

# MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

A MAGYAR  
GEOFIZIKUSOK  
EGYESÜLETÉNEK  
FOLYÓIRATA



JOURNAL OF THE  
ASSOCIATION  
OF HUNGARIAN  
GEOPHYSICISTS

Koszorúzás Eötvös Loránd halálának 103. évfordulóján  
A Magyar Geofizikusok Egyesületének 2022. évi közgyűlése  
A Magyar Geofizikusok Egyesületének 2021. évi  
egyszerűsített pénzügyi beszámolója  
Szenior-klubdélután – 2022

Földrengésrajok a Móri-árokban  
Felszín alatti vízáramlás és hőtranszport sztochasztikus permeabilitású közegekben  
Variszkuszi aljzat töréses szerkezeti formái a szeghalmi kutatási területen  
Relatív térbeli fizikai paramétereloszlások a Nyírség és a Tokaji-hegység területén

A Kínai–Magyar Kőolajkutató Expedíció  
első féléve, 1956. július – 1956. december 31.

A 2022. évi Vándogyűlés bejelentése  
Korvin Gábor MTA doktori védése

In Memoriam  
Farkas István Bárány Tibor  
Varga Géza

Az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány felhívása





# MAGYAR GEOFIZIKA

## HUNGARIAN GEOPHYSICS

63. évfolyam (2022) 1. szám



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

### TARTALOM • CONTENTS

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

- 3 Koszorúzás Eötvös Loránd halálának 103. évfordulóján (Wreathing of Eötvös' tombstone on 103rd anniversary of death) – *Szerkesztőség*
- 5 A Magyar Geofizikusok Egyesületének 2022. évi közgyűlése (General Assembly of AHG) – *MGE Titkárság*
- 10 A Magyar Geofizikusok Egyesületének 2021. évi egyszerűsített pénzügyi beszámolója (Disclosure statement of AHG) – *MGE Titkárság*
- 12 Szenior-klubdelután – 2022 (Senior members' meeting in 2022) – *Bodoky T.*

#### TANULMÁNY • PAPER

- 13 Földrengésrajok a Móri-árokban (Earthquake swarms in the Mór Graben, Hungary) – *Bondár I., Kalmár D., Czece B., Kiszely M.*
- 22 Felszín alatti vízáramlás és hőtranszport sztochasztikus permeabilitású közegekben (Groundwater flow and heat transport in stochastic permeability media) – *Molnár B., Galsa A.*
- 34 Variszkuszi aljzat töréses szerkezeti formái a szeghalmi kutatási területen (Fault structures of variscan basement in the Szeghalom research area) – *Szili Gy.-né*
- 45 Relatív térbeli fizikai paramétereloszlások a Nyírség és a Tokaji-hegység területén (Relative spatial physical parameter distributions in the area of Nyírség and Tokaj Mountains) – *Kiss J.*

#### TUDOMÁNYTÖRTÉNET • SCIENCE HISTORY

- 62 A Kínai–Magyar Kőolajkutató Expedíció első féléve, 1956. július – 1956. december 31. – *Szabó Z.*

#### HÍREK • NEWS

- 74 A 2022. évi Vándogyűlés bejelentése – *MGE Titkárság*
- 75 Korvin Gábor MTA doktori védése – *Szarka L.*

#### IN MEMORIAM

- 77 Dr. Farkas István – *Szarka L., Ormos T.*
- 78 Bárány Tibor – *Böszörményi I., Bihari L.*
- 79 Varga Géza – *Késmárky I.*

#### FELHÍVÁS

- 80 Az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány felhívása

# MAGYAR GEOFIZIKA

## HUNGARIAN GEOPHYSICS

63. évfolyam (2022) 1. 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

*Szerkesztőbizottság • Editorial Board*

DR. BARÁTH ISTVÁN, DR. GALSA ATTILA, DR. KISS JÁNOS,

DR. PETHŐ GÁBOR, DR. SZABÓ NORBERT PÉTER

*Technikai szerkesztő • Technical Editor*

HOCK GÁBOR

E-mail: 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: Kovács Attila Csaba

Szerkesztőség: 1145 Budapest, Columbus u. 17–23.  
Telefon/Fax: (1) 201-9815  
Titkársági e-mail: postmaster@mageof.t-online.hu  
Honlap: www.mageof.hu

Borító, tipográfia és nyomdai előkészítés:  
EP Systema Bt., Budapest

Készült: Starkiss Kft., 2040 Budaörs, Kisfaludy utca 40.  
Felelős vezető: Kiss Sándor üv. igazgató

Előfizethető a Magyar Geofizikusok Egyesületénél  
(1371 Budapest, Pf. 433, Telefon/Fax: (1) 201-9815)  
egyesületi tagoknak tagdíj ellenében  
Megjelenik évente négyszer  
INDEX: 26 507  
HU ISSN 0025-0120 (print)  
HU ISSN 2677-1497 (online)

## Koszorúzás Eötvös Loránd halálának 103. évfordulóján

A Magyar Geofizikusok Egyesületének (MGE) sok évtizedes hagyománya szerint, minden évben megemlékezünk Eötvös Lorándról sírjának megkoszorúzásával halálának április 8-i évfordulóján a Kerepesi úti sírkertben.

Ezt a hagyományt zavarta meg a koronavírus-járvány az elmúlt két évben. Szerencsére idén, 2022 áprilisában már oldódtak az egészségügyi korlátozások és újra lehetővé vált Eötvös Loránd tisztelőinek, hogy az évforduló alkalmából ismét a korábban megszokott módon emlékezzenek nagy tudósunkra.

A megemlékezésen jelen voltak a Magyar Geofizikusok Egyesületének képviselőin és tagjain túl az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány képviselőjében *Pályi András*, a Téry Ödön Turista Baráti Társaság, a Magyar Tudományos Akadémia, az Eötvös Loránd Tudományegyetem, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat és *Zelei Gábor* személyében még az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület képviselői is. A fiatalabb nemzedéket a Budapesti Gépészeti Szakképzési Centrum Eötvös Loránd Technikumának diákjai képviselték.

Az ünnepi beszéddel *Tímár Gábor* MGE alelnök készült, ám pozitív COVID-teszje miatt nem jelenhetett meg, így helyette a beszédet, amelyet az alábbiakban közlünk, *Kovács Attila Csaba* az MGE elnöke olvasta fel.

„Kedves Barátaim!

Immár több mint 100 esztendeje nincs közöttünk báró Eötvös Loránd, és már olyan emberrel sem találkozha-

tunk, aki még láthatta őt. Mégis tudjuk, az egyik legnagyobb magyar tudósról, az alkalmazott geofizika megteremtőjéről, Einstein szavaival „a fizika egyik fejedelméről” beszélünk. Mit tanulhatunk tőle egy évszázad után?

Megtanulhatjuk azt, hogy a mi mindennapi problémáink sokszor az ő gondolatai is voltak. Hogy rektorként ő is arra panaszkodott, hogy diákjainak bizony munkát kell vállalniuk, hogy fenntartsák magukat és tanulhassanak, és ez bizony néha a képzettség rovására is ment. Megtanulhatjuk, hogy bizony a professzorok az ő korában is elégtelennek tartották diákjaik előképzettségét, és azt is, hogy ezen lehet bosszankodni, de nem érdemes.

Am ha az egyik legnagyobb magyar tudósról, az Akadémia elnöki székét hosszan betöltő férfúróról beszélünk, tudományos lecke is kerül az iskolatászkába. Lecke arról, hogy a pontosság milyen eredményekhez vezethet, sőt sokszor csak az vezet hozzájuk. De arról is szól egy fontos lecke – ahogy mestere, Jedlik Ányos is megmutatta – ha az effektus kicsi, többszörözzük, sokszorozzuk meg a mérést vagy a mérési elrendezést, és lehet eredményünk. És ami Eötvös tudományában talán a legtanulságosabb: a fenti elvek alapján megalkotott torziós mérlege, miközben gyakorlati hasznót hajtva az első alkalmazott geofizikai eszköz lett, alapkutatásra, felfedező kutatásra is kiválóan fel lehetett használni. A mérleg végére más-más anyagokat elhelyezve ki lehetett mutatni, hogy az egyensúlyi irány nem függ az anyagminőségtől – csak a tömegtől.



Az idősebb megemlékezők...

Hogy a súlyos és a tehetetlen tömeg nagyon nagy pontossággal is azonos mérőszámmal írható le.

De Eötvös nemcsak rektor és nemcsak kiváló tudós volt: rövid ideig miniszterként is szolgálta a magyar oktatás ügyét. A középiskolai tanulmányi versenyek mai napig működő rendszerét neki köszönhetjük. Felismerte, hogy tudomány az ifúságból érkező utánpótlás nélkül nem fejlődhet és nem is maradhat fenn, és ehhez a legfogékonyabb ifjoknak kell érdekes problémákat adnia. Kedves Kollégák, talán ez ma a legfontosabb üzenet a mai szaktársaknak: mutassunk alkalmazásokat a középiskolás ifúságnak, írjunk – vagy már inkább videózzunk – munkánk érdekes részleteiről, dolgozzunk, fogjunk össze: fizikusok, geofizikusok, fizika- és földrajztanárok, hogy minél többen válasszák e pályát, Eötvös pályáját élethivatásuknak.

Üsse kő, még az sem gond, ha néha morgunk az előképzettségünkön – megtette ezt ő is.

Kiemelkedő tudós, szervező és tanár volt, aki mindezen a területeken különlegesen alkotott, és semmiképp nem volt „átlagos”, sőt, nagyon távol állt az átlagtól. Ne csüggedjünk hát, ha másodszor, harmadszor, tizedszer próbálkozva sem látjuk úgy, hogy elértük ezt a szintet! Inkább mutasson példát arra, hogy érdemes még többször, még pontosabban, a valósághoz még jobban alkalmazkodva kutatni, tanítani úgy, ahogy ő tette, és a siker – reméljük – nem marad el.

Tímár Gábor

A Magyar Geofizikusok Egyesületének alelnöke”

*Szerkesztőség*



...és ifjabb megemlékezők a sírnál

# A Magyar Geofizikusok Egyesületének 2022. évi közgyűlése

A Magyar Geofizikusok Egyesülete (MGE) a koronavírus-járvány évei után 2022-ben ismét a korábban szokásos módon, áprilisban, konkrétan április 22-én tartotta éves közgyűlését. A közgyűlés helyszíne is régről ismerős helyen zajlott, a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságának konferenciatermében (Budapest, XIV. Columbus utca 17–23.), vagyis az egykori Eötvös Loránd Geofizikai Intézet ismert konferenciatermében. A közgyűlésen a jelenléti ív szerint 50 fő jelent meg.

A közgyűlés a Himnusz eléneklésével kezdődött, majd az Egyesület elnöke, *Kovács Attila Csaba* megállapította, hogy a 14.30 órára összehívott közgyűlés határozatképtelen volt, de a meghívóban meghirdetett második időpontban, 15.00 órakor a közgyűlés a jelenlévők létszámától függetlenül határozatképes.



A közgyűlés elnöksége: (balról) *Zelei Gábor* és *Tímár Gábor* al-elnökök, *Bereczki László* általános titkár és *Kovács Attila Csaba* elnök

Az Elnök a jegyzőkönyv vezetésére *Hegedűsné Petró Erzsébetet*, a jegyzőkönyv hitelesítésére *Bauer Márton* és *Hegedüs Endre* egyesületi tagokat kérte fel. A közgyűlés egyhangúan elfogadja a felkért személyek közreműködését. Ezután *Kovács Attila Csaba* elnök megnyitja a közgyűlést, és elsőként társegyesületünk képviselőjét, a Magyarhoni Földtani Társulatot képviselő *dr. Leél-Össy Szabolcsot*, majd az Egyesület jogi tagjainak képviselőit köszönti:

ELGOSCAR 2000 Kft.  
Geo-Log Kft.  
Acoustic Kft.  
Geomega Kft.  
Mecsekérc ZRt.  
O&GD Central Kft.  
Biocentrum Kft.  
MS Solution Energy Kft.

Az Elnök külön köszönti az Egyesület nem jogi tag támogatóit, úgymint a Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet (Sopron), a Miskolci Egyetem, az ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány és a Magyar Geofizikusokért Alapítvány képviselőit.

A köszöntések után az Elnök az előre meghirdetett napirendet szavazásra bocsátja. A meghirdetett napirenddel kapcsolatosan jelenlevőknek ellenvetése, javaslata nem merült fel. A napirendet a Közgyűlés egyhangúan elfogadta.

*Kovács Attila Csaba* elnök elmondja, hogy nehéz évet zártunk, és az elkövetkező időkben még nehezebb lesz a munka az Egyesületben, mivel a mögöttünk lévő év során gyakorlatilag minden anyagi támogatásunk megszűnt. Egyedül a Magyar Tudományos Akadémiától kapott az MGE 150 000.- Ft támogatást. Az anyagi nehézségek mellett munkánkat nagymértékben befolyásolta még a koronavírus-járvány is.

Az Elnök felkéri a jelenlévőket, hogy az elmúlt beszámolási időszakban elhunyt tagtársainkról egy perc néma felállással emlékezzenek meg. Halottaink voltak ebben az időszakban (*kiegészítve azokkal a kollégáinkal, akik nem voltak vagy már nem voltak az Egyesület tagjai*):

Czeplédi István	<i>Sajti László</i>
Dr. Dank Viktor	<i>Sédy Judit</i>
Gadó Károly	<i>Séfel József</i>
<i>Király Ernő</i>	Stomfai Róbert
Dr. Polcz Iván	Szalaiiné Bánlaci Emília
Ungvári Ottó	

A néma tiszteletadás után következett *Bereczki László* általános titkárt éves beszámolója. *Bereczki László* röviden ismertette a 2021. év eseményeit. Mivel a 2021. évről szóló írásos beszámolót részletes formában valamennyi tagtársunkhoz eljuttatta a Titkárság a meghívóhoz mellékelve e-mailben vagy nyomtatott formában, ezért nem hangzik el a teljes beszámoló, a Titkár csak a főbb pontokat emeli ki.

Az MGE tevékenysége az Alapszabályunkban foglaltak szerint folyt, betartottuk az elnökségi ülések gyakoriságára (a járvány miatt kizárólag on-line ülések voltak), a közgyűlés előkészítésére vonatkozó szabályokat, valamint a tájékoztatási kötelezettségre vonatkozó szabályokat is. Eleget tettünk a közhasznúsági kritériumoknak, melyek a közhasznúság megszerzéséhez, megtartásához szükségesek. Erőforrás-ellátottsági mutatók közül kettőt, társadalmi támogatottsági mutatók közül szintén kettőt teljesített-

tünk. Vagyis 2021-ben is megőriztük az MGE közhasznú státuszát.

Összegezve: a járvány ellenére is sikeres szakmai tevékenységet folytattunk 2022-ben.

2021-ben Zalakaroson rendeztük meg az Ifjú Szakemberek Ankétját. A szokásos március végi időpontot kétszer kellett elhalasztanunk, így végül szeptember 10–11-én tartottuk meg az Ankétot. A rendezvényen 30 szóbeli és 2 poszterelőadás hangzott el.

2021-ben a FöCIK tagszervezeteivel közösen adtunk be pályázatot az NKFIH-hoz, melyen 15,8 millió forintot nyert el a 10 tagegyesület. Az elnyert összegből egyesületünk megrendezte a „Föld napja” ünnepség sorozatot (online), illetve a kárpát-medencei természettudományi vetélkedőt, melyre 50, három fős középiskolás csapat jelentkezett. A döntőbe 12 csapat jutott be. A rendezvénynek nagy sikere volt.

Iskolai kapcsolatainkat 2021-ben az ismert okok miatt sajnos nem tudtuk a terveink szerint végezni, de a lehetőségeknek megfelelően tartottuk a kapcsolatot, és ismeretterjesztő munkát is végeztünk az év folyamán. A „Földtudományos Forгатagon” (on-line) ismeretterjesztő előadásokkal voltunk jelen.

Hagyományosan megkoszorúztuk Eötvös Loránd sírját halálának évfordulóján a Fiumei úti sírkertben. A koszorúzás a járvány miatt szűk körben zajlott.

A felajánlott adó 1%-okat teljes egészében az Ifjú Szakemberek Ankétjának támogatására és a *Magyar Geofizika* című, az MGE által kiadott szakmai folyóírra fordítottuk. Az Ifjúsági Ankéton a doktorandusz- és egyetemi hallgató, egyesületi tag fiatalok részvételi díját fizettük ki, természetesen csak azoknak, akik előadást tartottak a rendezvényen.

A tavalyi közgyűlésen prognosztizált és a közgyűlés által elfogadott 604 000,- Ft-os pozitívumot meghaladta az egyesület 2021-es eredménye, mely végül 1 064 000,- Ft lett. Ez az általunk elnyert több, de nem jelentős összegű pályázatnak és az MTA támogatásának köszönhető.

Az Elnök megköszöni *Bereczki László* általános titkár beszámolóját és felkéri *Kaszás Lászlót*, az MGE Felügyelőbizottságának elnökét, hogy tartsa meg a tavalyi évről szóló beszámolóját.

*Kaszás László* elmondja, hogy a Felügyelőbizottság áttekintette az Egyesület gazdálkodását. Megállapították, hogy az MGE a 2021-es évet magasabb szaldóval zárta, mint ahogy az a tervében szerepelt. Ismerteti a jelenlévőkkel a 2021-es év főbb számadatait. A Felügyelőbizottság megkapta a pénzügyi adatokat, melyeket ellenőriztek és valóságnak találtak. Az Egyesület gazdálkodására 2021-ben is a nagyfokú takarékoság volt jellemző. A pályázatoknak köszönhetően azonban – bár az anyagi támogatások elmaradtak – pozitív eredménnyel, a közhasznú tevékenység révén 1 064 000,- Ft eredménnyel zárta az évet. Megvizsgálták az Egyesület eredményét közhasznúság szempontjából is. Ahogy az már elhangzott, az erőforrás-ellátottsági mutatók közül a jogszabályban meghatározott kritériumok közül kettőt és a társadalmi támogatottság mutatói közül is kettőt teljesített az Egyesület. Összegzésként elmondja, hogy a gazdálkodással kapcsolatban negatív észrevételük nincs. Alapszabály-ellenes működésről jelzés nem érkezett, ezért a Felügyelőbizottság javasolja a jelenlévőknek, hogy a 2021. évi pénzügyi beszámolót fogadják el.

Az Elnök kéri a jelenlévőket, hogy szóljanak hozzá az elhangzottakhoz.

*Törös Endre* felteszi a kérdését *Kovács Attila Csaba* elnökhöz intézve: meg vannak-e még az Egyesületnek a kül-



A tisztelt közgyűlés

földi szakmai szervezetekkel a korábbi kapcsolatai, és ha igen, akkor az EAGE (European Association of Geoscientists and Engineers) ad-e támogatást az Egyesület által beadott pályázatokra?

*Kovács Attila Csaba* szerint igen, a kapcsolatainkat ápoljuk a külföldi szakmai szervezetekkel. Az EAGE-hez minden évben adunk be pályázatot, melyben az Ifjú Szakemberek Ankétjának a támogatását kérjük. Tavaly és idén is kaptunk a pályázatunkra támogatást. Sajnos az idei vándorgyűlés támogatását elutasították, de reményeink szerint *Petrovszki Judit* (EAGE-összekötő) személyesen részt tud venni az idei nemzetközi konferenciájukon, ahol talán a szervezet döntéshozóival személyes kapcsolatba lépve el tudja érni, hogy érveinket meghallgatva támogassák az őszi vándorgyűlésünket.

Ezután az Elnök szavazásra bocsátja az általános titkár, *Bereczki László* beszámolóját a 2021-es évről, majd megállapítja, hogy a titkári beszámolót a Közgyűlés ellenszavazat és tartózkodás nélkül egyhangúan elfogadta.

Ugyancsak szavazásra bocsátja az Elnök a Magyar Geofizikusok Egyesülete Felügyelőbizottságának beszámolóját. Megállapítja, hogy a Felügyelőbizottság beszámolóját a Közgyűlés 49 igen szavazattal ellenszavazat nélkül, 1 tartózkodással elfogadta.

*Kovács Attila Csaba* felkéri *dr. Gombár László* kuratóriumi elnököt, hogy tartsa meg a 2021. évről a Magyar Geofizikusokért Alapítvány Kuratóriumának beszámolóját.

*Gombár László* előadja, hogy a Magyar Geofizikusokért Alapítványt (MGA) az MGE elnöksége alapította 1990-ben 300 eFt-os törzstőkével. A két legfontosabb alapítói cél közül az egyik: a 36 éven aluli geofizikusok műszaki, tudományos ismereteinek bővítése (pl. ösztöndíjak külföldi tanulmányokhoz, hozzájárulás konferenciárésztvevői költségekhez), a másik a szociálisan rászoruló kollégák támogatása, akár egyénileg, akár csoportos szeniorrendezvények finanszírozása révén.

Az MGA 1999-től közhasznú alapítvány lett. A korábbi évek során általában 1,2–1,4 Mft körüli kiadást tervezett, és kiadásai körülbelül megegyeztek a bevételeikkel. 2019-től kezdve külső intézményi támogatások teljesen megszűntek. Egyedüli bevételi forrásaként az SZJA 1%-ok maradtak, amely néhány tízezer forint évente. Az előző évi pénzügyi kimutatás még nem áll rendelkezésükre, de sajnos tudják, hogy veszteséges évet zárnak a 2020-as évhez hasonlóan.

A járvány miatt a külföldi szakmai konferenciák legnagyobb része elmaradt, illetve online került megrendezésre, így utazásra, regisztrációra nem kaptak megkérését az év során. Sajnos ezen okok miatt nem került megrendezésre a népszerű szeniorkirándulás és klubdélután sem.

*Kovács Attila Csaba* megkérdezi, hogy van-e hozzászólás az elhangzott beszámolóhoz, de hozzászólás nincs, ezért szavazásra bocsátja a Magyar Geofizikusokért Alapítvány kuratóriumának beszámolóját. Megállapítja, hogy a Magyar Geofizikusokért Alapítvány beszámolóját a jelenlévők

ellenszavazat és tartózkodás nélkül egyhangúan elfogadják.

Az Elnök megköszönte a beszámolókat és felkérte *Bereczki László* általános titkárt, hogy ismertesse az Egyesület 2022. évi pénzügyi tervét.

*Bereczki László* ismerteti, hogy az MGE 2022-es tervben az előző évekhez hasonló bevételekkel kalkulált, különösebb változásokat nem tervez. Annak ellenére, hogy nagyon takarékos gazdálkodást kíván folytatni 2022-ben is, a támogatások elmaradása miatt negatív mérleggel kell számolnia már most, a tervezéskor is. Kiadásait ennél jobban sajnos nem tudja megszorítani. A kivetítőn láthatják a részletes pénzügyi tervet.



*Bereczki László* titkári beszámolója

Az Elnök ismét felteszi a kérdést, hogy van-e valakinek kérdése, megjegyzése az elhangzottakkal kapcsolatban? Mivel nincs kérdés, hozzászólás, szavazásra bocsátja az Egyesület 2022-es pénzügyi tervét. A közgyűlés egyhangú igen szavazattal – ellenszavazat és tartózkodás nélkül – elfogadja az MGE 2022. évi pénzügyi tervét.

Az Alapszabály szerint ezen a közgyűlésen több egyesületi tisztségviselő megválasztására is sor kell kerüljön, az Elnök felkéri *Bauer Márton*t, a Jelölőbizottság elnökét, hogy ismertesse az ezzel kapcsolatos tudnivalókat.

*Bauer Márton* beszámol arról, hogy az Alapszabályban leírtaknak megfelelően zajló jelölés eredményeként a következő tisztségekre az alábbi személyekre érkezett jelölés a Jelölőbizottsághoz:

A *Felügyelőbizottság* elnöke posztra *Kaszás László*t jelölték.

A *Felügyelőbizottság* két tagjának *Baracza Mátyás Krisztiánt* és *Stickel Jánost* jelölték.

A jelöltek életrajzát nem olvasták fel, hiszen a posztokat, melyekre ebben az évben is jelölték őket, már több éve töltik be.

A *Magyar Geofizika főszerkesztőjének* (egyben az Elnökség tagja) *Bodoky Tamást* jelölik.

*Bodoky Tamás* életrajzát sem olvassák fel, mivel idén éppen 30 éve, hogy főszerkesztőként szolgálja az Egyesületet.

*Kovács Attila Csaba* megkérdezi a jelenlévőket, hogy a jelölésekkel kapcsolatban van-e javaslat, hozzászólás, de

javaslat, hozzászólás most sincs, ezért ismerteti a tagsággal a szavazás menetét. Kéri, hogy a szavazók az aulában elhelyezett szavazatgyűjtő urnába helyezték el szavazataikat, amihez a most következő 25 perc szünet áll a jelenlévők rendelkezésére.

Szünet után folytatódik a közgyűlés.

A közgyűlés először meghallgatja az idei Ifjú Szakemberek Ankétján gyakorlati kategóriában I. helyezést nyert *Baják Petra* „Joint application of groundwater mapping and environmental tracers to reveal the interconnection between groundwater and Lake Velence” című előadását.



*Baják Petra* előadása a közgyűlésen

Az előadás után következő napirendi pont a kitüntetések átadása.

*Renner János-emlékérmét* kap *Zelei Gábor* az Egyesületért elnökként és alelnökként végzett jelentős munkájáért.

*Egyed László-emlékérmét* kap *Bondár István* a geofizika terén elért tudományos eredményeiért.

*Eötvös Loránd-emlékérmét* kap *Sátori Gabriella* geofizika több évtizeden át végzett eredményes műveléséért.



*Tímár Gábor* átadja az Eötvös Loránd-emlékérmét *Sátori Gabriellának*

Az Egyesületért végzett odaadó munkájáért kap *Emléklap kitüntetést* *Abordán Armand*.

