázisos vagy intermedier intrúziók, szubvulkáni testek, sztratovulkáni összletek (mágnesezettségmaximumok) a felső 1-2 km-ben, azaz a fedőösszletekben

**Figure 3** Selected relative density (purple-violet colours) and magnetisation (red colour) interfaces. Craton and caldera forms (density minima) in the crystalline basement and constructive morphological elements, basal or intermediate intrusions, subvolcanic bodies, stratovolcanic assemblages (magnetization maxima) in the upper 1-2 km, i.e. in the overlying basins, due to eruptive volcanic activity



**4. ábra** A Nyírség (Tokaj) terület domborzata (felül) és a relatív sűrűségi térrács szintjei (alul). *Jelmagyarázat:* zöld – 3000 kg/m<sup>3</sup>, bordó – 3100 kg/m<sup>3</sup> és lila – 3200 kg/m<sup>3</sup>. Balról jobbra a telkibányai, a Nyírség-D-i és a nagyecsed-i kaldera. A szerencsi kaldera egy nagyobb sűrűség szinten jelenik csak meg, ezért itt nem látható. A kalderák, kirobbanási kürtők minimumzónaként jelentkeznek, ahol befelé csökken a sűrűség, amit a nagyecsed-i kaldera belsejében megjelenő bordó szín is jelez

**Figure 4** The topography of the Nyírség (Tokaj) area (top) and the levels of the relative density-space grid (bottom). *Legend:* green – 3000 kg/m<sup>3</sup>, burgundy – 3100 kg/m<sup>3</sup> and purple – 3200 kg/m<sup>3</sup>. From left to right can be seen the Telkibánya, Nyírség-D and Nagyecsed calderas. The Szerencs caldera only appears at a higher density level, so it is not visible here. The calderas and eruption pipes appear as a minimum zone, where the density decreases inwards, which is also indicated by the burgundy color appearing inside the Nagyecsed caldera

és tölcser formát mutat. A szerencsi kaldera kisebb, és csak 3200 feletti értéknél jelenik meg.

## 2. Eltemetett vulkánok, vulkánmorfológiai formák a Nyírség területén

A potenciáltér-módszerek sajátosságait felhasználva ma már a nagy (~10 km-es) mélységekben megjelenő paramé-

terváltozásokat is képesek vagyunk robusztusan bontani, elkülöníteni a különböző mélységű hatásokat, anomális testeket, elsősorban a sajátos megjelenési formájuk alapján, ami természetesen, a háromdimenziós térben mutatható meg legjobban. A megjelenési forma még nem teljesen egyértelmű bizonyosága a magmás (intruzív vagy effuzív) tevékenységnek és lehet, hogy csak a véletlen műve az adott forma megjelenése, vagy például egy lokális üledékes medence leképeződése. Mivel a Nyírségben 1500 m

**2. táblázat**

Vulkánmorfológiai elemek és azonosításuk a Nyírségben (n.a. – nincs adat; is – nem egyértelmű, de igen)

**Table 2**

Volcanic morphological elements and their identification in the Nyírség (igen = “yes”, nem = “no”, n.a. = “not available data” and is = “sometimes yes or no”)

Vulkánmorfológia	No.	Település	Azonosítás				
			domborzat	szeizmika	mágnesség	magneto-tellurika	gravitáció
Konstruktív vulkánmorfológia (lokális vulkáni kúp, szubvulkán)	1.	Napkor	nem	igen	igen	igen	igen
	2.	Tizzaszalka	nem	igen	igen	n.a.	igen
	3.	Telkibánya	igen	n.a.	igen	n.a.	igen
	4.	Beregsurány (Tarpa)	nem	is	igen	n.a.	igen
	5.	Rudabányácska (Sátoraljaújhely)	igen	n.a.	igen	n.a.	igen
	6.	Vágáshuta (Kovácsvágás)	igen	n.a.	igen	n.a.	igen
	7.	Kopasz-hegy (Tokaj)	igen	is	igen	n.a.	igen
Konstruktív vulkánmorfológia (hasadékvulkánok –szubvulkánok, intrúziók, vulkáni kúpok sorozata)	8.	Tokaj–Eperjes	igen	n.a.	igen	n.a.	igen
	9.	Tokaj–Királyhelmec	is	n.a.	igen	n.a.	is
	10.	Kisvárda–Barabás	nem	n.a.	igen	n.a.	is
	11.	Hajdúdorog–Tarpa	nem	n.a.	igen	n.a.	igen
	12.	Nyírbátor–Nagybánya	is	n.a.	igen	n.a.	is
Destruktív vulkánmorfológia (kaldera, kürtő, kráter)	13.	Szerencs	is	n.a.	igen	n.a.	igen
	14.	Telkibánya–Gönc	nem	n.a.	is	n.a.	igen
	15.	Nyíregyháza-D	nem	is	is	igen	igen
	16.	Nagyecsed	nem	is	is	n.a.	igen

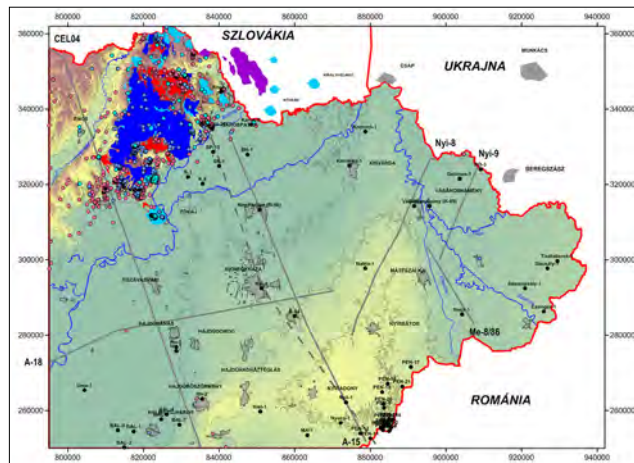
vastagságot meghaladó pannóniai–kvarter üledékek alatti elhelyezkedő testeket vizsgálunk, így a közvetlen ellenőrzésre csak néhány mélyfúrás adata áll rendelkezésre, újabb fúrásokra nincs lehetőség. Másik lehetőségként a nagy mélységet kutató geofizikai módszerek, mint például a szeizmika és a magnetotellurika adatai állhatnak még rendelkezésünkre.

Összeállítottunk egy táblázatot, amely a Tokaj–Nyírség területén megismert felszíni és eltemetett magmás és vulkáni képződmények kimutatásának lehetőségét mutatja be (2. táblázat) az eddigi tapasztalataink alapján. A mágneses tulajdonságok (maximumok) esetén a bázisos, intermedier, főleg a konstruktív jellegű magmás képződmények nyomait tudjuk követni. A gravitáció esetében inkább a destruktív jellegű vulkanizmus azonosítható minimumok formájában. A lokális maximumok esetén a konstruktív savanyú magmás tevékenység sem zárható ki, de ennek felismerése sokkal bizonytalanabb a változatos vulkáni megjelenési formák és a nagy sűrűségű kísérő üledékes kőzetek jelenléte miatt. A táblázatból látszik, hogy sokféle adat összevetésére és az objektumok pontos azonosítására korrekt és látványos megjelenítésére van szükség. A különböző módszerek alkalmazhatóságának azonban megvannak a korlátai, amelyeket módszerenként a következőkben foglalkunk össze.

– *Szeizmika* – A szeizmikus CH-kutató reflexiós szelvények behatolási mélysége csak a vulkáni képződmények legfelső szintjéig ad értelmezhető adatokat. (Ennek okát vizsgáljuk, nem zárható ki, hogy az előfeldolgozás során elvégzett tisztító műveletek a vulkanitok alatti hasznos jelek egy részét is kiszűrték, de a vulkanitok változó fizikai paraméterei, szabálytalan települési viszonyai is okozhatják ezt a jelenséget. A olajiparban használt célorientált adatfeldolgozási standardok miatt célszerű új-ravizgálni!). Az mindenképpen igaz, hogy a jelentős vastagságú fedő vulkáni formációk leárnyékolják a mélyebb zónákat, bizonytalanná téve azok leképezhetőségét.

A szeizmikus tomográfia ez alól kivétel, de a kutatási területen mindössze 3 db ilyen nagy mélységű kéregkutató szelvény van (Guterch 2002, Hajnal et al. 2004, Kiss 2021A) ritka hálóban lemérve.

– *Magnetotellurika* – Nagy mélységek kutatására alkalmas, de a szelvények itt is csak hiányos felmértéssel állnak rendelkezésre, részletes elemzések, vizsgálatok szükségesek, mert mágneses határfelületek jelenléte esetén durva torzulások lépnek fel, amelyek – csak a fajlagos ellenállás változásai alapján – nehezen ismerhetők fel, illetve nehezen értelmezhetők (Kiss és Prácser 2021). A felmértési adatok alapján megállapítható, hogy a regionális gáz- és olajvezetékek, azok esetleges korrózióvédelme, illetve az erős egyenáramú vasúti hálózat erős elektromágneses zajt okoz, ami behatárolja a magnetotellurikus mérések alkalmazhatóságát. A Barátság kőolajvezetékektől északra (6. ábra) minden mérésünk zajos! Az ipari zajt a csővezeték és az ukrán oldal egyen-

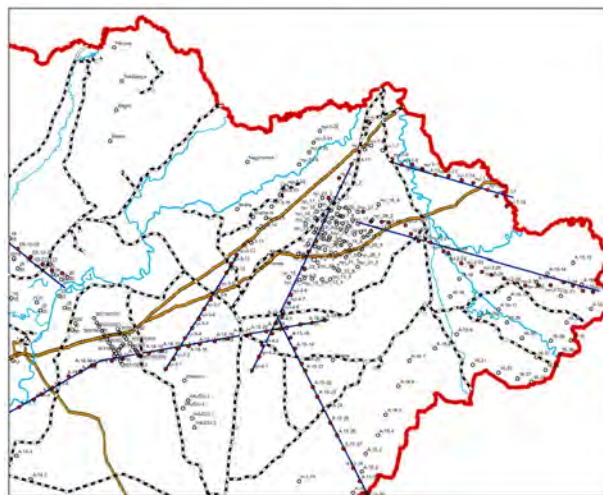


5. ábra A Nyírség és a Tokaji-hegység területe a fejezetben hivatkozott szeizmikus szelvények nyomvonalával. Felszíni andezitek (kék poligon), dácitok (világoskék poligon), riolitok (piros poligon), prekainozoos medencealjzat-képződmények (lila poligon) és fúrásaik felszínközeli vulkanitokkal (hasonló színű pontokkal) a Tokaji-hegységben és a nyírségi fúrások sok esetben eltemetett vulkanitokkal (fekete pontokkal és névvel)

Figure 5 The area of Nyírség and Tokaj mountains with the traces of the seismic sections referred to in the chapter. Surficial andesite (blue polygon), dacite (light blue polygon), rhyolite (red polygon), Precambrian basement formations (purple polygon) and their drillings with near-surface volcanics (with similar coloured dots) in the Tokaj Mountains and drillings in the Nyírség with often buried volcanic rocks (with black dots and names)

áramú vasúthálózata is okozhatja, de a felszínre felemelkedő bázisos vulkanitok is közrejátszhatnak a zaj tágabb környezetbeli elterjedésére.

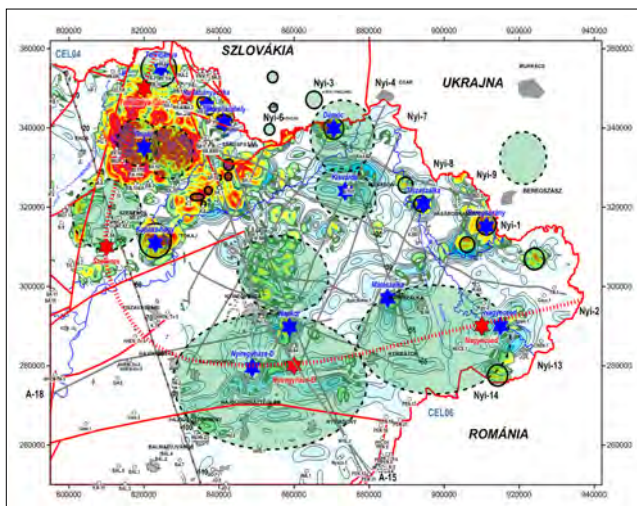
– *Mélyfúrások* – Mindösszesen 9 db 2000 m-nél nagyobb talpmélységű fúrás van a területen (Necs-1, Bakta-1,



6. ábra Magnetotellurikus mérési pontok a Nyírségi területen a vasúti hálózattal és a főbb olajvezetékekkel. MT szelvények (sötétkék) – inverzióra alkalmas szelvénymenti mérési pontok piros szimbólummal

Figure 6 Magnetotelluric measuring points in the Nyírség area with the railway network and the main oil pipelines. MT sections (blue) – inversion measurement points with red symbol

Kom-1, Nyi-1, G-1, Mk-3, Me-23, Ma-1, Hn-1), amelyek szintén csak a legfelső „takaró jellegű” vulkáni képződményeket érték el. Egyedül a Necs-1 fúrás fúrta át a (~3000 m vastagságú) miocén vulkanitokat. A Kom-1 fúrás a nyírségi terület É-i peremén, nagyszerkezeti zóna közelében mélyült, de helyzeténél fogva csak kis vastagságban (1178 m) fúrt vulkanitokat, peremi helyzetben a medencealjzat képződmények felett (vulkanitos fúrások táblázatát korábban már publikáltuk (Kiss 2021B)).



7. ábra Geofizika alapján feltételezett bázisos magmás (kék csillag) és savanyú magmás (piros csillag) vulkáni kitörési központok és feltételezett kürtő és kaldera szerkezetek (zöld ellipszis) (Kiss 2022)

Figure 7 Geophysical suggested basic magmatic (blue star) and felsic magmatic (red star) volcanic eruption centres and suggested pipe and caldera structures (green ellipse) (Kiss 2022)

A geofizikai mérési adatok sűrűsége természetesen hártart szab a földtani képződmények pontos lehatárolásának, de sok esetben néhány pont alapján is beazonosítható az intrúzió vagy szubvulkáni test a mélyben.

#### Konstruktív vulkánmorfológia – lokális vulkáni kúpok (7. ábra)

1. Napkor
2. Tizzaszalka
3. Telkibánya
4. Beregsurány–Tarpa
5. Rudabányácska–Sátorlajújhely (Sátor-hegy és Fekete-hegy)
6. Vágáshuta–Kovácsvágás (Fekete-hegy és Som-hegy)
7. Tokaj (Kopasz-hegy)

#### Konstruktív vulkánmorfológia – hasadékvulkánok, szubvulkánok, intrúziók, kúpok sorozata (7. ábra)

8. Tokaj–Eperjes
9. Tokaj–Királyhelme
10. Kisvárda–Barabás
11. Hajdúdorog–Tarpa
12. Nyírbátor–Nagybánya

#### Destruktív vulkánmorfológia – kaldera, kirobbanási kürtő, kráter (7. ábra)

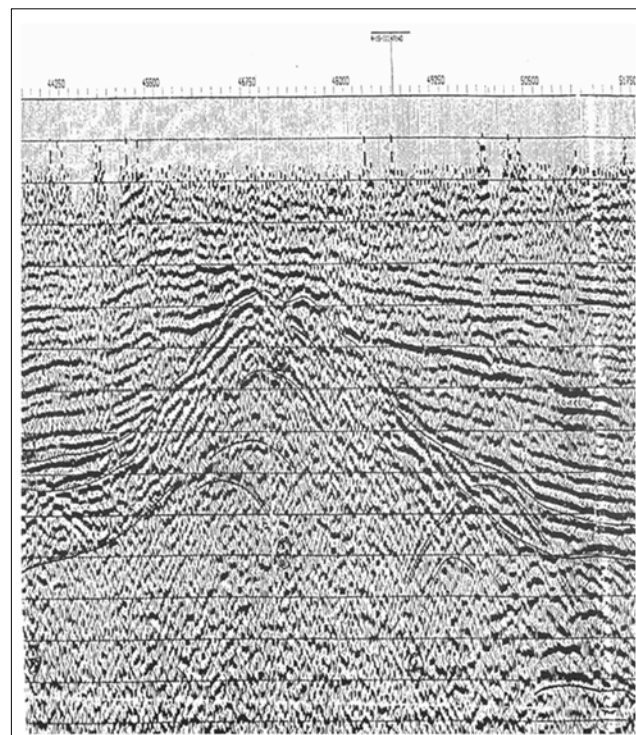
13. Szerencs
14. Telkibánya–Gönc
15. Nyíregyháza-D
16. Nagycsed

#### 2.1. Magmás (intruzív, effuzív) testek azonosítása

##### 2.1.1. Napkor

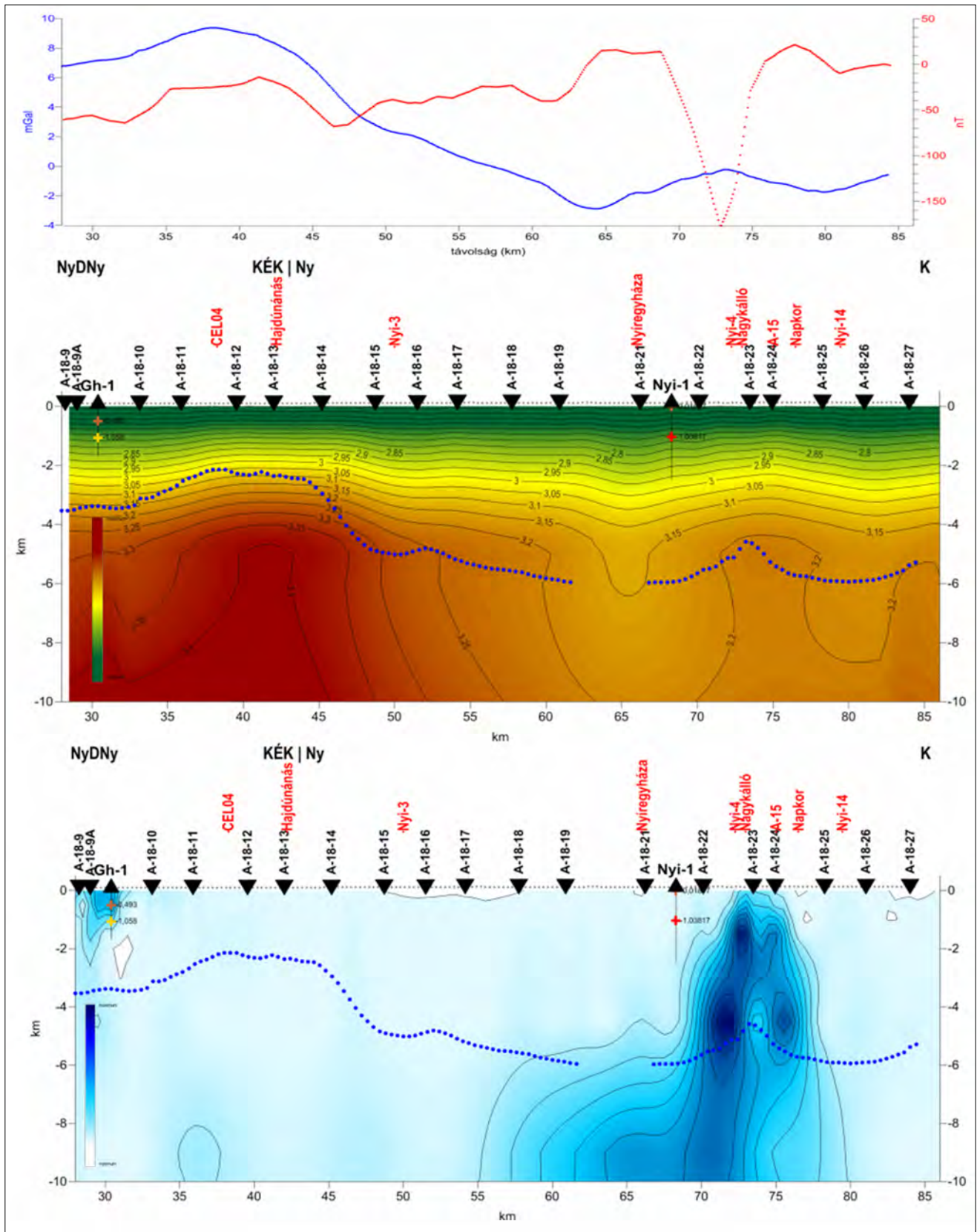
A napkori vulkáni kúp szeizmikus képe (8. ábra) már régóta ismert, hiszen 1996-ban Nemesi László, Polcz Iván, Szeidovitz Győzőné és Stomfai Róbert a *Magyar Geofizika* hasábjain publikálták az erről szóló cikküket (az ELGI korábbi, belső „kéziratos” jelentéseiben is biztosan megtalálható). A vulkáni kúp az A-18 szelvényen, az A-15 szelvényen való találkozási ponttól 2-3 km-re, Ny-ra található, Nyíregyházától DK-re, ahol egy klasszikus kúpforma rajzolódik ki a szeizmikus reflexiókból (8. ábra).