Az Egyesület Tudományos Bizottságának javaslatára *Meskó Attila-díjjal* jutalmazzák *Szijártó Márkot* a következő szakcikk alapján:

*Szijártó Márk, Galsa Attila, 2020: Termohalin konvekció numerikus vizsgálata porózus közegmodellben. Magyar Geofizika, 61. évfolyam, 4. szám, 177–190. o.*

*Csókás János-díjjal* jutalmazzák *Kiss Viktóriát* a következő szakcikk alapján:

*Kiss Viktória, Takács Ernő, 2021: Vulkanai formáció szeizmikus leképezése egy Tokaj környéki kutatási területen CRS-összegzési eljárás alkalmazásával. Magyar Geofizika, 62. évfolyam, 1. szám, 61–72. o.*



*Kiss Viktória* átveszi a Csókás János-díjat *Tímár Gábortól*

Az Elnökség köszönetet mond *Vida Erzsébetnek* és *Kopcsa Józsefnének* az egész éves összekötői munkájáért.

Az Egyesületi elismerések után az Ifjú Szakemberek Ankétja díjkiosztója következett. Először a tavaly ősszel megrendezett Ifjú Szakemberek Ankétján díjat nyert hallgatóknak adták át a díjakkal járó okleveleket. A díjak már tavaly átadásra kerültek.

A Titkár felolvassa a tavalyi díjazottak nevét, és a személyesen megjelenteknek átadja az okleveleket, majd az idei Ifjú Szakemberek Ankétján helyezést elért fiatalok díjainak átadása következik az oklevelekkel együtt.

Az Egyesületi elméleti, gyakorlati és poszter kategóriában ad ki díjakat.

Két kategóriában megosztott első díj született, így harmadik helyezést nem osztott ki a zsűri. Több szponzor is ajánlott fel díjakat, melyek egy részét már az Ankéton átadták, de ezek közül is néhány a közgyűlésen kerül átadásra.

Az Ifjú Szakemberek Ankétjának (ISZA) 2022. évi díjazottjai:

*Gyakorlati kategóriában:*

1. helyezést ért el *Baják Petra* és *Farkas Péter* megosztva
2. helyezést ért el *Budai Soma*

*Elméleti kategóriában:*

1. helyezést ért el *Kovács Ádám* és *Molnár Bence* megosztva
2. helyezést ért el: *Velki Máté*

*Poszter kategóriában:*

1. helyezést ért el *Oraveczi Éva*

Második és harmadik helyezést nem adott ki a zsűri a poszterek alacsony száma miatt.

A Biocentrum Kft. különdíját nyerte *Kertész Gréta Titanilla*,  
Az Elgoscár 2000 Kft. különdíját *Tóth Emese* kapta,  
A Geo-Log Kft. különdíja *Szűcs József*é lett,



*Szongoth Gábor* átadja a Geo-Log Kft. különdíját *Szűcs József*nek

az ELGA Böckh János-díja *Miklós Dórá*nak jutott,  
az ELGA Szilárd József-díját *Várad*i *Kitti* nyerte el,  
az MFT különdíját *Markó Ábel* kapta,  
az MFT IB különdíját *Balassa Csilla* nyerte,  
MS Solution Energy Kft. különdíját *Molnár Bence* érdemelte ki,

a MinGeo Kft. különdíjával *Virók András*t jutalmazták,  
a Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet különdíja *Csatlós Marietta*é lett,  
az O&GD Central Kft. különdíját *Kovács Ádám* nyerte,  
a Vermilion Energy Kft. különdíja *Budai Somán*ak jutott,  
Közönségdíjas *Markó Ábel* lett.

*Kovács Attila Csaba* gratulált a kitüntetésekhez, az elnyert díjakhoz. Megköszönte a munkát *Bereczki László*nak és *Virók András*nak, akik az Ifjúsági Anketót megszervezték és lebonyolították, majd felkérte *Török István*t a Szavazatszámoló Bizottság elnökét, hogy ismertesse a szavazás végeredményét.


*Török István* ismertette, hogy 42 érvényes szavazat mellett *Kaszás László*t 41 fő választotta, 39 szavazat érkezett *dr. Baracza Mátyás Krisztián*nak, 40 szavazat érkezett *Stickel János*nak, 41 szavazat érkezett *dr. Bodoky Tamás* jelöltekre.

Az Elnök gratulált a megválasztott tisztségviselőknek és megköszönte a Jelölő- és a Szavazatszámoló Bizottság munkáját, majd köszönetét fejezte ki a közgyűlésen szereplő tisztségviselőknek az itt végzett munkájukért *Bereczki László*nak, *Bauer Márton*nak, *dr. Gombár László*nak, *Virók András*nak és *Hegedűs*né *Petró Erzsébet*nek.

Befejezésül a közgyűlés elénekelte a Bányász Himnuszot, és végül *Kovács Attila Csaba* bezárta a közgyűlést.

*Szerkesztőség*  
*Hegedűs*né *Petró Erzsébet*  
emlékeztetője alapján

# A Magyar Geofizikusok Egyesületének 2021. évi egyszerűsített pénzügyi beszámolója

	<b>A kettős könyvvitelt vezető egyéb szervezet egyszerűsített éves beszámolója és közhasznúsági melléklet</b>	PK-742
	<b>2021. év</b>	


Szervezet / Jogi személy szervezeti egység neve:

Magyar Geofizikusok Egyesülete

<b>Az egyszerűsített éves beszámoló mérlege</b>			<i>Adatok ezer forintban</i>
	Előző év	Előző év helyesbítése	Tárgyév
<b>ESZKÖZÖK (AKTÍVÁK)</b>			
A. Befektetett eszközök	1		0
I. Immateriális javak	1		0
II. Tárgyi eszközök	0		0
III. Befektetett pénzügyi eszközök	0		0
B. Forgóeszközök	81 478		82 506
I. Készletek	0		0
II. Követelések	78		88
III. Értékpapírok	0		0
IV. Pénzeszközök	81 400		82 418
C. Aktív időbeli elhatárolások	45		0
<b>ESZKÖZÖK ÖSSZESEN</b>	<b>81 524</b>		<b>82 506</b>
<b>FORRÁSOK (PASSZÍVÁK)</b>			
D. Saját tőke	77 970		79 034
I. Induló tőke/jegyzett tőke	6 473		6 473
II. Tőkeváltozás/eredmény	72 700		71 497
III. Lekötött tartalék	0		0
IV. Értékelési tartalék	0		0
V. Tárgyévi eredmény alaptevékenységből (közhasznú tevékenységből)	-1 203		1 064
VI. Tárgyévi eredmény vállalkozási tevékenységből	0		0
E. Céltartalékok	0		0
F. Kötelezettségek	46		402
I. Hátrasorolt kötelezettségek	0		0
II. Hosszú lejáratú kötelezettségek	0		0
III. Rövid lejáratú kötelezettségek	46		402
G. Passzív időbeli elhatárolások	3 508		3 070
<b>FORRÁSOK ÖSSZESEN</b>	<b>81 524</b>		<b>82 506</b>

Kitöltő verzió:3.13.0 Nyomatvány verzió:1.1

Nyomatva: 2022.03.09 12.34.17

	<b>A kettős könyvvitelt vezető egyéb szervezet egyszerűsített éves beszámolója és közhasznúsági melléklet</b>	PK-742
<b>2021. év</b>		

Szervezet / Jogi személy szervezeti egység neve:

**Magyar Geofizikusok Egyesülete**

<b>Az egyszerűsített éves beszámoló eredménykimutatása</b>									
<i>Adatok ezer forintban</i>									
	Alaptevékenység			Vállalkozási tevékenység			Összesen		
	előző év	előző év helyesbítése	tárgyév	előző év	előző év helyesbítése	tárgyév	előző év	előző év helyesbítése	tárgyév
1. Értékesítés nettó árbevétele	0		6 374	0		0	0		6 374
2. Aktivált saját teljesítmények értéke	0		0	0		0	0		0
3. Egyéb bevételek	5 726		4 909	0		0	5 726		4 909
ebből:									
- tagdíj	4 110		1 995				4 110		1 995
- alapítótól kapott befizetés	0		0				0		0
- támogatások	1 615		2 913				1 615		2 913
ebből: adományok	1 022		69				1 022		69
4. Pénzügyi műveletek bevételei	822		818	0		0	822		818
A. Összes bevétel (1+-2+3+4)	6 548		12 101	0		0	6 548		12 101
ebből: közhasznú tevékenység bevételei	1 615		9 288				1 615		9 288
5. Anyagjellegű ráfordítások	2 871		4 287	0		0	2 871		4 287
6. Személyi jellegű ráfordítások	4 124		6 649	0		0	4 124		6 649
ebből: vezető tisztségviselők juttatásai	0		240				0		240
7. Értékcsökkenési leírás	2		1	0		0	2		1
8. Egyéb ráfordítások	686		17	0		0	686		17
9. Pénzügyi műveletek ráfordításai	68		83	0		0	68		83
B. Összes ráfordítás (5+6+7+8+9)	7 751		11 037	0		0	7 751		11 037
ebből: közhasznú tevékenység ráfordításai	2 618		9 464				2 618		9 464
C. Adózás előtti eredmény (A-B)	-1 203		1 064	0		0	-1 203		1 064
10. Adófizetési kötelezettség	0		0				0		0
D. Tárgyévi eredmény (C-10)	-1 203		1 064	0		0	-1 203		1 064

Kitöltő verzió:3.13.0 Nyomtatvány verzió:1.1

Nyomtatva: 2022.03.09 12.34.17

## Szenior-klubdélután – 2022

Ez év május 27-én délután 15 órakor az Egyesület Szenior Bizottsága klubdélutánt szervezett, ahová mindnyájan, akik a mögöttünk maradt évek számával ezt már kiérdemeltük meghívást kaptunk. A klubdélután nagyon kellemes, jó hangulatú összejövetel volt, az Egyesület Titkárságának hála kitűnő büfével, ahol sok, mintegy 25–30 rég nem látott, régi barátunkkal, volt munkatársunkal találkozhattunk újra, eleveníthettünk fel elfeledett történeteket, és beszélhettünk meg mai gondokat.

A klubdélután érdekessége volt helyszíne, ahol nem a geofizika egykori nagyjai néztek ránk a falakról, mint a néhai Eötvös Loránd Geofizikai Intézet konferenciatermében, hanem a magyar bányászat és kohászat hajdanvolt jeles képviselői. Ugyanis a Szabályozott Tevékenységek (szerecssejátékok, dohányárudák, földtan és geofizika stb.) Hivatala nem tudta biztosítani számunkra a korábban megszokott helységet, ezért alelnökünk, *Zelei Gábor*, aki egyben az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE) ügyvezető igazgatója is, meghívott bennünket az OMBKE új székházába, egy nagyon szépen felújított és berendezett épületbe. Az épület földszintjén nagy közösségi tér található, amely kiválóan alkalmas az ilyen és hasonló összejövetelekre. A székház a városközpontól viszonylag távolabb van egy jól elérhető, tágas és bőséges parkolási lehetőséget adó területen (Budapest, X. ker.,

Hízlaló tér 1.). Kedves Gábor, köszönjük neked ezt a lehetőséget!



Rezessy Géza

Fontos eseménye volt a délutánnak, hogy *Rezessy Géza*, a Szeniorok Bizottságának elnöke, aki sok éven át hűségesen és sokunk örömeire szervezte a szeniorok találkozóit és kirándulásait, bejelentette, hogy kora előrehaladta és az ezzel járó gondjai miatt lemond. Mindnyájan szomorúan vettük tudomásul döntését.

Kedves Géza, nagyon köszönjük sok éves munkádat, és nagyon reméljük, hogy ezeken a találkozókön és kirándulásokon, hogy ha nem is elnökként, de még sokáig viszont fogunk látni!

Géza szerepkörét a Szeniorok Bizottságának élén *Magyar Balázs* tagtársunk veszi át, akinek sok sikert kívánunk az elkövetkezendő években ehhez a vállalásához!

*Bodoky Tamás*



*Zelei Gábor* bemutatja a megjelenteknek az OMBKE új székházát

# Földrengésrajok a Móri-árokban

BONDÁR I.<sup>1,2,@</sup>, KALMÁR D.<sup>3</sup>, CZECZE B.<sup>3,4</sup>, KISZELY M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Földtani és Geokémiai Intézet, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, ELKH

<sup>2</sup>CSFK, MTA Kiváló Kutatóhely

<sup>3</sup>Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium, Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, ELKH

<sup>4</sup>ELTE TTK, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék

@E-mail: bondar.istvan@csfk.org

Ebben a cikkben a Móri-árok recens szeizmikus aktivitásáról számolunk be. Felfedeztük, hogy a Móri-árokban rendszeresen előfordulnak kis magnitúdójú földrengésrajok. A Móri-árok szeizmikus aktivitásának tanulmányozására 2020. márciusában három ideiglenes szeizmológiai állomást telepítettünk a területre, amelyek 2022. január elejéig, mintegy 20 hónapon keresztül működtek. Az ideiglenes hálózat, valamint a Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium és a GeoRisk Kft. állandó állomásainak segítségével 6 földrengésrajt detektált, ahol a földrengésrajok egyes eseményei közül sok szabad szemmel nem is látható a regisztrátumokon. Az eredmények azt mutatják, hogy a Móri-árok, ahol a néhány legnagyobb magyarországi földrengés pattant ki a múltban, jelenleg is aktív.

## Bondár, I., Kalmár, D., Czece, B., Kiszely, M.: Earthquake swarms in the Mór Graben, Hungary

We have discovered recent activity in the Mór Graben, Hungary. We found that earthquake swarms occur in the graben quite regularly. To further study the phenomena, we deployed a temporary seismic network that operated for 20 months. Using the temporary network stations as well as permanent stations from the Kövesligethy Radó Seismological Observatory and the GeoRisk, Ltd. networks we identified six distinct swarms of small magnitudes. Our results show that the Mór Graben, where some of the largest earthquakes occurred in Hungary in the past, is still active.

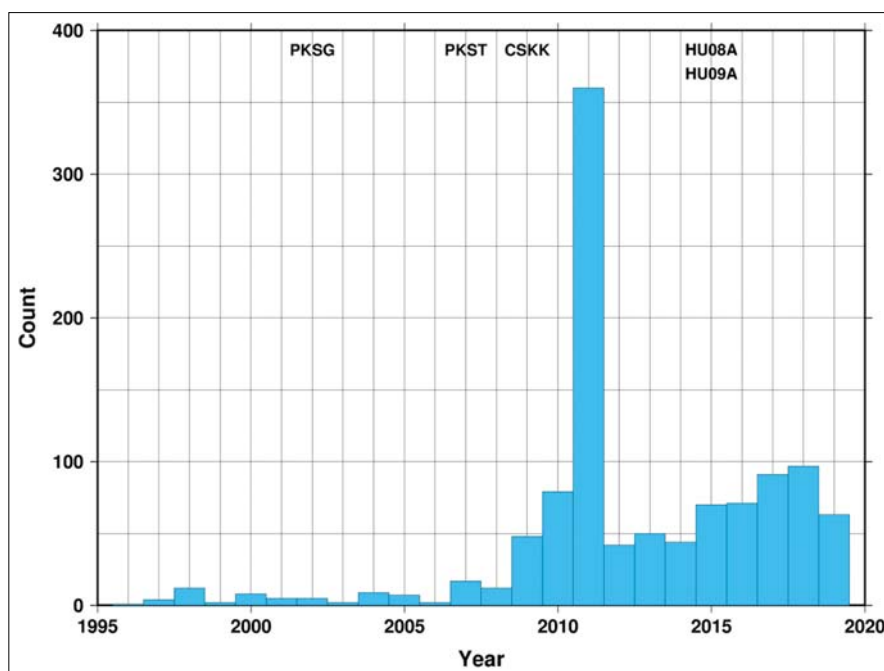
*Beérkezett:* 2022. április 19.; *elfogadva:* 2022. június 14.

## Bevezetés

Magyarországot kis–közepes szeizmicitás jellemzi. A Balaton északkeleti részétől Komáromig húzódó sáv földrengések szempontjából az egyik legveszélyeztetettebb területe hazánknak, amelybe beletartozik a Móri-árok térsége is. Móron pattant ki az egyik legnagyobb ismert 5,4 magnitúdójú magyarországi földrengés 1810-ben (Varga et al. 2015), valamint a jelentős károkat okozó 2011-ben Oroszlányban kipattant  $M = 4,5$  magnitúdójú földrengés (Wéber, Süle 2014). Ugyanakkor jelentős bányászati tevékenység is folyik a vidéken, a környékbeli kőfejtők robbantásait rendszeresen regisztrálják a szeizmológiai állomások. A természetes és mesterséges eredetű események elkülönítése fontos ahhoz, hogy a földrengésveszélyeztetettség számításokhoz szükséges földrengés-katalógusban ne szerepeljenek antropogén események. Az elmúlt néhány évben a magyarországi infrahangállomás-hálózat létrehozásával (Czanik, Bondár 2017) a szeiz-

mikus diszkrimináció (Kiszely et al. 2021) mellett fontos szerepet játszik a szeizmo-akusztikus diszkrimináció is (Czanik et al. 2021).

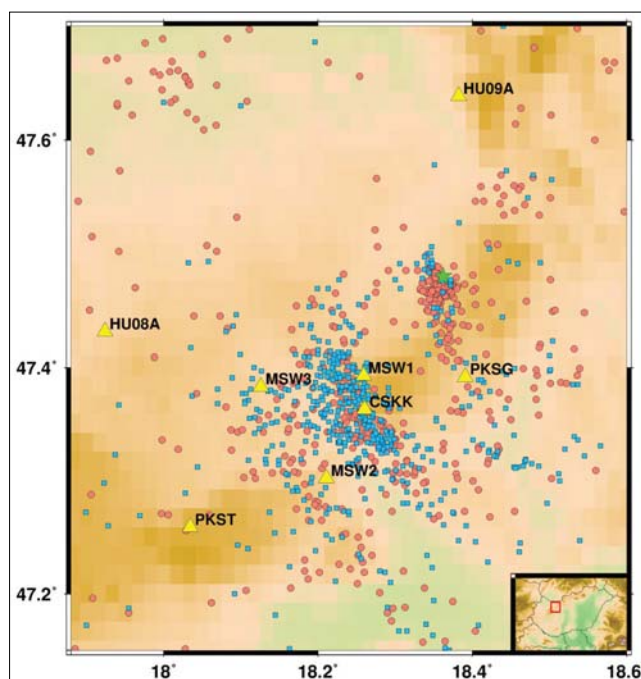
A magyar szeizmológia kezdetei a múlt század elejére nyúlnak vissza az első szeizmográfok telepítésével 1902-ben Budapesten és Ógyallán (Varga 2016). 1914-re a magyar szeizmológiai hálózat 10 állomásból állt, beleértve a zágrábi állomást is Andrija Mohorovičić vezetésével. A két világháború maradandó károkat okozott, még az 1990-es évek elején is csak három szeizmológiai állomás működött az országban. Az első digitális szélessávú állomást német adományból Pizskés-tetőn (Bondár, Tóth 1992) telepítették. A Paksi Atomerőmű szeizmikus monitorozására a GeoRisk Földrengés Mérnöki Iroda kezelésében korszerű digitális állomáshálózat jött létre 1994-ben, és ezzel a magyarországi szeizmológiai állomások száma 14-re nőtt (Mónus, Tóth 2013). A 2000-es években az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet (GGKI) Varga Péter vezetése alatt elkezdte az intézet saját szeizmológiai



**1. ábra** A Móri-árok környezete földrengéseinek éves gyakorisága. Az egyes állomások telepítésének idejét is feltüntettük  
**Figure 1** Annual number of earthquakes in the Mór Graben

hálózatának fejlesztését. Az MTA GGKI Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium (KRSZO, [www.seismology.hu](http://www.seismology.hu)) és a GeoRisk Földrengés Mérnöki Iroda ([www.georisk.hu](http://www.georisk.hu)) 1995 és 2011 között közösen adta ki a

magyar földrengésbulletint. 2011-től kezdődően a GGKI KRSZO megkezdte a saját bulletinjének publikálását, amely már nem tartalmazza a GeoRisk állomásokat, vagyis a magyarországi állandó szeizmológiai állomások mint-



**2. ábra** A Móri-árok környezete földrengéseinek epicentrumtérképe 1996–2020 között. A KRSZO-bulletin és az abban nem szereplő GeoRisk-meghatározásokat piros körökkel, illetve kék négyzetekkel jelöltük. A zöld csillag a 2011-es oroszlányi  $M = 4,5$  erősségű földrengés epicentrumát jelzi k éves gyakorisága. Az egyes állomások telepítésének idejét is feltüntettük

**Figure 2** Epicentral map of earthquakes in the Mór Graben and its vicinity between 1996 and 2020. Events in the KRSZO bulletin are denoted by red circles, events that are not in the KRSZO but found in the GeoRisk bulletin are marked with blue squares. The green stars indicates the  $M = 4.5$  Oroszlány main shock in 2011

egy felét. Azóta is két, egymást részlegesen átfedő földrengésbulletin létezik, a KRSZO által kiadott *Magyar Nemzeti Szeizmológiai Bulletin* (<http://www.seismology.hu/index.php/hu/szeizmicitas/foeldrengesek-evkoenye>), valamint a GeoRisk Földrengés Mérnöki Iroda által kiadott *Magyar Földrengések Évkönyve* (<http://www.georisk.hu/Bulletin/bulletinh.html>).

A Móri-árokban csak egy állandó szeizmológiai állomás működik, amelyet a KRSZO 2009-ben telepített Csókakőn (CSKK). A Móri-árok környezetében ezenkívül még két állandó GeoRisk-állomás található, Gánt (PKSG) 2002 és Tés (PKST) 2007 óta. Az állomások térbeli elhelyezkedése nem ideális, mert nagyjából egy vonalba esnek, emiatt a helymeghatározás hibája igen nagy is lehet. 2011-ben Oroszlányt rázta meg egy  $M = 4,5$  méretű földrengés, amelyet több mint 280 utóregés követett (Békési et al. 2017), melyeket a KRSZO által telepített ideiglenes állomások Bokod (BOKD), Vértessomló (VSOM), valamint a közeli PKST, CSKK és PKSG állomások regisztráltak. Az 1. ábra a Móri-árok környezetében 1996 óta előfordult földrengések időbeli eloszlását mutatja azt követően, hogy a robbantásokat eltávolítottuk a katalógusból (Kiszely et al. 2021).

A csókakői állomás az egyik legfontosabb szeizmológiai állomás a helyi földrengések és bányarobbanások megkülönböztetésére a Móri-árok környezetében. Az állomás időről időre regisztrál kisméretű földrengéseket a Móri-árokban, és ezek egy része, amelyek meghatározhatók voltak a CSKK, PKSG és PKST állomások segítségével, szerepel a *GeoRisk Magyar Földrengések Évkönyvében* (<http://www.georisk.hu/Bulletin/bulletinh.html>). Az azonban csak napjainkban vált világossá, hogy ezek egy része valójában földrengésrajokat alkot.

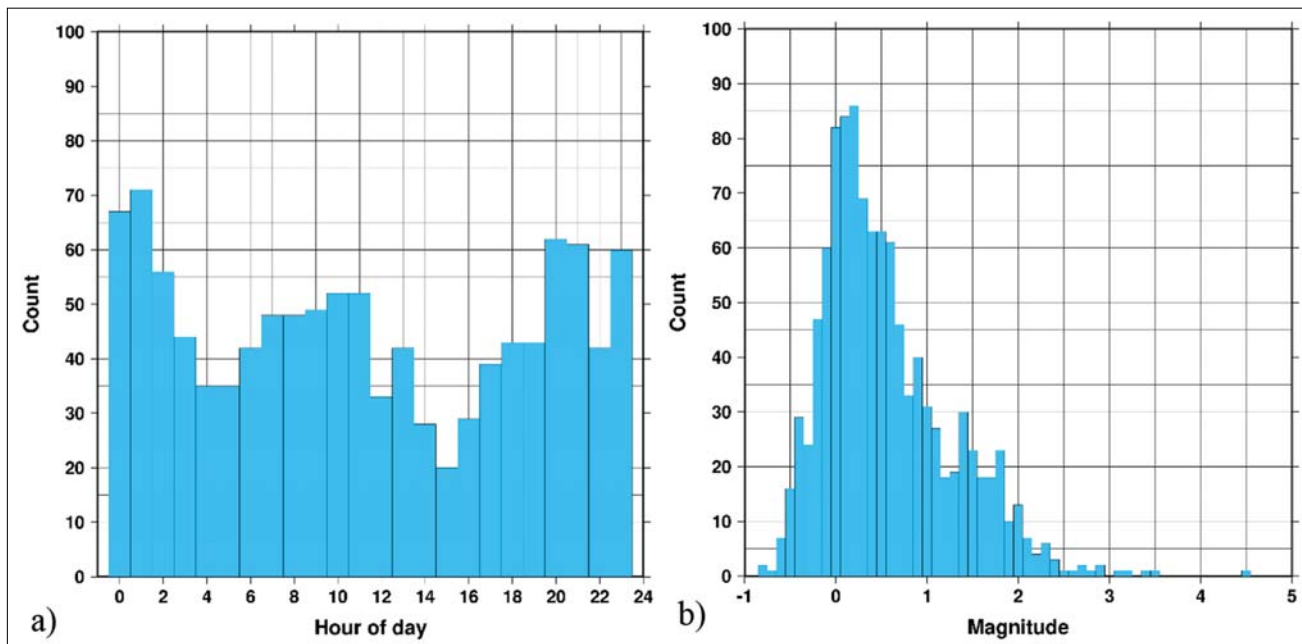
A 2. ábra a Móri-árok környezetében 1996 óta kipattant földrengések epicentrumát mutatja. A földrengések hipocentrumadatai a KRSZO *Magyar Nemzeti Szeizmológiai Bulletin* iLoc módszerrel újrameghatározott listájából (Bondár et al., 2018), valamint a Móri-árokra vonatkozóan teljesebb *GeoRisk Magyarországi Földrengések Évkönyvéből* származnak.