A vulkáni forma a Nyíregyháza-D kaldera – 2. táblázat 15-ös számú destruktív vulkánformája (Kiss 2022) peremén található (7. ábra) – valószínűleg egy vulkáni parazitakúp. A vulkáni test több mérési adatban is azonosítható, ahogyan azt a 2. táblázat mutatja. A gravitációs anomália-görbén csak egy kis lokális maximumként jelentkezik 73 vkm-nél (9. ábra, felül), de a mágneses anomália a szel-



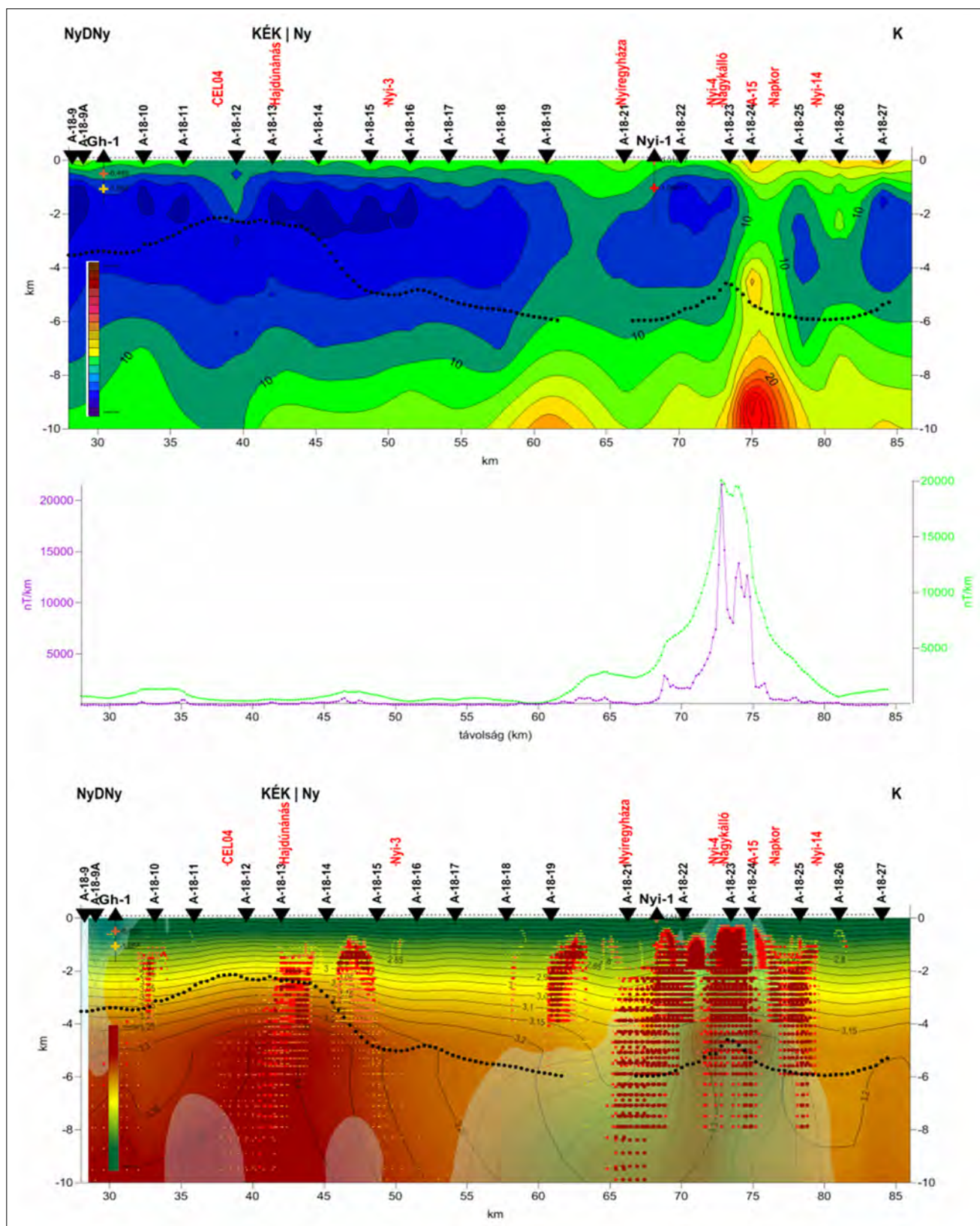
8. ábra Napkori vulkán szeizmikus képe az A-18 időszelvény mentén (Nemesi et al. 1996). Az A-15 szelvény metszéspontja jelölve van az ábrán

Figure 8 Napkor volcano on the A-18 seismic reflection time-section (Nemesi et al. 1996). The intersection of section A-15 is marked on the figure



9. ábra Gravitációs Bouguer-anómia- és mágneses  $\Delta T$  anomália-görbék az A-18 szelvény mentén – felül. Relatív sűrűségi mélységmetszet az A-18 szelvény mentén – középen. Relatív mágnesezettségi mélységmetszet az A-18 szelvény mentén – alul (kék pontvonal – kétréteges gravitációs inverziós mélység)

Figure 9 Gravity Bouguer anomaly and magnetic  $\Delta T$  anomaly curves along section A-18 – top. Relative density depth section along section A-18 – middle. Relative magnetization depth section along section A-18 – bottom (blue dot-line – two-layered gravity inversion depth)

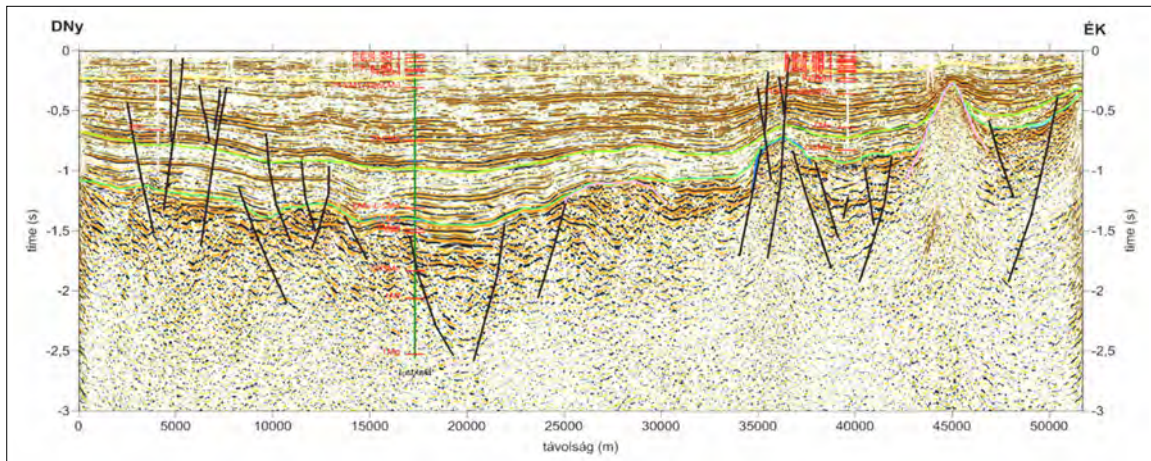


**10. ábra** Látszólagos fajlagos ellenállás ( $R_{oxy}$ ) mélységmetszet az A-18 szelvény mentén – felül. Szelvény menti mágneses analitikus jel (kontaktus és lemez modellre) – középen és sűrűségi (zöld–sárga–barna) és mágnesezettségi (áttetsző fehér–kék) mélységmetszetek és a Naudy-féle mágnesezhető-kijelölések (sárga–piros–barna pontthalmaz) – alul

**Figure 10** Apparent resistivity ( $R_{oxy}$ ) depth section along section A-18 – top. Magnetic analytical signal along the section (for contact and plate model) – middle and density (green-yellow-brown) and magnetization (translucent white-blue) depth sections and Naudy's magnetic assignments of magnetic bodies (yellow-red-brown point set) – bottom

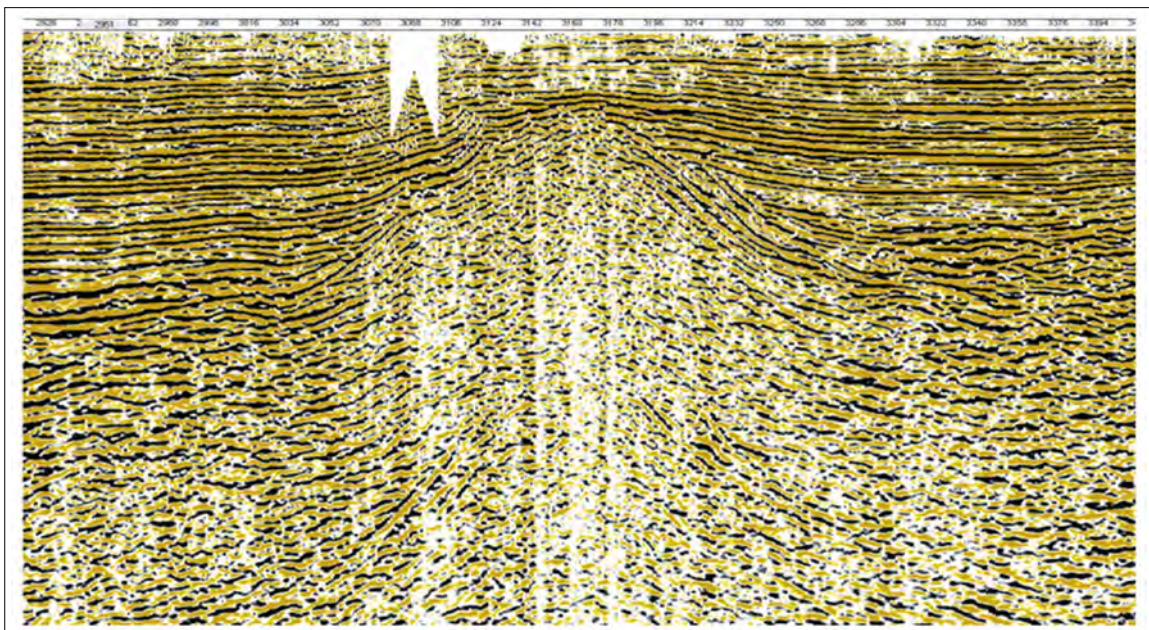
vény nyomvonalában már kiugró negatív értéként jelentkezik. A szelvény nem a test geometriai közepén haladt keresztül, hanem annak északi peremén (indukált mágneszettség esetén, ezért a térbeli  $\pm$  előjelű anomália helyett csak egy erős minimum jelenik meg 70–75 vkm-nél). A relatív sűrűségi (9. ábra, középen) és a relatív mágneszettségi (9. ábra, alul) mélységmetszeteken (Kiss, Vértesy 2020) is azonosítható a test. A sűrűségparaméter alapján egy csökkent sűrűségű zónában megjelenő lokális maximumként, míg a mágneses paraméter alapján egy meredek dőlésű, közel függőleges lemezszerű testként azonosítható.

A szelvény mentén magnetotellurikus mérések is történtek. A szelvényt újrafeldolgoztuk és kiszámoltuk a látszólagos fajlagos ellenállási mélységmetszeteket is. A ritka mérési pontrendszer miatt gyakorlatilag egy pontos anomáliaként jelentkezik a H-polarizációs látszólagos fajlagosellenállás-értékek ( $R_{oxy}$ ) alapján (10. ábra), a sűrűségi és mágneszettségi paraméterekkel összhangban. A tapasztalatok alapján szinte mindegyik geofizikai paraméterben jelentkezik a miocén vulkanitok hatása, azaz kellően nagy térfogatú és fizikai paraméterében az üledékektől jelentősen eltérő képződményt kell feltételeznünk, amit szépen leképez a szeizmikus szelvény.



**11. ábra** Nyi-8 szeizmikus időszelvény (értelmezés: Cserkész-Nagy Ágnes, Kiss et al. 2019A) (sárga – kvarter talp, zöld – felsőpannon talp, világoskék – alsópannon talp, püspöklila – szubvulkán)

**Figure 11** Nyi-8 seismic time section (interpretation by Ágnes Cserkész-Nagy, Kiss et al. 2019A) (yellow – base of quaternary, light green – base of upper Pannonian, green and light blue – base of lower Pannonian, bishop's violet – subvolcanic body)



**12. ábra** A (szub)vulkáni test kinagyított részlete a Nyi-8 szeizmikus időszelvény ÉK-i végén (CDP = 3150 környezete, Tiszaszalka, Kiss et al. 2019)

**Figure 12** Enlarged detail of the (sub)vulcanic body at the NE end of the Nyi-8 seismic time section (CDP = 3150 vicinity, Tiszaszalka, Kiss et al. 2019)

## 2.1.2. Tiszaszalka

A következő eltemetett, lokális vulkáni kúp a Tiszaszalka mellett található, amely az anomális mágneses hatás és szeizmikus reflexiók kép („szeizmikus fenyő”) alapján pontosan beazonosítható (11., 12. ábra).

A szelvény a 2018. évi mélyföldtani jelentésben már bemutatásra került:

„A Nyi-8 szelvényen (11. ábra), a 44–46 vkm-nél (Tiszaszalka alatt) található a legszebb vulkáni forma, egy a laza üledékes kőzetekbe benyomuló vulkáni anyag hatása, ami kúp formájában jelenik meg, mivel a felszín nem éri el. A kinagyított képen (12. ábra) jól elkülöníthető a konkordánsan települő üledékes kőzetek közel vízszintes rétegződése és a benyomuló test hatására kialakuló meredek reflexiók a vulkáni test szélein 200–700 m mélységtartományban, és a szeizmikus fenyő rajzolata a medencealjzatban, 300–2000 m mélységtartományban. Ennek a testnek jól azonosítható mély gyökérzónája van. A magmás eredetű kőzet-benyomulás a reflexiók kép alapján egyértelműen beazonosítható, de vajon a kőzet milyenségére tudunk-e valamit mondani? Ehhez a segítségül hívjuk a mélységszeltelet, transzformált mágneses térképeket.

Látható, hogy a Nyi-8-as szelvény ÉK-i végén a 44–46 vkm környezetében lokális mágneses anomália található a 400 m-es spektrális mélységben (0–1100 m mélységtartomány), s látszik továbbá, hogy az anomália a 4000 m-es

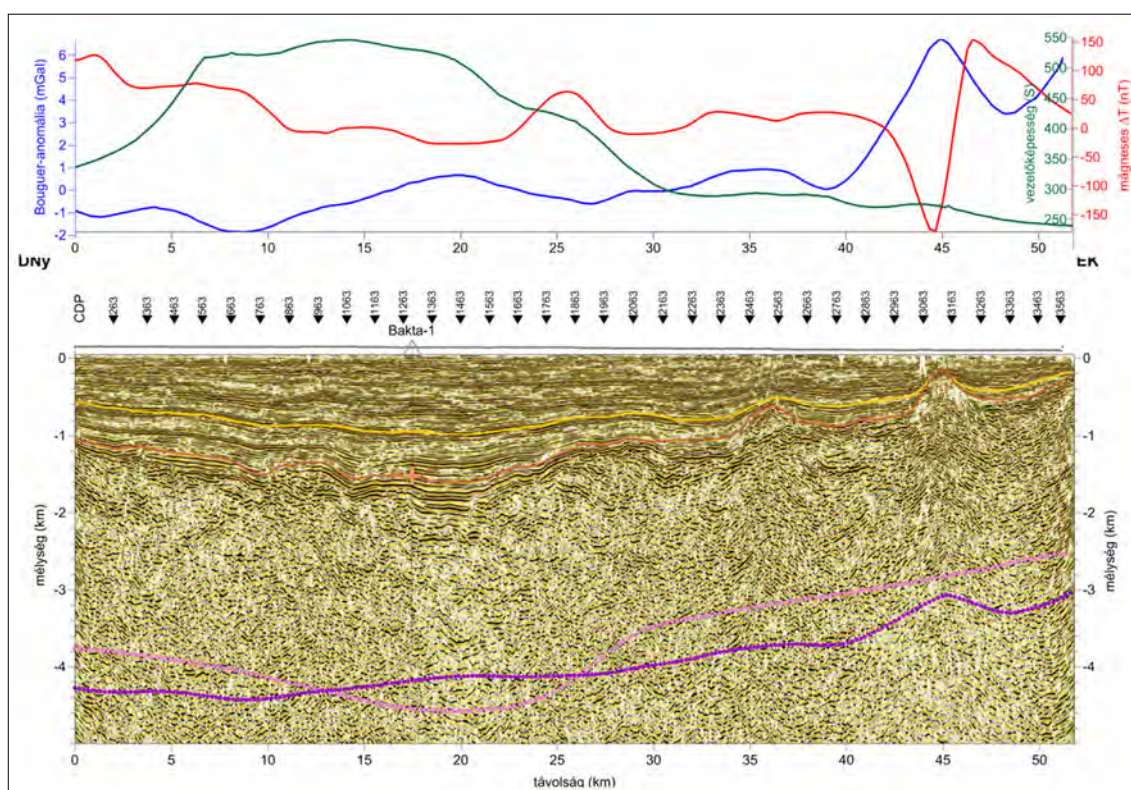
spektrális mélység térképén (1900 m-nél nagyobb mélységek) is megjelenik. Mivel a mágneses térképeken egyértelműen azonosítható, így a test anyaga intermedier andezit lehet, esetleg bazalt.” (Kiss et al. 2018)

Tulajdonképpen a lényeg tömören benne van, de ve-  
gyük sorra az azóta elkészült relatív mélységmetszeteket is, amelyek megerősítik a korábbi értelmezésünket! A szeizmikusan kimutatott vulkanit helyét a gravitációs Bouguer-anomália-görbe (kék görbe, 13. ábra) lokális maximummal hozza, a mágneses  $\Delta T$  anomália negatív–pozitív extrémummal (piros görbe, 13. ábra) jelzi a testet, amely a közel vertikális helyzete mellett valószínűleg reverz remanens mágnesezettségű (normál mágnesezettség esetén a negatív extrémum északon jelenik meg). A vulkáni test helyzete a szeizmikus mélységszelvényen (13. ábra) kevésbé kontrasztosan jelenik meg.

A mágnesezettségi mélységmetszeten (14. ábra, felül) a vulkáni test jól azonosítható a sűrűségi mélységmetszettel (14. ábra, középen) megegyező pozícióban. A mágneses Naudy-hatókijelölés is egyértelműen jelzi a mágneses ható jelenlétét, amit a feldolgozásokkal 4 km mélységig egyértelműen azonosítani tudunk (14. ábra, alul).

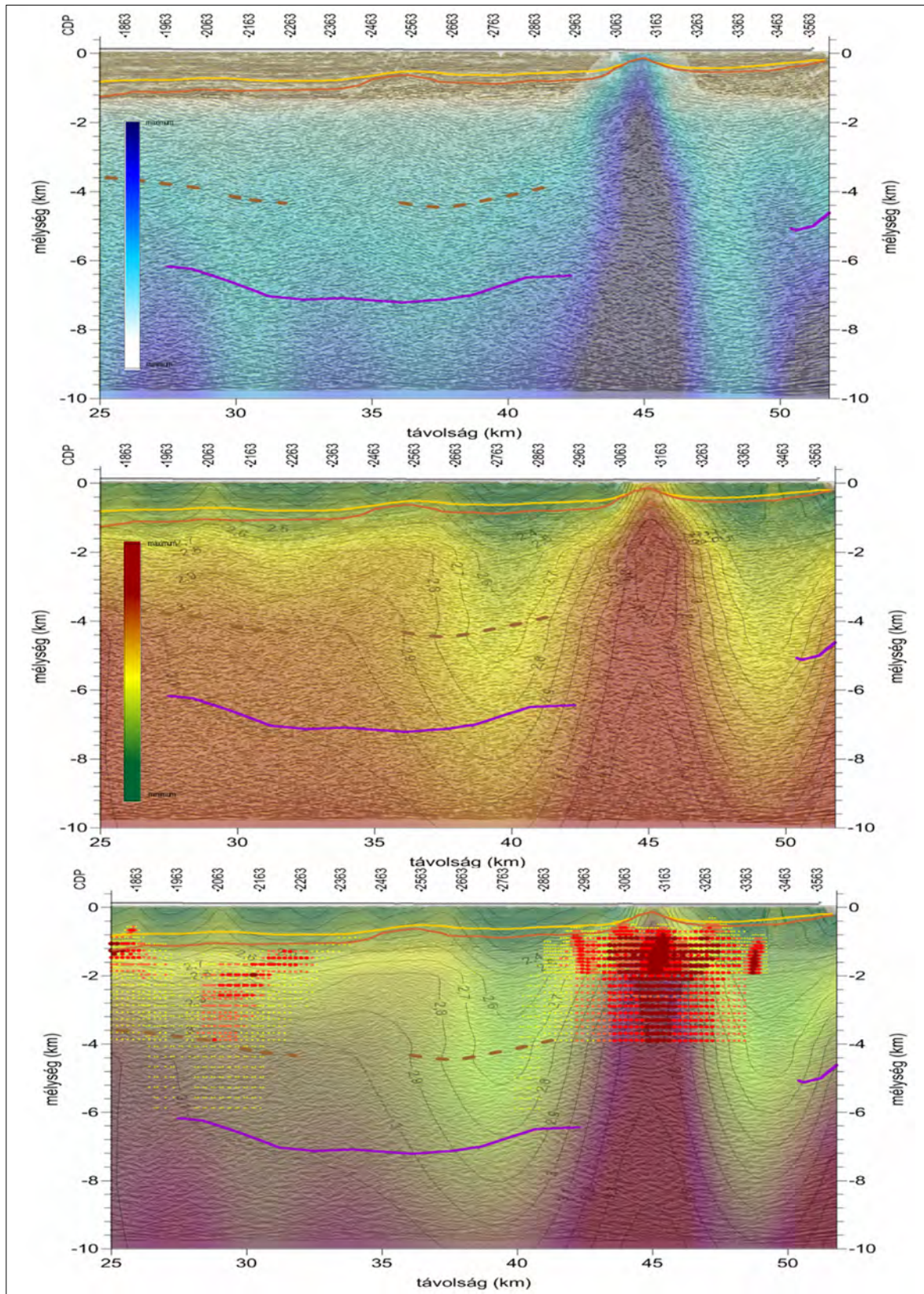
## 2.1.3. Telkibánya

Telkibánya és környéke már több tanulmányban bemutatásra került (Zelenka 2000, Kiss, Zelenka 2009, Zelenka et



13. ábra Gravitációs Bouguer-anomália- és mágneses  $\Delta T$  anomália-görbék a Nyi-8 szelvény mentén – felül, Ny-8 szeizmikus reflexiók mélységszelvény értelmezési szintekkel – alul (sárga – felsőpannon talp, barackszín – alsópannon talp, lila – feltételezett medencealjzat)

Figure 13 Gravity Bouguer anomaly and magnetic  $\Delta T$  anomaly curves along the Nyi-8 section – top, Nyi-8 seismic reflection depth section with interpretation levels – bottom (yellow – base of upper Pannonian, peach – base of lower Pannonian, violet – supposed basement)



**14. ábra** Relatív mágneseztségi mélységmetszet a Nyi-8 szelvény mentén – felül. Relatív sűrűségi mélységmetszet a Nyi-8 szelvény mentén – középen. Komplex geofizikai szelvény a Nyi-8 vonal mentén – alul. A sűrűségi (zöld-sárga-barna) és mágneseztségi (áttetsző fehér-kék) mélységmetszetek és a Naudy-féle mágnesezhető-kijelölések (sárga-piros-barna pontthalmaz) a reflexiók háttérrel

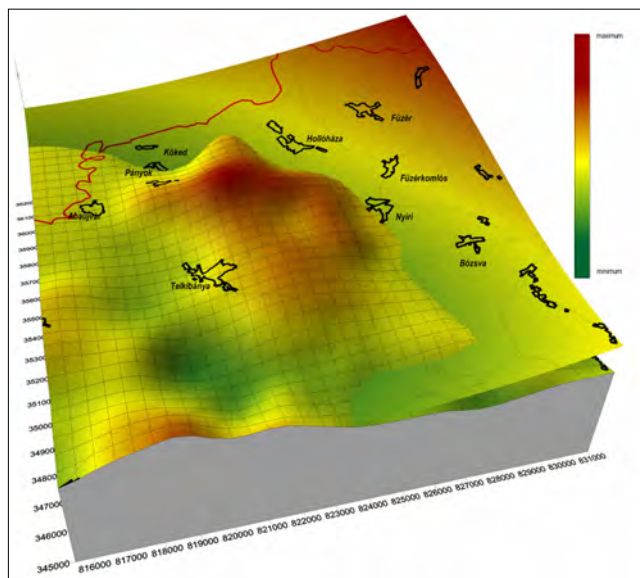
**Figure 14** Relative magnetization depth section along the Nyi-8 section – top. Relative density depth section along the Nyi-8 section – middle. Complex geophysical section along the Nyi-8 line – bottom. Density (green-yellow-brown) and magnetization (transparent white-blue) depth sections and Naudy magnetic solutions (yellow-red-brown point set) with reflection background

al. 2012, Kiss et al. 2017, Kiss 2022). A legutolsó cikkben a főbb kitörési központok azonosítása történt meg gravitációs és mágneses mérési adatok alapján. A telkibányai kaldera a Tokaj–Eperjesi hegylánc része, azaz a vulkáni ívnek az egyik tagja, amiképpen Regéc is. Mindkettő egyedi kitörési központnak is számít, mert morfológiailag és geofizikailag (mélyföldtani felépítés alapján) is el lehet különböztetni.

A 15. ábra két spektrális szint Bouguer-anomália-térképét mutatja (1,3 km és 16 km spektrális mélységek). A felső a miocén vulkanitok által determinált sűrűség szint, amely kiemelkedik a környezetéből, az alsó pedig a mélysége alapján a Conrad-határfelülethez kapcsolható, simább lefutású szint.

#### 2.1.4. Beregsurány (Tarpa)

E vulkáni kúp középpontján nem megy keresztül szeizmikus szelvény, így talán csak közvetve tudjuk vizsgálni a földtani környezetet, például a Nyi-9 szeizmikus szelvény segítségével (16. ábra). A gravitációs Bouguer-anomáliagörbén ez a vulkáni kúp (20–21 vkm környékén) gyakorlatilag nem látszik, ráadásul egy gravitációs minimumnak a peremére esik, ami esetleg egy kürtő- vagy kalderaszerkezet szélét is jelezheti. A mágneses anomáliák viszont több helyen is jelentkeznek, amivel a vulkáni testek helyzetét talán pontosíthatjuk majd. A szeizmikus szelvényen a mágneses anomáliáknak megfelelően jelentkeznek vulkanizmusra utaló reflexiós felületek, amelyek mélybeli pozitív morfológiai formákat, kiemelkedéseket (9–15 vkm és 19–21 vkm) eredményeznek (16. ábra).



**15. ábra** Telkibányai vulkáni objektum a (szűrt) gravitációs térképeken.  $H = 1,3$  km (sraffozott) és  $H = 16$  km mélység Bouguer-anomália-térképe (sraffozás nélkül)

**Figure 15** Telkibánya volcano on (filtered) gravity maps.  $H = 1.3$  km (with hatching) and  $H = 16$  km depth Bouguer anomaly map (without hatching)

A relatív sűrűségi mélységmetszet (17. ábra, felül) megerősíti ennek a szeizmikus értelmezésnek a jogosságát, azaz a mélybeli pozitív morfológiai formákat 9–15 vkm és 19–21 vkm között, amelyek relatív sűrűség-növekedést eredményeznek. A relatív mágnesezettségi mélységmetszeten (17. ábra, középen) is megjelennek ezek a jellegzetességek, s emiatt – mivel mágneses a közeg – így biztosan állítható, hogy miocén vulkanitokat látunk. Ez a komplex szelvényen (17. ábra, alul), a Naudy-féle hatókijelöléssel együtt is jól látszik: egy viszonylag nagy magmás-vulkáni test (8–15 vkm között) és egy lokális vulkáni kúp 21–22 vkm között.

A 18. ábra mágneses változékonysági térképe alapján – noha a szelvény nem a fő mágneses vonulaton megy keresztül – látszik a szelvény ÉK-i végén, a Gelénes-1 fúrástól DNy-ra egy oldalsó, különálló vulkáni kúp mágneses anomáliája. A 18. ábra mágneses változékonysági térképe alapján mindhárom eltemetett lokális vulkáni kúp – a napkori (A-18 szelvény mentén), a tiszaszalkai (Nyi-8 szelvény mentén) és a beregsurányi (Nyi-9 szelvény mentén) – jól beazonosítható.

#### 2.1.5. Rudabányácska (Sátoraljaújhely)

A Sátoraljaújhely és Rudabányácska között található a dácitos szubvulkán (Sátor-hegy és Magas-hegy), kiemelt helyzetben van, és a felszínen is tanulmányozható ismert szubvulkáni test (Gyarmati 1977).

#### 2.1.6. Vágáshuta (Kovácsvágás)

Az előző vulkáni kúptól ÉNy-ra, Vágáshuta és Kovácsvágás között jelentkezik a dácitos szubvulkán (Som-hegy és a Fekete-hegy), kiemelt helyzetben van, és a felszínen is tanulmányozható ismert szubvulkáni test (Gyarmati 1977).

#### 2.1.7. Kopasz-hegy (Tokaj)

A Bodrog és a Tisza találkozásánál található dácitos szubvulkán, kiemelt helyzetben van, és a felszínről is tanulmányozható ismert szubvulkáni test (Gyarmati 1977)

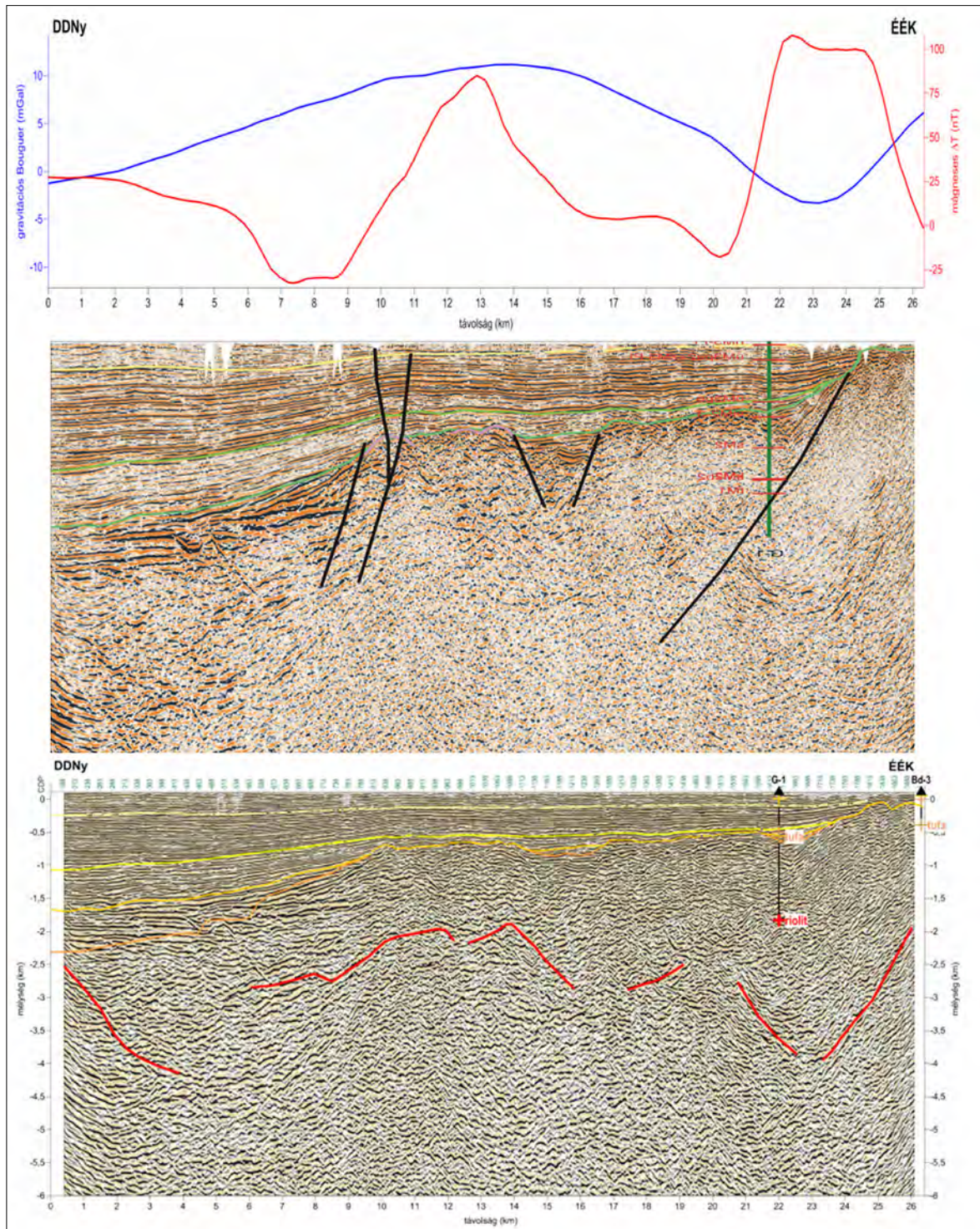
#### 2.1.8. Tokaj–Eperjes hegylánc

Ez a miocén vulkanitokból álló ívelt hegygerinc, rendkívül jól beazonosítható a domborzat alapján (19. ábra, balra), ahogyan a Tokaji-hegység is mint vulkáni hegység. A vonulat kezdeti ÉÉK-i iránya íves átmenettel átcsap ÉÉNy-i irányba.

A vulkáni vonulat a gravitációs Bouguer-anomália-térképen (19. ábra, jobbra) regionális szempontból minimum–maximum zónák közötti, átmeneti helyzetben található, míg lokálisan az egyes lávaképződményekből álló hegycsúcsok egyedi gravitációs maximumokat okoznak ebben az átmeneti sávban. A hegylánc Ny-i pereme a Hernád-vonal, amelynek az iránya a Felvidéken megtörik

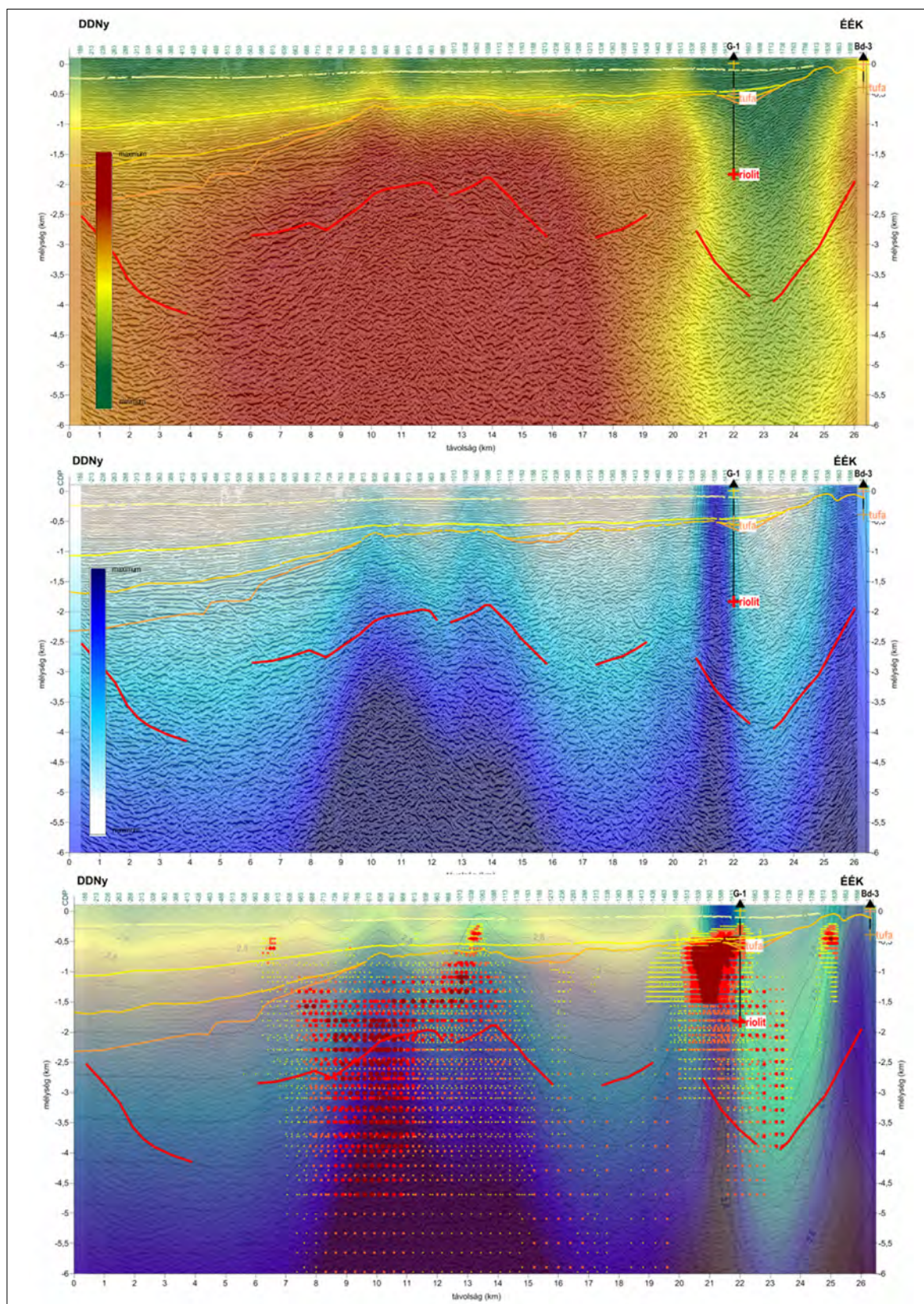
és felveszi a K-Kárpátok vonulatának irányát, amely a TESZ<sup>2</sup> iránya is egyben.

A mágnesesanomália-térkép (20. ábra, alul) megerősíti, hogy a Tokaj–Eperjesi hegylánc teljes egészében interme-



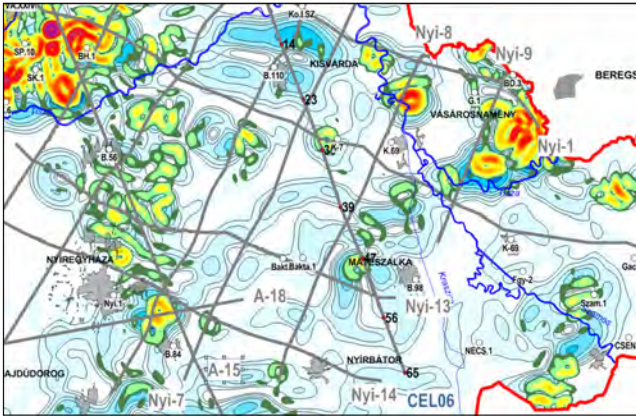
16. ábra Nyi-9 szeizmikus időszelvény (értelmezte: Cserkész-Nagy Á., Kiss et al. 2019A) – felül, (sárga – kvarter talp, zöld – felsőpannon talp, világoskék – alsópannon talp, püspöklila – szubvulkán). Gravitációs Bouguer-anomália- és mágneses  $\Delta T$  anomália-görbék – középen, Nyi-9 szeizmikus reflexiók mélységzselvény értelmezési szintekkel – alul (vajszínű – kvarter talp, sárga – felsőpannon talp, narancs – alsópannon talp, piros – preneogén talp)

Figure 16 Seismic time section Nyi-9 (interpreted by Cserkész-Nagy Á., Kiss et al. 2019A) – top (yellow – base of quaternary, light green – base of upper Pannonian, green and light blue – base of lower Pannonian, bishop’s violet – subvolcanic body). Gravitational Bouguer anomaly and magnetic  $\Delta T$  anomaly curves – middle, Nyi-9 seismic reflection depth section with interpretation levels – bottom (butter colour – base of quaternary, yellow – base of upper Pannonian, orange – base of lower Pannonian, red – preneogene basement)



17. ábra | Relatív sűrűségi mélységmetszet a Nyi-9 szelvény mentén – felül. Relatív mágnesezetési mélységmetszet a Nyi-9 szelvény mentén – közepén. Komplex geofizikai szelvény a Nyi-9 vonal mentén – alul. A sűrűségi (zöld-sárga-barna) és mágnesezetési (áttetsző fehér-kék) mélységmetszetek és a Naudy-féle mágnesezhető-kijelölések (sárga-piros-barna pontthalmaz) a reflexió háttérrel

Figure 17 | Relative density depth section along the Nyi-9 line – top. Relative magnetization depth section along the Nyi-9 line – middle. Complex geophysical section along the Nyi-9 line – bottom. Density (green-yellow-brown) and magnetization (transparent white-blue) depth sections and Naudy magnetic solutions (yellow-red-brown point set) with reflection background



**18. ábra** | Szeizmikus szelvény nyomvonalak (pl. Nyi-9) a szűrt légi mágneses változékonysági térképen (zöld-sárga-piros felszínközeli, kék árnyalatok mélybeli hatókkal)

**Figure 18** | Seismic section traces (e.g. Nyi-9) on the filtered airborne magnetic variability map (green-yellow-red near-surface, blue shades with deep-surface effects)

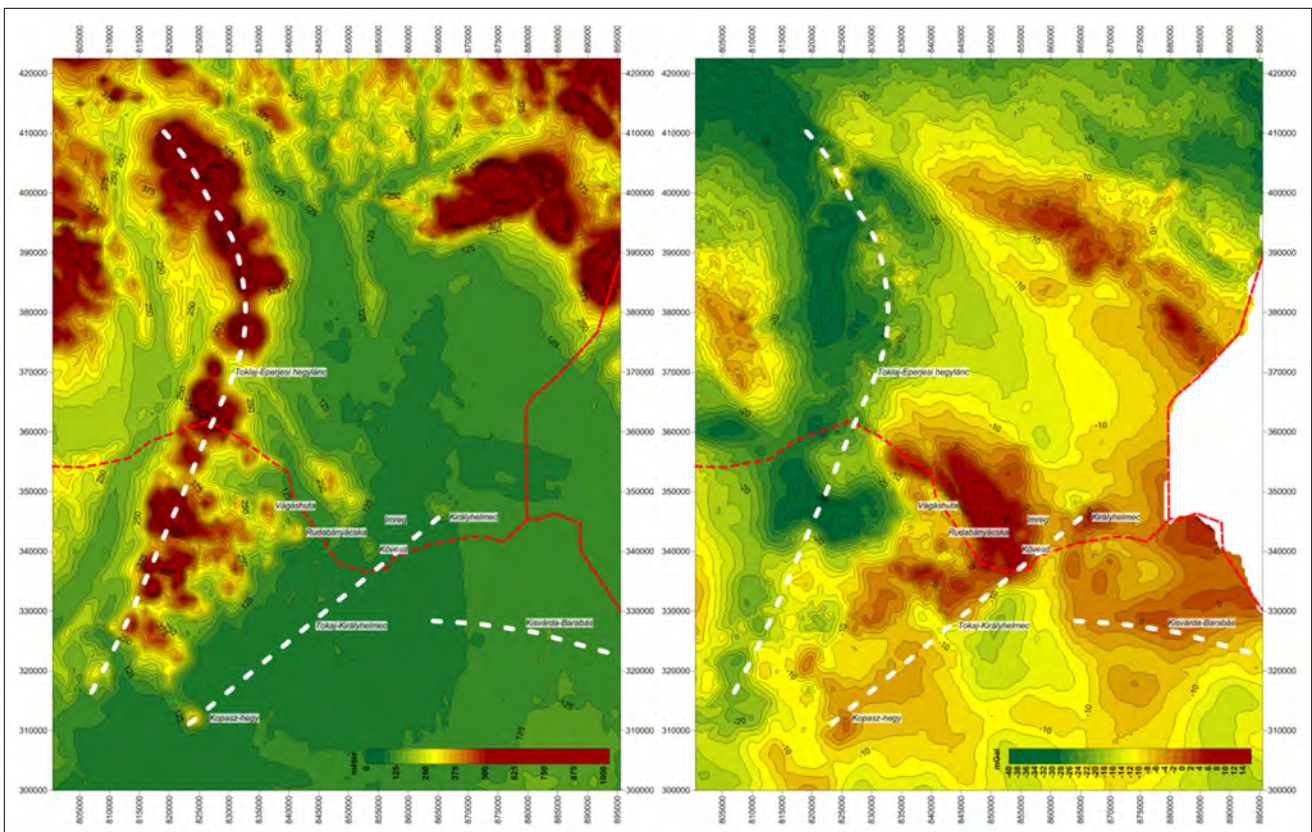
dier vulkáni képződményekből áll, legfőképpen andezitből, mivel a környezetétől jelentősen eltérő mágnesezettségű zónaként rajzolódik ki.