A 3. ábra a Móri-árok környezete eseményeinek napi és magnitúdó szerinti eloszlását mutatja. A Vértés-hegység kőbányáiban általában nappal, helyi idő szerint 7–12 óra között robbantanak. A terület földrengéseinek napi eloszlása arra utal, hogy a robbantások túlnyomó többségét sikeresen kiszűrjük az események listájából.

### Földrengésrajok a Móri-árok területén

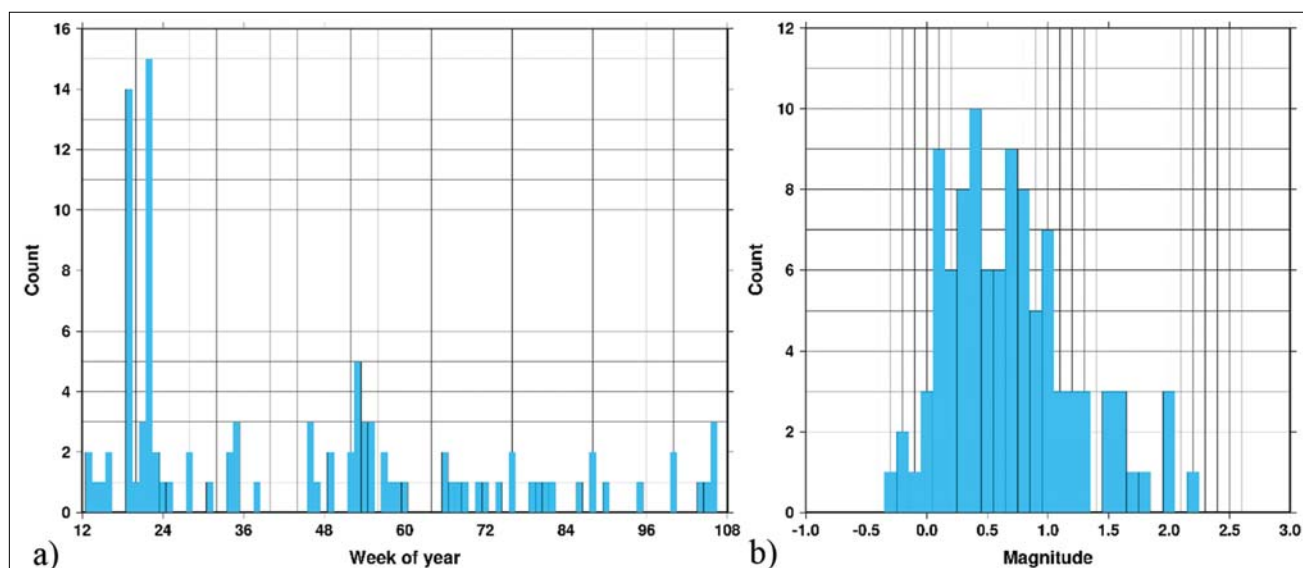
#### Ideiglenes hálózat

Tekintve, hogy 2015-ben az AlpArray program (Hetényi et al. 2018, Gráczter et al. 2018) keretében telepített legközelebbi AlpArray ideiglenes állomások (HU08A, HU09A) is túl messze vannak ahhoz, hogy a Móri-árok kisebb rengéseit regisztrálni tudják, 2020. márciusában a KRSZO három ideiglenes állomást telepített a csókakői állomás közelébe, az MSW1 (Mór, Vértés Tábor), MSW2 (Fehérvárcturgó, Bársony István Emlékház) és MSW3 (Mór, Tímári Vadaskert) állomásokat. Az ideiglenes állomások helyének kiválasztásánál az volt az elsődleges szempont, hogy az állomások közrefogják a Móri-árkot, és a rengések kis méretére való tekintettel CSKK 10 km-es körzetében legyenek. Az ideiglenes hálózat, amely



3. ábra | A Móri-árok és környezete földrengéseinek a) napi és b) magnitúdó szerinti eloszlása a robbantások kiszűrése után 1996 és 2020 között. Az események túlnyomó többsége kis magnitúdójú

Figure 3 | a) Hour of day and b) magnitude distribution of earthquakes in the Mór Graben and its vicinity after the removal of quarry blasts between 1996 and 2020. The magnitude of the vast majority of events is small



4. ábra | A Móri-árok hálózat által regisztrált földrengések a) időbeli (hetenkénti bontásban, 2020.03.26. és 2022.01.10. között) és b) magnitúdó szerinti eloszlása

Figure 4 | a) Week of year and b) magnitude distribution of earthquakes recorded by the Mór Graben network between 2020-03-26 and 2022-01-10

2020.03.26. és 2022.01.10. között, mintegy 20 hónapon át üzemelt, a KRSZO és GeoRisk állandó állomásokkal együtt már alkalmas volt arra, hogy pontosan meghatározzuk a földrengések helyét.

A Móri-árok területére telepített hálózat működése alatt 102 földrengést regisztráltunk. Ezenkívül számos robbantást is észleltünk a környező bányákból, de itt csak a természetes eredetű eseményekkel foglalkozunk. A 4. ábra a rengések időbeli és magnitúdó szerinti eloszlását mutatja. Megjegyezzük, hogy a földrengések túlnyomó többségének a magnitúdója olyan kicsi volt, hogy az ideiglenes állomások nélkül csak a rengések kis, mintegy 18 százaléka került volna be a KRSZO *Magyar Nemzeti Szeizmológiai Bulletinbe*.

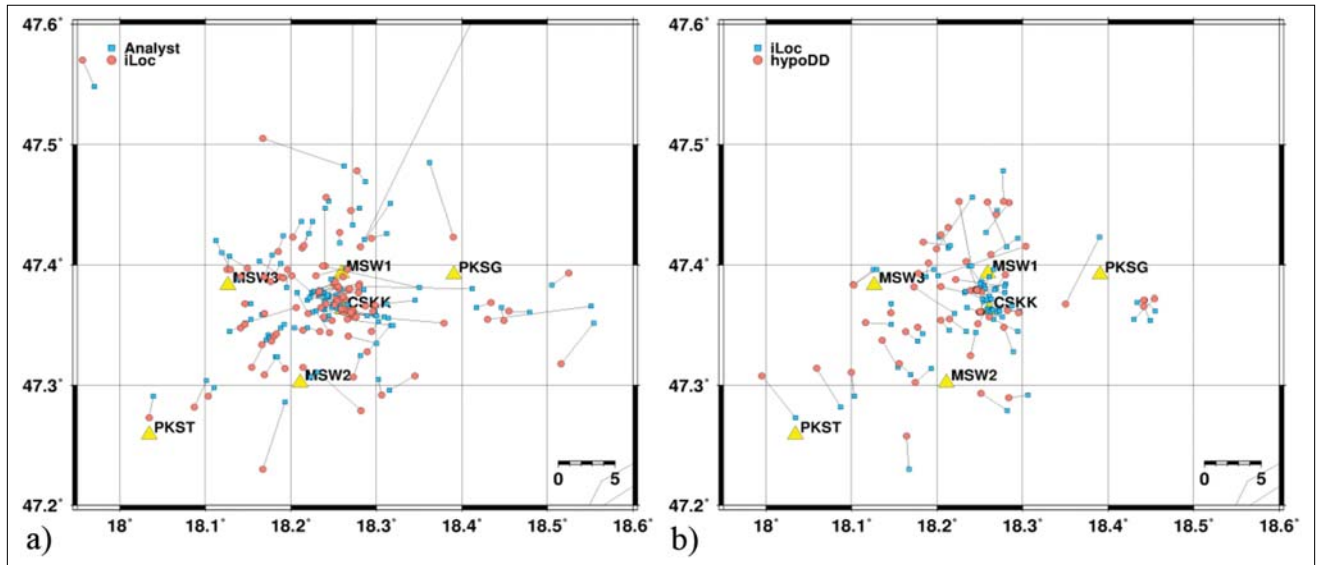
### Helymeghatározás

A Móri-árok hálózat által regisztrált események hipocentrumait az iLoc helymeghatározó algoritmus (Bondár, Storchak 2011, Bondár et al. 2018) segítségével, az RSTT globális háromdimenziós sebességmodell (Myers et al. 2010, Begnaud et al. 2021) használatával számítottuk ki. Az iLoc hipocentrumok képezték a double-difference, egy többeseményes helymeghatározó algoritmus (Waldhauser, Ellsworth 2000) bemenetét. Az algoritmus egy egész eseményklaszter szimultán helymeghatározását végzi, és a földrengések egymáshoz képesti helyzetének nagy pontosságú meghatározását eredményezi. A módszer lehetővé teszi nemcsak az abszolút menetidők, hanem a hullámforma-korrelációs eljárással kinyert differenciális idők egyidejű felhasználását is, így a jó minőségű adatok mennyiségét jelentősen növelhettük. Bár a földrengéseket viszonylag kisszámú állomáson tudtuk detektálni, a hullámforma-korrelációnak köszönhetően az adatok száma elégséges a megbízható helymeghatározáshoz.

A keresztkorrelációt minden egyes állomáson minden földrengéspárra elvégeztük. A hullámformák közötti időbeli eltolás, mely maximalizálja a korrelációs függvényt, az események térbeli távolságáról hordoz információt. Kizárólag olyan korrelációkat fogadtunk el, amelyeknél a korrelációs koefficiens legalább 0,7 volt. A kombinált adatokkal alkalmaztuk a double-difference módszert úgy, hogy a hypoDD (Waldhauser, 2001) programmal végzett iterációk során különböző súlyokkal vettük figyelembe a katalógusban szereplő kiméréseket, valamint a differenciális időket. Az iterációk addig folytatódtak, míg teljesültek a konvergenciakritériumok, vagyis amíg a változás a hipocentrumok paramétereiben minimálissá vált (Czece, Bondár 2019).

A helymeghatározások során néhány eseményt elvesztettünk, ugyanis azok az események, melyek csak gyengén kapcsolódnak a klaszterhez, az iterációk során elveszítik a kapcsolatukat, vagy negatív mélységre kerülhetnek, légréngésekké válhatnak. Mivel ezen események helymeghatározása egyébként is bizonytalan, nem rögzítettük ezeket fix mélységre. Az adathalmazban csak a jól meghatározott, stabil megoldással rendelkező hipocentrumok maradtak, így a 102 földrengésből 72 hipocentrumát tudtuk a többeseményes algoritmusmal meghatározni. A földrengések mindegyike sekély mélységben pattant ki, a fészekmélységek 3–5 km közé estek.

Az 5. ábra a manuális (SeisComp), iLoc és a hypoDD helymeghatározások összehasonlítását mutatja. Az iLoc helymeghatározások drámaian csökkentették a manuális (SeisComp) helymeghatározások szóródását, az események klaszterekbe tömörítésével. Az iLoc helymeghatározásokat a double-difference módszer még tovább tömörítette. Ez különösen látszik a CSKK és MSW1 között elhelyezkedő klaszter esetében, amelyet a double-difference algoritmus szinte ponttá zsugorított. Mivel az ál-



5. ábra A Móri-árok hálózat által regisztrált földrengések helymeghatározása a) a manuális (kék négyzet) és iLoc (piros kör), valamint b) iLoc (kék négyzet) és hypoDD (piros kör) megoldások összehasonlítása. A double-difference algoritmus jelentősen tömöríti az eseményklasztert

Figure 5 a) Manual (blue squares) and iLoc (red circles) and b) iLoc (blue squares) and hypoDD (red circles) determinations of hypocenters by the Mór Graben network. The hypoDD algorithm makes the iLoc determinations even better clustered by further tightening the seismicity

lomások a földrengések közvetlen közelében helyezkedtek el, és teljesen körbefogták azokat, a double-difference módszer nemcsak a relatív, hanem az abszolút helymeghatározásokat is jelentősen javította.

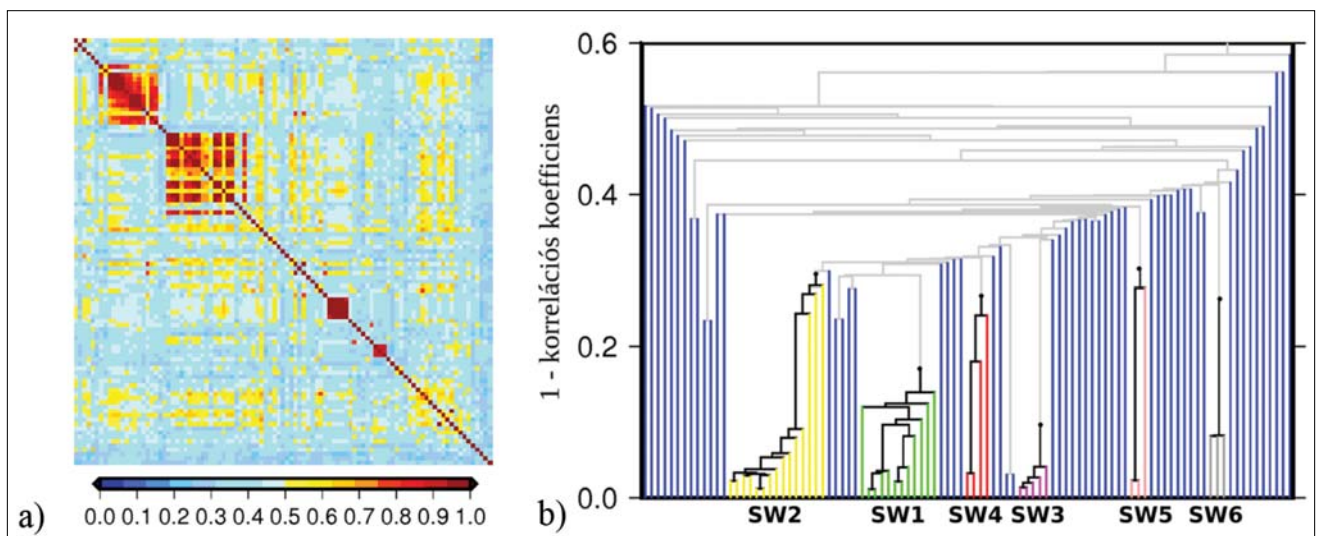
**Földrengésrajok**

A földrengésraj kis, hasonló méretű és időben gyors lefutású földrengések sorozata, melyekben nem szerepel sem domináns főrengés, sem utórengések. Egy földrengésraj eseményei hasonló hullámformával jelentkeznek, de az egyes földrengésrajok nem feltétlenül hasonlítanak

egymáshoz. Más szóval, az egyes földrengésrajokon belüli események hasonlóak egymáshoz, de a hullámformáik nem feltétlenül hasonlóak más földrengésrajok eseményeihez.

Az egyes földrengésrajokat a double-difference módszer differenciális időit meghatározó hullámforma-korreláció számításából származó, a 6. ábrán látható korrelációs mátrix alapján, illetve az ehhez kapcsolódó hierarchikus nearest neighbour klaszteranalízis alapján határoztuk meg.

A földrengések hullámformáin a legnagyobb jel/zaj aránnyal megjelenő események double-difference mód-



6. ábra a) Az első P-beérkezések hullámformáinak korrelációs mátrixa az MSW1 állomáson és b) a korrelációs koefficiens alapján készült dendrogram. Mindkét ábrán jól kijelölhetők a földrengésrajok

Figure 6 a) Correlation matrix of first-arriving P waveforms at MSW1 and b) the dendrogram based on the correlation coefficients. Swarms can be identified in both figures

1. táblázat | Mesteresemények paraméterei

Földrengésraj	Azonosító	Kipattanási idő	Szélesség	Hosszúság
SW1	bud2020gpmj	2020.04.03 20:29:45	47,3831	18,1023
SW2	bud2020izml	2020.05.07 18:58:50	47,3789	18,2454
SW3	bud2020wgdg	2020.11.10 20:17:55	47,3605	18,2953
SW4	bud2020kgtl	2020.05.25 23:59:20	47,3614	18,2502
SW5	bud2020zray	2020.12.31 02:11:21	47,3711	18,4415
SW6	bud2021cbdh	2021.01.30 01:51:50	47,4521	18,2587

szer helymeghatározásait választottuk ki mestereseményeknek (1. táblázat).

### Hullámforma-korrelációs detektor

A Móri-árok hálózat által regisztrált földrengések mind kis magnitúdójúak voltak, a rengések csak mintegy 20%-a volt nagyobb  $ML = 1$ -nél, és a legnagyobb is csak  $ML = 2,4$  volt. Ezért azt gyanítottuk, hogy a földrengésrajok tartalmaznak olyan rengéseket is, amelyek szabad szemmel nem vagy alig láthatók a hullámformákon. A földrengésrajokra a nagyon hasonló hullámforma és a rövid időtartam jellemző. A mi esetünkben is a rengések mintegy fele egy napon belül, gyorsan követte az előzőt, és a földrengésrajok csak két-három napig tartottak.

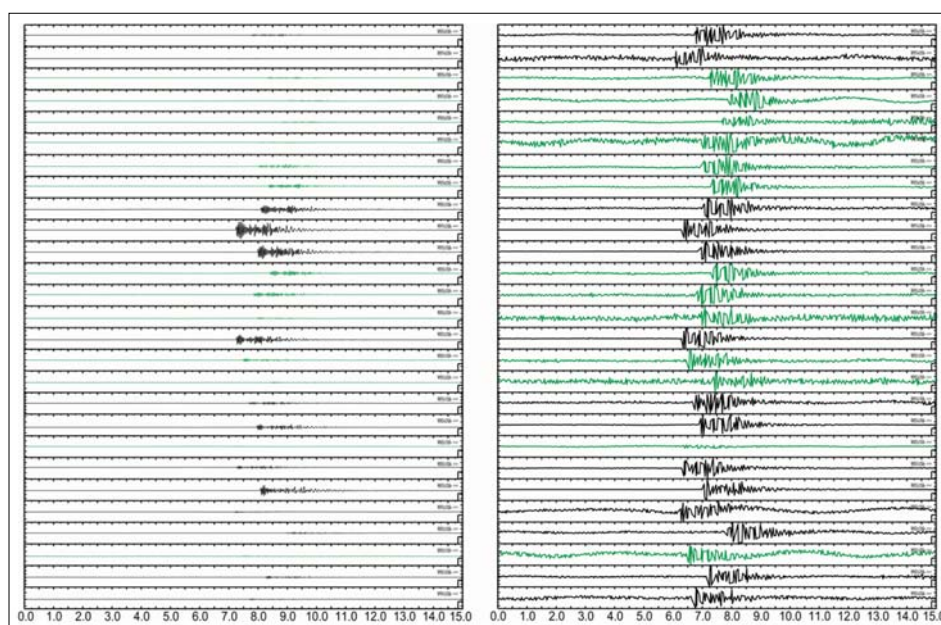
A földrengésrajok hullámformáinak hasonlósága lehetővé teszi a hullámforma-korrelációs módszer alkalmazá-

sát a háttérzajba merült kis földrengések detektálására. A korrelációs detekcióhoz szükség van egy mestereseményre, amelynek a hullámformájával korreláljuk a teljes időtartamra vonatkozó hullámformát.

A mesteresemények mintául szolgáló hullámformáit 1–5 Hz között szűrtük meg. Ezt a mintát csúsztattuk végig az állomás ugyanolyan paraméterekkel szűrt hullámformája mentén a mestereseményt körülvevő három napnyi időtartamon. Eseményeket ott detektáltunk, ahol a hullámforma keresztkorrelációja a mesteresemény hullámformájával meghaladta a konvencionálisan használt 0,7 értéket.

### Subspace detektor

A korrelációs detektor egyik hátránya, hogy különböző földrengésrajok nem feltétlenül produkálnak egymáshoz



7. ábra a) Az első P-beérkezések hullámformáinak korrelációs mátrixa az Manuálisan (fekete) és a subspace detektor által (zöld) azonosított események az SW2 földrengésrajban az MSW1 állomáson a) a raj legnagyobb amplitúdója szerint, illetve b) csatornánként normalva. A subspace detektor szabad szemmel nem látható eseményeket is detektál MSW1 állomáson és b) a korrelációs koefficiensek alapján készült dendrogram. Mindkét ábrán jól kijelölhetők a földrengésrajok

Figure 7 Manually identified events (black traces) and those identified only by the subspace detector (green traces) in the SW2 swarm at MSW1 a) normalized by the global maximum amplitude of the swarm and b) normalized at individual traces. The subspace detector is able to detect events that cannot be seen by the naked eye

hasonló hullámformákat, így minden egyes földrengés-rajon belül ki kell jelölni egy mestereseményt. Ezt a problémát oldja meg a subspace detektor, amely olyan esetekre használható, amikor több ismétlődő forrás generál eseményeket (Harris 2006, Harris, Dodge 2011). A módszer a mesteresemények lineáris kombinációját használva lehetővé teszi kis események rendkívül érzékeny detektálását (Skoumal et al. 2016). A subspace detektor egy folyamatos adatfolyamból kiemelt adatok csúszó ablakát vetíti egy vektorjelalteredre, amely egy adott forrás által várhatóan generált jelek gyűjteményét öleli fel. A subspace detektorhoz az előző fejezetben felsorolt mestereseményekkel az EQcorrscan (Chamberlain et al. 2018) python programot használtuk. A hullámformákat 2–4 Hz között szűrtük, és a teljes, 20 hónapnyi időszakot végigpásztáztuk a subspace detektorral.

A 7. ábra az egyik legtöbb eseményt számláló földrengésraj esetében szemlélteti a subspace detektor hatékonyságát. Fekete színnel rajzoltuk azokat az eseményeket, amelyeket a manuális analízis során azonosítottunk, zölddel pedig azokat, amelyeket csak a subspace detektor azonosított. A 7a. ábrán a földrengésraj hullámformáit a teljes klaszter legnagyobb amplitúdójával normáltuk, így látszik, hogy a legtöbb esemény szabad szemmel alig vagy egyáltalán nem látható. A 7b. ábrán a földrengésraj hullámformáit egyenként normáltuk, itt pedig az látszik, hogy az események hullámformái valóban hasonlóak.

## Összefoglalás

A Móri-árok területére telepített ideiglenes állomáshálózat segítségével sikerült 94 földrengés hipocentrumát meghatározni az iLoc algoritmussal, melyek közül 72 földrengés helyét a hypoDD többeseményes algoritmus-sal nagy pontossággal tudtuk meghatározni. A rengések fészekmélysége sekély, 3–5 km volt. A földrengések kivétel nélkül kis magnitúdójúak voltak, és csak a Móri-árok hálózat állomásai regisztrálták ezeket. Ez azt is jelenti, hogy az ideiglenes és GeoRisk állomások nélkül nem kerülneek bele a KRSZO *Magyar Nemzeti Szeizmológiai Bulletinbe*.

Kimutattuk, hogy a földrengések egy része rajokat alkot, melyek számossága 2–30 között mozog. Visszamenőleg kiértékelve a csókakői hullámformákat azt találtuk, hogy a Móri-árok szinte minden évben produkál földrengésrajokat, más néven swarmokat. A 2. táblázat mutatja a csókakői állomás 2009-es telepítése óta megfigyelt nagyobb, legalább hat rengésből álló földrengésrajok paramétereit.

A Móri-árok hálózat által regisztrált földrengések között 6 földrengésrajt találtunk, ezekre alkalmaztuk a korrelációs és subspace detektor módszert, hogy a háttérzaj miatt szabad szemmel nem látható földrengéseket is detektáljuk. Mindkét módszer igényel mestereseményeket, ezeket a hypoDD helymeghatározások közül jelöltük ki. A várakozásoknak megfelelően subspace

2. táblázat| A CSKK állomáson azonosított jelentősebb földrengésrajok 2009–2019 között

A rengésraj kezdete	A rengésraj vége	Manuálisan azonosított rengések
2009/11/21 00:21	2009/11/22 19:21	6
2010/01/10 02:36	2010/01/10 15:13	8
2012/02/14 16:15	2012/02/15 06:14	12
2012/04/06 00:05	2012/04/15 09:09	7
2013/07/01 12:28	2013/07/02 14:10	20
2015/06/16 23:16	2015/06/18 02:09	10
2015/09/29 04:49	2015/09/30 18:58	10
2015/11/03 11:47	2015/11/06 13:50	12
2016/01/19 02:51	2016/01/19 04:38	6
2017/02/20 08:23	2017/02/20 12:10	11
2017/03/16 01:09	2017/03/19 10:33	11
2018/04/21 07:58	2018/04/23 18:54	15
2018/10/27 11:10	2018/10/27 11:49	7
2019/03/08 22:25	2019/03/09 09:27	20
2019/05/06 04:19	2019/05/06 16:11	7

3. táblázat | A Móri-árok hálózat által regisztrált földregésrajok

Elnevezés	Régésraj Kezdet – vége	Azonosítás módja		
		Manuális	Korrelációs detektor	Subspace detektor
SW1	2020/03/27 19:51 – 2020/04/03 20:29	3	0	5
SW2	2020/05/04 00:26 – 2020/05/07 20:36	14	17	27
SW3	2020/05/22 21:20 – 2020/06/04 23:44	19	14	33
SW4	2020/11/10 19:33 – 2020/11/10 21:36	3	0	5
SW5	2020/12/31 02:11 – 2020/12/31 06:04	5	10	14
SW6	2021/01/30 01:51 – 2021/02/06 05:02	3	0	3

detektor nyújtotta a legjobb teljesítményt. A 3. táblázat az egyes módszerek által talált események összehasonlítását mutatja.