### 2.1.9. Kisvárdai–Barnabás

Ez a Ny–KDK irányú vonulat sem látszik már a Nyírség területén a domborzati térkép (19. ábra, balra) alapján. A gravitációs Bouguer-anomália-térkép (19. ábra, jobbra) alapján egyfajta választófelületként azonosítható, de a vonaltól É-ra egy gyűrűs gravitációs anomália rajzolódik ki, amely formája alapján akár vulkányszerkezet is lehet. A vonulatot a mágneses adatok megjelenítéséből (20. ábra), illetve azok adatfeldolgozásából azonosítottuk (Kiss et al. 2019, Kiss 2021B). A mágneses vonulat szép ív mentén beleszalad a Kárpátok Ny-i előhegységeként megjelenő andezites hegységvonulatba.

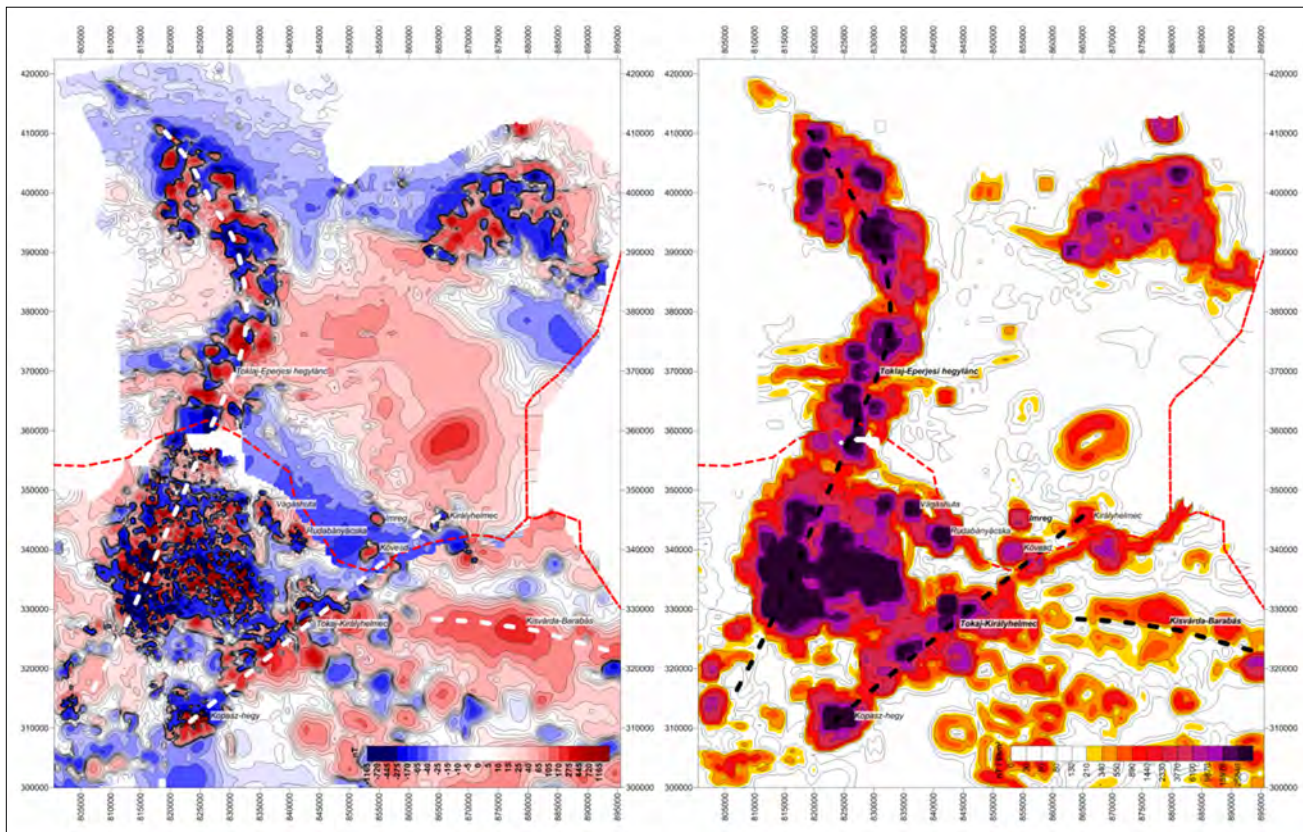
### 2.1.10. Hajdúdorog–Tarpa

Ez a hasadékvulkán Tokaj–Királyhelmececs vonulattal (DNy–ÉK) majdnem párhuzamosan fut, de ez egy nagyobb mélységű vulkáni vonulat a Nyírségben (21. ábra). Mindkettő irányítottága a Közép-magyarországi Zóna irányának felel meg, s mindkét vonal hirtelen ér véget a határon túl, valahol Kárpátalja területén (elhal a TESZ-nek megfelelő irányú földtani szerkezetekben). A hasadékvulkán vagy egy vonal mentén megjelenő vulkáni



**19. ábra** | A Tisza–Bodrog régió (TIBREG) terület domborzata (balra) és Bouguer-anomália- (jobbra) térképe rajta a lokális vulkáni kúpok és a vulkáni vonulatok (Tokaj – Kopasz-hegy, Vágáshuta, Rudabányácska, Imreg, Kövesd, Királyhelmececs, Tokaj-Eperjesi hegylánc, Tokaj-Királyhelmececs, Kisvárdai-Barnabás)

**Figure 19** | Topographic relief (left) and Bouguer anomaly (right) map of the Tisza–Bodrog region (TIBREG) showing local volcanic cones and fissure volcanic ranges (Tokaj – Kopasz Hill, Vágáshuta, Rudabányácska, Imreg, Kövesd, Királyhelmececs, Tokaj-Eperjesi mountain range, Tokaj-Királyhelmececs, Kisvárdai-Barabás)



**20. ábra** A Tisza–Bodrog régió (TIBREG) terület mágneses  $\Delta T$  anomália- (balra) és mágneses változékonysági térképe (jobbra) rajta a lokális vulkáni kúpok és a hasadékvulkáni vonulatok (Tokaj – Kopasz-hegy, Vágáshuta, Rudabányáscka, Imreg, Kövesd, Királyhelmecek, Tokaj–Eperjesi hegylánc, Tokaj–Királyhelmecek, Kiszvárd–Barabás)

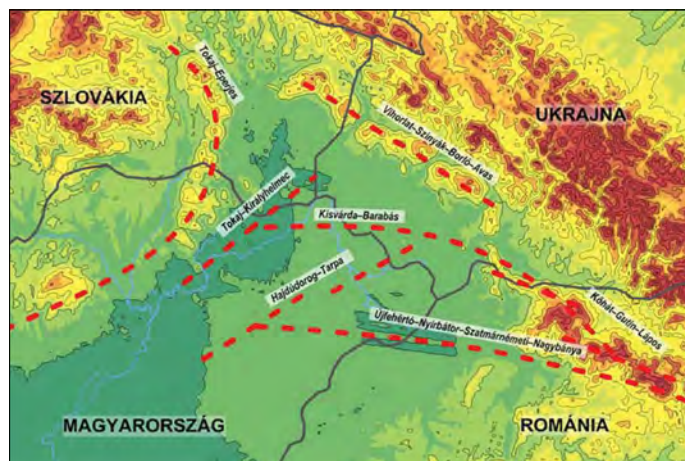
**Figure 20** Magnetic  $\Delta T$  anomaly (left) and magnetic variability map (right) of the Tisza–Bodrog region (TIBREG) showing local volcanic cones and fissure volcanic ranges (Tokaj – Kopasz Hill, Vágáshuta, Rudabányáscka, Imreg, Kövesd, Királyhelmecek, Tokaj–Eperjesi mountain range, Tokaj–Királyhelmecek, Kiszvárd–Barabás)

kúpok sorozata mindenképpen nagyszerkezeti kapcsolatot, mélytöréseket jelent az adott területen. Ezt mutatja a 22. ábra, amelyen a Ny-i irányból a kitérképezett nagyszerkezeti vonalak (Haas et al. 2010, 22. ábra, piros vonalak) folytatásaként jelennek meg a főleg mágneses anomáliák alapján azonosított hasadékvulkáni vonulatok (22. ábra, fekete szaggatott vonalak).

A vonalak túlnyúlnak az országhatáron (Kiss 2021B), de a határon túl az elérhető geofizikai (mágneses) adatok rossz felbontása miatt az azonosításuk bizonytalan.

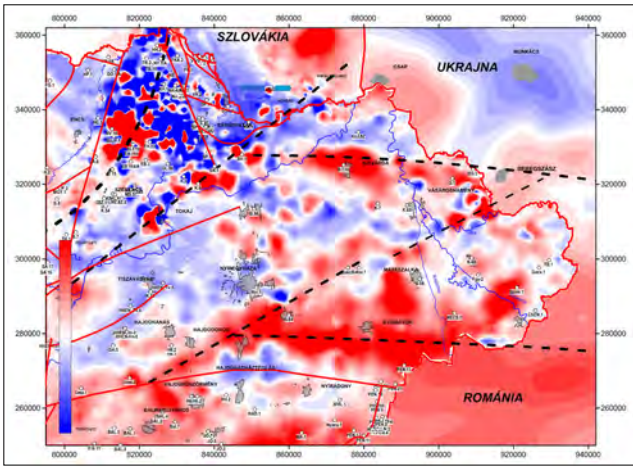
2.1.11. Nyírbátor–Nagybánya

Ez a hasadékvulkáni vonulat a Hajdúdorog–Tarpa vonalból indul Hajdúhadház magasságában, és a Kiszvárd–Barabás



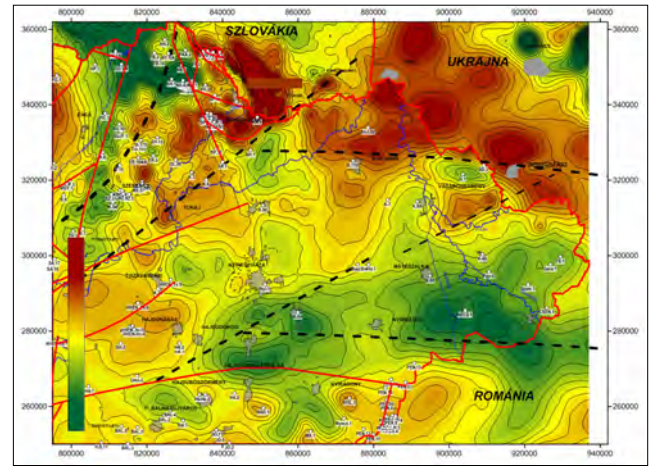
**21. ábra** ÉK-Magyarország és környezte domborzati térképe, rajta az ismert és eltemetett miocén vulkáni képződmények vonulatai (piros szaggatott vonal). A vonulatot a mágneses-anomália-térkép (Tokaj–Eperjes, Tokaj–Királyhelmecek, Kiszvárd–Barabás, Hajdúdorog–Tarpa, Újfehértó–Nagykálló–Nyírbátor–Szatmárnémeti–Nagybánya mágneses-anomália-vonulatok) és a domborzati adatok alapján lehet beazonosítani (Kiss 2021B)

**Figure 21** Topographic map of North-Eastern Hungary and its surroundings, it's showing the outlines of known and buried Miocene volcanic formations (red dashed line). The lineaments can be identified based on the magnetic anomaly map (Tokaj–Eperjes, Tokaj–Királyhelmecek, Kiszvárd–Barabás, Hajdúdorog–Tarpa, Újfehértó–Nagykálló–Nyírbátor–Szatmárnémeti–Nagybánya magnetic lineaments) and on the topographic data (Kiss 2021B)



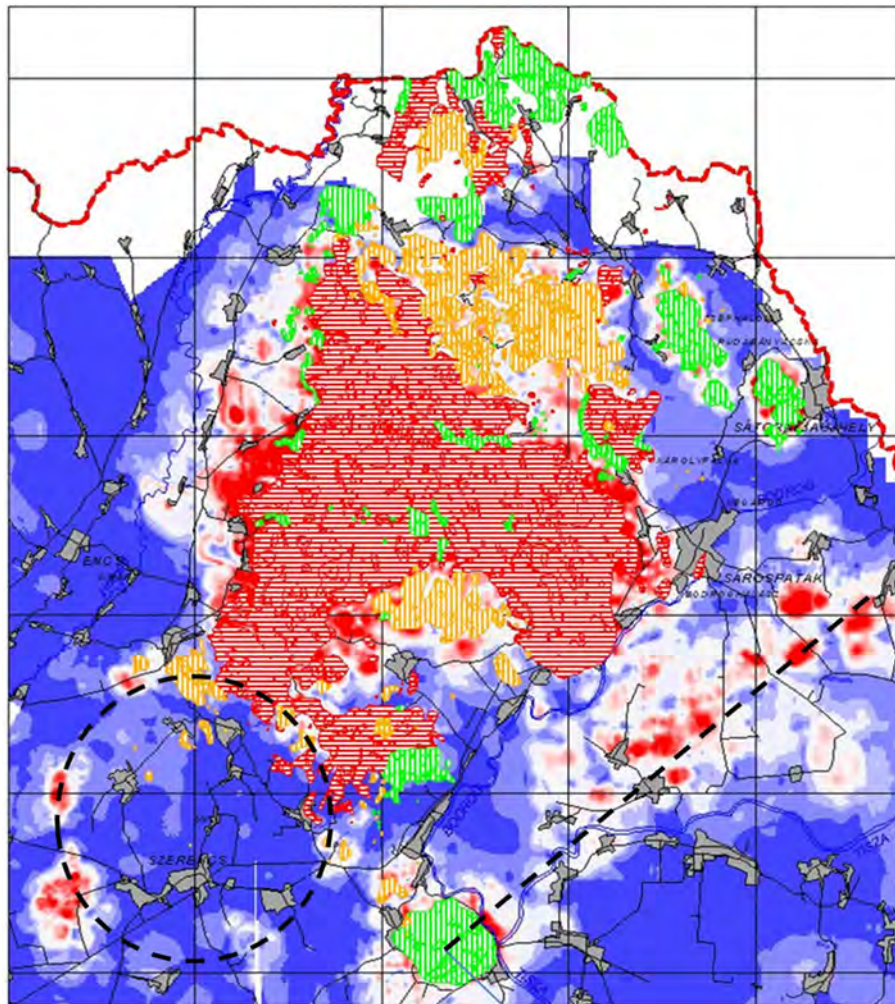
22. ábra Nagyszerkezeti vonalak (piros), hasadékvulkáni vonulatok (szaggatott fekete) a mágneses anomália-térképén

Figure 22 Major structural lines (red), fissure-volcanic lines (dashed black) on the magnetic anomaly map



23. ábra Nagyszerkezeti vonalak (piros), hasadékvulkáni vonulatok (szaggatott fekete) a Bouguer-anomália-térképén

Figure 23 Major structural lines (red, Haas et al. 2010), fissure-volcanic lines (dashed black) Bouguer anomaly map



24. ábra A Tokaji-hegység felszíni vulkanitjai sraffozással (piros – andezit, zöld – dácit, narancssárga – riolit) a mágneses térgradiens térképén. Piros színnel megjelennek az eltemetett helyzetű, felszínközeli bázisos, intermedier lávaközetek is (andezit, dácit, bazalt) a bodrogközi hasadékvulkán és a Szerencsi-kaldera pereme mentén (szaggatott vonallal jelölve)

Figure 24 Surface volcanic rocks of the Tokaj mountains with hatching (red – andesite, green – dacite, orange – rhyolite) on the magnetic analytical signal (spatial gradient) map. Intermediate lava rocks (andesite, dacite, basalt) with buried near-surface basement are also shown in red on map along the rim of the Bodrogköz fissure volcano and the Szerencsi caldera (indicated by dashed lines)

szerkezettel párhuzamos Ny–KDK irányú lefutást mutat. A Bouguer-anomália-térképen (23. *ábra*) e vonal mentén jelentős minimumokat azonosíthatunk, mint pl. Nyíregyháza-D és Nagyecséd, amelyek savanyú kemizmusú vulkáni robbanásos kitorési központoknak értelmezünk (Kiss 2022). Ez a vonal kifut a K-Kárpátok vulkáni vonulatába Nagybánya magasságában.

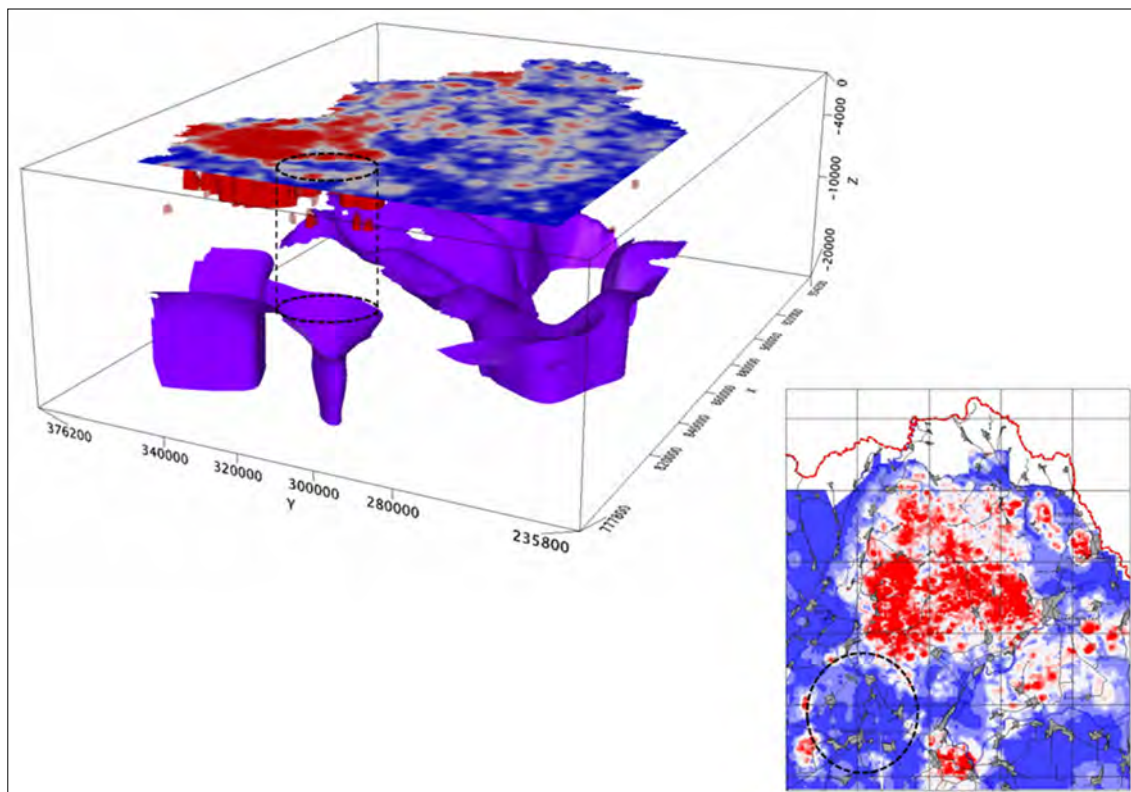
#### 2.1.12. Szerencsi-kaldera

A 2000-es évek elején egy OTKA-téma kapcsán kezdtünk el részletesen foglalkozni a Tokaji-hegység adatainak összegyűjtésével és feldolgozásával. Ennek keretében a légi mágneses adatokat is elővettük. A hegység földtani térképének felszíni vulkanitelterjedése (Gyarmati 1977) és az általunk elkészített mágnesestérgradiens-térkép (24. *ábra*) jó egyezést mutatott. A térkép fedett részein a felszínközélnben található, de már eltemetett helyzetű vulkanitokat is jelzett a feldolgozás, amely a 24. *ábra* térképén piros színű foltokkal jelenik meg a Bodrogeközben és Szerencs körzetében. Az előbbi egy hasadékvulkáni vonulat (bazalt, andezit), az utóbbi a Szerencsi-kaldera peremén elhelyezkedő bázisosabb vulkanitokat (andezit, dácit) jelzi.