Tekintve, hogy a Móri-ároknak csak egy kis, mintegy 10 km-es szakaszát monitoroztuk a Móri-árok hálózattal, következtéseink nem vonatkoztathatóak a Móri-árok teljes kiterjedésére. Ugyanakkor feltételezhetjük, hogy a Móri-árok egésze aktív, és évente több földregésraj produkál. Földregés-veszélyeztetettségi szempontból nem lenne ésszerűtlen a Móri-árok mentén egy állandó állomáshálózat telepítése a Móri-árok aktivitásának monitorozására.

## Köszönetnyilvánítás

A munka a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatásával, K128152 projekt, „Természetes és mesterséges eredetű események elkülönítése szeizmikus és infrahang adatok együttes analízisével” keretében történt. Köszönet az ideiglenes állomások üzemeltetésében nyújtott támogatásért a Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézetnek és a GeoRisk Földregés Mérnöki Irodának a paksi mérőállomások adatainak rendelkezésre bocsátásáért. Hálásak vagyunk a Vértes-tábor, Bársony István Em-lékház és a Tímári Vadaskert épületei üzemeltetőinek, hogy befogadták az ideiglenes állomásokat. Köszönet illeti az ismeretlen bírálót, akinek megjegyzései jelentősen javítottak mind a cikk tartalmán, mind a nyelvhelyességen.

## A tanulmány szerzői

Bondár István, Kalmár Dániel, Czece Barbara, Kiszely Márta

## Hivatkozások

- Békési E., Süle B., Lenkey L., Lenkey-Bogér Á., Bondár I. (2017): Double-difference relocation of the 29 January 2011 ML 4.5 Oroszlány earthquake and its aftershocks and its relevance to the rheology of the lithosphere and geothermal prospectivity. *Acta Geod. Geophys.*, 52, 229–242.
- Begnaud M. L., Myers S. C., Young B., Hipp J. R., Dodge D., Phillips W. S. (2021): Updates to the Regional Seismic Travel Time (RSTT) model: 1. Tomography. *Pure Appl. Geophys.*, 178, 2475–2498. <https://doi.org/10.1007/s00024-020-02619-5>.
- Begnaud M. L., Anderson D. N., Myers S. C., Young B., Hipp J. R., Phillips W. S. (2021): Correction to: Updates to the Regional Seismic Travel Time (RSTT) model: 2. Path-dependent travel-time uncertainty. *Pure Appl. Geophys.*, 178, 2499–2525. <https://doi.org/10.1007/s00024-021-02696-0>.
- Begnaud M. L., Anderson D. N., Myers S. C., Young B., Hipp J. R., Phillips W. S. (2021): Updates to the Regional Seismic Travel Time (RSTT) model: 2. Path-dependent travel-time uncertainty. *Pure Appl. Geophys.*, 178, 313–339. <https://doi.org/10.1007/s00024-021-02657-7>.
- Bondár I., Tóth L. (1992): Az első magyar szélessávú digitális szeizmológiai állomás (Pizskétető, PSZ). *Magyar Geofizika*, XXXIII, 151–161.
- Bondár I., Storchak D. (2011): Improved location procedures at the International Seismological Centre. *Geophys. J. Int.*, 186, 1220–1244.
- Bondár I., Mónus P., Czanik Cs., Kiszely M., Grácz Z., Wéber Z. and the AlpArray Working Group (2018): Relocation of seismicity in the Pannonian Basin using a global 3D Velocity Model. *Seismol. Res. Lett.*, 89, 2284–2293.
- Chamberlain C. J., Hopp C. J., Boese C. M., Warren-Smith E., Chambers D., Chu S. X., Michailos K., Townend J. (2018): EQ-corrscan: Repeating and near-repeating earthquake detection and analysis in Python. *Seismol. Res. Lett.*, 89, 173–181.
- Czanik Cs., Bondár I. (2017): The first infrasound array in Hungary. In: CTBT: Science and Technology Conference, Book of Abstracts, p. 9, 26–30 June 2017, Vienna, Austria.

- Czanik C., Kiszely M., Mónus P., Süle B., Bondár I. (2021): Identification of quarry blasts aided by infrasound data. *Pure Appl. Geophys.*, 178, 2287–2300.
- Czecze B., Bondár I. (2019): Hierarchical cluster analysis and multiple event relocation of seismic event clusters in Hungary between 2000 and 2016. *J. Seismol.*, 23, 1313–1326.
- GeoRisk Szeizmológiai Hálózat, HM, <https://doi.org/10.7914/SN/HM>.
- GeoRisk, *Magyar Földrengések Évkönyve*, <http://www.georisk.hu/Bulletin/bulletinh.html>.
- Grácz Z., Szanyi G., Bondár I., Czanik Cs., Czifra T., Gyori E., Hetényi Gy., Kovács I., Molinari I., Süle B., Szucs E., Wesztergom V., Wéber Z., AlpArray Working Group (2018): AlpArray in Hungary: temporary and permanent seismological networks in the transition zone between the Eastern Alps and the Pannonian Basin. *Acta Geod. Geophys.*, 53, 221–245.
- Harris D. (2006): *Subspace Detectors: Theory*. Lawrence Livermore National Laboratory, UCRL-TR-222758.
- Harris D. B., Dodge D. A. (2011): An autonomous system for grouping events in a developing aftershock sequence. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 101, 763–774.
- Hetényi Gy., Molinari I., Clinton J., Bokelmann G., Bondár I., Crawford W. C., Dessa J.-X., Doubre C., Friederich W., Fuchs F., Giardini D., Grácz Z., Handy M. R., Herak M., Jia Y., Kissling E., Kopp H., Korn M., Margheriti L., Meier T., Mucciarelli M., Paul A., Pesaresi D., Piromallo C., Plenefisch T., Plomerová J., Ritter J., Rumpker G., Sipka V., Spallarossa D., Thomas C., Tilmann F., Wassermann J., Weber M., Wéber Z., Wesztergom V., Zivcic M., AlpArray Seismic Network Team, AlpArray OBS Cruise Crew, AlpArray Working Group, The AlpArray Seismic Network (2018): A large-scale European experiment to image the Alpine orogen. *Surv. Geophys.*, 39, 1009–1033.
- Kiszely M., Süle B., Mónus P., Bondár I. (2021): Discrimination between local earthquakes and quarry blasts in the Vértes Mountains, Hungary. *Acta Geod. Geophys.*, 56, 523–537.
- Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium, *Magyar Nemzeti Szeizmológiai Bulletin*, <http://www.seismology.hu/index.php/hu/szeizmicitas/foeldrengesek-evkoenyve>.
- Magyar Nemzeti Szeizmológiai Hálózat, HU, <https://doi.org/10.14470/UH028726>.
- Mónus P., Tóth L. (2013): A magyar szeizmológiai hálózat fejlődése és jelenlegi helyzete. *Magyar Tudomány*, 174, 1, 53–64.
- Myers S. C., Begnaud M. L., Ballard S., Pasyanos M. E., Phillips W. S., Ramirez A. L., Antolik M. S., Hutchenson K. D., Dwyer J. J., Rowe C. A., Wagner G. S. (2010): A crust and upper-mantle model for Eurasia and North Africa for Pn travel-time calculation. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 100, 640–656.
- Skoumal R. J., Brudzinski M. R., Currie B. S. (2016): An efficient repeating signal detector to investigate earthquake swarms. *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 121, 5880–5897.
- Varga P., G. Timár, M. Kiszely, Two Hundred Years Ago the Dissertation de terrae motu Mórensi and the First Isoleismic Map Appeared. *Seismol. Res. Lett.*, 86, 1432–1437, 2015.
- Varga P. (2016): A Földrengési Observatóriumtól a Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatóriumig. *Magyar Tudomány*, 177, 1192–1217.
- Waldhauser F., Ellsworth W. L. (2000): A double-difference earthquake location algorithm: method and application to the northern Hayward fault, California. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 90, 1353–1368.
- Waldhauser F. (2001): hypoDD – A program to compute double-difference hypocenter locations. *US Geol. Surv. Open File Report*, 01-113.
- Wéber Z., Süle B. (2014): Source properties of the 29 January 2011 ML 4.5 Oroszlány (Hungary) mainshock and its aftershocks. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 104, 113–127.

# Felszín alatti vízáramlás és hőtranszport sztochasztikus permeabilitású közegekben

MOLNÁR B., GALSA A.<sup>@</sup>

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék  
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C  
<sup>@</sup>E-mail: attila.galsa@ttk.elte.hu

A felszín alatti térrész minden skálán heterogén, mégis a legtöbb geofizikai vizsgálati módszer esetén élünk a homogén vagy a tartományonként homogén megközelítéssel. Nincs ez másképp a felszín alatti vízáramlás numerikus modellezésénél sem, ahol a vízzel átjárt teljes térrész vagy az egyes hidrosztratigráfiai egységek permeabilitását állandónak feltételezzük. Jelen tanulmányban megvizsgáljuk a heterogén permeabilitású közeg hatását a felszín alatti vízáramlásra, illetve az abban zajló konduktív és advektív hőtranszportfolyamatra. Egyszerű kétdimenziós szintetikus szimulációkon keresztül rávilágítunk arra, hogyan befolyásolja a hatástávolság, vagyis a heterogenitás skálája a Darcy-fluxus eloszlását, valamint a hőmérséklet időbeli változását. Számszerűen kimutatjuk, hogy a heterogenitás skálájának növelése csökkenti a közeg effektív permeabilitását, fokozza a hődiszperziót, de nem módosítja az áramlás intenzitását. A statisztikailag azonos valószínűséggel bíró permeabilitásrealizációkon keresztül rámutatunk arra, hogy a heterogenitás skálájának növelésével a számított kontrollparaméterek szórása emelkedik.

## Molnár, B., Galsa, A.: Groundwater flow and heat transport in media with stochastic permeability

The subsurface is heterogeneous at all scales, still the most geophysical methods apply the homogeneous or domain-by-domain homogeneous approximation. This does not differ in numerical modelling of groundwater flow, where the permeability of the whole saturated domain or the hydrostratigraphic units is considered to be constant. In the present study, we investigate the effect of a heterogeneous permeability on the groundwater flow and the conductive and advective heat transport processes. Through simple two-dimensional synthetic simulations, we shed light on how the range (i.e., the scale of heterogeneity) affects the Darcy flux pattern and the time-variation of the temperature field. It is quantified that increasing the scale of heterogeneity reduces the effective permeability of the medium, enhances the thermal dispersion, but does not modify the intensity of the flow. The different permeability realizations having statistically equivalent probability reveal that increasing the scale of heterogeneity enhances the standard deviation of the control parameters.

*Beérkezett:* 2022. április 14.; *elfogadva:* 2022. június 15.

### 1. Bevezetés

A felszín alatti vízáramlási rendszerek megértése és minél pontosabb feltárása napjainkban kardinális jelentőséggel bír, mivel az ivóvízellátásra, öntözésre, fűtésre vagy akár balneológiai célra felhasznált víz döntő része ezen tartományból származik. A felszín alatti vízáramlás megismerésében a numerikus szimulációk egyre nagyobb jelentőséggel bírnak, hiszen számos olyan jelenség létezik, melynek analitikus, laboratóriumi vagy terepi vizsgálata igen problémás, költséges vagy akár megvalósíthatatlan.

A felszín alatti vízáramlás numerikus modellezése során a vizsgált tartományt sok esetben homogénnek tekintik. Előfordul ez olyankor, ha egy adott fizikai/kémiai folyamat megértésére kívánnak koncentrálni, ahol a modell komplexitása elfedné a kutatott jelenség karakterét. Ilyen például a víztükörlejtés és a hőmérséklet (Cserepes, Lenkey 2004, An et al. 2015, Szijártó et al. 2019), a hőmérséklet és az oldott sótartalom (Szijártó, Galsa 2020) vagy a víztükörlejtés és a sótartalom (Galsa et al. 2022) egymásra hatásának szisztematikus vizsgálata. De ide tartozik a CO<sub>2</sub>-tárolókban kialakuló konvekció és a mechanikai diszperzió kapcsola-

tának felderítése (Wen et al. 2018), a lokális áramlási rendszerekben a felszíni sós víz beszivárgásának a felszín alatti vízáramlás szerkezetére gyakorolt hatásvizsgálata (Zhang et al. 2020) vagy a kémiai átalakulásokat magukban foglaló reaktív folyamatok tanulmányozása (Hamann et al. 2015) is. A homogenitást feltételező egyszerűsítés másik tipikus példája, amikor egy szoftver vagy egy általunk kidolgozott algoritmus, módszer verifikálását vagyunk kénytelenek elvégezni, és a numerikus számítás eredményeit hasonlítjuk össze analitikus vagy egyéb numerikus megoldásokkal (pl. Weatherill et al. 2004, Oswald, Kinzelbach 2004, Voss et al. 2010).

Azonban, ha az elsődleges cél nem a fizikai/kémiai jelenség analízisa, hanem egy adott földtani szituációban kialakuló áramlási rendszer, illetve az azt kísérő/befolyásoló hő- vagy oldottanyagtranszport folyamatának leképezése, akkor a homogén közelítés már nem jöhet szóba. Ilyen esetben a vizsgált kétdimenziós szelvényt vagy háromdimenziós tartományt rétegekre, formációkra, hidrostratigráfiai egységekre bontják, s a homogenitást az egységeken belül írják elő. Hasonlóképpen történt ez a Rajna-árkon (Clauser, Villinger 1990), az Alföldön (Galsa 1997), a Csád-tavon (Lopez et al. 2016), a Tihanyi-félszigeten (Havril et al. 2018), a Budai Termálkarszton (Szijártó et al. 2021), a Gödöllői-dombságon (Galsa et al. 2022) keresztül húzott szelvény esetében, vagy a Germán-alföld (Kaiser et al. 2011, 2013), a Tihanyi-félsziget (Tóth et al. 2016) és a Germán-Molassz-medence (Przybycin et al. 2017), illetve a Battonya–Pusztaföldvári-hát háromdimenziós modellezése során (Kun et al. 2022).

A fenti megközelítésekben közös, hogy vagy a teljes modellezési tartományon, vagy annak jelentős részében (rétegeiben, egységeiben) előírjuk a fizikai paraméterek homogenitását. Tesszük ezt annak ellenére, hogy sem a kőzet permeabilitása, sem hővezető-képessége, sem sűrűsége, sem fajhője stb. nem állandó. Sőt, a kőzetekben benne rejlő heterogenitás is skálafüggő mennyiség, hiszen eltérő jelenség okozza a kőzet/réteg mikroszkopikus (szemcseszintű), illetve makroszkopikus, akár regionális méretekre kiterjedő inhomogenitását (pl. agyaglencsék). A heterogenitás és annak mérete, elhelyezkedése nyilvánvalóan befolyásolja mind a felszín alatti vízáramlást, mind az azzal együtt zajló hő- és oldottanyag-transzportot. A jelenkori szimulációs képességek mellett jogosan vetődik fel az igény, hogy megvizsgáljuk a kőzet, vagyis a közeg heterogenitásának hatását a felszín alatti vízáramlásra.

Természetesen, soha nem áll majd rendelkezésre annyi információ, hogy egy szelvény mentén, vagy egy háromdimenziós földtani egységen belül az összes heterogenitást feltérképezzük. Ugyanakkor a nem egyenletes eloszlású és eltérő geofizikai, földtani adatok alapján következtetni lehet a réteg heterogenitására, statisztikai jellemzőire. A geostatistikai módszerek épp ezt a tulajdonságot felhasználva képesek a szimulációhoz elengedhetetlenül szükséges adatokkal kitölteni a modelltartományt, megőrizve az eredeti adathalmaz statisztikai tulajdonságait.

A földtani közeg heterogenitásainak a felszín alatti vízáramlásra gyakorolt hatása már évtizedek óta foglalkoztatja a kutatókat (Bakr et al. 1978, Dagan 1984, Dagan 1986, Freeze 1975, Gelhar 1987, Simmons et al. 2001, Huysmans, Dassargues 2009, Tang et al. 1982, Zech et al. 2016). A közegek sztochasztikus eljárások útján való megközelítése így ma már alapvetően nem tekinthető új gondolatnak, hiszen a geostatistika maga is nagy múltra tekint vissza (pl. Deutsch, Journel 1997, Goovaerts 1997, Kitanidis 1997, Deutsch 2002, Kelkar et al. 2002, Bohling 2005, Geiger, Mucsi 2005, Geiger 2006). Ugyanakkor a témakör a földtani közegek bonyolultsága és változatossága, a módszerek folyamatos fejlődése miatt, továbbá a heterogenitás szerepének még mindig gyakori elhanyagolása okán mindmáig újszerűnek és kevésbé feltártnak tekinthető. Ráadásul a közegek heterogenitásának és a hőtranszportfolyamatnak kapcsolata igen szegényesen kutatott. Míg a vízkincs folyamatos felértékelődése miatt létjogosultsága egyre nő.

A következőkben egy olyan szisztematikus szimulációsorozatot prezentálunk, mely egyszerű kétdimenziós modellrealizációkon keresztül mutatja be a heterogén permeabilitáseloszlás hatását a felszín alatti vízáramlásra és a hozzá kapcsolódó konduktív és advektív hőtranszportra. Mindeközben elemezzük a heterogenitás hatását az áramlásra és a hőmérsékleteloszlás időbeli változására, illetve számszerűsítjük, hogy a heterogenitás mérete mily mértékben befolyásolja a kontrollparamétereket, úgymint a kilépő víz hőmérsékletét, a közeg effektív permeabilitását, illetve az átlagos Darcy-fluxust.

## 2. A modell felépítése

### 2.1. Permeabilitásmodell

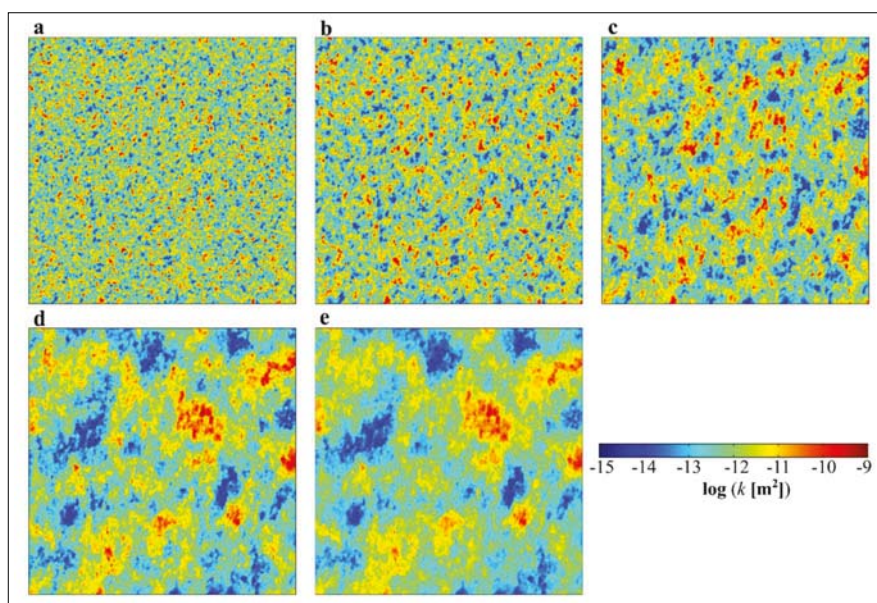
A heterogenitásnak a felszín alatti vízáramlásra és a hőtranszportra gyakorolt hatásvizsgálatához első lépésben egy inhomogén permeabilitáseloszlást állítottunk elő. Ehhez a Stanford Geostatistical Modeling Software-t (SGeMS) alkalmaztuk, mely egy nyílt forráskódú geostatistikai program. Az SGeMS mind a tudományos (Huysmans, Dassargues 2009), mind a szénhidrogénipari gyakorlatban széles körben elterjedt szoftver (Zhao et al. 2014, Zhang et al. 2017).

A „mérési adatokat” egy python nyelvű algoritmussal generáltuk, melyben az 50 permeabilitásadatot egy kétdimenziós  $300 \times 300$  rácshálón sorsoltuk. Az adatok helyének eloszlása a rácshálón egyenletes volt, míg a permeabilitásértékek  $[m^2]$  tízes alapú logaritmus normál eloszlású, átlaga  $-12$ , szórása 1 nagyságrend volt.

Ezen adatok képezték az SGeMS bemeneti permeabilitásadatait, melyekből szekvenciális gaussi szimuláció (SGS) alkalmazásával állítottuk elő a heterogén modelleket. Azokat az eljárásokat, melyben felépítjük (generáljuk) egy térbeli változó alternatív, de egyenlő valószínűségű modelljeit (eloszlásait), sztochasztikus szimulációknak ne-

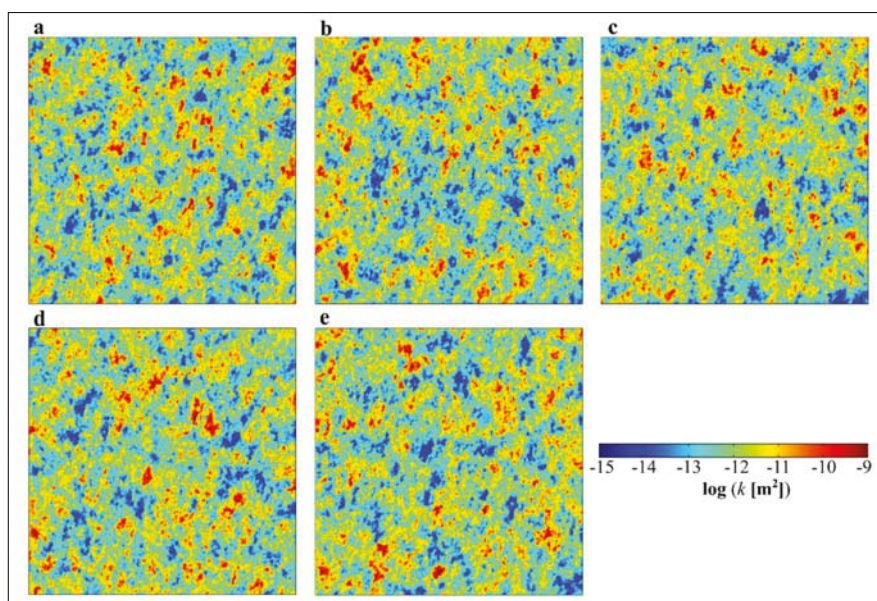
vezzük (Deutsch, Journel 1997). A szekvenciális gaussi szimuláció megőrzi a bemeneti adatok változékonyságát, ugyanakkor a szimuláció eredménye a hagyományos interpolációs eljárásokhoz képest nem egy, az adott paraméterekkel megalkotható „legjobbnek ítélt” eloszlás, hanem számos egymással azonos valószínűségű realizáció. Az SGS a kiszámolandó (a bemeneti adatokon kívüli) cellákat véletlen sorrendben keresi fel, és a cellák értékeit krigeléssel határozza meg. Ezt követően a kiszámolt cella

értékét eltárolja, és a következő cella értékének meghatározásakor már felhasználja. Ezen elv szerint halad előre az eljárás, amíg a teljes rácshálót fel nem tölti adatokkal, így a cellák felkeresési sorrendjének függvényében szinte számtalan egyenlő valószínűségű realizáció állítható elő (Deutsch, Journel 1997). Az SGS egy gyakorta használt eljárás például porozitás- és/vagy permeabilitáseloszlások generálásánál (Ren 2003, Geiger 2006), de szénhidrogén-tároló karakterizálásánál is előszeretettel alkalmazzák



**1. ábra** Heterogén permeabilitáseloszlások különböző hatástávolságok esetén: a)  $R = 5$ , b)  $R = 10$ , c)  $R = 20$ , d)  $R = 50$  és e)  $R = 100$ . A permeabilitás 10-es alapú logaritmus skálán ábrázolva

**Figure 1** Heterogeneous permeability fields with different ranges: a)  $R = 5$ , b)  $R = 10$ , c)  $R = 20$ , d)  $R = 50$  and e)  $R = 100$ . Logarithmic value of the permeability is shown



**2. ábra** Heterogén permeabilitáseloszlás-realizációk  $R = 20$  hatástávolság esetén. A permeabilitás 10-es alapú logaritmus skálán ábrázolva

**Figure 2** Heterogeneous permeability realizations at a value of  $R = 20$ . Logarithmic value of the permeability is shown

(Hosseini et al. 2018, Evans et al. 2019, Yong et al. 2019, Zhao et al. 2014).

A szintetikus vizsgálathoz 5 különböző hatástávolságot (range) definiáltunk,  $R = 5, 10, 20, 50$  és  $100$ . A hatástávolságon túl a permeabilitásadatok korreláltsága megszűnik, így különböző léptékekkel bíró heterogenitásmo­dellek generálhatóak. Az 1. ábra érzékelteti, hogyan változik a heterogenitás mértéke a hatástávolság növelésével. Minden  $R$  hatástávolság esetén 10–10 izotróp realizációt hoztunk létre szekvenciális gaussi szimulációval, melyek statisztikailag ugyanúgy megfelelnek a „mérési adatoknak”. A 2. ábra  $R = 20$  hatástávolság mellett generált ötféle realizációt érzékeltet. Tehát összesen 50 darab heterogén permeabilitásmo­dellet hoztunk létre, és használtunk fel a szimulációk során.