A Szerencsi-kaldera mély gyökérrészét a relatív sűrűségi térrács egyik minimumfelülete alapján sikerült beazonosítani, amely szinte pontosan a mágneses anomáliagyűrű alatt jelentkezik (25. *ábra*). A Szerencsi-kaldera felett áthaladt a CEL04 litoszférakutató szeizmikus szelvény.

vény ismertetése a nyírségi munka keretében már megtörtént (Kiss 2021A), de a 3D relatív eloszlások miatt célszerű volt azt elővenni. A 26. *ábra* (felülről a második része) mutatja a „sebességanomália”-szelvényt, azaz a szeizmikus sebességeloszlás és a mélységgel bekövetkező átlagos sebességnövekedési trend eltéréseinek mértékét. A medencealjzat vagy a nagy sebességű fedőlávák megemelkedett sebességű szintjében (2600–4500 m/s, 4–7 km mélységtartományban) szakadások jelentkeznek, az egyik 28 vkm-nél, a másik 43 vkm-nél, ahol az átlagos sebesség menettől való eltérés lecsökken, ablakot nyitva az alsó kéreg felé.

A légi mágneses mérési adatokon (26. *ábra*, legfelül) a kalderaperemi lávakúpok hatása maximumok formájában jól látszik a szelvény nyomvonalában a térgradiensértékek lefutásában. Az *ábra* alapján látszik, hogy mágneses anomáliák csak 28, 46 és 53 vkm-nél jelentkeznek. A sebességanomália-maximumok bontása emiatt bizonytalan, mert a savanyú lávaképződmények és a kristályos üledékes kőzetek hasonlóan jelenhetnek meg. Az intermedier vagy bázisosabb képződmények a törések mentén kisebb térfogattal és inkább függőlegeshez közeli geometriával jelentkeznek. A mágnesezettségi mélységmetszet (26. *ábra*, középen) alapján a feláramlási zóna (kürtő) helyzete nem függőleges, hanem északias dőlésű, feltételezve, hogy a lávaképződményeknek csak indukált mágnesezettségük van. A Naudy-féle hatókijelölés mutatja a bázisos lávaképződmények legvalószínűbb helyzetét. A sűrűségi mélységmetszetek (26. *ábra*, alul) szintén maximumot jeleznek a mágneses



25. *ábra* | A relatív sűrűségi térrács izofelületének és a mágnesestérgradiens-anomáliáknak a kapcsolata a Szerencsi-kaldera esetén

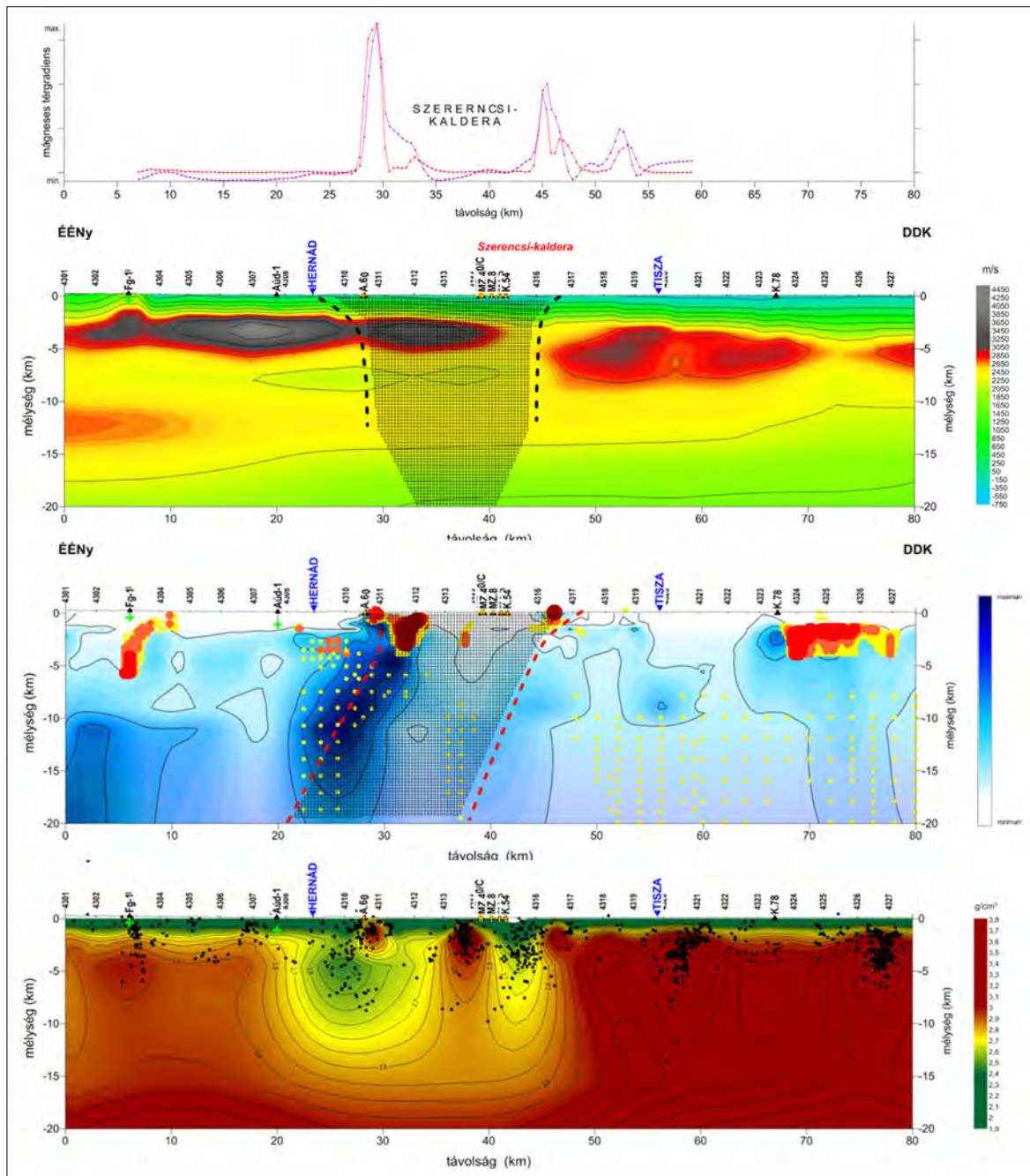
Figure 25 | Relation between the surface of relative density voxel and magnetic analytical signal (spatial gradient) anomalies at the Szerencs caldera

hatóknál, köztük viszont mély, csökkent sűrűségű zóna rajzolódik ki.

2.1.13. Telkibánya–Gönc

Telkibányával korábban már foglalkoztunk (lásd 15., 19. és 20. ábra). A terület Bouguer-anomália-térképén, Telkibánya felett jól látszik a lokális gravitációs maximum, amelyet

szinte minden oldalról minimumok vesznek körül (19. ábra). Egy szűkebb területre a spektrális szűrések alapján két különböző mélységszintet is megjelenítettünk háromdimenziós kép formájában (15. ábra). Ez szintén mutatja a kirobbanásos kaldera miatt kialakult nagyméretű gravitációs minimumot, amelynek a közepében – feltételezhetően egy újabb kitörés következtében – centrális vulkáni kúp alakult ki.



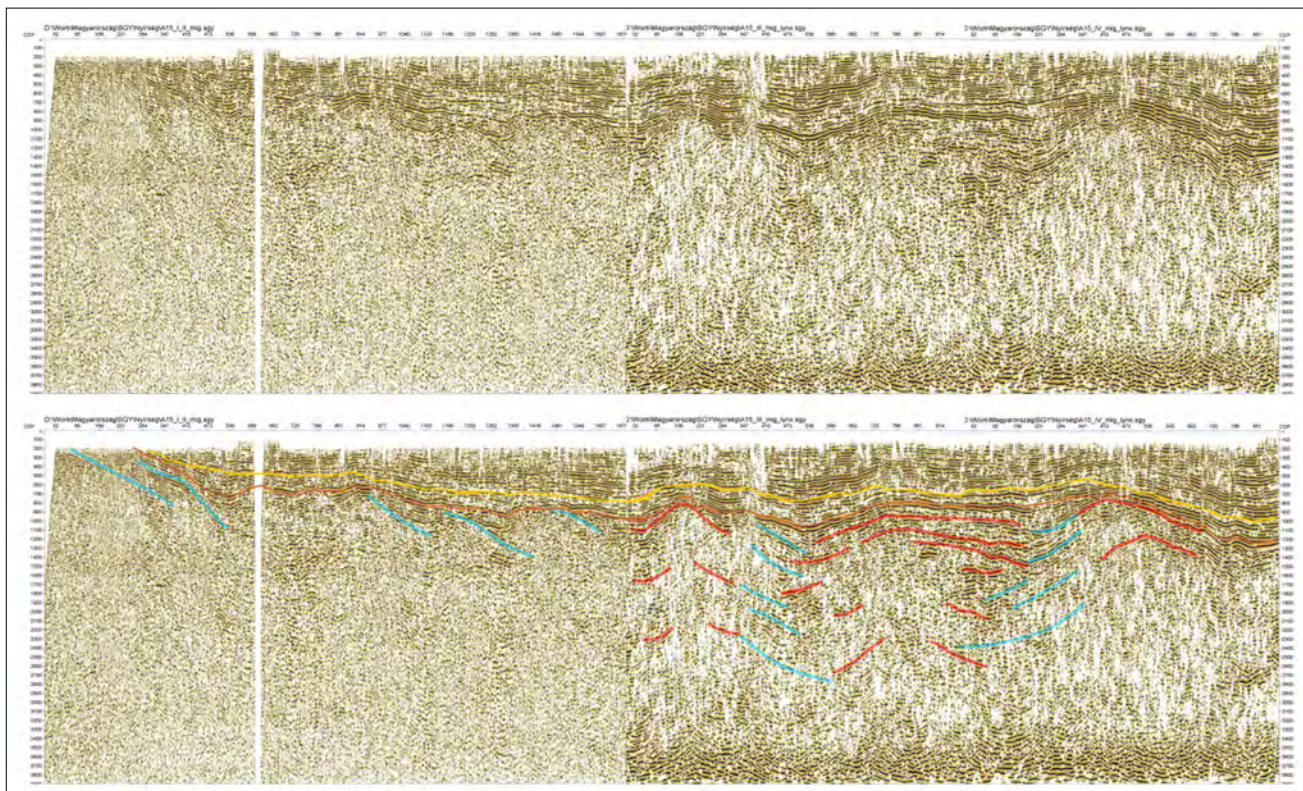
26. ábra A Szerencsi-kaldera feltételezhető helyzete (szaggatott vonallal) a CEL04 „sebességanomália” mélységszelvényen az anomáliagörbékkel (felül), a mágnesezettségi mélységszelvényen a Naudy-féle hatókijelöléssel (középen) és a sűrűségi mélységmetszet a gravitációs hatókijelöléssel (alul) – a nyomvonalat az 27. ábra mutatja

Figure 26 The assumed location of the Szerencsi caldera (dashed line) on the CEL04 “velocity anomaly” depth section with the anomaly curves (top), the magnetization depth section with the Naudy influence (middle) and the density depth section with the gravity influence (bottom) – the trace is shown in Fig. 27

## 2.1.14. Nyíregyháza-D

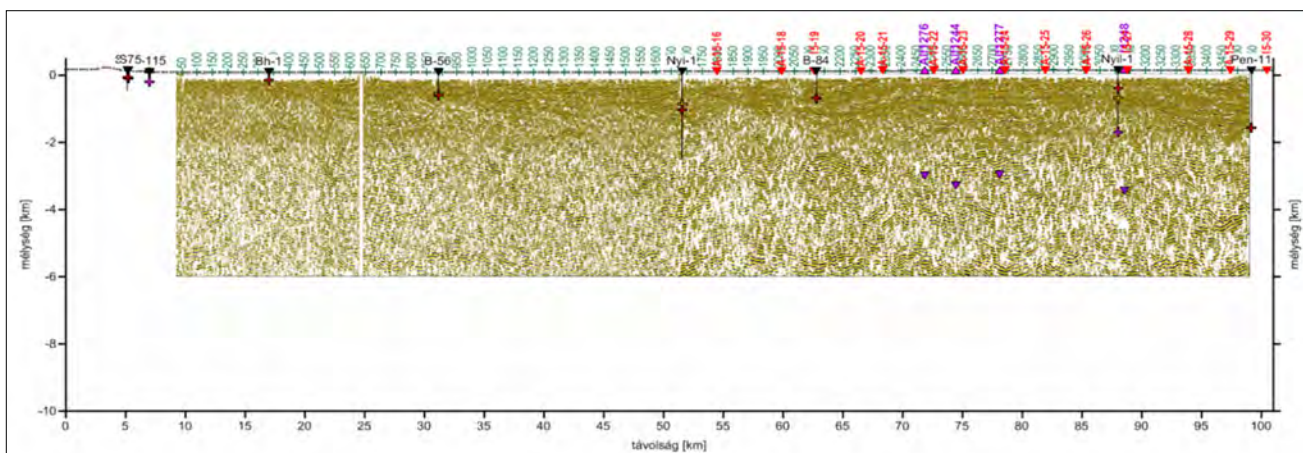
A Nyi-1 mélyfúrás 1600 m vastagságban fűrt vulkanitot a fúrás talpig (3579 m), azaz durván 2000 m-től már összefüggően vulkanitok vannak (ebből mindössze ~200 m az andezit). Ez a fúrás a gravitációs minimumzóna peremén van, azaz a vulkáni tufakitöltés lehet az egyik oka a minimumzónának. A szeizmikus reflexiós adatok alapján érződik egy depressziós süllyedék

a gravitációs minimummal azonos helyzetben (27. ábra, Kiss et al. 2019), bár a kürtő- vagy kalderaperem a szeizmika behatolási (fókuszálási) mélységénél nagyobb mélységbe tehető, s ezért nem látszik csak a teteje. A szeizmikus szelvénynek elkészült a mélységi változata is (28. ábra), amelyet újra elövetünk és a sűrűségi (29. ábra) és mágneszettségi mélységmetset (29. ábra), valamint a Naudy-féle hatókijelölés alapján (30., 31. ábra) újraértelmeztünk.



27. ábra | Az A-15 szeizmikus reflexiós összehajtogatott időszelvények felül és egy értelmezett változat alul, rétegszerű reflexiókkal a pannon alatt (kék vonal) és szubvulkáni formára utaló reflexiókkal (piros vonal) (Kiss et al. 2019)

Figure 27 | Seismic reflection A-15 with stitched time sections at top and an interpreted version at bottom, with strati form reflections beneath the Pannonian (blue line) and reflections indicative of subvolcanic form (red line) (Kiss et al. 2019)



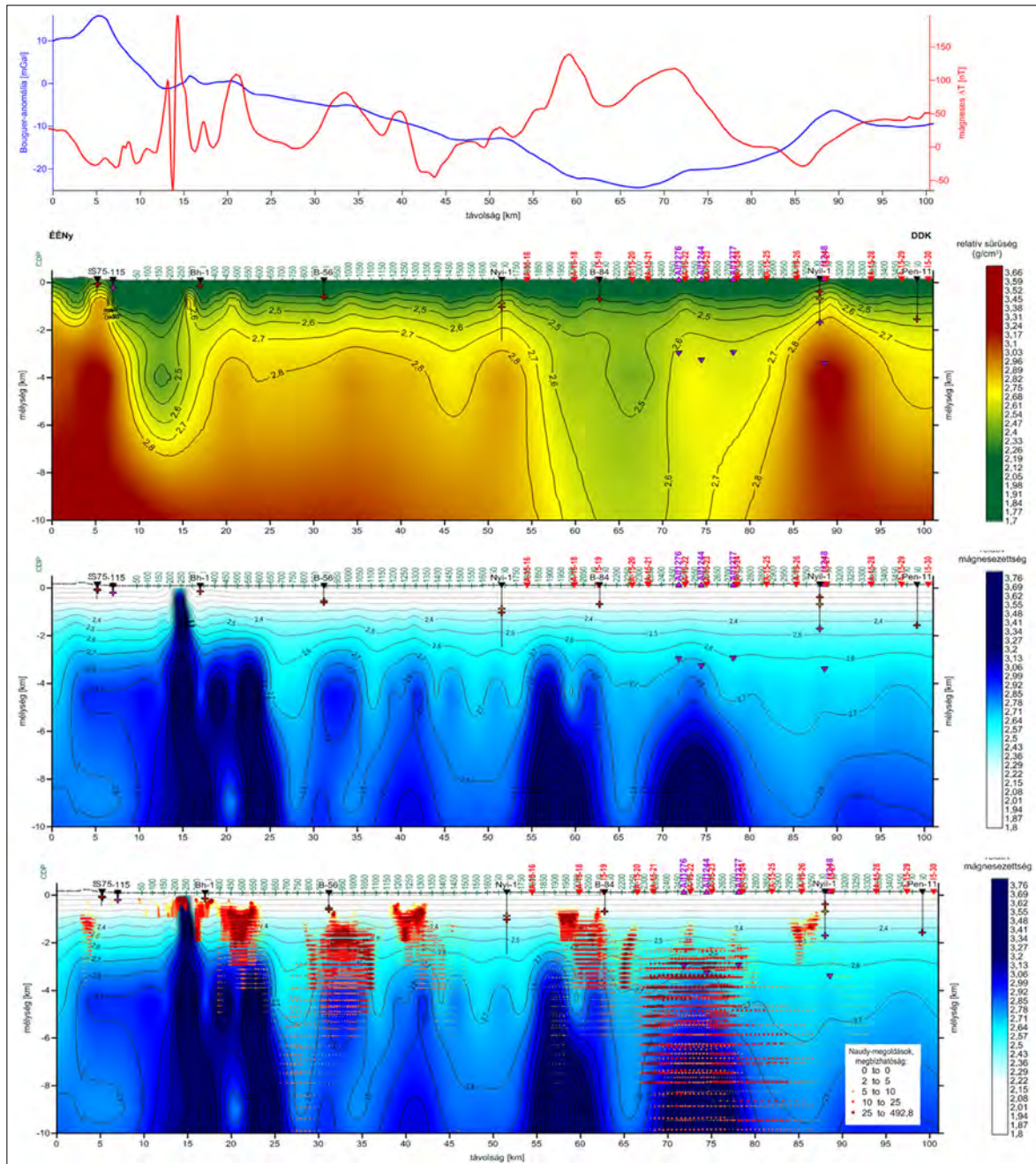
28. ábra | A-15 szeizmikus reflexiós mélységszelvény fúrásokkal, VES szondázások nagy ellenállású szintjével (lila színnel) és szeizmikus CDP pontokkal (zöld színnel)

Figure 28 | A-15 seismic reflection depth section with boreholes and VES soundings with high resistivity level (in purple) and seismic CDP points (in green)

2.1.15. Nagyecsed

Sajnos a Nagyecsed-kaldera feltételezett helyén, azaz a gravitációs minimumon nem halad át újkori, digitálisan is elérhető szeizmikus szelvény, noha a korai szeizmikus mérések (Bodoky et al. 1974, Bodoky et al. 1977) lefedték ezt a területrészt is,<sup>4)</sup> sőt a Necs-1 fúrás lemélyítése előtt a geofizika a mérési eredmények alapján vulkáni kürtőt valószínűsített.

A DNY-ÉK irányú XA-16b szelvény a szerkezet peremén fut, az ÉÉNy-DDK irányú Me-8 szelvény pedig, É-i irányból ráfut a szerkezetre, de csak a középponti lokális maximumig ér el, így a teljes szerkezetet nem tudjuk nyomon követni, így csak a kaldera peremtől a kaldera közepig van esély az azonosításra (32. ábra). Az Me-8 szelvény nyomvonalában van a Necs-1 mélyfúrás (CDP = 850, a nyomvonalától DNY-ra 1,4 km-re), amely majd 3 km vastag miocén vulkanitot harántolt a pannóniai összletek alatt.



29. ábra A-15 szelvény relatív sűrűségi mélységmetszet fúrásokkal és felettük az gravitációs- és mágnesesanomália-görbék – felül, a szelvény relatív mágnesezettségi mélységmetszete fúrásokkal – középen, szelvény relatív mágnesezettségi mélységmetszet fúrásokkal, VESZ szondázások nagy ellenállású szintjével (lila színnel) és szeizmikus CDP pontokkal (zöld színnel) és a Naudy-féle hatókijelölés eredményeivel – alul

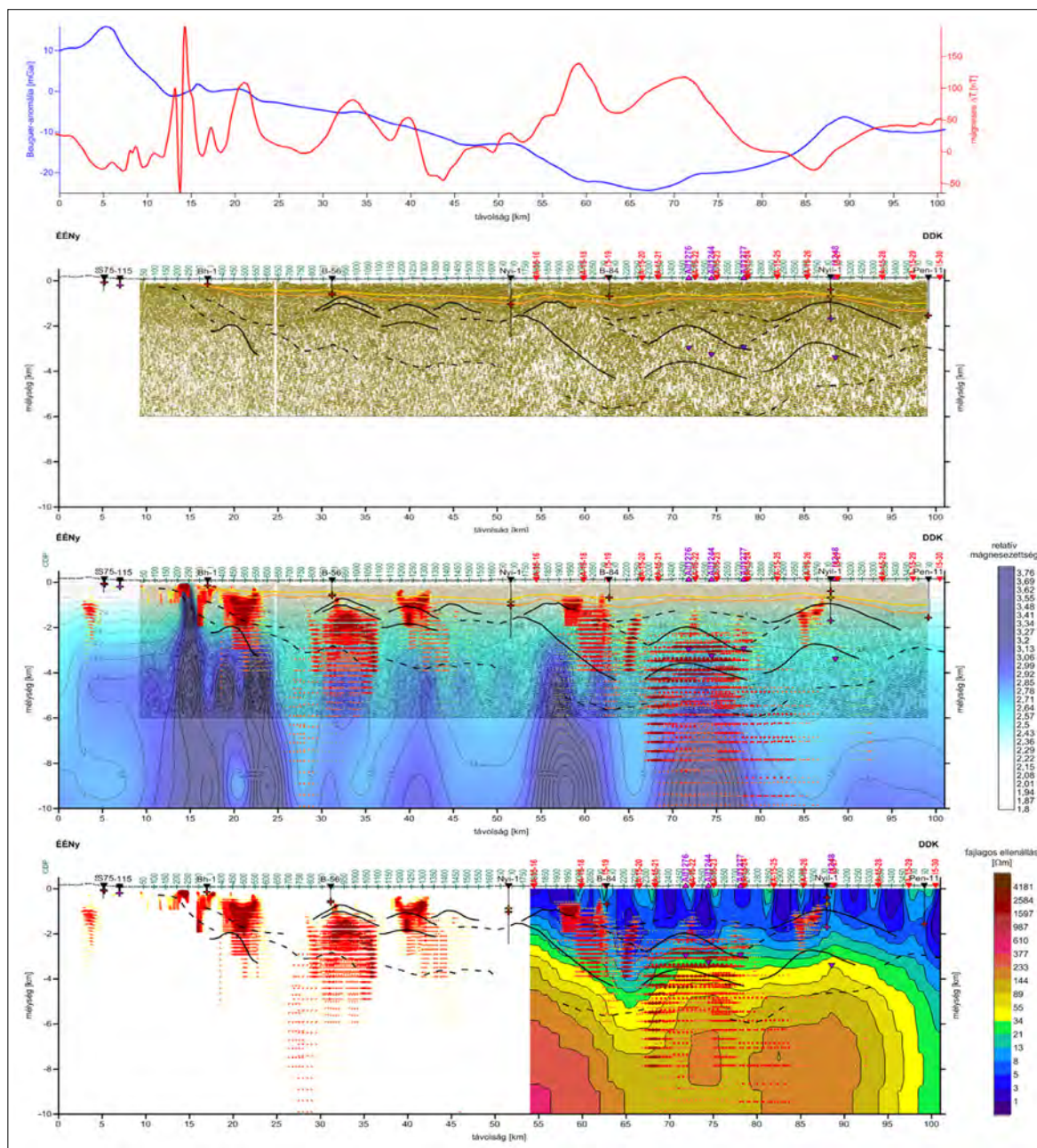
Figure 29 A-15 relative density depth section with boreholes – middle, relative magnetisation depth section with boreholes, high-resistivity level of VES soundings (in purple) and seismic CDP points (in green) with the Naudy's deconvolution results – bottom

A vulkáni összlet vastagsága alapján és a háromdimenziós relatív sűrűségmodell formája alapján ez egy vulkáni kalderaszerkezet. A kérdés az, hogy a szeizmikus mérések behatolási mélysége és a reflexiók kép alapján meg tudjuk-e erősíteni ezt az értelmezést szelvénymenti feldolgozás alapján.

Első lépésben az összes szeizmikus szelvény egységes értelmezését végeztük el (Lőrincz 2021), amelyben az Me-8

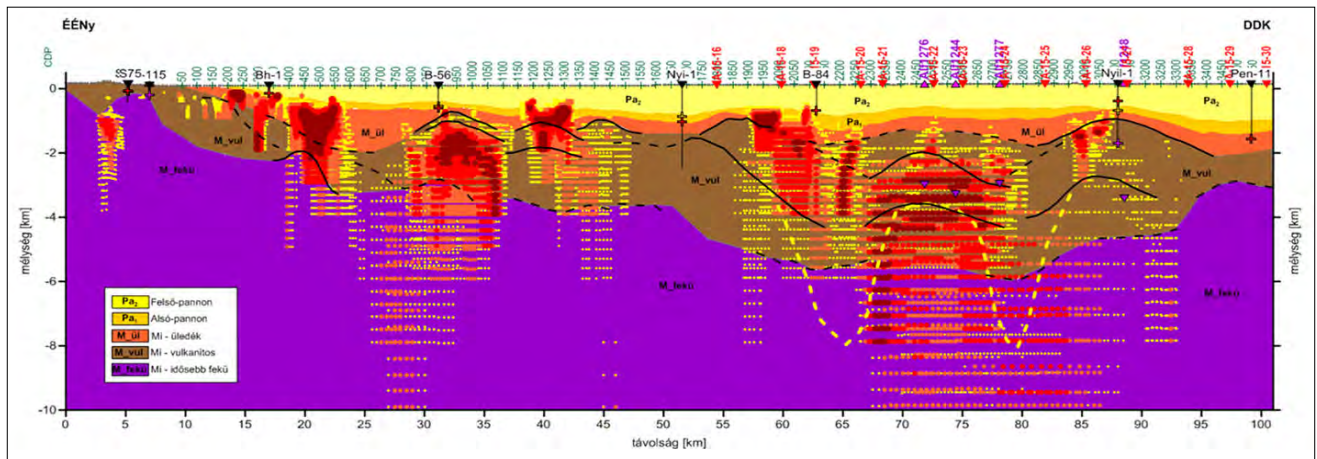
szelvény is benne volt (33. ábra, alul), amelyet később a sűrűségi és mágnesezettségi térmodell elkészítése után egy komplex, de egyszerűsített értelmezés követett (33. ábra, közép).

A gravitációs Bouguer-anomália-görbe (33. ábra, felül) alapján feltételezhető, hogy a nagy sűrűségű aljzat DDK irányban egyre mélyebbre kerül. Kimutatható egy ilyen lefutású reflexiók szint a szelvény elején 2500 ms-tól indul és



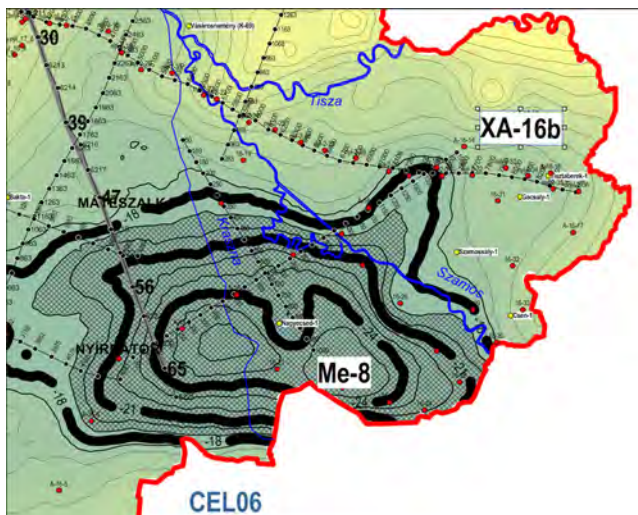
**30. ábra** A-15 szeizmikus reflexiók mélység-szelvény fúrásokkal és a gravitációs- és mágnesezettségi görbékkel, néhány jellegzetes reflexió és pozitív (kupola) forma kiterjesztésével – felül; áttetsző színekkel a mágnesezettségi mélység-szelvény és rajta a Naudy-féle hatókijelölés eredményei – középen, magnetotellurikus mérések fajlagos ellenállás mélység-metszete fúrásokkal. VESZ szondázások nagy ellenállású szintjével (lila háromszögek) és szeizmikus CDP pontok (zöld színnel), MT pontok (piros színnel) – alul

**Figure 30** A-15 seismic reflection depth section with boreholes with gravity and magnetic anomaly curves, with some characteristic reflections and positive (dome) shapes twisted – top; in transparent colours, the magnetization depth section and Naudy's results – middle, magnetotelluric measurements with specific resistivity depth section with boreholes. VES probing with high resistivity level (purple triangles) and seismic CDP points (green colour), MT points (red colour) – bottom



31. ábra A-15 szelvény az értelmezett földtani szintekkel, néhány jellegzetes reflexióval (fekete vonal), a magnetotellurikus nagy ellenállású szinttel (sárga vonal) és a mágneses Naudy-féle hatókijelölés eredményével. A kalderaszerkezet a szeizmikus reflexiók, a mágneses hatók és a magnetotellurikus fajlagos ellenállások menete alapján is valószínűsíthető 55–90 vkm között

Figure 31 A-15 section with the interpreted geological levels, some characteristic reflections (black line), with the magnetotelluric high resistivity level (yellow line) and the result of the magnetic Naudy's interpretation results. The caldera structure is also plausible based on the sequence of seismic reflections, magnetic effects and magnetotelluric resistivity between 55–90 vkm



32. ábra Az XA-16b és a Me-8 szeizmikus szelvények nyomvonala a nagyecsed-i gravitációs minimumon

Figure 32 Trace of the seismic sections XA-16b and Me-8 at the gravity minimum of Nagyecsed

a reflexiók szelvényéig 4000 ms (14,5 vkm-ig) követhető. Az előzetes értelmezésben (2021) ez a szint szintén megjelenik, de részben a miocén összletek tetejeként, részben nagy sűrűségű aljzatként, részben vulkáni rétegeként. Az Me-8 szelvény rövid, és nem a mély vulkanitokra volt fókuszálva, ezért a szintet nem tudjuk végig követni, mivel mélyebben fut, és csak a kaldera É-i peremét fedi le. 22–23 km-nél látszik egy vulkáni (sztratovulkáni?) kúp (1000 m-től), amelyet a Necs-1 mélyfúrással részben fel is tártak. Az Me-8 szelvény egy rövid szelvény, így eddig ezzel a szelvényrel a téma keretében részletesen nem foglalkoztunk, ezért annak mélység-szelvény-változata sem készült el. Az értelmezett időszelvény két változatát a 33. ábra mutatja.

### 3. Összefoglalás

Komplex adatfeldolgozás és adatmegjelenítés segítségével vizsgáltuk az eltemetett vulkáni képződményeket és a felettük kialakuló geofizikai erőtereket. Először a térképi adatokat elemeztük (Kiss et al. 2019), amelyek segítettek az összefüggő földtani formációk, szerkezetek térbeli követésében, azonosításában, majd spektrálanalízissel mélyégi szelektálást végeztünk a gravitációs és mágneses adatokon. Relatív sűrűségi és mágnesszeti térácst készítettünk az adatok felhasználásával (Kiss 2022), amelyek alapján vulkánmorfológiai elemeket lehetett azonosítani. Ezután a mért geofizikai szelvények értelmezési és feldolgozási eredményeit vetettük össze ott, ahol a háromdimenziós rács alapján intruzív vagy effuzív vulkáni képződményeket értelmeztünk. A szelvények mentén különböző geofizikai módszerek (gravitáció, mágnesség, szeizmika, magnetotellurika), különböző fizikai paraméterek és különböző automatikus feldolgozási eljárások segítségével ellenőriztük a vulkáni képződmények legvalószínűbb helyeit.

Feldolgozási tapasztalataink alapján a vulkáni lávaképződmények megjelennek a szeizmikus reflexiók képben, de csak a szeizmika alapján bizonytalan a beazonosításuk. Az intermedier és bázisos magmás képződmények mágneses hatásuk alapján azonosíthatók, a savanyú magmás képződményeknél bonyolultabb a helyzet, mert csak szerencsés esetben, a képződmények morfológiája alapján azonosíthatóak, ami még több módszer alkalmazása esetén is bizonytalanok tűnnek.

A relatív sűrűségi és mágnesszeti térácst alapján kimutatott szerkezeteket (Kiss 2022) a szeizmikus szelvények mélységtartományában azonosítani tudtuk, de néhány szerkezet a szelvények behatolási mélységnél nagyobb mélységben található/azonosítható. A magnetotellurika is képes kimutatni elsősorban a lávaképződményeket.

nyeket, illetve a nagyobb eltemetett kalderaszerkezeteket a megnövekedett, illetve lecsökkent fajlagos ellenállás alapján. A vulkányszerkezetek kimutatásukhoz azonban el kell mélyedni a különböző adatfeldolgozások eredményeiben, meg kell találni a megfelelő megjelenítési módot és komplex módon értelmezni kell az előálló nagy mennyiségű adatot.

A feldolgozások az ELGI, MFGI, MBFSZ és SZTFH intézményein belül felgyülemlett adatok, módszertani tapasztalatok alapján a mélyföldtani (mélygeofizikai) kutatási program keretében készült 2022-ben.

### A tanulmány szerzői

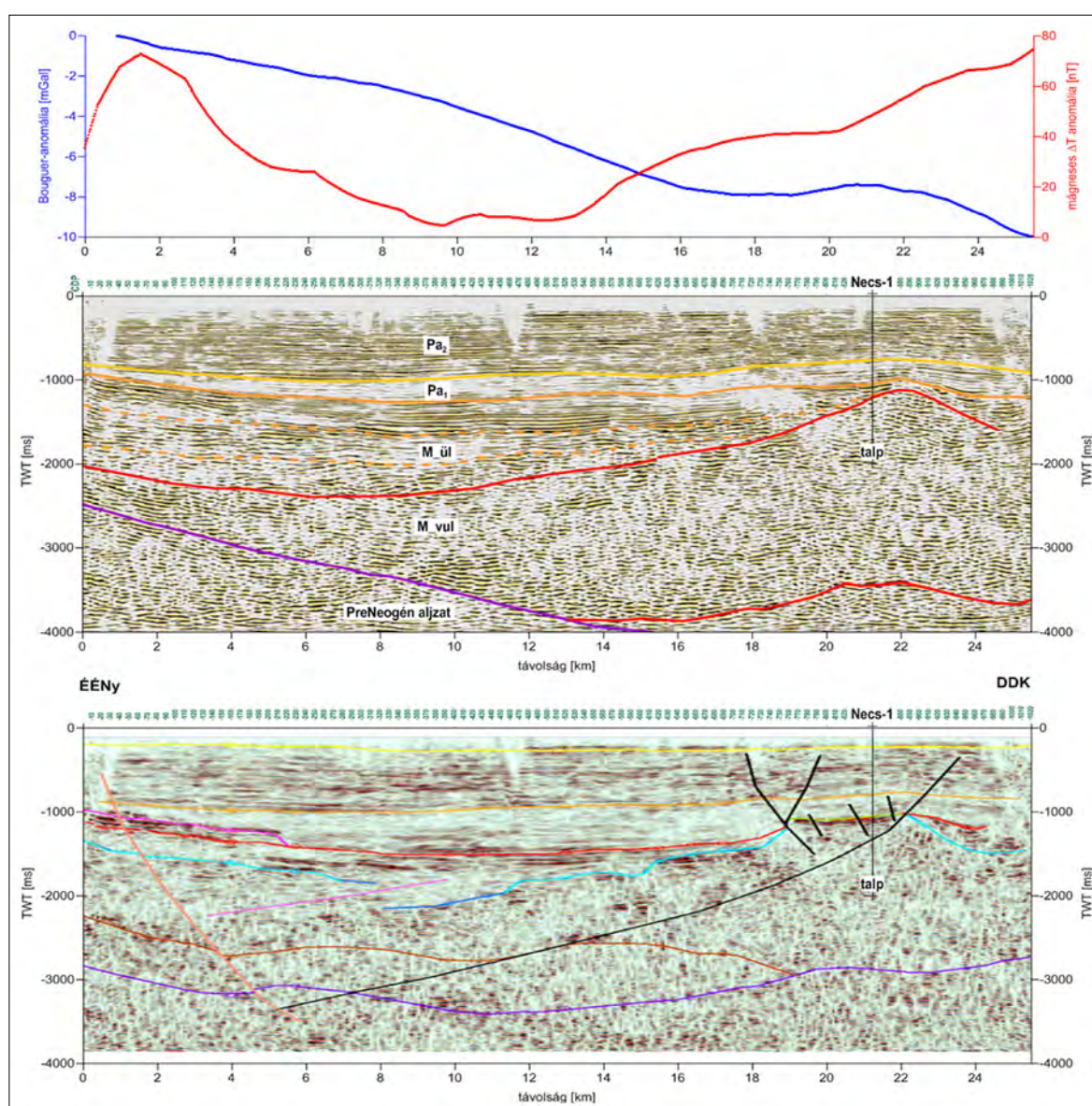
Kiss János, Cserkész-Nagy Ágnes, Lőrincz Katalin, Rádi Károly

### Jegyzetek

- <sup>1)</sup> vkm = vonalkilométer vízszintes távolság
- <sup>2)</sup> TESZ – Trans European Suture Zone
- <sup>3)</sup> sebességanomália – a szelvény mentén az átlagos sebességmenettől való eltérés mértéke ( $\Delta v$  paraméter)
- <sup>4)</sup> „Két nagyon régi olajos mélyrefrakciós szelvény, a BoR–3b és a BoR–16 pontosan a Necs–1 fúrásnál keresztelték egymást. A fúráson áthaladó ELGI-s No. 14/70 reflexiós szeizmikus szelvény nevezetessége, hogy ez volt a Magyarországon mért első többszörös fedésű (3×) szeizmikus szelvény.” (Bodoky Tamás)

### Hivatkozások

Bodoky T., Hobot J., Jánvári J., Nemesi L., Polcz I., Szabó G.-né., Szeidovitz Gy.-né (1974): Jelentés a Nyírségben végzett áttekintő geofizikai mérésekről (1961–1973), MBFG Adattár



33. ábra | Me–8 szeizmikus időszelvény értelmezett reflexiókkal. Részletes szeizmika alapján: Lőrincz Katalin, 2021 (alul), komplex adatok alapján egyszerűsített: Kiss János, 2022 (középen) gravitációs és mágneses anomáliagörbék (felül)

Figure 33 | Me–8 seismic time section with interpreted reflections, based on detailed seismics interpretation by Katalin Lőrincz, 2021 – bottom, simplified interpretation based on complex data by János Kiss, 2022 – middle and gravity and magnetic anomaly curves – top

- Bodoky T., Jánvári J., Nemesi L., Polcz I., Szeidovitz Gy.-né (1977): Komplex geofizikai kutatások eredményei a Nyírségben. *Általános Földtani Szemle*, 10
- Guterch A. (2002): Central European lithospheric experiment based on refraction 2000, The Celebration 2000 seismic experiment. *Geologica Carpathica*, 53.
- Gyarmati P. (1977): A Tokaji-hegység intermedier vulkanizmusa. Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve, LVIII. p. 195.
- Haas J., Budai T., Csontos L., Fodor L., Konrád Gy. (2010): Magyarország pre-kainozoos földtani térképe, 1:500 000. (Pre-Cenozoic geological map of Hungary, 1:500 000). A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest.
- Hajnal Z., Hegedűs E., Keller G. R., Fancsik T., Kovács A. Cs., Csabafi R. (2004): Low-frequency 3-D seismic survey of upper crustal magmatic intrusions in the northeastern Pannonian Basin of Hungary. *Tectonophysics*, 388, 239–252.
- Kiss J. (2021A): A szeizmikus litoszféra kutató szelvények felhasználása a nyírségi kutatásokban. *Magyar Geofizika*, 62/2, 105–123.
- Kiss J. (2021B): Eltemetett vulkáni kitérés központ(ok) nyomában ÉK-Magyarországon. *Magyar Geofizika*, 62/3, 150–169.
- Kiss J. (2022): Relatív térbeli fizikai paraméter-eloszlások a Nyírség és a Tokaji-hegység területén, Eltemetett vulkánmorfológiai elemek kimutatása gravitációs és mágneses mérési adatok alapján. *Magyar Geofizika*, 63/1, 1–17.
- Kiss J., Cserkész-Nagy Á., Zilahi-Sebess L., Rádi K., Vértesy L., Gulyás Á., Bauer M. Takács E., Gúthy T., Orosz L., Deák Zs. V., Paszera Gy. (2019A): GOFO-5 Mélyföldtani kutatások geofizikai módszerekkel (2019. évi jelentés), MBFG Adattár, Kézirat, p. 58.
- Kiss J., Vértesy L. (2020): A potenciáltér-anomáliák paraméterfüggősége és spektrális mélységmetzetek. *Magyar Geofizika*, 61/1, 8–18.
- Kiss J., Vértesy L., Gulyás Á. (2017): Földmágneses esettanulmányok a Balatonfelvidékről, a Duna–Tisza közéről és a Tokaji-hegység területéről. *Magyar Geofizika*, 57/4, 126–151.
- Kiss J., Vértesy L., Rádi K., Takács E., Detzky G., Füsi B., Gulyás Á., Paszera Gy., Deák Zs. V., Bauer M. (2018): Mélyföldtani kutatások geofizikai módszerekkel (2018. évi jelentés), MBFG Adattár, Kézirat, p. 89.
- Kiss J., Vértesy L., Zilahi-Sebess L., Takács E., Gulyás Á. (2019B): A Nyírség geofizikai kutatása. *Magyar Geofizika*, 60/3, 103–130.
- Kiss J., Zelenka T. (2009): Geological features, geophysical measurements and interpretation at the Telkibánya research area. In: *Geosciences, Telkibánya Geology, Proceedings of the University of Miskolc, Series A, Mining, Vol. 78*
- Lőrincz K. (2021): A Nyírség szeizmikus értelmezése, p. 6., Kézirat, Belső tanulmány, MBFSZ
- Nemesi L., Polcz I., Szeidovitz Gy.-né, Stomfai R. (1996): ÉK-Magyarország vulkanikus kőzetei a geofizikai mérések alapján. *Magyar Geofizika*, 37/3, 130–142.
- Zelenka T. (2000): A Tokaji-hegység vulkáni szerkezeteinek távérzékeléses (úr- és légifotó) vizsgálatai. *Földtani Kutatás*, 37/4, 13–17.
- Zelenka T., Gyarmati P., Kiss J. (2012): Paleovolcanic reconstruction in the Tokaj Mountains. *Central European Geology*, 55/1, 49–84. DOI: 10.1556/CEuGeol.55.2012.1.4

## Függelék

### Szeizmikus attribútumok a nyírségi szeizmikus szelvények értelmezésében (Lőrincz 2021)

- *Envelope (burkoló)*: az amplitúdók burkolóját jeleníti meg, kiemeli a reflexiós képben megjelenő különbséget, a vulkanitok lehatárolására a legalkalmasabb attribútum, de a flis elkülönítését is elősegíti.
- *Average energy (átlagenergia)*: az egyes részekre jellemző reflexiós kép különbségét átlagolva mutatja meg, ezáltal segít ezek lehatárolásában – az aljzat kijelölésben volt hasznos.
- *Instantaneous phase (pillanatnyi fázis)*: a vonalas elemek folytonosságát emeli ki azáltal, hogy csak a jelek fázisát jeleníti meg, így a kis amplitúdójú reflexiók ugyanolyan erősen jelennek meg, mint a nagyok – a tektonika, diszkordanciafelületek kijelölésében hasznos eszköz.
- *Similarity (koherencia)*: ahol nem koherensek a jelek, vagyis kicsi a hasonlóság, ott ad nagy értéket – tipikusan ilyenek a vetők, tehát a vetők azonosításában hatékony.
- *Finite difference (jellegkülönbség)*: kiemeli az egyes részekre jellemző reflexiós jellegkülönbséget, így a vulkanitok/üledékek/flis lehatárolásában segít.
- *Relative acoustic impedance (relatív akusztikus impedancia)*: az akusztikus impedanciakülönbséget erősíti fel, ezáltal differenciáltabb reflexiós képet eredményez, a véges differenciánál is erőteljesebben elkülönülnek rajta a vulkanitok/üledékek/flis reflexiós jellemzői.
- *Paraphase (parafázis)*: vizuálisan ad használható képet az üledék/vulkanit/flis elkülönítésben.