### 2.2. A fizikai modell

A felszín alatti vízáramlás és az azzal történő hőtranszport numerikus modellezése során a tömegmegmaradást leíró egyenlet, a Darcy-törvény és a hőtranszportegyenlet alkot­ta parciális differenciálegyenlet-rendszert szükséges megoldani,

$$\Phi \frac{\partial \rho_w}{\partial t} + \nabla(\rho_w \mathbf{q}) = 0, \quad (1)$$

$$\mathbf{q} = \frac{-k}{\eta} \nabla p, \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & [\Phi \rho_w c_w + (1 - \Phi) \rho_m c_m] \frac{\partial}{\partial t} = \\ & = -\rho_w c_w \nabla T + \nabla \{ [\Phi \lambda_w + (1 - \Phi) \lambda_m] \nabla T \}, \end{aligned} \quad (3)$$

ahol a négy független egyenlet (a (2) egyenlet egy kétdimenziós vektoregyenlet) segítségével meghatározandó ismeretlenek a  $\mathbf{q}$  Darcy-fluxus,  $p$  nyomás és  $T$  hőmérséklet. A (2) egyenletben  $k$  jelöli a heterogén permeabilitáseloszlást, melyeket az előző fejezetben bemutatott módon állítottunk elő. A (3) hőtranszportegyenletben a kőzet hőmennyiségének megváltozását (bal oldal) a víz hőszállítása (jobb oldal 1. tag) és a kőzet hővezetése (jobb oldal 2. tag) idézi elő. A többi paraméter a szimuláció során állandó volt, értéküket és elnevezésüket az 1. táblázat összegzi. A vizsgálat során a víz sűrűségét állandónak te­teleztük fel, vagyis a hőtágulás, s így a termikus felhajtóerő hatását elhanyagoltuk. Ennélfogva a hőtranszportegyenlet alapján számított hőmérsékleteloszlás nem befolyásolta az áramlást, míg a Darcy-egyenletből meghatározott Darcy-fluxus – az advektív tagon keresztül – módosította a hőmérsékleteloszlást.

Az alkalmazott modell egy kétdimenziós,  $L = 300$  m hosszú és  $d = 300$  m vastag tartomány, melynek kezdeti hőmérséklete  $T_0 = 10$  °C volt. Határfeltételként írtuk elő, hogy a modelldoboz bal oldalán  $T_{in} = 30$  °C hőmérsékletű víz lép be a közegbe  $q_{in} = 10^{-7}$  m/s horizontális fluxussal (3a. ábra). A felső és alsó határ impermeábilis és hőszigetelő, vagyis a víz a jobb oldalon lép ki a tömegmegmaradásnak megfelelő  $q_{out} = 10^{-7}$  m/s Darcy-fluxussal, illetve az advекciónak megfelelő zérus horizontális hőmérsékletgradienssel.

A szimulációk számszerű jellemzésére kontrollparamé­tereket használtunk, melyek:

- $T_{out}$ , a kilépő (jobb oldalon tapasztalt) átlaghőmérséklet;
- $q_{av}$ , a modelltartományra átlagolt Darcy-fluxus;
- $t_{20}$ , azon idő, mely ahhoz szükséges, hogy a modelltartomány jobb oldalán kilépő víz átlagos hőmérséklete elérje a 20 °C-ot;

1. táblázat | A numerikus modell paraméterei  
Table 1 | Parameters of the numerical model

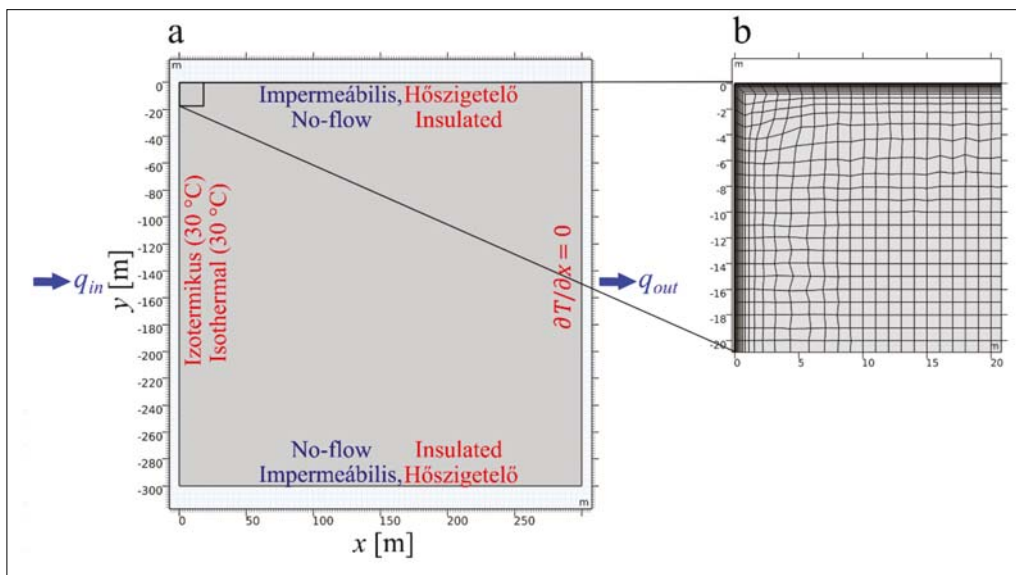
Megnevezés	Szimbólum	Érték	Mértékegység
Modelltartomány szélessége	$L$	300	m
Modelltartomány mélysége	$d$	300	m
Közeg porozitása	$\Phi$	0,2	–
Víz viszkozitása	$\eta$	$10^{-3}$	Pa·s
Víz sűrűsége	$\rho_w$	1000	kg/m <sup>3</sup>
Mátrix sűrűsége	$\rho_m$	2500	kg/m <sup>3</sup>
Víz hővezető-képessége	$\lambda_w$	0,6	W/(m·K)
Mátrix hővezető-képessége	$\lambda_m$	2,5	W/(m·K)
Víz fajhője	$c_w$	4200	J/(kg·K)
Mátrix fajhője	$c_m$	900	J/(kg·K)
Belépő Darcy-fluxus	$q_{in}$	$10^{-7}$	m/s
Kilépő Darcy-fluxus	$q_{out}$	$10^{-7}$	m/s
Belépő hőmérséklet	$T_{in}$	30	°C
Kezdeti hőmérséklet	$T_0$	10	°C

- $t_{28}$ , azon idő, mely ahhoz szükséges, hogy a modelltartomány jobb oldalán kilépő víz átlagos hőmérséklete elérje a 28 °C-ot; illetve
- $k_{eff}$ , mely a heterogén közeg effektív permeabilitását jelöli.

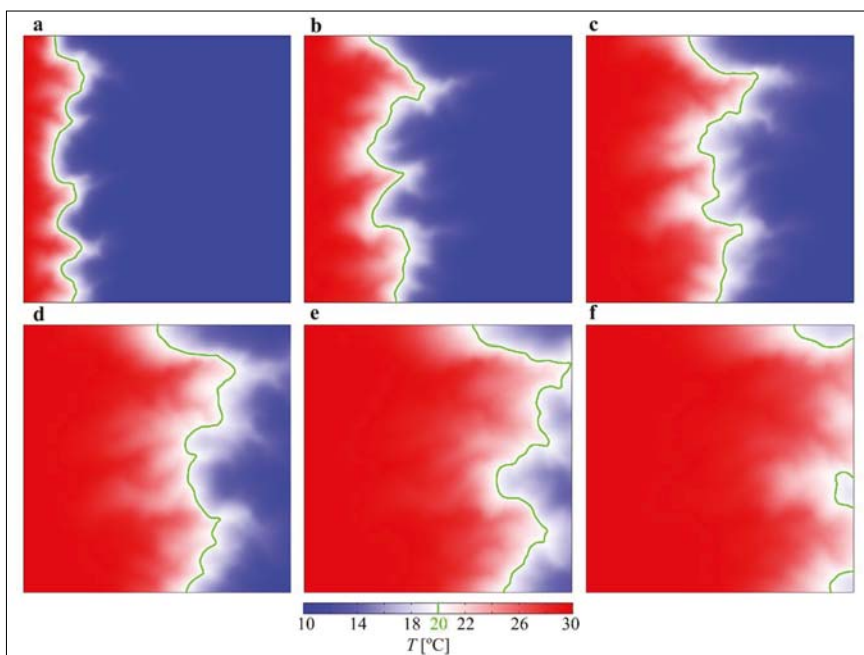
Utóbbit a (2) Darcy-egyenlet linearizált alakjának felhasználásával határoztuk meg,

$$k_{eff} = q_{in} \eta L / \Delta p, \tag{4}$$

amely megmutatja, hogy ha a közeg homogén lenne, mekkora  $k_{eff}$  permeabilitás idézne elő  $\Delta p$  nyomáskülönbséget a modell vertikális határai között. A  $\Delta p$  nyomáskülönbséget számítottuk a szimulációk során.



**3. ábra** a) A modell felépítése. Kékkel az áramlásra, pirossal a hőmérsékletre vonatkozó határfeltelek vannak felüntetve. b) A modell tér véges elemes diszkrétizációja  
**Figure 3** a) Model geometry with boundary conditions for the flow (blue) and the temperature (red). b) Finite element discretization of the model domain



**4. ábra** A bal oldalról belépő meleg víz okozta hőmérséklettér evolúciója  $R = 20$  hatástávolsággal jellemzett heterogén közegben: a) 10 év, b) 20 év, c) 30 év, d) 40 év, e) 50 év és f) 60 év elteltével. A termikus frontot a zölddel jelölt  $T = 20$  °C-os izoterma illusztrálja  
**Figure 4** Evolution of the temperature field in heterogeneous medium with a range of  $R = 20$  after a) 10 yr, b) 20 yr, c) 30 yr, d) 40 yr, e) 50 yr and f) 60 yr. Warm water ( $T = 30$  °C) entered through the left wall. Thermal front is illustrated by the green isotherm of  $T = 20$  °C

Az (1)–(3) időfüggő parciális differenciál-egyenletrendszer a COMSOL Multiphysics v5.3 végeselemes numerikus modellező szoftvercsomag segítségével oldottuk meg. A modellter diszkretizálásához alapvetően egyenletes méretű négyzethálós rácsot alkalmaztunk, a maximális elemméret 1 m volt (3b. ábra). Ettől csupán a határok közelében térünk el, ahol hattárréteg elemek alkalmazásával sűrítettük a rácsot, hogy a belépő oldalon jelentkező nagy hőmérsékletgradiens ne okozzon numerikus instabilitást. Összességében a háló 99 600 véges elemet tartalmazott. Az elemek belsejében a nyomást és a hőmérsékletet másod-, illetve elsőfokú Lagrange-polinommal közelítettük. Az időfüggő számítást 200 évig végeztük, mivel ekkor a belépő 30 °C hőmérsékletű meleg víz már teljes mértékben átfűtötte a közeget. A maximális időlépés 0,15 év, a kimentési idő 0,5 év volt. Egy modellfuttatás hozzávetőlegesen 3 óra CPU-időt vett igénybe egy 3,00 GHz Intel asztali számítógépen, és 3–4 GB memóriát igényelt.

### 3. Eredmények és értelmezésük

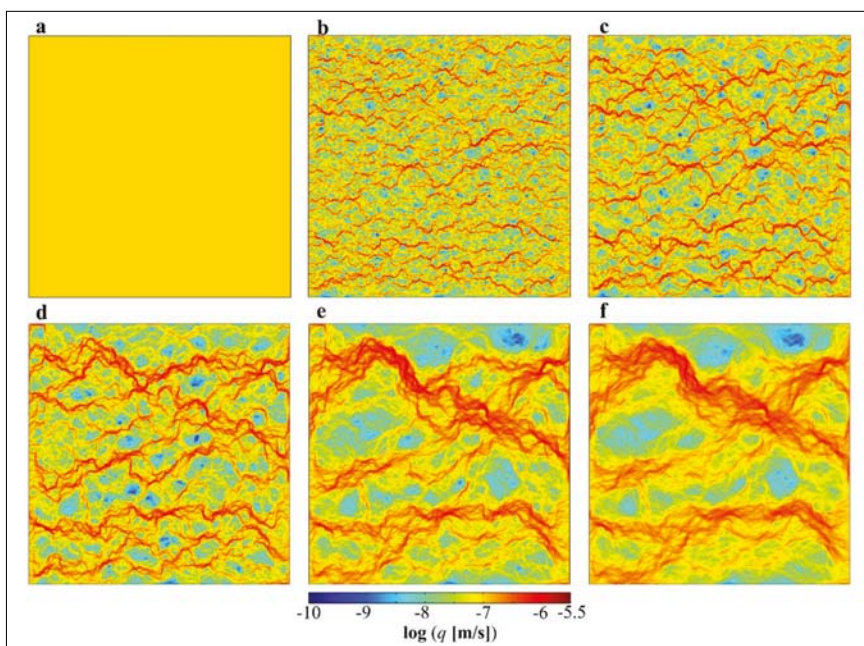
A felszín alatti vízáramlást és hőtranszportot leíró (1)–(3) egyenletek egy félig csatolt parciális differenciálegyenletrendszer alkotnak, hiszen a Darcy-egyenlet megoldásaként előálló Darcy-fluxus befolyásolja a hőmérsékleteloszlást, ugyanakkor a hőmérséklet nem hat ki az áramlásra, lévén a modellben a víz sűrűsége állandó. Ebből kifolyólag a heterogén permeabilitású közegmodellekben a Darcy-fluxus időben változatlan, stacionárius megoldást szolgáltat, míg a hőmérséklettér időben változik. A hőmérséklet

időbeli változását a 4. ábra szemlélteti 10 éves pillanatfelvételeken  $R = 20$  hatástávolság esetén (vö. 1c. ábra).

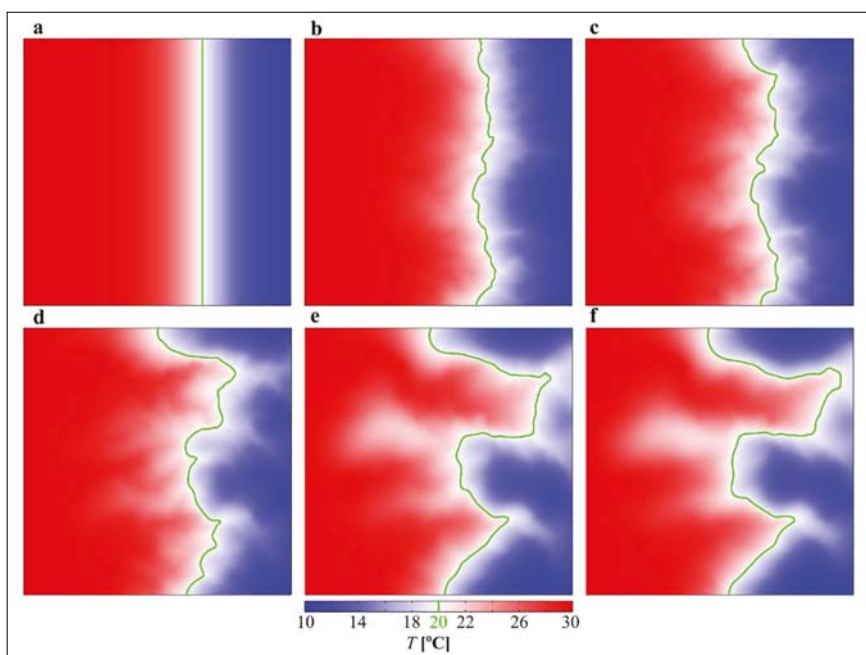
Az 5. ábra különböző skálájú heterogenitások esetén illusztrálja a tipikus stacionárius áramlási képet. Jó látható, hogy a balról jobbra áramló víz az olyan „jól vezető csatornákat” részesíti előnyben, melyek a nagyobb permeabilitású tartományokat kötik össze. A heterogenitás méretének – azaz a hatástávolság – növelésével az egyedi csatornák száma csökken, vastagságuk nő, hiszen a magas és az alacsony permeabilitású tartományok száma is mérséklődik, s egyre kiterjedtebbé válnak. A Darcy-fluxus térbeli változása is erőteljes, hiszen a  $q_{in} = 10^{-7}$  m/s belépő érték  $\pm 2-3$  nagyságrendet változik a heterogén közegben. Megemlítjük, hogy a hatástávolság csökkenésével az áramlási kép kvalitatíve mind jobban hasonlít a homogén közegre érvényes megoldáshoz.

A különböző heterogenitású modellekben eltérő áramlási szerkezet alakul ki, mely eltérő hőmérsékleteloszlást eredményez (6. ábra). A heterogenitás megjelenésével, majd erősödésével a függőleges termikus front megszűnik, mivel a nagy permeabilitású csatornákon keresztül a melegebb víz gyorsabban terjed, míg a kis permeabilitású tartományokban a melegedés lassabb. Ahogy nő a heterogenitás skálája, úgy torzul a termikus front, melyet a zöld színű  $T = 20$  °C-os izoterma illusztrál. Más szóval, a hatástávolság növelésével a modelltartomány jobb oldalát egyre korábban éri el a balról belépő meleg víz, azonban – az alacsony áteresztőképességű tartományok miatt – a közet felfűtődése egyre később fejeződik be.

A 7. ábra a jobb oldalon kilépő víz  $T_{out}$  átlaghőmérsékletét mutatja az idő függvényében különböző hatástávolság-



5. ábra | A Darcy-fluxus nagyságának logaritmusai különböző heterogenitású modellek esetén: a) homogén, b)  $R = 5$ , c)  $R = 10$ , d)  $R = 20$ , e)  $R = 50$  és f)  $R = 100$   
 Figure 5 | Logarithm of the Darcy flux magnitude in a) homogeneous medium and in heterogeneous media with ranges of b)  $R = 5$ , c)  $R = 10$ , d)  $R = 20$ , e)  $R = 50$  and f)  $R = 100$

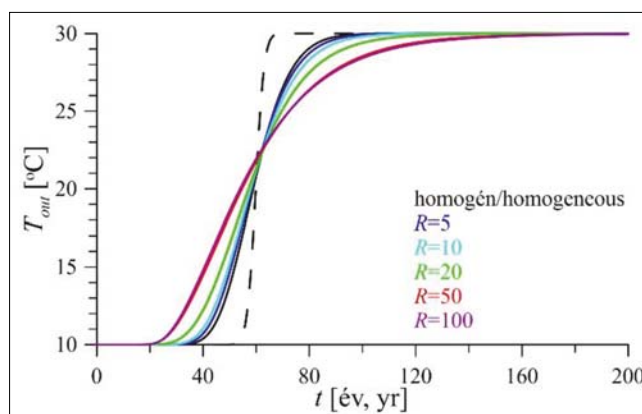


**6. ábra** A hőmérsékleteloszlás 40 év elteltével különböző heterogenitású modellek esetén: a) homogén, b)  $R = 5$ , c)  $R = 10$ , d)  $R = 20$ , e)  $R = 50$  és f)  $R = 100$ . A zöld kontúr a  $T = 20$  °C-os izotermát jelöli

**Figure 6** Temperature field after 40 yr in a) homogeneous medium and in heterogeneous media with ranges of b)  $R = 5$ , c)  $R = 10$ , d)  $R = 20$ , e)  $R = 50$  and f)  $R = 100$ . Isotherm of  $T = 20$  °C is denoted by green contour

gal rendelkező heterogén, valamint homogén közegek esetén. Megállapítható, hogy a 6. ábra kvalitatív képe alapján levont következtetés helytálló. A heterogenitás skálájának növelésével a meleg víz egyre hamarabb éri el a jobb oldalt a nagy permeabilitású csatornákon keresztül. Ugyanakkor, az alacsony permeabilitású nagyobb kiterjedésű tartományok miatt a közeg felmelegedése egyre tovább tart. Ennek eredményeképpen a kilépő oldalon regisztrált hőmérsékleti idősor meredeksége csökken, az érdemi hőmérséklet-növekedéssel jellemezhető időszak kiszélesedik. Ez tulajdonképpen a heterogén közegben fellépő hődiszperzió jelenlétére utal, melyet a modellező programok jelentős része nem foglal magában. A hődiszperzió – legalábbis izotróp

közegben – felfogható a hővezető-képesség megnövelése révén. Ennek alátámasztásául megvizsgáltuk, hogy homogén modellben  $\lambda_w = \lambda_m = 0$  hővezető-képesség mellett, hogyan alakul a kilépő hőmérséklet időbeli változása. A szaggatott vonal mutatja, hogy ebben az esetben  $T_{out}$  felfutása sokkal meredekebb, a meleg víz pillanatszerűen éri el a modelltartomány jobb oldalát. Az elméletileg várható, végtelen meredekségű hőmérsékletemelkedéstől való eltérést a numerikus diffúzió okozza. Előzetes számításaink azt mutatják, hogy  $R = 50$ – $100$  hatótávolságnál a homogén közeg hővezető-képességét mintegy 400%-kal(!) kell emelni, hogy a heterogén közegben fellépő hődiszperzió hatását elérjük, legalábbis  $T_{out}$  idősor tekintetében.



**7. ábra** A kilépő oldalon észlelt átlaghőmérséklet időbeli változása különböző heterogenitású ( $R = 5$ – $100$ ) modellek esetén. A homogén permeabilitású modellt fekete szín jelöli, a szaggatott vonal a zérus hővezető-képességgel bíró homogén modell hőmérsékleti idősorát mutatja

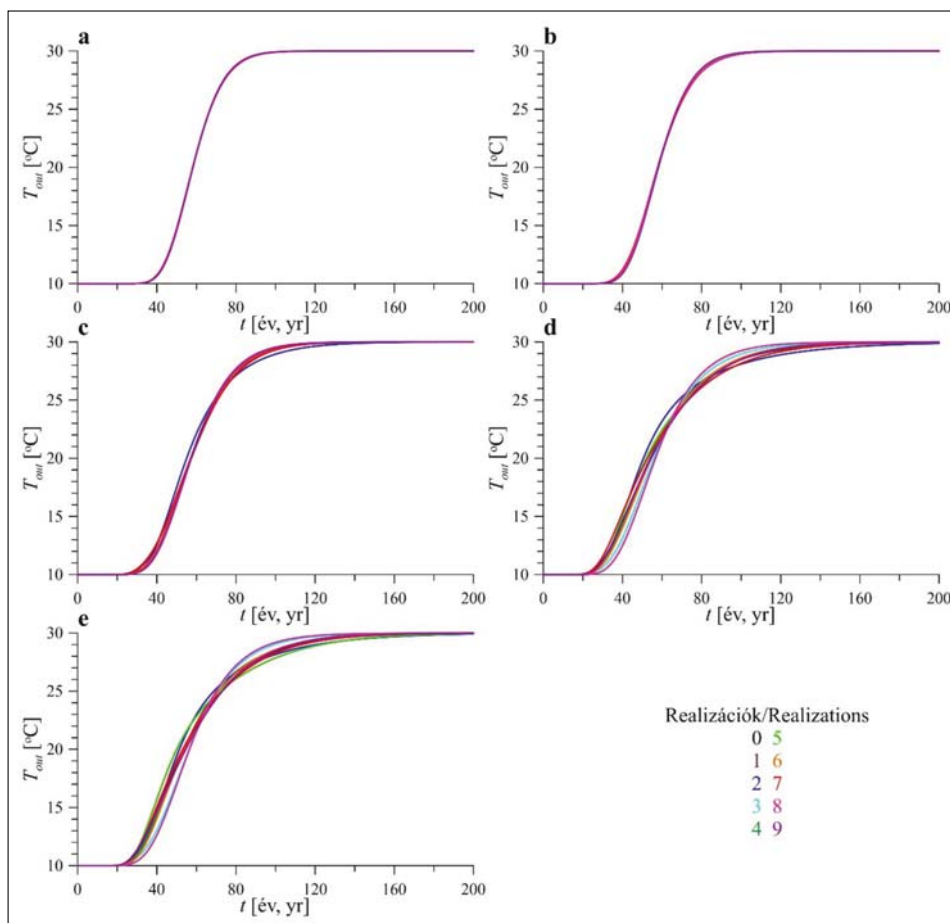
**Figure 7** Time-variation of the average outlet temperature in heterogeneous media with different ranges ( $R=5$ – $100$ ). Homogeneous permeability model is shown by black line, dashed line denotes the homogeneous model with zero thermal conductivity

Szekvenciális gaussi szimuláció segítségével minden egyes hatástávolság mellett 10–10 realizációt generáltunk, hogy számszerűsíteni tudjuk a sztochasztikus heterogén közegmodellek hatását a vizsgált paraméterekre. A 8. ábra a közegből kilépő víz  $T_{out}$  átlaghőmérsékletének időbeli változását mutatja mind az 50 szimuláció esetén. Kis hatótávolság mellett (8a. ábra –  $R = 5$ ) az idősorok között gyakorlatilag nem látható eltérés, vagyis kisléptékű heterogenitásnál a realizációk között – legalábbis a kifolyó víz átlagos hőmérsékletét illetően – nincs érdemi különbség. Az  $R$  hatástávolság fokozásával az egyes realizációk idősorai mind jobban eltérnek, másképpen fogalmazva az átlagos  $T_{out}$  idősor szórása nő. Az  $R = 20$  hatástávolsággal jellemzett heterogén közegetől kezdődően az ábra különálló görbesereget mutat. Megállapítható tehát, hogy a nagyobb méretű és kevesebb számú heterogenitást tartalmazó modellekre a kilépő víz hőmérséklete érzékenyebben reagál, hiszen ekkor jóval kisebb számú „jól vezető csatorna” alakulhat ki. Avagy a kisebb számú, de nagyobb kiterjedésű heterogenitások eloszlása erőteljesebben befolyásolja a hőtranszport jelenségét.