Továbbá a nem attribútum jellegű eljárások:

- *Frequency filtering (frekvenciaszűrés eljárás)*: 5–10 ÷ 30–40 Hz sávszűrés alacsony frekvenciás felülvágással, a kis frekvenciás komponensek kiemelésére – egy letisztultabb reflexiós képet hoz létre, így a vulkanit/üledék elkülönítését és a Pannon feké alatti felületek értelmezését segíti.

# Az „Eötvös 175” mérleg

Szarka L. Cs.

E-mail: szarka@ggki.hu

Publikációk, előadóülések, kulturális rendezvények, hazai és külföldi kiállítások, sportrendezvények (futóversenyek, gyalogos- és kerékpártúrák), emlékséta, valamint egy kőbe vésett keresztelési emléktábla: ez az „Eötvös 175” – Bárá Eötvös Loránd (1848–1919) születésének 175. évfordulója alkalmából szervezett eseménysor – mérlege. Az összegzés az Eötvös-örökség továbbadása céljából készült.

## Szarka, L. Cs.: The „Eötvös 175” balance

Publications, lecture sessions, cultural events, domestic and foreign exhibitions, sports events (running races, walking and bicycle tours), a commemorative walk, as well as a commemorative plaque engraved in stone: this is the balance of “Eötvös 175” – a series of events organized on the occasion of the 175th anniversary of the birth of Baron Roland Eötvös (1848–1919). The summary was prepared for the purpose of transmission the Eötvös heritage to the next generations.

Beérkezett: 2023. december 11.

## Bevezetés

Bárá Eötvös Loránd (Buda, 1848. július 27. – Budapest, 1919. április 8.; világhírű fizikus, geodéta, geofizikus és példamutató közéleti személyiség) halálának és születésének kerek (25-tel osztható), egymást 4 évvel követő évfordulópárosai közül mindig az a jelentősebb, amely 50-nel is osztható: 2019 és 2023 közül az első, 1994 és 1998 közül a második, 1969 és 1973 közül az első, 1944 és 1948 közül ismét a második. (Ezekhez az évekhez kötődően lehet az adott korszak Eötvös-értékelését megtalálni; a legelső életműméltatás még életében, 1918-ban megszületett.) Legközelebb 2044 és 2048 lesz kerek évfordulópáros. Érdemes tehát az utánunk következő generációnak megőrizni, mi történt 2023-ban (és 2019-ben).

## Az emlékév lefolyása

Az UNESCO együttműködésével megrendezett „Eötvös 100”-at (<https://eotvos100.hu>) és nem mindennapi utóeseményeit (gyerekkori verseskötetét és a Gesztenyés kerti szoboravatást) követően nem sokkal újra felállt a 2019-es emlékév koordinálásra létrehozott testület. Segítőink (be-

fogadóhely: MTA Könyvtár és Információs Központ, honlap: Márkus Zsolt és Weisz Zsolt, SZTAKI, logó: Juhász Márton, Sopron) jóvoltából a szükséges technikai feltételek is rendelkezésre álltak. Számot vetve a sokkal szerényebb 2023-as lehetőségekkel, lényegében csak az eötvösi örökséget hordozó partner szervezetek által saját erőből megvalósítható programok összehangolására vállalkozhattunk. Az egyes szervezetek szándékait megismerve, három egyeztetést követően összerendezett eseménysort és azt látványosan bemutató programfüzetet sikerült összeállítani.

A megvalósult eseménysorból (1. táblázat) kitűnik, hogy a legtöbb eseményt a Budapesti Egyetemi Atlétikai Klub (BEAC, amelynek kerek 150 évvel ezelőtt lett alapítóelnöke Eötvös Loránd) és az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány (az SZTFH által is támogatott ELGA) szervezte. Anyagilag és tartalmilag is további jelentős hozzájárulás történt a HUN-REN (2020 és 2023 között „Eötvös Loránd Kutatási Hálózat” néven ismert intézmény) és a Magyar Tudományos Akadémia részéről is. Az Eötvös Loránd-örökségápolás 2023-as feladataiban a listában felsorolt minden egyes partner, továbbá számos iskola az anyagi lehetőségekhez és személyi adottságokhoz igazodva vett részt.

1. táblázat. Az „Eötvös 175” eseménysora, időben visszafelé haladva (2023. december 10-ei kigyűjtés alapján)

2024 tavasza	Budapest V.	Könyvbemutató (Eötvös jegyzetei)	ELTE, MTA
Közeljövőben	országos	Filmbemutató (Eötvös lányai)	Eötvös-Expedition
2024. január 17. (előzetes)	Budapest VII.	Előadás	Művészetbarátok Egyesülete
2023. december 19.	Sopron	Eötvös 175 előadás	Kitaibel Pál Természettudományi Asztaltársaság
2023. december 18.	Budapest V.	Könyvbemutató és záróülés	ELGA, MTA KIK
2023. december 16.	Budapest XI.	Eötvös „100 km+75 km”. X. PIPU (Polythlon InfoPark Ultramaraton)	BEAC
2023. november 23.	Budapest XI.	Előadás: Mágikus Eötvös-tényező	MTA, ELTE
2023. november 22.	Keszthely	Előadás: Eötvös Loránd, a tanár	Vajda János Gimnázium
2023. november 15.	Budapest VII.	Előadás	Művészetbarátok Egyesülete
2023. november 3.	Győr	Eötvös Loránd sokszínű hagyatéka – előadóülés	Széchenyi István Egyetem
2023. október 26.	Budapest XII.	Eötvös Loránd a fotográfus nyomában Dolomitokban – előadás	Jókai Klub
2023. október 16., 20., 21.	Budapest VIII.	Tér a Városban, Város a Térben – fényképkiallítás	FSZEK Kisgaléria
2023. október 5.	Kolozsvár	5vös-Kóréh Barna Emlékfutás és kerékpározás	Apáczai Elméleti Líceum
2023. október 4.	Kolozsvár	Eötvös 175 és Süss 175 nap – előadások	Apáczai Elméleti Líceum Encyclopaedia Egyesület
2023. október 1. – november 12.	Budapest XII.	MOM Emlékkiállítás	MOM Emlékalapítvány
2023. szeptember 28.	Budapest XII.	Eötvös 175 kulturális ünnepség	ELGA
2023. szeptember 28.	Budapest XII.	Koszorúzás a báró Eötvös Loránd szobránál	ELGA
2023. szeptember 20.	Budapest XI.	XLIV. 5vös 5km Futóverseny	BEAC
2023. szeptember 20.	Arad	Emléktábla-koszorúzás és ünnepség	Csiky Gergely Főgimnázium, ELFT
2023. szeptember 20.	Budapest V.	Eötvös Loránd Tudományos Emlékülés	MTA
2023. szeptember 18–19.	Budapest II.	Nemzetközi Wigner Konferencia, Eötvös szekció	Wigner FK
2023. szeptember 9.	Verőce-Hűvös-völgy	Turista Kékszalag	Téry Ödön T. B. T.
2023. szeptember 4.	Budapest XI.	Ünnepi megemlékező előadások az Eötvös Collegium tanévnyitóján	ELTE Eötvös József Collegium
2023. augusztus 12–19.	Budapest – Misurina tó	III. Eötvös Loránd kerékpár-expedíció	BEAC
2023. augusztus 10.	Poprád	150 éves a Magyar Kárpát Egyesület – kiállításmegnyitó	Téry Ödön T. B. T.
2023. augusztus 9–13.	Budapest – Misurina tó	II. Eötvös Loránd kerékpár-expedíció	BEAC
2023. július 29.	Dobogókő	Jégcsákány-elhelyezés	MTE

1. táblázat. (folyt.)

2023. július 27.	Budapest I.	Emléktábla-elhelyezés	Havas Boldogasszony Plébániatemplom, ELGA
2023. július 27.	Budapest	Eötvös 175 budapesti emlékhely-túra	ELGA, ELFT
2023. július 13–17.	Berlin	Eötvös-inga-kiállítás az IUGG General Assemblyn	HUN-REN, FI
2023. május 24.	Cellödömölk	Eötvös Loránd életét és munkásságát bemutató kiállítás megnyitója	ELGA
2023. május 15.	Budapest II.	MFT tudománytörténeti előadónál előadás	MFT
2023. május 11.	Budapest XI.	ELTE TTK Eötvös Nap	ELTE TTK
2023. május 9.	Budapest XI.	XLIII. Svös 5km Futóverseny	BEAC
2023. április 30.	Esztergom	Sárga70 teljesítménytúra	BEAC
2023. április 6.	Budapest VIII.	Eötvös Loránd sírjának megkoszorúzása (rendes éves program)	MGE
2023. március 31. – április 1.	Nagybörzsöny	Eötvös Loránd-előadás és -kiállítás	MGE
Alkalmilag	Budapest XIV.	Eötvös Loránd-emlékkiállítás	SZTFH
Egész évben nyitva	Budapest V.	A pontosság bűvöletében – Eötvös Loránd élete és munkássága. Kiállítás	ELTE Egyetemi Könyvtár és Levéltár

Eötvös Loránd július 27-ei születésnapjára Eötvös hazai és kiemelkedő külföldi tisztelőinek „Eötvös 175” logóval ellátott (Dél-Tirolból kifejezetten erre az év-  
fordulóra kapott), szabadon terjeszthető képeslapot küldtünk (1. ábra).



1. ábra. Középen a báró Eötvös Loránd (1848–1919) nevét viselő Eötvös-csúcs, a Cima Cadini di Eötvös, 2837 m (Dolomitok, Dél-Tirol; Fotó: Kurt Stauder, Toblach)



2. ábra. Csoportkép 2023. július 27-én, az „Eötvös 175” emlékséta második állomásán, a Budapest XII. Gesztenyés kerti Eötvös Loránd-szobornál (Polgár Zoltán felvétele)

Az emlékévként kiemelkedő szakaszai a nyári születésnap körül – „Eötvös 175” kiállítás a berlini IUGG-n, születésnap emléktúra Budapesten (2. ábra), jégcsákány-elhelyezés Dobogókőn, Eötvös és lányai nevezetes kerékpáros-kalandjának felelevenítése – zajlottak, valamint az egykori – Eötvösök által 1906-ban megszervezett – Internationale Erdmessung kezdő- és zárónapjához igazítva (aradi csatlakozó rendezvényt kiegészített akadémiai emlékülés, koszorúzás és kulturális ünnepség). A különféle oktatási intézményekben – Budapesten, Keszthelyen, Kolozsváron, Szombathelyen stb. – elhangzott előadásokat külön meg kell említeni. Az eseményekről, visszhangjukról az együttes „Eötvös 100” és „Eötvös 175” honlapon rendszeresen beszámoltunk, és a rendelkezésre álló dokumentumokat az

elektronikus archívumban is megőriztettük. A *Magyar Geofizika* az „Eötvös 175” eseményekről szerkesztőségi hírekben számolt be (MaGeof 2023).

2023 végén az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány jóvoltából az Eötvös Loránd Dolomitokbeli hegymászásairól írt dél-tiroli könyvfejezet magyarul is megjelent (Strobl, 2023, ld. a következő részben), így Eötvös Lorándhoz méltó emlékévkéző eseményt is szervezhettünk.

### Publikációk

Az egyes eseményekről számos színes beszámoló született, vagy van készülőben. Az „Eötvös 175” archívumban található tételek listáját a 2. táblázat mutatja be. E beszámolóban a publikációkat igyekszem áttekinteni.

2. táblázat. Az „Eötvös 175” archívumban szereplő tételek (2023. december 10-ei kigyűjtés alapján)

FÖCIK	3. Baksa Csaba Kárpát-medencei Földrajz és Földtudományi Versenyen résztvevő diákcsoportok által készített 25 „Eötvös 175” kisfilm
AnTaRik Szeged	3. Baksa Csaba Kárpát-medencei Földrajz és Földtudományi Versenyre készített 25 „Eötvös 175” kisfilm
Humuhumunukunukuapuaa Szeged	3. Baksa Csaba Kárpát-medencei Földrajz és Földtudományi Versenyre készített 25 „Eötvös 175” kisfilm
Kavzárók Pécs	3. Baksa Csaba Kárpát-medencei Földrajz és Földtudományi Versenyre készített 25 „Eötvös 175” kisfilm
Cserti József	A mágikus Eötvös-tényező. Avagy hogyan mérte meg Eötvös Loránd a gravitációs állandót ingájával és ólomtégláival? Magyar Tudomány Ünnepe, Budapest, 2023. november 23.: az előadás videofelvétele
Dömötör Pirokska, Horváth András	Az inga, a csúcs, a törvény, az effektus és a hágó. Eötvös Loránd sokszínű hagyatéka, Magyar Tudomány Ünnepe, Széchenyi István Egyetem Fizika és Kémia Tanszék, Győr, 2023. november 3., az előadás prezentációja és videofelvétele

## 2. táblázat. (folyt.)

Bozsó István	Az Eötvös-inga múltja, jelene és jövője. Kolozsvár, Apáczai Csere János Elméleti Líceum, 2023. október 4., az előadás prezentációja
Sólyom Jenő	Eötvös Loránd az ember és a fizikával kapcsolatos kutatásai. Kolozsvár, Apáczai Csere János Elméleti Líceum, 2023. október 4., az előadás prezentációja
Rockenbauer Antal	Kozmológia és gravitáció. HUN-REN Természettudományi Kutatóközpont, Kutatók Éjszakája, 2023. szeptember 29–30., az előadás prezentációja
Pályi András	Az Eötvös-inga-mérések hőskorára emlékezünk – Felolvasta: Kemény András Hegyvidéki Kulturális Szalon, 2023. szeptember 28., az előadás szövege
Kis Domokos Dániel	A természetszerető Eötvös Loránd. Hegyvidéki Kulturális Szalon, 2023. szeptember 28., az előadás prezentációja
Grábler Zsuzsanna	Eötvös Expedíció. Hegyvidéki Kulturális Szalon, 2023. szeptember 28., az előadás prezentációja
Imre László	Eötvös Loránd műszerésze. Hegyvidéki Kulturális Szalon, 2023. szeptember 28., az előadás prezentációja
Pályi András	Ízelítő Eötvös Loránd személyiségjegyeiből – Felolvasta: Kemény András. Hegyvidéki Kulturális Szalon, 2023. szeptember 28., az előadás szövege
Heilauf Zsuzsanna	Eötvös Loránd Szent Lőrinc pusztán Pestszentlőrincen. Hegyvidéki Kulturális Szalon, 2023. szeptember 28., az előadás prezentációja
Szarka László	„Eötvös 175” fényképes beszámoló: Budapest Hegyvidék, 2023. szeptember 28.
Szarka László	Gesztenyés kerti beszéd, 2023. szeptember 28.
Freund Tamás	MTA-elnöki megnyitó. MTA „Eötvös 175” Tudományos Emlékkülés, 2023. szeptember 20., az előadás videofelvétele és szövege
Ván Péter	Ekvivalenciaelvek és gravitációelméletek. MTA „Eötvös 175” Tudományos Emlékkülés, 2023. szeptember 20., az előadás videofelvétele és prezentációja
Völgyesi Lajos	Eötvös-ingák felújítása és továbbfejlesztése, jel/zaj elemzése. MTA „Eötvös 175” Tudományos Emlékkülés, 2023. szeptember 20., az előadás videofelvétele és prezentációja
Kaptay György	A kolloidkémia Eötvös egyenlete. MTA Eötvös 175 Tudományos Emlékkülés, 2023. szeptember 20., az előadás videofelvétele és prezentációja
Földváry Lóránt	Eötvös-inga az űrben. MTA „Eötvös 175” Tudományos Emlékkülés, 2023. szeptember 20., az előadás videofelvétele és prezentációja
Kiss János	Gravitációs és mágneses mérések, adatok, feldolgozások Eötvös után, napjainkig. MTA „Eötvös 175” Tudományos Emlékkülés, 2023. szeptember 20., az előadás videofelvétele és prezentációja
Porkoláb Kristóf	Földfizikai kutatások Eötvös és Kövesligethy nyomdokain. MTA „Eötvös 175” Tudományos Emlékkülés, 2023. szeptember 20., az előadás videofelvétele és prezentációja
Timár Gábor	Felületek térképezése: Eötvös fizikai munkái a felületi feszültségtől a torziós mérlegig. MTA „Eötvös 175” Tudományos Emlékkülés, 2023. szeptember 20., az előadás videofelvétele és prezentációja
Csiky Gergely Főgimnázium	Az aradi Eötvös-emléktábla 2023. szeptember 20-ai koszorúzásáról az MTA-n bejátszott felvétel
Székely Mózes	II. Eötvös Loránd Kerékpártúra – beszámoló
Székely Mózes	III. Eötvös Loránd Kerékpártúra – beszámoló
Holló Csaba	175 éve született báró Eötvös Loránd. Munkásságának jelentősége kortársai írásainak tükrében. EMT-előadás, Nagyszalonta

A július 27-ei születésnapra született írások közül Kis (2023a, 2023b) két részes általános összefoglaló, Tőry (2023) fotóművészeti jellegű, Bogdán (2023) egy üdítő Eötvös-anekdótát idéz fel, Polgár (2023a, 2023b) az MTE tagjainak szól, Holló (2023) pedig a nagyszalontai EMT-n hangzott el. Szarka et al. (2023) a berlini IUGG General Assemblyn bemutatott „Eötvös 175” kiállítást kiegészítő poszterelőadás anyaga. Szarka (2023) az „Eötvös 100” IUGG-vonatkozásait idézi fel (a 2019–2022 időszakról szóló magyar nemzeti IUGG-jelentéshez kapcsolódva). Az Eötvös-émlékévek weboldalán közzétettük (Szarka és Lukács 2023) A távolba hatás kérdéseiről című, 1877-es Eötvös Loránd-tanulmány egyszerűsített (a *Magyar Nemzet* 2019. április 8-ai számában megjelent) változatának angol fordítását.

A *Fizikai Szemle* 2023. novemberi és decemberi számában két-két tudományos igényű tanulmány jelent meg (Cserti és Dávid 2023, Patkós 2023, illetve Ván és Pszota 2023, Völgyesi et al. 2023; az utóbbi kettő az MTA-n 2023. szeptember 20-án elhangzott előadáson alapszik). Novemberben látott napvilágot a július 27-ei budapesti Eötvös Loránd emlékséta ismertetője (Szarka 2023), a befejező állomáson (a Havas Boldogasszony Plébániatemplomban, Eötvös Loránd keresztelőjének helyszínén) elhangzott emléktábla-avatóbeszéd (Pályi 2023). Ugyanennek a lapszámnak a hátsó belső borítóján az emlékséta képgyűjteménye is megnézhető. Az emléksétán elhangzott kiselőadások szövegét a *Fizikai Szemle* 2024 folyamán közli le (Kis 2024a, 2024b, 2024c, Pályi 2024, Imre 2024, Koltai 2024, Székely, 2024, Schlay 2024, Molnár és Babus 2024, Tóth 2024).

Garai Imrénének az Eötvös Collegium tanévnyitóján elhangzott előadása a Magyar Tudomány „Eötvös 175” számában, 2024 márciusában jelenik meg, az MTA Eötvös Loránd Tudományos Emlékülésen elhangzott négy előadás alapján dolgozatokkal egyetemben (Kaptay 2024, Kiss 2024, Földváry et al. 2024, Völgyesi et al. 2024). Ugyanitt a kapcsolódó aradi rendezvényről szóló élménybeszámoló (Ormos 2023), sőt az Aradra is közvetített MTA-elnöki beszéd (Freund 2023) is olvasható. Az előadásokhoz külön bevezető készült (Szarka és Solyom 2023).

Pillanatnyi tudásunk szerint a legfrissebb megjelent publikáció egy nem akármilyen könyv: a dél-tiroli Wolfgang Strobl: „Zu Gast in Schluderbach” (Vendégségben Schluderbachban) című kötetéből az Eötvös hegymászásairól szóló fejezet magyar változata (Strobl 2023, Ormos Tamás fordításában, magyar szakmai lektor: Kis Domokos Dániel). Reménység szerint az „Eötvös 175” publikációk sora itt nem említett tételekkel is kiegészülhet.

## Összefoglalás, előretétekintés

Az „Eötvös 175” nagyjából az előzetes várakozásoknak megfelelően, tiszteességgel lefolyt. Sajnos nem kísérte kiemelt sajtófigyelem, pedig az Eötvös-örökség ápolásának

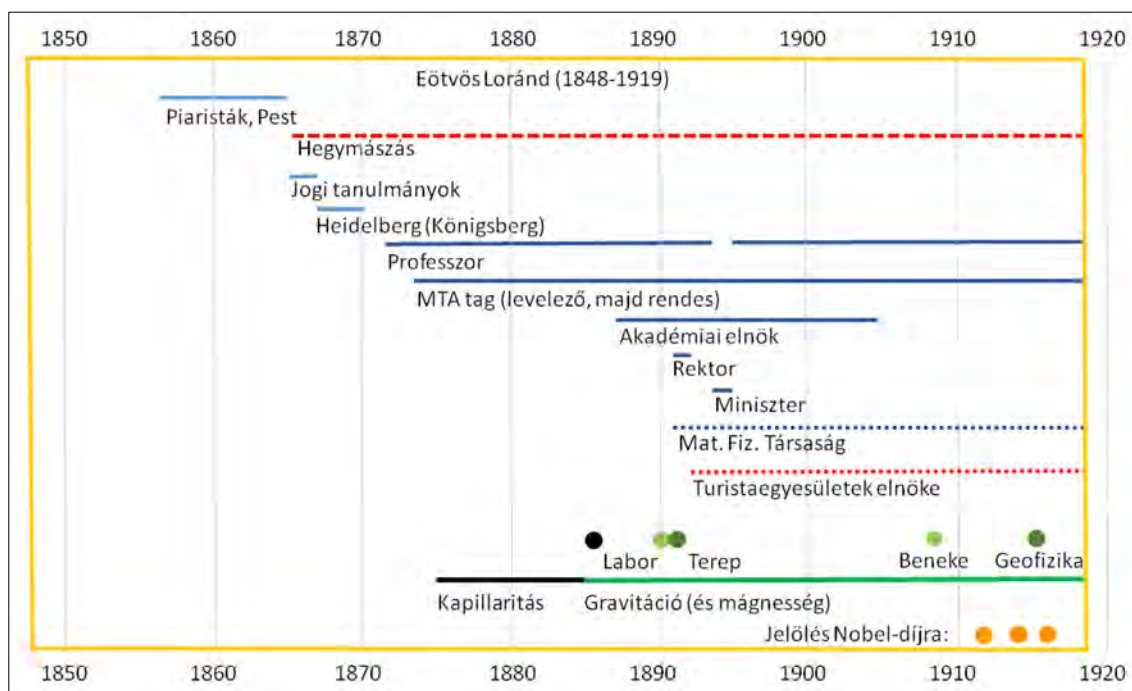
véleményem szerint közügynek kellene lennie. Néhány speciális vonatkozásra ezúton szeretném felhívni az olvasók figyelmét.

**Nemzeti örökség.** Már 2019-ben kitapintható volt, hogy kishitűség és tudatlanság azt gondolni, hogy Eötvös Loránd tudományos öröksége a világban nem él elevenen. Bolyai János 1823-as – 2023. november 2-án kerekén kétszáz éves – geometriai felfedezése előtt Eötvös Loránd 1903-ban eképp tisztelgett: : „...ha igazi tudósok és – a mint kell – jó magyarok akarunk lenni, úgy a tudomány zászlóját olyan magasra kell emelnünk, hogy azt hazánk határain túl is meglássák és megadhassák neki az illő tiszteletet. Ez a mi eszményünk, ez valósult meg Bolyai alkotásával egyszer; ilyen teljes mértékben talán egyetlen szer.” Bolyai 1823-as felfedezésével Eötvöséi is összemérhetők, és a magyar eredmények sora – amint 2023-ban két Nobel-díj is mutatja – nincs lezárva. Eötvös személyisége a magyar ifjúság kívánatos példaképe lehetne.

**Archívum.** Az „Eötvös 175” keretében összegyűjtött és az ezután megjelenő dokumentumok szándékunk szerint mind bekerülnek abba az elektronikus archívumba, amely a négy évvel ezelőtti „Eötvös 100” – halálának centenáriuma alkalmából rendezett emlékvé – keretében létesült (<https://eotvos100.hu/>).

**Újabb kerek évforduló.** 1924-et a nagyvilágban a szénhidrogén-kutató geofizika születési évének tartják. A világ geofizikusainak zöme leginkább azt ünnepli, hogy a német Ludger Mintrop refrakciós módszerrel kimutatott egy texasi sódómot (Orchard, Fort Bend County). Ez azonban kétszeresen is hibás. Először is a texasi refrakciós mérés előtt három hónappal egy harminc mérföldnyire lévő másik sódómot (Nash Dome, Fort Bend County) Eötvös-íngával mutattak ki (amerikai geofizikusok). Másodszor, Mintrop 1919-ben Németországban, Eötvös pedig 1916-ban Magyarországon (Egbell mellett) már végzett szénhidrogén-kutató terepi méréseket. A szénhidrogén-kutató geofizika születése Eötvös Lorándhoz és Magyarországhoz, a mi közös Kárpát-medencénkhez fűződik. Tény, hogy a szénhidrogén-kutató geofizika Eötvösnek és Mintropnak köszönhető. Az emberiség jólétét elhozó felfedezésekért – az ELTE Egyetemi Könyvtár és Levéltár Eötvös-kiállításán sugallt képkockákkal ellentétben – egyiküknek sincs székelyvölgyi! Nagy különbség persze ketjük között, hogy Mintrop 1919-ben szabadalmaztatta módszerét, Eötvös nem. Eötvös 1919. április 8-ai halála, majd Trianon után az Eötvös-inga gazdasági haszna szinte magától értetődően (?) került a győztes hatalmak cégeihez. Mintrop ugyanakkor saját céget alapított, és az USA-ban személyesen végezte a méréseket. Az Eötvös-inga világgazdasági karrierjét a magyar tudomány hatalmas sikerének, de a magyarországi innováció intő példájának tartom.

**Dél-Tirol.** Eötvös dél-tiroli kis faluja (Schluderbach, olaszul Carbonin) közigazgatásilag ma Toblach-hoz (Dobbi-



3. ábra. Eötvös Loránd életútjának tömör összefoglalása

acio) tartozik. Sokakat vonzó vidék: Gustav Mahler osztrák zeneszerző éveket időzött ott. Az ő emléket ma Toblachban szobor örökíti meg. 2019-ben Toblachban újra feléledt az Eötvös Loránd iránti érdeklődés: a toblachi könyvtár „Eötvös 100” fotokiállítását is szervezett, a kisváros részéről pedig felvetették egy ottani Eötvös Loránd-szobor létesítésének gondolatát. Aztán jött a COVID, és az ügy elhalt. Jó lenne újra elővenni! Mint ahogyan Eötvös Loránd azon a tájon készített sztereofényképeit is érdemes lenne rendszeresen bemutatni. Az egykori Monarchiával szomszédos Cortina d’Ampezzo (a 2026-os téli olimpia helyszíne) is kiváló kiállítóhely lehetne!

**Tényalapú tudomány.** Eötvös Loránd mindvégig kísérleti fizikus volt; a földalakkal foglalkozva „geodéta”, majd a mélységeket kutatva „geofizikus” is lett. Életműve fényesen bizonyítja, hogy – miközben a tudományos hipotézisek jönnek-mennek – a kísérleti eredmények (a tények) örökre megmaradnak.

**Életút.** Tapasztalataink szerint érdemes Eötvös életművét minél egyszerűbb formában is megismertetni. Életútjának főbb állomásait bemutató – emlékezet-frissítőként szolgáló – ábráját (3. ábra) e célból teszem közzé.

**Az összeállítást készítette:**

Szarka László Csaba

## Hivatkozások

Bogdán Melinda (2023): A főapát szekundája, [https://www.opkm.hu/?lap=hir/egyhir&hir\\_id=732](https://www.opkm.hu/?lap=hir/egyhir&hir_id=732)

Cserti József, Dávid Gyula (2023): Eötvös mágikus száma. *Fizikai Szemle* 73, 11, 369–382.

Devescovi Balázs (2024): Eötvös Loránd nyomában a Trefortkertben. *Fizikai Szemle*, 74 (megjelenőben)

Földváry Lóránt, Tóth Sándor, Fortágh József, Domokos Péter (2024): Gradiometria, avagy a nehézségi térerősség gradiensek méréstana: múlt, jelen, jövő (Gradiometry, the measurement of gravity gradients: past, present and future). *Magyar Tudomány* 2024/3 (megjelenőben)

Freund Tamás (2024): Elnöki köszöntő. *Magyar Tudomány*, 2024/3 (megjelenőben)

Garai Imre (2024): „[...] a közművelődés ügye iránt elkötelezett báró” – Eötvös Loránd szerepe a középiskolai tanárképzés 19. század végi reformjaiban, hagyatékának sorsa a két világháború közötti időszakban (“[...] the baron committed towards the education of the public” – The Role of Loránd Eötvös in the Reforms of the Secondary Teacher Training in the Late 19th Century and the Handling of his Legacy in the Interwar Period). *Magyar Tudomány* 2024/3 (megjelenőben)

Groma István (2024): A fizikus. *Fizikai Szemle*, 74 (megjelenőben)

Holló Csaba (2023): Előadás, Erdélyi Magyar Műszaki Társulás, Tudomány és – Technika Történeti Konferencia, Nagyszalon-ta, 2023. június 29. – július 2., <https://bomek.hu/2023/07/12/175-eve-szuletett-baro-eotvos-lorand-munkassaganak-jelentosege-kortarsai-irasainak-tukreben/>

Imre László (2024): Megemlékezés a Süss Nándor sétányon. *Fizikai Szemle*, 74 (megjelenőben)

Kis Domokos Dániel (2023a): A Svábhegytől az Eötvös-csúcsig Eötvös Loránd nyomában. Első rész, [https://nemzetikonyvtar.blog.hu/2023/07/27/a\\_svabhegytol\\_az\\_eotvos-csucsig\\_eotvos\\_lorand\\_nyomaban\\_elso\\_resz](https://nemzetikonyvtar.blog.hu/2023/07/27/a_svabhegytol_az_eotvos-csucsig_eotvos_lorand_nyomaban_elso_resz)

Kis Domokos Dániel (2023b): A Svábhegytől az Eötvös-csúcsig Eötvös Loránd nyomában. Második rész, <https://nemzeti->

- konyvtar.blog.hu/2023/07/27/a\_svabhegytol\_az\_eotvos-csucsig\_eotvos\_lorand\_nyomaban\_masodik\_resz
- Kis Domokos Dániel (2024a): Az édesapa svábhegyi mellszobránál. *Fizikai Szemle*, 74 (megjelenőben)
- Kis Domokos Dániel (2024b): Eötvös és a Régi Képviselőház. *Fizikai Szemle*, 74 (megjelenőben)
- Kis Domokos Dániel (2024c): Than Károly és a Vegytani Intézet. *Fizikai Szemle*, 74 (megjelenőben)
- Kiss János (2024): Gravitációs és mágneses mérések, adatok, feldolgozások, Eötvös után, napjainkig (Gravity and magnetic measurements, data, processing, after Eötvös, to the present day). *Magyar Tudomány* 2024/3 (megjelenőben)
- Kaptay György (2024): A „capillaritási tünetek”, azaz Eötvös kapilláris egyenlete és annak háttere (The capillarity phenomena that is the capillarity equation by Eötvös and its background). *Magyar Tudomány* 2024/3 (megjelenőben)
- Koltai András (2024): A piarista diák. *Fizikai Szemle*, 74 (megjelenőben)
- MaGeof (2023): „Eötvös 175” – Hírek. *Magyar Geofizika*, 64, 2, 111–112.
- Molnár Andrea, Babus Antal (2024): Eötvös Loránd akadémiai elnökségéről. *Fizikai Szemle*, 74 (megjelenőben)
- Ormos Pál (2024): Megemlékezés Aradon 2023. szeptember 20-án az Eötvös 175 rendezvénysorozat keretében. *Magyar Tudomány* 2024/3 (megjelenőben)
- Patkós András (2023): A párhuzamosok időnként durván egymásba metszenek (Eötvös Loránd és Kármán Tódor). *Fizikai Szemle* 73, 11, 394–396.
- Pályi András (2023): Emléktábla-avatóbeszéd. *Fizikai Szemle* 73, 11, 404–405.
- Pályi András (2024): Eötvös Loránd szobránál. *Fizikai Szemle*, 74 (megjelenőben)
- Polgár Zoltán (2023a): 175 éve született Eötvös Loránd. *Magyar Turista*, 2023/9, 4–6.
- Polgár Zoltán (2023b): Kerékpárral Eötvös nyomában. *Magyar Turista* 2023/9, XI–XII.
- Schlay Georgina (2024): A pontosság bővületében – Eötvös Loránd élete és munkássága. Kiállítás az ELTE Egyetemi Könyvtár és Levéltárban. *Fizikai Szemle*, 74 (megjelenőben)
- Strobl, Wolfgang (2023): Bárány Eötvös Loránd és leányai, Ilona és Rolanda a Dolomitokban. *Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány*, Budapest, 2023
- Szarka László (2023): A budapesti Eötvös 175 emlékhelytúra. *Fizikai Szemle* 73, 11, 402–403.
- Szarka László (2023): IUGG aspects of the Eötvös 100 commemorative year. *Geomatikai Közlemények*, 25, 139–146.
- Szarka László, Barta Veronika, Dencs Zoltán, Juhász Márton, Kis Domokos Dániel, Zsolt Regály, Strobl, Edith, Strobl, Wolfgang (2023): Alpine stereographic photographs taken by Baron Roland Eötvös (1848–1919). IUGG Berlin, Abstract No: IUGG23-3124
- Szarka László, Lukács Béla (2023): A message from Roland Eötvös. <https://eotvos100.hu/>
- Szarka László, Sólyom Jenő (2024): „Eötvös 175” a Magyar Tudományban. *Magyar Tudomány* 2024/3 (megjelenőben)
- Székely Mózses (2024): A rektor és a sportember. *Fizikai Szemle*, 74 (megjelenőben)
- Tóth Zsolt (2024): Megemlékezés a Fiumei Úti Sírkertben. *Fizikai Szemle*, 74 (megjelenőben)
- Tóry Klára (2023): A magyar műkedvelő fényképezés kimagasló alakja: Bárány Eötvös Loránd (1848–1919), <https://punkt.hu/2023/08/27/a-magyar-mukedvelo-fenykepezes-kimagasló-alakja-baro-eotvos-lorand-1848-1919/>
- Ván Péter, Pszota Máté (2023): Ekvivalenciaelvek és gravitációelméletek (Equivalence principles and gravitation theories). *Fizikai Szemle* 73, 12, 405–415.
- Völgyesi Lajos, Szondy György, Tóth Gyula, Fenyvesi Edit, Kovács Péter, Kiss Bálint, Égető Csaba, Barnaföldi Gergely Gábor, Lévai Péter, Ván Péter (2023): Eötvös-ingák felújítása és továbbfejlesztése, jel-zaj viszonyaik elemzése (Renovation and further development of Eötvös’ torsion balances, analysis of their signal-noise relations). *Fizikai Szemle*, 73, 12, 416–422.
- Völgyesi Lajos, Szondy György, Tóth Gyula, Fenyvesi Edit, Kovács Péter, Kiss Bálint, Égető Csaba, Barnaföldi Gergely Gábor, Lévai Péter, Ván Péter (2024): A torziós ingák jelentősége Eötvös Loránd születése után 175 évvel (The significance of the torsion balance 175 years after Roland Eötvös’ birth). *Magyar Tudomány*, 2024/3 (megjelenőben)

## Dr. Tóth József

### 1954 – 2023

Szomorú szívvel tudatjuk, hogy Dr. Tóth József tagtársunk és barátunk 2023. november 26-án életének 70. évében tragikus hirtelenséggel elhunyt.

Jóska 1954-ben született, gazdag és sikeres pályafutást hagy maga mögött. A nyugdíjba vonulásáig eltelt 43 évet az olajiparban töltötte, a petrofizika területén töltött be különböző pozíciókat, a terpmérnöktől a vezetői pozícióig. 1977-ben a Nehézipari Műszaki Egyetemen szerzett geofizikai mérnök MSc-fokozatot, majd 1987-ben ugyanott doktorált. 1994-ben pedig közgazdász diplomát a Külkereskedelmi Főiskolán.

Tudása és tapasztalata kiterjedt a szakma által lefedett valamennyi szegmensre, alátámasztva azt hatalmas hazai és nemzetközi gyakorlattal. Neve egyet jelent a



Dr. Tóth József  
1954 – 2022

termelési kútszelvényezés magyarországi bevezetésével és alkalmazásával. Pályája során mentorként, tanácsadóként és egyetemi oktatóként petrofizikusok több generációját nevelte ki. Több mint 40 tudományos publikáció szerzője vagy társszerzője. Szakmai és társadalmi tevékenységéért különböző elismerésekben részesült.

Hosszú éveken keresztül volt a Magyar Geofizikusok Egyesülete Alföldi Csoportjának elnöke, valamint tagja az MGE Elnökségének.

Nyugodjék békében!

*Magyar Geofizikusok Egyesületének  
Alföldi Csoportja  
Magyar Geofizikusok Egyesületének  
Elnöksége*

## Prof. Dr. Dr. h.c. Lothar Dresen, az MGE tiszteletbeli tagja

Lothar Dresen volt tagtársunk a bochumi Ruhr-Egyetem Földtudományi karának dékánja a bochumi Geofizikai Intézet EAGE Schlumberger-díjával kitüntetett nemzetközi tekintélyű professzora, a Miskolci Egyetem tiszteletbeli doktora 2023. december 21-én hosszú betegséget követően elhunyt.

Dresen professzor 1978-tól kezdve állt szoros kapcsolatban a magyar geofizikusokkal, 1980-tól tagja volt Egyesületünknek. Nyugdíjba vonulásáig aktívan részt vett a hazai tudományos életben, a kutatás és oktatás területén jelentősen támogatta a magyar geofizikusokat. Az együttműködésnek keretet adó számos MTA/DFG, illetve PHARE-Tempus és IAESTE projekt külföldi vezetését vállalta. Ezen kölcsönös kapcsolat eredményességét négy diplomamunka, hat PhD, két kandidátusi, és egy akadémiai doktori fokozat, valamint 46 publikáció és konferenciaelőadás – ezek között több az MGE szervezésben – is fémjelzi.

Az együttműködés keretében rendszeresek voltak a kutatók, oktatók és hallgatók kölcsönös látogatása. A közös munka során nem csupán szakmai eredmények születtek, hanem mély barátságok is szövődtek. Dresen professzort a bányá-, mérnök- és környezetgeofizika területén elért tudományos teljesítményéért, valamint oktatás- és tudományszervezői tevékenységéért a Miskolci Egyetem 1989-ben díszdoktorává fogadta.

Az EAEG-ben 1989–92 között elnökségi tagként, majd ezt követően az SEG-ben Európa–Ázsia referensként, az EEGS-ben, valamint a német geofizikus szakmai körökben elkötelezetten támogatta magyar geofizikusokat és a Magyar Geofizikusok Egyesületét.

Emlékét tisztelettel megőrizzük.

Sopron, 2023. december 31.

*Ormos Tamás*



## „Eötvös 175” – 2023



A hegyek szerelmese maga a jégen – Monte Antelao

MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

1145 Budapest, Columbus u. 17–23.; Tel./Fax: (1) 201-9815

E-mail: [postmaster@mageof.t-online.hu](mailto:postmaster@mageof.t-online.hu); Honlap: [www.mageofegy.hu](http://www.mageofegy.hu)