A kontrollparaméterek értékét különböző  $R = 5–100$  hatástávolságok mellett a számított 10–10 realizációra a

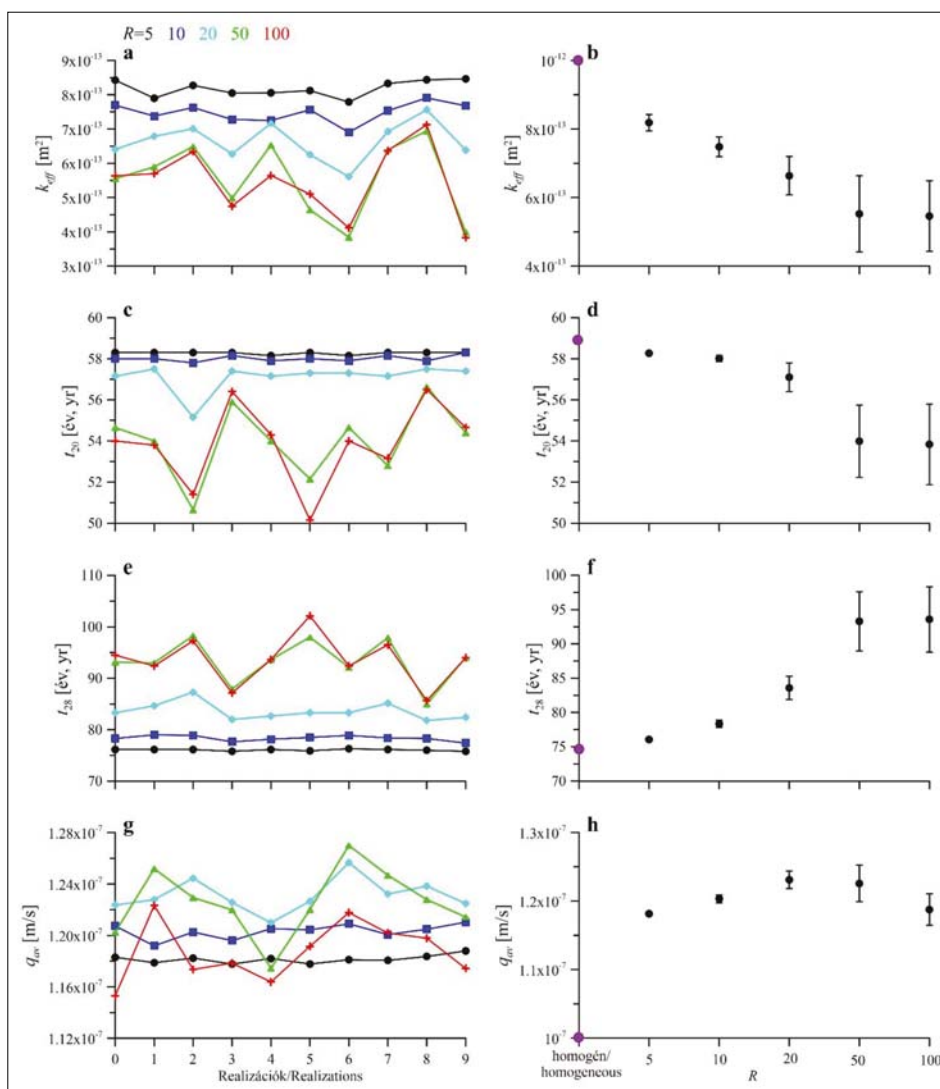
9. ábra foglalja össze. Az ábra bal oldalán az egyes realizációk esetén meghatározott kontrollparaméterek vannak feltüntetve, míg a jobb oldalon a 10 realizációra átlagolt és szórással jellemzett értékeket mutatjuk. Annak ellenére, hogy az összes közegmodell átlagos permeabilitása egyaránt  $10^{-12} \text{ m}^2=1 \text{ D}$ , a hatástávolság növelésével a heterogén közegmodell effektív permeabilitása csökken, valamint a szórás az egyes realizációk között nagyobbá válik. A homogén közeg effektív permeabilitása természetesen meg egyezik az átlagos  $10^{-12} \text{ m}^2=1 \text{ D}$  permeabilitással (9b. ábra – lila kör), ugyanakkor  $k_{eff}$  értéke a heterogenitás méretének növekedtével közel felére esik vissza. Ezek szerint a heterogén közeg effektív permeabilitása kisebb, mint az átlagos permeabilitása, s a csökkenés mértéke függ a heterogenitás skálájától.

A 9c-d. és 9e-f. ábra azon időt mutatja, mely ahhoz szükséges, hogy a modell kifolyó oldali átlaghőmérséklete elérje a 20, illetve a 28 °C-ot. Míg homogén modellben  $t_{20} = 59$  év szükséges a 20 °C kifolyó átlaghőmérséklet eléréséhez, addig  $R = 50–100$  hatástávolságnál már 54 év is elegendő. A kifolyó oldalon kilépő víz 90%-os felfűtődése ugyanakkor épp ellenkező trendet mutat. Homogén permeabilitású közegekben ehhez  $t_{28} = 75$  évre van szükség, míg



8. ábra | A kifolyó víz  $T_{out}$  átlaghőmérsékletének időbeli változása a különböző hatástávolságokhoz tartozó 10–10 realizáció esetén: a)  $R = 5$ , b)  $R = 10$ , c)  $R = 20$ , d)  $R = 50$  és e)  $R = 100$

Figure 8 | Time series of the average outlet water temperature  $T_{out}$  for 10–10 permeability realizations with different ranges: a)  $R = 5$ , b)  $R = 10$ , c)  $R = 20$ , d)  $R = 50$  and e)  $R = 100$



**9. ábra** A hatástávolság és az egyes modellrealizációk hatása a kontrollparaméterekre. a)–b) Az effektív permeabilitás, c)–d) a 20 °C és e)–f) a 28 °C átlagos kifolyó hőmérséklet eléréséhez szükséges idő, valamint g)–h) az átlagos Darcy-fluxus értéke az egyes realizációk esetén (bal), illetve azok átlagolt értéke és szórása a hatástávolság függvényében (jobb). A homogén megoldást a lila kör jelöli

**Figure 9** Effect of the range and the model realizations on the control parameters. a)–b) Effective permeability, time to reach the average outflow temperature of c)–d) 20 °C and e)–f) 28 °C, and g)–h) the average Darcy flux for each model realization (left), as well as their average values with standard deviations plotted against the range (right). Homogeneous solution is denoted by purple circle

$R = 50$ – $100$  értéknél már 93 évre. A lassabb felhűtődés magyarázható a nagyobb kiterjedésű alacsony permeabilitású tartományok jelenlétével (1d. és 1e. ábra).

Végezetül a Darcy-fluxus nagyságának a realizációkra számított átlagát és szórását mutatjuk be (9h. ábra). A szimulációk szerint  $q_{av}$  átlagos Darcy-fluxus nem függ érdemben a heterogenitás skálájától, de minden heterogén modellben mintegy 20%-kal meghaladja a homogén modellre jellemző  $q_{in} = 10^7$  m/s értéket. Tehát heterogén közegben az áramlás felgyorsul, mivel a víznek ki kell kerülnie az alacsony permeabilitású tartományokat, s így több utat kell bejárnia míg a modell bal oldaláról elér a jobb oldalig. Az a tény, hogy  $q_{av}$  értéke nem függ a hatástávolságtól, azzal egyenértékű, hogy a víz által megtett út független attól, hogy sok és kisméretű, vagy kevesebb, de nagyobb kiterjedésű alacsony permeabilitású tartomány kell kikerülnie.

A 9. ábra egyértelműsíti, hogy a hatástávolság növelésével a realizációk közötti eltérés növekszik, az átlagértékek szórása nő. Mindennek hatása lehet arra, hogy a heterogén közeg vizsgálatát lokális vagy regionális skálán végezzük. A szimulációk eredményéből arra lehet következtetni, hogy a heterogenitás által okozott hatás skálafüggő, regionális felszín alatti vízáramlás esetén jelentősebb, mint lokális rendszerek vizsgálata esetén.

A 9. ábrán bemutatott eredmények azt is alátámasztják, hogy a vizsgált modellkörnyezetben nincs érdemi különbség az  $R = 50$  és  $100$  hatástávolsággal rendelkező modellek között. Ennek oka, hogy a szimulációhoz felhasznált rács  $300 \times 300$  volt, mely „szűknek” mutatkozik az  $R = 100$  méretű heterogenitások kezelésére. Ezt kvalitatíve már korábban is láthattuk, hiszen maguk a permeabilitásmodellek sem térnek el lényegesen (vö. 1d. és 1e. ábra), s ennek fo-

lyományaként a hőmérsékleteloszlásban sem tapasztalható érdemi eltérés (vö. *6e.* és *6f. ábra*). A jelenség úgy is megfogalmazható, hogy  $R = 100$  hatástávolság esetén az alkalmazott numerikus modell már nem felel meg az elemi reprezentatív térfogat kritériumainak (pl. Bear 1972, Long et al. 1982).

#### 4. Összefoglalás és konklúziók

Numerikus modellszámításokat végeztünk a heterogén közegek felszín alatti vízáramlásra és hőtranszportra gyakorolt hatásának megértésére. A problémakört első közelítésben egy egyszerű kétdimenziós szintetikus modell esetén, az advektív hőtranszport szempontjából vizsgáltuk. Szisztematikusan változtattuk a permeabilitásmodellek heterogenitásának skáláját (hatástávolságát), melynek hatását több – geostatistikai értelemben egyenértékű – realizáción tanulmányoztuk. A szimulációk eredményeit mind kvalitatív módon, a Darcy-fluxus és a hőmérsékleteloszlás időbeli fejlődésén keresztül, mind kvantitatív módon, a kontrollparaméterek felhasználása által értelmeztük. Ezek alapján az alábbi következtetések vonhatóak le:

- A heterogén közegben ún. „jól vezető csatornák” alakulnak ki, melyek összeköttetést biztosítanak a nagy permeabilitású tartományok között.
- A jól vezető csatornában a hő gyorsabban terjed, mint homogén közegben, így korábban ér el a modell kilépési oldalára, ahol a hőmérsékletanomália korábban jelenik meg.
- Az alacsony permeabilitású tartományokban a felfűtődés lassabban megy végbe, így a kőzet, illetve a kilépő víz felmelegedése később fejeződik be.
- A heterogén modellből kilépő víz átlagos hőmérséklete korábban kezd emelkedni és később fejeződik be, mint homogén modellekben. A jelenség a heterogén közeg hődiszperziójának következménye.
- A hődiszperzió mértéke annál jelentősebb, minél nagyobb a közeg heterogenitásának skálája. Ilyen egyszerű modell esetén a hődiszperzió jelensége imitálható a hővezető-képesség jelentős – akár több 100%-os – növelésével.
- A heterogenitás méretének növelésével a közeg effektív permeabilitása lecsökken, mivel a nagy átteresztőképességű tartományok közötti kapcsolat valószínűsége csökken. Ez – a szimulációk alapján – 50%-os mérséklődést is eredményezhet az effektív permeabilitásban.
- A heterogenitás megjelenésével a közegben az átlagos Darcy-fluxus mintegy 20%-kal megnő, mivel a víz igyekszik kikerülni az alacsony permeabilitású tartományokat. A Darcy-fluxus növekménye független a heterogenitás mértékétől.
- A heterogenitás skálájának növekedésével az egyes realizációk közötti eltérés nő, a kontrollparaméterek szórása emelkedik.

Ahogy egyetlen laboratóriumi vagy numerikus modell, így ezen modell sem képezi le tökéletesen a valóságot. Számos olyan fizikai, földtani, geofizikai folyamat és jelenség létezik, mely különböző mértékben ugyan, de befolyásolhatja a fentebb tett megállapításokat. A teljesség igénye nélkül megemlítendő, hogy 1) a porozitás mértéke nem független a permeabilitástól, habár a modellben egységesen 20% volt; 2) a természetben a jelenség háromdimenziós tartományon zajlik; 3) a mátrix hővezető-képességében, sűrűségében és fajhőjében lévő inhomogenitások is befolyásolhatják a hődiszperzió mértékét; 4) a víz sűrűsége függ a hőmérséklettől, mely a termikus felhajtóerőn keresztül befolyásolhatja az áramlást, illetve a hő terjedését; 5) a heterogenitások számos földtani környezetben anizotróp tulajdonságot mutatnak stb.

A fentiekből látható, hogy számos olyan jelenség létezik, melyek hatásvizsgálata behatóbb tanulmányozást kíván a jövőben. A cikkben bemutatott szimulációk eredményén túlmenően jelenleg is aktív kutatás zajlik, hogy tanulmányozzuk heterogén közegben:

- az advektív hőtranszport és a termikus felhajtóerő hatását (hőmérséklet- és nyomásfüggő vízsűrűség);
- a hődiszperzió mértékét a heterogenitás skálájától függően;
- illetve a kialakuló szabad termikus konvekció feltételeit.

Úgy véljük, hogy a közeg heterogenitásának tanulmányozása a felszín alatti vízáramlásban hozzájárulhat számos jelenség mélyebb megértéséhez, akár a geotermika, akár a szennyező anyagok transzportjának területén.

#### Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Balázs Lászlónak, Mádlné Szőnyi Juditnak és Daniele Pedrettinek az SGEMS szoftver használatában, valamint a szimulációk eredményeinek értelmezésében nyújtott segítségért. Köszönjük Szanyi János és Zilahi-Sebess László bírálók konstruktív szakmai észrevételeit. A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal az OTKA K-129273 sz. pályázatán keresztül támogatta. A kutatómunka az ENeRAG projekt keretein belül készült, amelyet az Európai Unió Horizon 2020 kutatási és innovációs programja támogatott a 810980 számú megállapodás alapján. A kutatás az Éghajlatváltozás Nemzeti Multidiszciplináris Laboratórium RRF-2.3.1-21-2021 számú projekt keretében valósult meg.

#### A tanulmány szerzői

Molnár Bence, Galsa Attila

#### Hivatkozások

An R., Jiang X.-W., Wang J.-Z., Wan L., Wang X.-S., Li H. (2015): A theoretical analysis of basin-scale groundwater temperature

- distribution. *Hydrogeology Journal*, 23, 397–404. <https://doi.org/10.1007/s10040-014-1197-y>
- Bakr A. A., Gelhar L. W., Gutjahr A. L., MacMillan J. R. (1978): Stochastic analysis of spatial variability in subsurface flows: 1. Comparison of one- and three-dimensional flows. *Water Resources Research*, 14/2, 263–271. <https://doi.org/10.1029/WR014i002p00263>
- Bear J. (1972): *Dynamics of fluids in porous media*, American Elsevier Publishing Company, New York, pp. 764.
- Clauser C., Villinger H. (1990): Analysis of conductive and convective heat transfer in a sedimentary basin, demonstrated for the Rheingraben. *Geophysical Journal International*, 100, 393–414. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1990.tb00693.x>
- Cserépes L., Lenkey L. (2004): Forms of hydrothermal and hydraulic flow in a homogeneous unconfined aquifer. *Geophysical Journal International*, 158/2, 785–797. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2004.02182.x>
- Dagan G. (1984): Solute transport in heterogeneous porous formations. *Journal of Fluid Mechanics*, 145, 151–177. <https://doi.org/10.1017/S0022112084002858>
- Dagan G. (1986): Statistical theory of groundwater flow and transport: Pore to laboratory, laboratory to formation, and formation to regional scale. *Water Resources Research*, 22/9S, 120S–134S. <https://doi.org/10.1029/WR022i09Sp0120S>
- Deutsch C. V., Journé A. G. (1997): *GSLIB Geostatistical Software Library and User's Guide*. Oxford University Press, New York, second edition, pp. 369.
- Deutsch C. V. (2002): *Geostatistical Reservoir Modeling*. Oxford University Press, pp. 376.
- Evans A. B., Abraham A. B., Thompson B. E. (2019): Integrated reservoir characterisation for petrophysical flow units evaluation and performance prediction. *The Open Chemical Engineering Journal*, 13, 97–113. <https://doi.org/10.2174/1874123101913010097>
- Freeze R. A. (1975): A stochastic-conceptual analysis of one-dimensional groundwater flow in nonuniform homogeneous media. *Water Resources Research*, 11/5, 725–741. <https://doi.org/10.1029/WR011i005p00725>
- Galsa A. (1997): Felszín alatti vízmozgás modellezése egy alföldi szelvényen, fúrólukokban mért víznyomások felhasználásával. *Magyar Geofizika*, 38/4, 245–256.
- Galsa A., Tóth Á., Szijártó M., Pedretti D., Mádl-Szőnyi J. (2022): Interaction of basin-scale topography- and salinity-driven groundwater flow in synthetic and real hydrogeological systems. *Journal of Hydrology*, 609. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127695>
- Gelhar L. W. (1987): Stochastic analysis of solute transport in saturated and unsaturated porous media. In: *Advances in transport phenomena in porous media* (pp. 657–700). Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-3625-6\\_14](https://doi.org/10.1007/978-94-009-3625-6_14)
- Geiger, J., Mucsi, L. (2005): A szekvenciális sztochasztikus szimuláció előnyei a talajvízszint kisléptékű heterogenitásának térképezésében. *Hidrologiai Közlöny*, 85/2, 37–47.
- Geiger J. (2006): Szekvenciális gaussi szimuláció az övzónatestek kisléptékű heterogenitásának modellezésében. *Földtani Közlöny*, 136/4, 527–546.
- Goovaerts P. (1997): *Geostatistics for natural resources evaluation*. Oxford University Press on Demand.
- Gringarten E., Deutsch C. V. (2001): Teacher's aide variogram interpretation and modeling. *Mathematical Geology*, 33/4, 507–534. <https://doi.org/10.1023/A:1011093014141>
- Hamann E., Post V., Kohfahl C., Prommer H., Simmons C. T. (2015): Numerical investigation of coupled density-driven flow and hydrogeochemical processes below playas. *Water Resources Research*, 51, 9338–9352. <https://doi.org/10.1002/2015WR017833>
- Havril T., Tóth Á., Molson J. W., Galsa A., Mádl-Szőnyi J. (2018): Impacts of predicted climate change on groundwater flow systems: Can wetlands disappear due to recharge reduction? *Journal of Hydrology*, 563, 1169–1180. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.09.020>
- Hosseini E., Gholami R., Hajivand F. (2018): Geostatistical modeling and spatial distribution analysis of porosity and permeability in the Shurijeh-B reservoir of Khangiran gas field in Iran. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 9, 1051–1073. <https://doi.org/10.1007/s13202-018-0587-4>
- Huysmans M., Dassargues, A. (2009): Application of multiple-point geostatistics on modelling groundwater flow and transport in a cross-bedded aquifer (Belgium). *Hydrogeology Journal*, 17/8, 1901–1911. <https://doi.org/10.1007/s10040-009-0495-2>
- Kaiser B. O., Cacace M., Scheck-Wenderoth M. (2013): 3D coupled fluid and heat transport simulations of the Northeast German Basin and their sensitivity to the spatial discretization: different sensitivities for different mechanisms of heat transport. *Environmental Earth Sciences*, 70, 3643–3659. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2249-7>
- Kaiser B. O., Cacace M., Scheck-Wenderoth M., Lewerenz B. (2011): Characterization of main heat transport processes in the Northeast German Basin: Constraints from 3-D numerical models. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 12/7. <https://doi.org/10.1029/2011GC003535>
- Kelkar M., Perez G., Chopra, A. (2002): *Applied geostatistics for reservoir characterization*. Richardson, TX: Society of Petroleum Engineers
- Kitanidis P. K. (1997): *Introduction to geostatistics: applications in hydrogeology*. Cambridge University Press, pp. 249.
- Kun É., Zilahi-Sebess L., Szanyi J. (2022): A Battonya–Pusztaföldvári-hát térségének nagy entalpiájú geotermikusenergia hasznosítására fókuszáló hidrodinamikai és hőtranszport modellje. *Földtani Közlöny*, 152/1, 53–76. <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2022.152.1.53>
- Long J. C. S., Remer J. S., Wilson C. R., Witherspoon P. A. (1982): Porous media equivalents for networks of discontinuous fractures. *Water Resources Research*, 18/3, 645–658. <https://doi.org/10.1029/WR018i003p00645>
- Lopez T., Antoine R., Kerr Y., Darrozes J., Rabinowicz M., Ramillien G., Cazenave A., Genthon P. (2016): Subsurface hydrology of the Lake Chad Basin from convection modelling and observations. *Surveys in Geophysics*, 37, 471–502. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-32449-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-32449-4_12)
- Oswald S. E., Kinzelbach W. (2004): Three-dimensional physical benchmark experiments to test variable-density flow models. *Journal of Hydrology*, 290/1–2, 22–42. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.11.037>
- Przybycin, A. M., Scheck-Wenderoth, M., Schneider, M. (2017): The origin of deep geothermal anomalies in the German Molasse Basin: results from 3D numerical models of coupled fluid flow and heat transport. *Geothermal Energy*, 5/1, 1–28. <https://doi.org/10.1186/s40517-016-0059-3>
- Ren, W. (2003): A geostatistical and flow simulation study on a real training image. 5th Annual Report of the Centre for Computational Geostatistics

- Simmons C. T., Fenstemaker T. R., Sharp Jr, J. M. (2001): Variable-density groundwater flow and solute transport in heterogeneous porous media: approaches, resolutions and future challenges. *Journal of Contaminant Hydrology*, 52/1–4, 245–275. [https://doi.org/10.1016/S0169-7722\(01\)00160-7](https://doi.org/10.1016/S0169-7722(01)00160-7)
- Szijártó M., Galsa A. (2020): Termohalin konvekció numerikus vizsgálata porózus közegmodellben. *Magyar Geofizika*, 61/4, 177–190.
- Szijártó M., Galsa A., Tóth Á., Mádl-Szőnyi J. (2019): Numerical investigation of the combined effect of forced and free thermal convection in synthetic groundwater basins. *Journal of Hydrology*, 572, 364–379. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.03.003>
- Szijártó M., Galsa A., Tóth Á., Mádl-Szőnyi J. (2021): Numerical analysis of the potential for mixed thermal convection in the Buda Thermal Karst, Hungary. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 34. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100783>
- Tang D. H., Schwartz F. W., Smith, L. (1982): Stochastic modeling of mass transport in a random velocity field. *Water Resources Research*, 18/2, 231–244. <https://doi.org/10.1029/WR018i002p00231>
- Tóth Á., Havril T., Simon Sz., Galsa A., Santos F. A. M., Müller I., Mádl-Szőnyi J. (2016): Groundwater flow pattern and related environmental phenomena in complex geologic setting based on integrated model construction. *Journal of Hydrology*, 539, 330–344. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.05.038>
- Voss C. I., Simmons C. T., Robinson N. I. (2010): Three-dimensional benchmark for variable-density flow and transport simulation: matching semi-analytic stability modes for steady unstable convection in an inclined porous box. *Hydrogeology Journal*, 18, 5–23. <https://doi.org/10.1007/s10040-009-0556-6>
- Weatherill D., Simmons C. T., Voss C. I., Robinson N. I. (2004): Testing density-dependent groundwater models: two-dimensional steady state unstable convection in infinite, finite and inclined porous layers. *Advances in Water Resources*, 27, 547–562. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2004.01.003>
- Wen B., Chang K. W., Hesse M. A. (2018): Rayleigh-Darcy convection with hydrodynamic dispersion. *Physical Review*, 3. <https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.3.123801>
- Yong H., Wenxiang H., Bincheng, G. (2019): Combining sedimentary forward modeling with sequential Gauss simulation for fine prediction of tight sandstone reservoir. *Marine and Petroleum Geology*, 112. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2019.104044>
- Zech A., Zehner B., Kolditz O., Attinger, S. (2016): Impact of heterogeneous permeability distribution on the groundwater flow systems of a small sedimentary basin. *Journal of Hydrology*, 532, 90–101. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.11.030>
- Zhang M. L., Zhang Y. Z., Yu G. M. (2017): Applied geostatistics analysis for reservoir characterization based on the SGeMS (Stanford Geostatistical Modeling Software). *Open Journal of Yangtze Gas and Oil*, 2, 45–66. <https://doi.org/10.4236/ojogas.2017.21004>
- Zhang X., Jiao J. J., Li H., Luo X., Kuang X. (2020): Effects of downward intrusion of saline water on nested groundwater flow systems. *Water Resources Research*, 56. <https://doi.org/10.1029/2020WR028377>
- Zhao S., Zhou Y., Wang M., Xin X., Chen F. (2014): Thickness, porosity, and permeability prediction: comparative studies and application of the geostatistical modeling in an oil field. *Environmental Systems Research*, 3/1, 1–24. <https://doi.org/10.1186/2193-2697-3-7>

# Variszkuszi aljzat töréses szerkezeti formái a szeghalmi kutatási területen

SZILI GY.-NÉ

E-mail: sziligy7@t-online.hu

A folyamatos magfúrással mélyült Szeghalom-167, -173, -176, -180. fúrások variszkuszi maganyagai az eredeti szerkezeti állapotot tükrözik.

Az Sz-180. fúrás teljes maghosszán dokumentáltam repedésrendszert, amely megfigyelhető az egész területen. Különböző dőlésszögű repedési síkjainak metsződése minden bizonnyal nem egyidejű tektonikai eseményekre utal, amelyet megerősíthet az eltérő orientációjú barázdákat tartalmazó felületek metsződése.

Olyan mozgási felület is van, amelyen eltérő irányú barázdák metszik egymást egy pontban, ahol a barázdák talán az eltört közettetek kezdeti nyírásos, kismértékű elmozdulásának lenyomatai. Ebből kiindulva a kb. 90 fokos dőlésű repedési síkok metsződése esetleg nyírásos köztrések kapcsolt repedésrendszerének tekinthető.

A sok kisméretű vetődéses, eltolódásos deformáció túlmenően, ritkán a magátmérőnél nagyobb mértékű meredek dőlésű vetődés, ill. egy helyen közel vízszintes eltolódás észlelhető. A vetők valószínűleg jelentős mértékben hozzájárultak a breccsaszerkezet kialakulásához, és az egymás közelében lévő fúrások közettani jellegzetességeiben mutatkozó eltéréshez is.

A 4 db fúrás által kőzetmaggal feltárt 1940,00–2085,00 m közötti szakaszon, különböző mértékben repedezett, helyenként elválási felületek mentén erősen szétesett metamorf összletben felaprózódott, breccsásodott sávok találhatóak, mikroszerkezeti bélyegekkkel.

Jelentős vastagságban (10,8 m és 27 m) a magkihozatal sikertelen volt, valamint néhány méteren át nem volt 100%-os. E szakaszok rossz állékonyságúak lehetnek, amelyek mentén lehetséges, hogy nagyobb mértékű elmozdulás történt. Az Sz-180. fúrásban a 10,8 m-es szakasz, közvetlenül a bádeni-variszkuszi határ alatt található.

A szeghalmi területen a repedési síkok dőlésértékei alapján két preferált érték határozható meg: 60–70 fok, vagy ennél meredekebb és kisebb mértékben előforduló 20 fok körüli átlagos érték, amely főleg vetőkre és alárendelten lapos szögű elmozdulásokra utalhat.

**Kulcsszavak:** Szeghalom variszkuszi aljzat, töréses szerkezeti forma, a lehetséges nagyobb mértékű elmozdulás zónája

## Szili, Gy.-né: Fault structures of variscan basement in the Szeghalom research area

Variscan formations of Sz-167, -173, -176, -180 boreholes, which deepened by continuous core drilling, reflect the original state of failure.

The joint-system documented at full core length of Sz-180 borehole, which can be observed throughout the territory. Intersection of joint surfaces with different angle of dip sure refers to non-simultaneous tectonic events, which can be confirmed by intersection of surfaces with grooves of different orientation.

There is such a movement surface also on which different-directional grooves intersect each other in a point, where the grooves are maybe imprints of early, small-scale displacement of broken rock bodies because of shearing action. On this basis the intersection of approx. 90 degrees joint surfaces possibly can be considered shear conjugate joint-system.

In addition, plenty of small-fault and small-displacement, rarely larger than core diameter steep fault, or in one place near horizontal displacement can be observed.

Probably faults measurably have resulted in the formation of breccia structure, and that in the boreholes near each other there is a difference in petrological characteristics.

By 4 boreholes exposed with core on section between 1940.00 to 2085.00 m in differently fissured, here and there along joint surface strongly disintegrated metamorphic formations, fragmented, brecciated rock bands can be found with microstructure stamps.

In a significant thickness of 10.8 m and 27 m, the core drilling was unsuccessful or for a few meters there was no 100 percentual. These sections may have poor stability, along which possible greater degree displacement have happened. The 10.8 m section is located just below the Baden-Variscan border in the Sz-180 borehole.

In the Szeghalom research area, based on values of dip angle of the joint surfaces two preferred values can be defined: 60–70 degrees or a steeper and occurring to a lesser extent 20 degrees around, which may refer to mainly faults and fewer low-angle displacements.

**Keywords:** Szeghalom Variscan basement, fault structures, zone of possible greater degree displacement

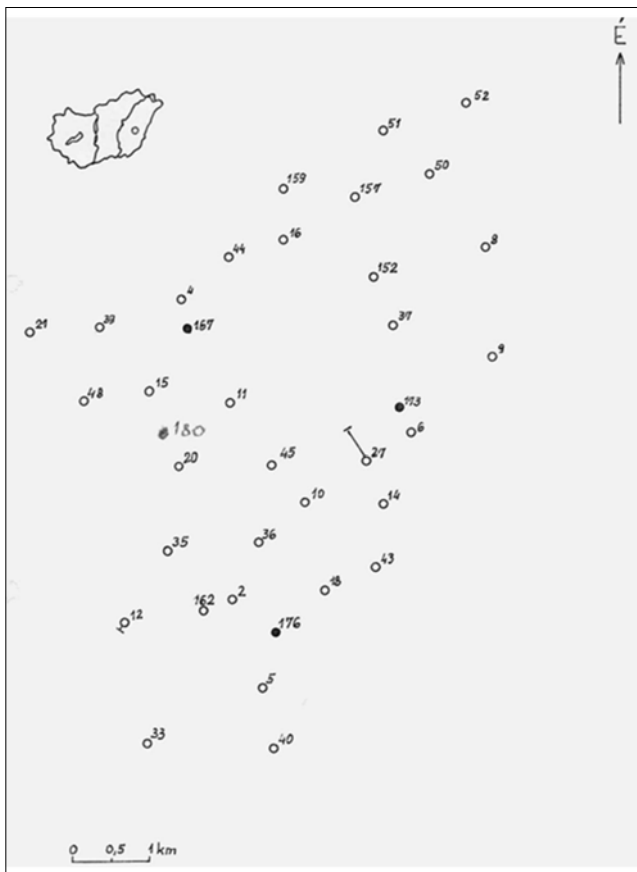
*Beérkezett:* 2022. április 25.; *elfogadva:* 2022. június 16.

**Bevezetés**

A geofizikai módszerekkel kimutatott szeghalmi alaphegységi kiemelkedés kutatása 1949-ben kezdődött meg az Sz-1 kutatófúrás lemélyítésével, amely meddő lett és megállt a pannonban. A 70-es években végzett további geofizikai mérések után került sor a kutatás mélyfúrással történő újraindítására az Sz-2 fúrás telepítésével (1979), amellyel kezdődően 1989 végéig vizsgáltam a szeghalmi fúrások kőzetanyagát.

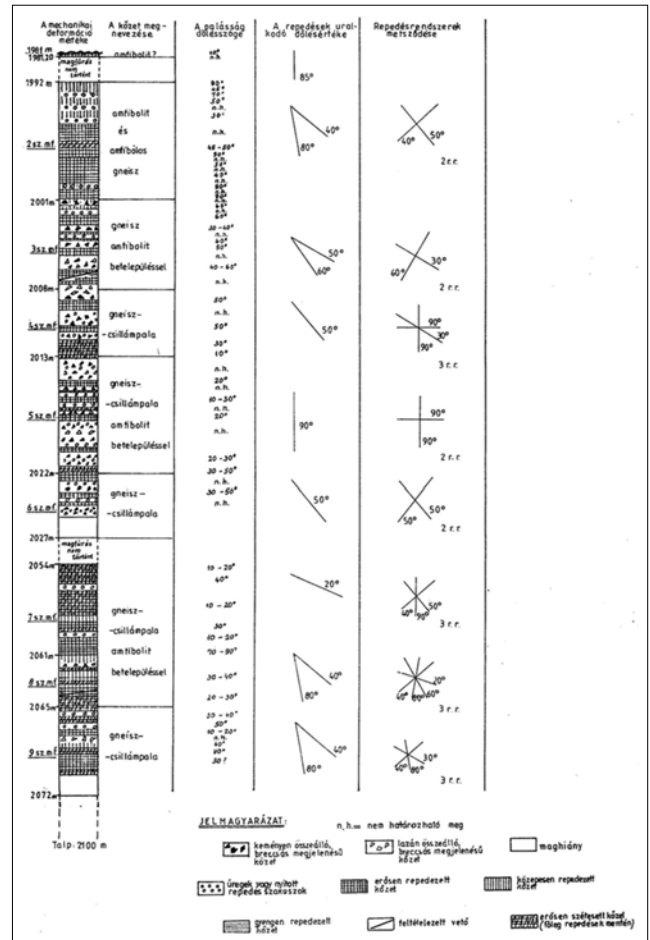
A hazai kőolaj- és földgázkutatásban a 80-as évek első felének egyik kiemelkedő eredménye a szeghalmi kőolaj- és földgáz-előfordulás felfedezéséhez fűződik. Az előfordulás legnagyobb (Halom-1.) telepe készletének jelentős része a kristályos alaphegységben volt található. Így részletesebb vizsgálatok lefolytatása is szükségessé vált, amelyek az alaphegységi tárolótér jellemzését célozták.

A szeghalmi kutatási terület a Tiszai-főegységhez tartozik. Az Sz-167, -173, -176, -180. fúrások folyamatos magfúrással mélyültek az 1980-as évek végén. A többi fúrástól lényegesen nagyobb magnyereséggel (33,5 m, 27 m, 29,3 m és 49,9 m), valamint 93, 81,8, 88,5 és 93%-os átlagmagkihozattal nyújtanak páratlan betekintést a jelenleg



**1. ábra** A fúrások elhelyezkedése a szeghalmi kutatási területen, a besötétített körök jelzik a jelenleg vizsgált fúrásokat

**Figure 1** Geographical position of the boreholes in the Szeghalom research area, the shaded circles indicate the boreholes currently being studied

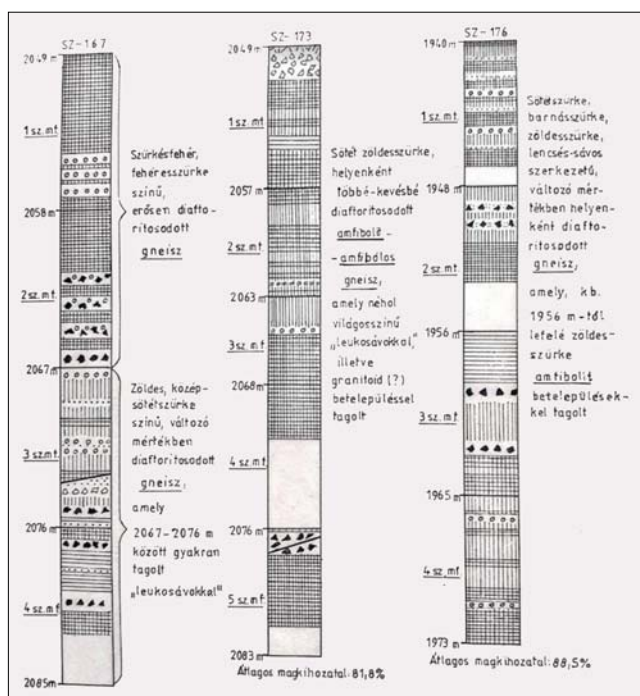


**2. ábra** Az Sz-180. fúrás földtani szelvénye (szerkesztette: Szili Györgyné, 1989). *Jelkulcs:* n.h. = nem határozható meg, 1. keményen összeálló breccsa, 2. lazán összeálló, breccsás megjelenésű kőzet, 3. maghiány, 4. üregek, vagy nyitott repedés szakaszok, 5. erősen repedezett kőzet, 6. közepesen repedezett kőzet, 7. gyengén repedezett kőzet, 8. feltételezett vető, 9. erősen szétesett kőzet (főleg a repedések mentén)

**Figure 2** Geological section of Sz-180 borehole (edited by Szili Györgyné 1989). *Denominations:* Degree of fracture deformation, Rock type, Dip angle values of schistosity, Predominant dip angle values of joints, Intersection of joint-systems. *Keys:* n.h. = cannot be determined, 1. solid breccia, 2. loose brecciform rock 3. lack of core 4. interstices or open joint sections 5. robustic fissured 6. middle-rate fissured 7. weak rate fissured 8. hypothetical fault 9. strongly disintegrated rock (especially along joints)

vastagon fedett variszkuszi metamorf aljzat felszíni, felszín közeli 91 m vastagságú részébe.

A metamorfitekban észlelhető, részletesen meghatározott töréses szerkezeti formák közöttani eredménnyel történő összekapcsolása és földtani szelvényen történő ábrázolása (2. és 3. ábra) az egyetlen, amely szemlélteti a variszkuszi aljzat legfelső 91 m vastag zónáját. Jelen dolgozat a Hivatkozásoknál ismertetett publikációim, kézirataim összedolgozásának és részben utólagos értelmezésem eredménye. Célja a feltárt variszkuszi metamorf képződményekben megfigyelhető töréses szerkezeti formák részletes ismertetése, amely a másodlagos porozitás mellett fontos lehet, a tektonikai mozgások megismerése érdekében.



3. ábra Az Sz-167., Sz-173., Sz-176. fúrások földtani szelvénye (szerkesztette: Szili Györgyné 1988). A 3. ábra jelkulcsa azonos a 2. ábráéval

Figure 3 Geological section of Sz-167, Sz-173, Sz-176 boreholes (edited by Szili Györgyné 1988). Keys in Fig. 3 are the same as in Fig. 2

A feldolgozás abból a szempontból is különös jelentőségű lehet, hogy az utólagos vizsgálatok céljából a teljes maghossz nem állhat rendelkezésre, mivel a makroszkópos leírást követően elosztották a magok egy részét különböző vizsgálatokra.

A fúrások kb. 1,5 km-től néhány km-ig terjedő távolságban helyezkednek el egymástól (1. ábra).

A kőzetek összetételének, makro-, mikroszerkezeti jegeinek a meghatározása makroszkópos és polarizációs mikroszkópos vizsgálat (125 db vékonycsiszolat), valamint néhány minta röntgenelemzése (SZKFI Philips APD 1700 típusú röntgendiffraktométer) alapján történt.

A mag falára merőleges vízszintes síkhoz viszonyítva becsültem meg a palásság és repedések dőlésszögét, mivel nem orientált magvétel történt.

Az Sz-167, -173, -176. fúrások esetében rajtam kívül Lukács Andrea és Nusszer András is részt vett az ásványos összetétel vékonycsiszolati meghatározásában. Tasnádi Eleonóra és Kiss Sándor határozta meg a kiválasztott néhány kőzetminta és repedéskitöltő anyag ásványos összetételét röntgenvizsgálattal. Morgenster Judit számította ki a magok százalékos magkhozatali értékeit, Hámor Nándorné rajzolta meg az ábrákat.

### Kőzettípusok áttekintő, rövid ismertetése

A 2. és 3. ábrán a fúrások földtani szelvényei szemléltetik a különféle kőzettípusok mélység szerinti előfordulását, ill. eltérő társulását (Szili Gy.-né 1989b).

Az Sz-180, -167, -176. fúrások tártak fel uralkodó mértékben gneiszes szerkezetet (Szili Gy.-né 1988a, 1989a).

Az Sz-180.fúrásban (1981,00–2072,00 m) változatos kőzettársulások figyelhetők meg. 1992–2001 m között amfibolit és amfibólos gneisz, 2001–2008 m között biotit gneisz amfibolit betelepülésekkel, 2008–2072 m között sillimanittartalmú palás, gneiszes szerkezetű összlet amfibolit betelepülésekkel.

Az Sz-167. fúrásban (2049,00–2085,00 m) 2049–2067 m között erősen diafforitosodott biotit(?) gneisz, 2067–2076 m között változó mértékben diafforitosodott biotit gneisz és 2076 m-től lefelé uralkodóan amfibólos gneisz és 2073,00–2073,40 m között kb. 15 cm vastag amfibolit(?) sáv fordul elő.

Az Sz-176-os fúrásban (1940,00–1973,00m) biotit gneisz összlet, 1956 m-től lefelé tagolt amfibolit, ritkán amfibólos gneisz betelepülésekkel.

Valószínűleg jelentős mértékben vető következménye lehet, hogy a viszonylagos közelség ellenére (1. ábra), a kőzettani jellegzetességekben eltérés mutatkozik az Sz-180, -167, -176. fúrások gneiszes szerkezetében és nem korrelálhatók egymással, az Sz-173-as fúrással (2049,00–2083,00 m) pedig egyáltalán nem, amely feltárt néhol amfibólos gneisszel tagolt amfibolit összletet.

A kőzettípusok különböző gyakorisággal tartalmaznak, a palásságnak megfelelően elhelyezkedő granitoid sávokat, ill. leukoereket. A granitoid sávok bizonyára könnyen illókban gazdag magma telérközetei.

A hasonló kőzettani, ásványtani jellegzetességeket mutató, környező szeghalmi fúrásokból származó granitoid minták Streckkeisen-módszerrel (1976) történt vizsgálat alapján uralkodóan monzogránitnak tekinthetők (Szili Gy.-né 1985, Szili-Gyémánt 1986).

A kőzetek palássága, helyenként képlékeny deformációval redőzötté, gyúrt szerkezetű alakult (4. ábra). A palásság dőlése többnyire 30–40 fok, az Sz-180. fúrásban kb. 10–90 fok között változik, a legmagasabb érték ritkán fordul elő, meredek, gyúrt szerkezethez kapcsolódik (2. ábra, 2. oszlop). Néhol az alsórendű repedések sűrű megjelenése elhomályosítja az eredeti irányítottságot.

Az Sz-176. fúrás biotit gneisz összletében a földpát+ kvarc- és biotitgazdag sávok, lencsék a palásság szerint orientáltak, többnyire kihengerelt szerkezetűek. Sávok szerkezet felfedezhető néhol az Sz-180, -167. fúrásban is (5. ábra).

Az amfibolit helyenként a világos színű elegyrészek kisebb mennyiségben történő felszaporodása következtében halványan sávok megjelenésű.

A granoblasztos szövet vékony sávokban, ritkán figyelhető meg mindegyik fúrásban.

A fúrások kőzettani tagolódása minden bizonnyal visszavezethető a protolitra, vagyis az üledékes, magmás eredetű vagy azok keveredéséből álló premetamorf litofáciesre, amely a Winkler-kritériumok (1976) szerint közepes fokú Barrow-típusú (kis gradiensű) metamorfózist szenvedett, közepes, néha magas hőmérséklettel. Sillimanit, kianit és gránát jellemzi a közepes és nagyfokú



4. ábra | Amfibolit-, leucosávok jól jelezik a meredek, gyűrt palásságot (Sz-173.)

Figure 4 | Amphibolite, leucocratic strips well indicate high-angle folded schistosity (Sz-173)



5. ábra | Biotit gneisz sávós szerkezete (Sz-167.)

Figure 5 | Banded structure of biotite gneiss (Sz-167)

metamorfózist. Az Sz-180. fúrás 2008,00–2072,00 m közötti gneiszes, palás szerkezetű, üledékes eredetű összletében M. Tóth T. (2008) a sillimaniton kívül meghatározott kianitot is.

A környező területek előfordulásaihoz hasonlóan, kis mennyiségű elegyrésznek számító sillimanit valószínűleg biotitból képződött (Szili Gy-né 1985, Cserepesné-Meszéna 1985). A retrográd metamorfózis általánosan elterjedt, különböző mértékben. Így eltérő hőmérséklet- és nyomásviszonyok között keletkezett ásványegyüttes jött létre.

A zöldpala fáciesű retrográd metamorfózis során a biotit kloritosodott, opakszemcsékké alakult át, a földpátok szericitesedtek, karbonátosodtak, az amfibólból klorit, karbonát, epidot keletkezett. Az újrakristályosodás néhol elérte azt az állapotot, hogy az eredeti ásványszemcse teljesen átkristályosodott, alakja eltűnt.

Az Sz-180. fúrás breccsás szerkezetében prehnit (10d. ábra) és laumontit utal az igen kismértékű retrográd metamorfózisra.

Legerősebb mértékű retrográd átalakulás, legnagyobb vastagságban az Sz-167. fúrás 2049–2067 m közötti szakaszán észlelhető. Ahol az uralkodó mértékben előforduló erősen diaforitosodott biotit(?) gneisz lényegében nem tartalmaz színes elegyrészt, a színe szürkésfehér, fehéres szürke. A kvarcon kívüli főelegyrészei szinte teljesen átalakultak, kis mennyiségű elegyrész az apatit. Az eredeti ásványos alkotók közül a földpátoknak néhol látszik a körvonaluk, az esetek többségében teljesen felemésződtek, szericitesedtek, agyagásványosodtak (illit, kaolinit), néhol bizonyára újonnan képződött albit található. A változó mennyiségben előforduló biotitok(?) túlnyomó többsége feltehetően teljesen baueritesedett, kifakult, tartalmaz sok apró opakszemcsét, a muszkovitához vált hasonlóvá. Bizonytalan a megkülönböztetésük, mivel a többi elegyrész is átalakult, inkább átalakult biotitnak tekinthetők, mint a muszkovitnak.

A többi szeghalmi fúrás lényegesen kisebb vastagságban tárta fel az említett kőzetféléseket, nagyrészt az alaphegység közvetlen felszíni zónájában, vagy az az alatti kb. 50–60 m, néhány esetben 100–200 m körüli mélységben.

### Töréses szerkezeti formák ismertetése

A 2. és 3. ábra szemlélteti a fúrásokban, magonként megfigyelhető töréses szerkezeti formákat jelmagyarázat segítségével. Bejelöltem a magok mélységintervallumát. Különböző mértékben repedezett, főleg repedések mentén erősen szétesett, valamint breccsásodott szakaszok különíthetők el.

Subjektív módon, ha a repedések egymástól való távolsága kb. 15–20 cm körül van, a szakasz közepesen, ha a távolság nagyobb, gyengén, ha kisebb, erősen repedezettnek nevezhető.

Bejelöltem a vetőket, üregeket vagy nyitott repedést tartalmazó kőzetszakaszokat.

Az 1. táblázat ismerteti a magkihozatal %-os értékelését fúrásonként és magonként, amelyből lehet következtetni a kőzet állékonyságára (Szili Gy-né 1989b).

Nem méretarányosan tüntettem fel üres helyközzel azokat a jelentős vastagságú kőzetszakaszokat (10,8 m és 27 m), ahol a magfúrás nem történt meg, valamint a magkihozatal nem 100%-os.

Ezek a szakaszok a képződmények erősen felőrölhettek, rossz állékonyságúak lehetnek, amelyek mentén lehetséges, hogy nagyobb mértékű elmozdulás történt. Erősen repedezett, vagy kis keménységű breccsás megjelenésű kőzetszakaszokkal határolódnak (2., 3. ábra). Az Sz-180. fúrásban a 10,8 m-es szakasz, közvetlenül a bádeni-variszkuszi határ alatt található. Az Sz-180. fúrásban faunával igazoltan bádeni homokkő tektonikusan érintkezik feltehetően variszkuszi amfibolittal, amelyet az amfibolitban lévő elvágott leukoér egyértelművé tesz (6. ábra). A 20 cm-es amfibolitból nem kaptunk anyagot vizsgálatra, azonban a makroszkópos szövete, tektonikai igénybevétele hasonlít a variszkuszi képződményekéhez.

Az Sz-167, -173, -176 fúrások feldolgozásából nyert tapasztalataim alapján az Sz-180. fúrás szelvénye tartalmaz plusz információkat, 3 db külön oszlopban a palásság dőlésszögét, a repedések magonkénti uralkodó dőlésértékét és a repedésrendszerek metszetét.

**1. táblázat** | A magkihozatal %-os értékelése fúrásoként és magonként  
**Table 1** | Percental evaluation of the core recovery by borehole and drill core

Sz-167.			
Variszkuszi tető: 2048 m			
1. mf.	2049–2058 m	mny.: 9,0 m	100%
2. mf.	2058–2067 m	mny.: 9,0 m	100%
3. mf.	2067–2076 m	mny.: 9,0 m	100%
4. mf.	2076–2085 m	mny.: 6,5 m	72%
		36 m	33,5 m
			93%
Talpmélység: 2100 m			
Sz-173.			
Variszkuszi tető: 2030 m			
1. mf.	2049–2057 m	mny.: 8,0 m	100,0%
2. mf.	2057–2063 m	mny.: 6,0 m	100,0%
3. mf.	2063–2068 m	mny.: 5,0 m	100,0%
4. mf.	2068–2076 m	mny.: 3,0 m	37,5%
5. mf.	2076–2083 m	mny.: 5,0 m	71,4%
		34 m	27 m
			81,8%
Talpmélység: 2100 m			
Sz-176.			
Variszkuszi tető: 1914 m			
1. mf.	1940–1948 m	mny.: 7,0 m	87,5%
2. mf.	1948–1956 m	mny.: 5,3 m	66,3%
3. mf.	1956–1965 m	mny.: 9,0 m	100,0%
4. mf.	1965–1973 m	mny.: 8,0 m	100,0%
		33 m	29,3 m
			88,5%
Talpmélység: 2092 m			
Sz-180.			
Variszkuszi tető: 1981 m			
1. mf. 2. rész	1981,00–1981,20 m	mny.: 0,2 m	100%
	1981,20–1992 m	magfúrás nem történt	
2. mf.	1992–2001 m	mny.: 9,0 m	100%
3. mf.	2001–2008 m	mny.: 7,0 m	100%
4. mf.	2008–2013 m	mny.: 5,0 m	100%
5. mf.	2013–2022 m	mny.: 9,0 m	100%
6. mf.	2022–2027 m	mny.: 3,4 m	68%
	2027–2054 m	magfúrás nem történt	
7. mf.	2054–2061 m	mny.: 7,0 m	100%
8. mf.	2061–2065 m	mny.: 4,0 m	100%
9. mf.	2065–2072 m	mny.: 5,3 m	75%
		91 m	49,9 m
			93%
Talpmélység: 2100 m			



**6. ábra** | Bádeni-variszkuszi határ, Sz-180. fúrás. Faunával igazoltan bádeni homokkő tektonikusan érintkezik variszkuszi amfibolittal  
**Figure 6** | Badenian-Variscan boundary of the 180 borehole. Sandstone bearing Badenian fauna is in tectonic contact with amphibolite from the basement

Megemlíthető töréses szerkezeti formák a következők: repedés, mozgási felület, repedésrendszer, vető, oldalelmozdulás, breccsás szerkezet (Szili Gy.-né 1988a, 1989a).

#### A repedezettség jellemzése

A repedések mérete, az alsórendű repedések esetében mikroszkóppal észlelhető mikronos nagyságrendtől, makroszkóposan megállapítható több cm-es nagyságrenden át, a magátmérőt meghaladó, gyakran repedésrendszer tagjaként, viszonylag sima falú, magasabb rendű repedési síkokig terjed.

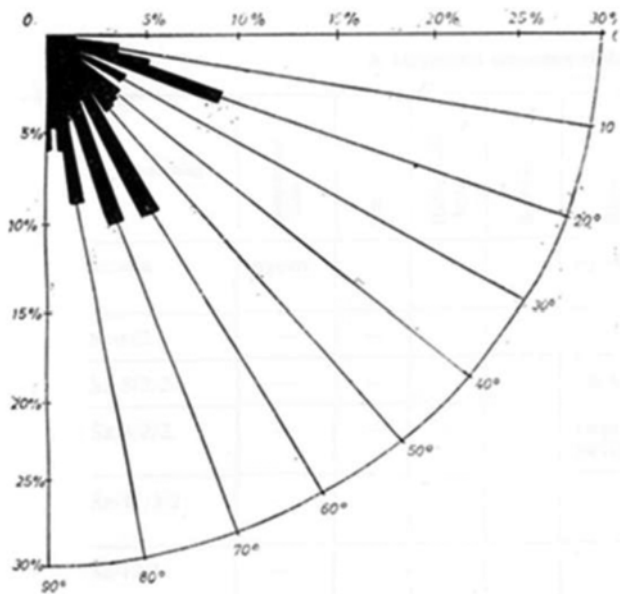
A vékonycsiszolatban észrevehető mikronos nagyságrendű repedések, kissé kanyargós lefutásúak, elágaznak vagy egymást keresztezik, néhol feltehetően több szakaszban képződtek, a repedéskitöltő anyag főleg klorit, karbonát, opak anyag.

A makroszkóposan megfigyelhető alsórendű repedések többsége keresztezi, néhol szinte teljesen átjárja a kőzetet, amelyek gyakran kaotikus, szabálytalan lefutásúak. A szélességük általában váltakozik 0,5 mm és 1 cm között, néhol átmennek nyitott szakaszba, vagy max. kb. 3-4 cm-es üreggé fejlődnek. Megjelennek hajszálvékony nyomként is a mag felületén, vagy látszik a repedés szélessége, amely kisebb 0,5 mm-nél.

Bezárt jellegű repedések látszólag a magban kezdődnek és fejeződnek be, az előbbieknél kisebb gyakorisággal fordulnak elő, néhány cm hosszúak, kb. 1-2 mm széles, zezugos lefutásúak, néhol üreggé szélesednek, máshol nyitott szakaszba mennek át, főleg a breccsásodott részek jellemzői.

A kőzetrések uralkodóan részben kitöltött, alárendelten kitöltetlen vagy teljesen kitöltött jellegűek, bennük a következő kitöltő anyagok láthatók: albit, klorit, kalcit, kvarc, agyagásvány (illit, kaolinit), zeolit (laumontit), opak anyag, bitumen nyomokban.

Az üregek falán kb. 2-3 mm hosszú, szálas kristályok halmazából álló zeolit, 1-2 mm-es kristályokból álló kalcit-fészkek, kvarckristályok, ritkán 1-2 piritkristály fedezhető fel.



7. ábra A szeghalmi területen a magminták repedései dőlésszögének %-os eloszlása (szerkesztette: Szili Györgyné 1988)

Figure 7 Percentage distribution of the dip angle values of joint surfaces of drill core samples derived from Szeghalom area (edited by Szili Györgyné 1988)

A 7. ábrán láthatóan a szeghalmi területen a repedési síkok dőlésértékei alapján két preferált érték határozható meg: 60–70 fok vagy ennél meredekebb és kisebb mértékben előforduló 20 fok körüli átlagos érték (Szili Gy-né 1988b). Hasonló értékek jelennek meg az Sz-167, -173, -176, -180. fúrásokban is (Szili Gy-né 1989b).

A repedések magas dőlésértéke tükrözi azt, hogy a vetődés mozgási felülete ferde, meredek helyzetű és a húzásos

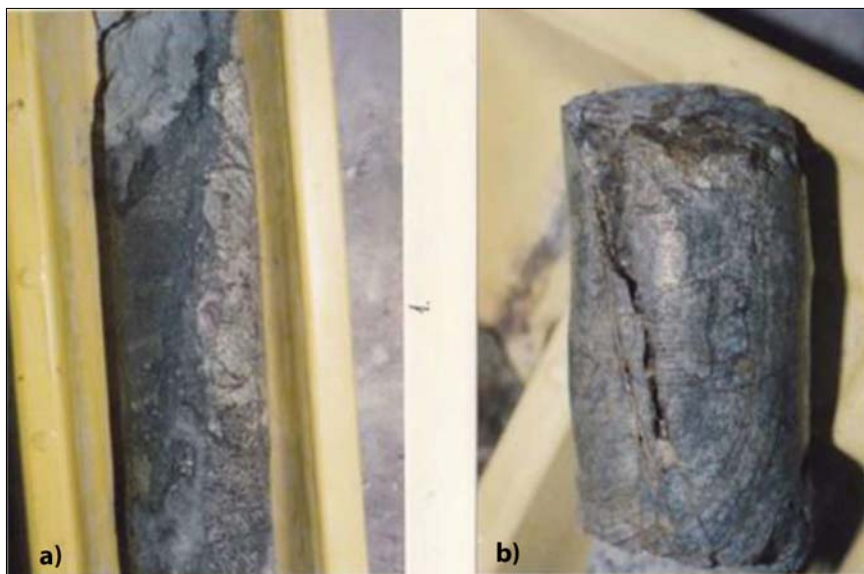
erőhatásra létrejött nyitott repedések is általában meredek helyzetűek (8a,b. ábra).

*Mozgási felületek jellegzetességei és a repedésrendszer*

A legnagyobb magnyereséggel rendelkező Sz-180. fúrásban tanulmányozható a magkihozatal során elvált legtöbb olyan felület, amely az eltört, egymáson elmozdult kőzettestek mozgási felszíne. Rovátkoltságuk kijelöli a mozgás irányítottságát.

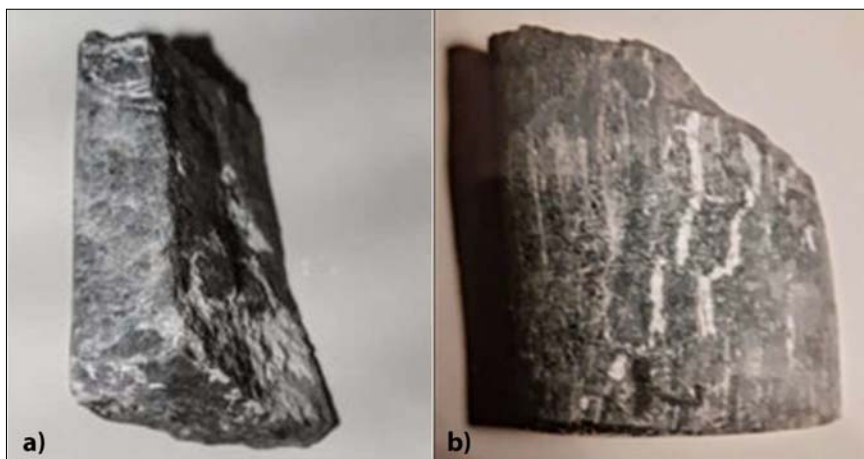
Agyagásvánnyal, klorittal borított repedési sík jól vezeti a mozgást és bizonyára helyenként átalakult kissé fényes, néhol rovátkolt mozgási felületté, amely mentén a kőzet összetartása meglazul, és ott a magkihozatal során elválhat. A jelenség különösen jellemző a kis keménységű breccsaszerkezet finom frakciójára. Röntgenvizsgálat alapján a klorit nagyobb százalékban mutatható ki, mint az agyagásvány a 180-as fúrásban lévő breccsaszerkezet repedés-kitöltő anyagában és a finom frakciójában (Szili Gy-né 1989b).

Található olyan felület is, amelyen eltérő irányú barázdák metszik egymást egy pontban, ahol a barázdák talán lenyomatai, az eltört kőzettestek kezdeti nyírásos, kismértékű elforgatásának, elmozdulásának. Az egymást keresztező rovátkoltságot tartalmazó mozgási felületek kinézete hasonlít a 2. ábrán vázolt repedési síkok metsződéséhez. Regisztrálásra került az Sz-180. fúrás a 3. magjában, 2006 m táján, a magátmérőt meghaladó vetődés közelében, így később az eltört kőzettestek felőrölődhetnek a vetődés során. Ilyen felület előfordul még néhány helyen a fúrásban, amelyek megfigyelhetők a könnyen széteső, kis keménységű breccsaszerkezet finom frakciójában. A kb. 90 fokos dőlé-



8. ábra a) Kb. 80 fokos dőlésű vetődési sík, a két oldalán eltérő kőzetanyag látható (Sz-167.), b) részben kitöltött meredek helyzetű repedés nyitott szakasszal (Sz-167.)

Figure 8 a) On two sides of the fault-plane can be seen different rock material (Sz-167), b) partly filled steep lithoclase with open part (Sz-167)



**9. ábra** a) 2 meredek dőlésű repedési sík metsződése (Sz-180.), b) leukosávok kismértékű elmozdulása repedések mentén (Sz-180.)  
**Figure 9** a) Intersection of 2 high-angle joint planes (Sz-180), b) small-displacement of leucocratic strips along joints (Sz-180)

sú repedési síkok metsződése esetleg nyírásos közetrések kapcsolt repedésrendszerének tekinthető.

A csillámdús sávok mentén történő tektonikai mozgások következtében a palássági sík, gyakran átváltozott fényes, néhol rovátkolt mozgási felületté.

Az Sz-180. fúrás földtani szelvényének 4. oszlopában (2. ábra) bemutatott repedésrendszerek metszete azt tükrözi, hogy max. 4 tagból állnak. A repedési síkokat megjelenítő vonalak mellé feltüntettem a dőlésszögüket, amelyek többnyire eltérőek, és a vonalak által bezárt szög érzékelteti megközelítőleg a repedési síkok egymáshoz való viszonyát. A repedési síkok eltérő dőlésszöge különböző korú tektonikai mozgásra utalhat.

Helyenként eltérő orientációjú barázdákat tartalmazó repedési síkok metszik egymást, amelyek kialakulása minden bizonnyal szintén különböző korú tektonikai eseményhez köthető.

A 9a. ábrán 2 meredek dőlésű repedési sík metsződése észlelhető.

A területen más fúrások variszkuszi maganyagában is felfedezhető 2, 3, 4 tagból álló repedésrendszer (Szili Gy-né 1987).

### Vetők, oldalelmozdulás

Viszonylag biztosan felismerhető vető látható az Sz-180. fúrás 3. magjában (2001,00–2008,00 m), ahol granitoid sávnak több cm-es elvetődése észlelhető 2006,85–2007,00 m között, kb. 50 fokos dőlésű vető mentén. A szelvényen (2. ábra) felfedezhető, hogy breccsaszerkezethez kötődik.

A 8. magban (2061,00–2065,00 m) vető jelenléte valószínűsíthető 2063,70 m táján, ahol amfibolit(?) és biotitgneisz tektonikusan érintkezik egymással, amelyet erősen szétesett közetsáv kísér.

Az Sz-167. fúrás 3. magjában (2067,00–2076,00 m) 2073,00–2073,40 m között, a kb. 80 fokos dőlésű vető az egyik oldalán tartalmaz granitoid sávot, a másik oldalán

annak folytatása nincs meg a vetődés következtében (8a. ábra), és laza breccsaszerkezethez kapcsolódik.

Az Sz-173. fúrás 5. magja (2076,00–2083,00 m) felső részén 2077,10–2077,40 m között két vetősíknak kb. 70 fokos metsződése látszik a breccsaszerkezetben.

Az Sz-167. fúrás 1. magjában (2049,00–2058,00 m) eltolódás (elmozdulás) nagyobb távolságban történhetett a magátmérőnél, kb. vízszintes repedés elvágja a meredek dőlésű repedéseket, és a folytatásuk nem figyelhető meg a magátmérőn belül. Azonban makroszkóposan meghatározható felaprózódás nem kíséri.

Mikrovetődés, elmozdulás (max. kb. 0,5 cm) gyakran fordul elő (9b. ábra).

A fúrasi szelvények (2., 3. ábra) szemléltetik, hogy a vetődés határolódik felaprózódott, ill. breccsaszerkezettel.

A rendelkezésre álló nem nagyszámú példa alapján a vető többsége megállapítható.

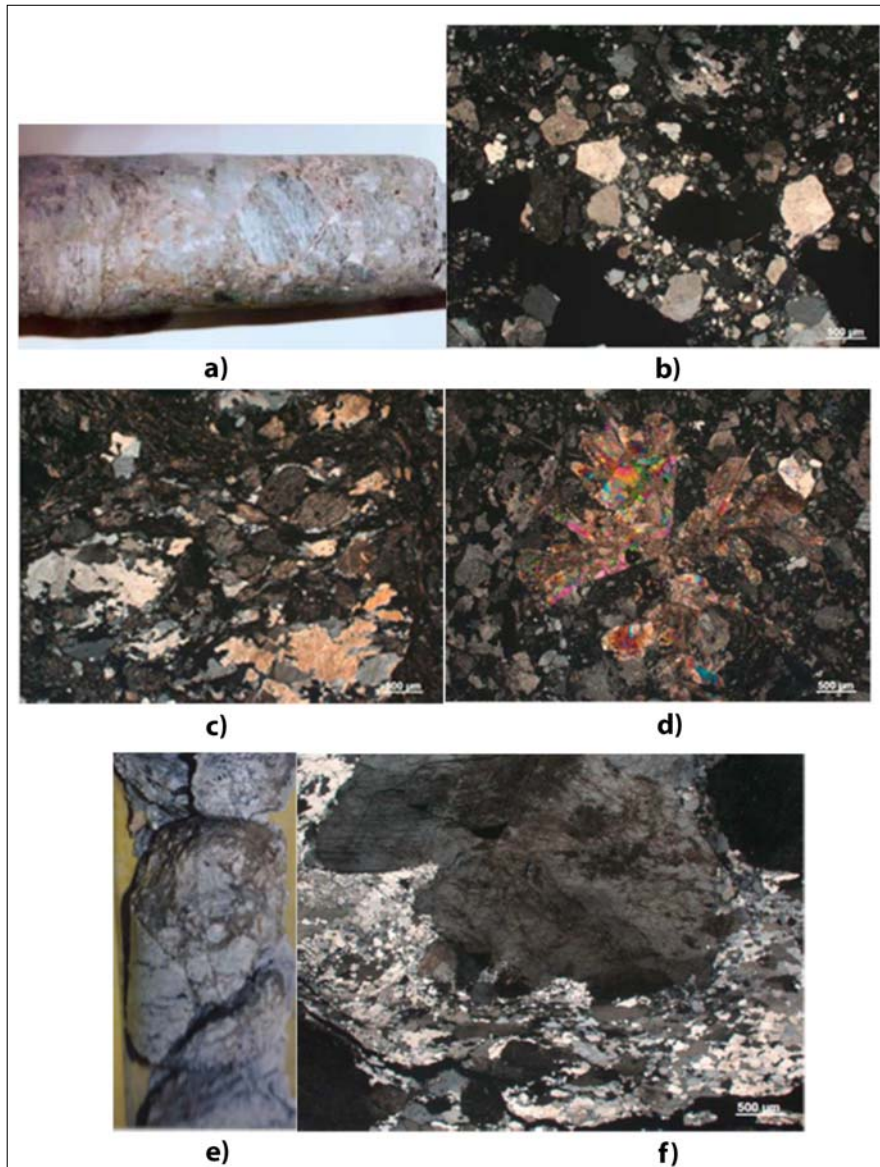
### Breccsás szerkezet jellemzői

A 4 db fúrás által kőzetmaggal feltárt 1940,00–2085,00 m közötti szakaszon különböző mértékben repedezett, helyenként elválási felületek mentén erősen szétesett metamorf összletben, kb. 10–20 cm-től ritkán max. kb. 2,5 m vastagságig terjedő felaprózódott, breccsásodott sávok figyelhetők meg (2., 3. ábra) mikroszerkezeti bélyegekkkel.

Makroszkópos leírás során nem üthető szét a maganyag, a magkihozatal során elvált felületek adnak némi betekintést a belsejükbe. Felaprózódott, breccsás szerkezet azonosítható azzal a sávval, ahol kőzettörmelék felismerhető makroszkóposan a mag felületén.

Kemény, tömör szövetű és laza, könnyen széteső, kis keménységű szerkezetek különböztethetők meg.

A tömör szövetű szerkezetekben az orientálatlan, általában szögletes, változó méretű, átlagban 2–5 cm körüli nagyságú kőzettörmelékek közötti változó nagyságú apró kőzet, ill. ásványi töredékeik alkotják a köztes anyagot,



**10. ábra** Brecciaszerkezet: a) keményen összeálló breccsa (Sz-180.), b), c), d) kőzet- és ásványtöredékek (Sz-180., +N, 500 millimikron), d) prehnit szemcsehalmaz (Sz-180., +N), e) brecciaszerű, breccsaalakú lazán összeálló granitoid (Sz-173.), f) granitoidban nagyméretű rezorbeált szegélyű káliföldpát és körülötte deformált, unduláló kioltású kvarcmező (Sz-173., +N, 500 millimikron) (+N = keresztezett nikol)

**Figure 10** Breccia structure: a) solid breccia (Sz-180), b), c), d) clasts of mineral and rock (Sz-180, +N, 500 millimikron), d) prehnite grains (Sz-180 +N), e) loose brecciform granitoid (Sz-173), f) large-sized potash feldspar with resorbed rim and around it undulatory extinction quartz field (Sz-173, +N, 500 millimikron) (+N = crossed nicol)

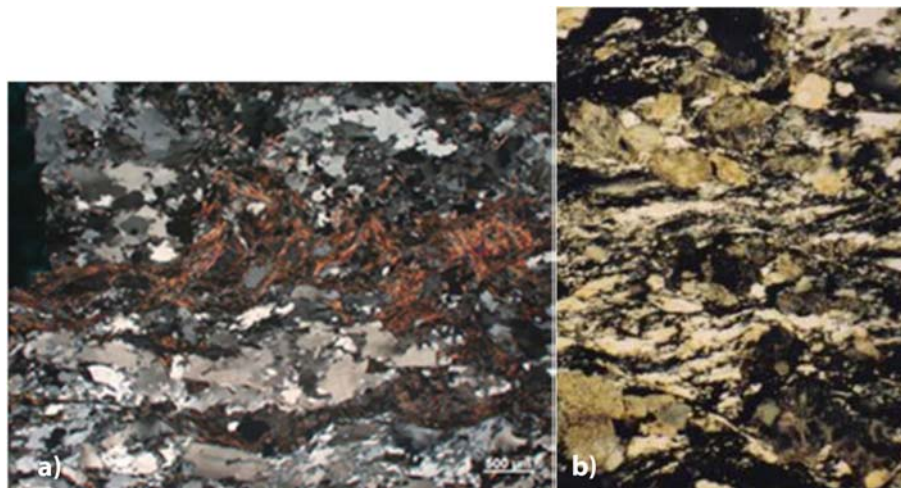
amelyeket cementáló anyag fog össze (10a. ábra). Vékonycsiszolati képe mikrobrecsás szövetű, ahol szögletes, néhol kissé lekerekített törmelékek észlelhetők (10b,c,d. ábra), közöttük karbonát, szericites, agyagos, kloritos cementáló anyag található. A 10d. ábrán mikrobrecsában a prehnit sugaras legyezőszerű szemcsehalmazként van jelen.

A laza, könnyen széteső, kis keménységű brecciaszerkezetek finom frakciójában megfigyelhető elvált mozgási felületek rovátkoltsága rögzíti az elmozdulás irányított-ságát.

A 10e. ábrán az Sz-173. fúrásban, repedések mentén elvált, szétesett brecciaszerű, breccsaalakú granitoidnak

valószínűleg a magátmérőnél nagyobb törmelékdarabja fedezhető fel. Így mikrobrecsás szövet nem jellemző a vékonycsiszolati képére. A 10f. ábrán az ásványi elegyrészei láthatók, deformált, mozaikstruktúrájú, unduláló kioltású kvarcmező fog körbe nagyméretű rezorbeált szegélyű káliföldpátot, amely bizonyára a finomszemcsés diszperz eloszlású hematit-zárványok miatt foltos, és a viszonylag sűrű, egyenes hasadási nyomvonalainak metsződése látszik néhol.

A vékonycsiszolati vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a kvarcsejtszémcsék nyírásos erőhatásra részben deformálódtak, a palásságnak megfelelően megnyújtott, moza-



**11. ábra** a) Nyírást szövet (Sz-180., +N, 500 millimikron), b) újrakristályosodott kvarc sávocskák körülfoltyják a porfiroklasztokat (Sz-180., +N, nagyítás = 60×)  
**Figure 11** a) Shear texture (Sz-180, +N, 500 millimikron), b) recrystallized quartz strips of dynamofluidal texture arranged rock fragments (Sz-180, +N, magnification = 60×)

ikstruktúras, unduláló kioltású sávokat alkotnak és változatosan deformált biotitokat tartalmaznak (11a. ábra).

Makroszkóposan néhány mm-es kvarcdús sávok vékonycsiszolatában nyírási zónára jellemző, porfiroklasztokat körülölelő újrakristályosodott kvarcsávocskák „folyási” szerkezete (11b. ábra) vehető észre.

Az Sz-180. fúrás szelvénye (2. ábra) szemlélteti, hogy ott a breccsaszerkezet leggyakoribb a 3., 4., 5., 6. magokat magukba foglaló 2001–2027 m közötti szakaszon. Az említett 26 m vastag zóna felett a breccsás megjelenés nem jellemző, alatta 27 m vastag maghiányos szakaszt követően pedig ritkább.

A földtani szelvényen az alábbi mélységintervallumoknak megfelelően jelöltem be a fúrásban észlelhető breccsaszerkezetet (Szili Gy-né 1989a).

A 3. magban (2001,00–2008,00 m) 2001,00–2001,20 m, 2003,30–2003,50 m, 2004,30–2004,60 m, 2005,50–2008,00 m között, 4. magban (2008,00–2013,00 m) 2008,00–2008,70 m, 2009,00–2011,00 m, 2011,50–2011,75 m között.

Az 5. mag (2013,00–2022,00 m) laza, kis keménységű, erősen szétesett breccsás megjelenésben bővelkedik 2014,30–2014,60 m, 2016,80–2017,20 m, 2019,30–2019,60 m, 2020,00–2020,20 m, 2021,60–2022,00 m között.

A 6. mag (2022,00–2027,00 m) helyenként laza, kis keménységű breccsás megjelenésű, a mag anyaga a csúszási felületek, litoklázisok mentén max. kb. 25 cm-es darabokra esett szét, a fúrásban ez a legrosszabb magkihozatalú (68%) mag, és alatta kezdődik a 27 m vastag feltáratlan szakasz.

A 7. magban (2054,00–2061,00 m) nincs breccsás megjelenés, a kőzet 2054,00–2055,75 m, 2056,00–2058,10 m, 2059,00–2059,50 m között litoklázisok, nyíródási felületek mentén erősen szétesett.

A 8. magban (2061,00–2065,00 m) 2061,80 m-nél kb. 5 cm vastag könnyen széteső, laza, kis keménységű breccsásodott sáv látható.

A 9. magban (2065,00–2072,00 m) 2067,60–2067,95 m között breccsás megjelenésű törmelékdarabok vannak.

A 3. ábra földtani szelvényén megközelítőleg követhető, hogy az Sz-167. fúrásban a breccsásodás 2061,75 m-től kezdődik, és 2080,70 m-ig fordul elő vékony sávok formájában.

A 176. fúrásban a breccsaszerkezet nem gyakori, a 2. magban (1948,00–1956,00 m) és a 3. magban (1956,00–1965,00 m) látható 2-2 helyen.

Az Sz-173. fúrásban a legkisebb mértékű, és 2049,00–2051,00 m és 2077,10–2077,41 m között fordul elő. Az első szakasz granitoid sávhoz, a második szakasz amfibolizoz köthető, az utóbbinál kb. 2-3 cm-es amfibolitdarabok között átalakult, mállott amfibolit látható (Szili Gy-né 1988a).

#### *A törései szerkezeti formák és a geofizikai értelmezések feltételezhető összefüggései*

Különböző dőlésszögű repedési síkok metsződése minden bizonnyal nem egyidejű tektonikai eseményekre utal, amelyet megerősíthet az eltérő orientációjú barázdákat tartalmazó felületek metsződése.

A kb. 90 fokos dőlésű repedési síkok metsződése esetleg nyírást közetrések kapcsolt repedésrendszerének tekinthető.

A szeghalmi területen a repedési síkok dőlésértékei alapján két preferált érték határozható meg: 60–70 fok vagy ennél meredekebb és kisebb mértékben előforduló 20 fok körüli átlagos érték (Szili Gy-né 1988b). Hasonló értékek jelennek meg az Sz-167, -173, -176, -180. fúrásokban is (Szili Gy-né 1989b).

Az említett, jelentős vastagságban maggal mélyített fúrásokban ritkán a magátmérőnél nagyobb mértékű meredek dőlésű vetődés, ill. egy helyen közel vízszintes eltolódás észlelhető. A mérési eredmények, ill. megfigyelés-

sek valószínűleg főleg vetőkre és alárendelten lapos szögű elmozdulásokra utalhatnak, és összhangban lehetnek a szeghalmi területet érintő alábbi geofizikai értelmezésekkel.

Albu és Pápa (1992) értelmezése szerint az aljzat ÉD-i csapású normál vetők mentén feldarabolódott.

Redlerné és Kummer szeizmikus szelvények értelmezése alapján kimutattak laposvető szerkezeti elemeket és azokat elvető normálvetőket (M. Tóth et al. 2008).

Molnár (2015) szerint a lyukgeofizikai szelvények kiértékelése alapján az egyes fúrásokban azonosítható nyírási zónák DK-i irányban kb. 11 fokkal dőlő síkokat definiálnak, melyeket erre közel merőleges irányú normál vetők szabdalnak blokkokra.

M. Tóth et al. (2021) értelmezése szerint a DNy-i dőlésű nyírási zónák feltételezhetően az alpi takarórendszer valamely egységéhez tartoznak.

## Összefoglalás

A fúrások kőzettani tagolódása feltehetően visszavezethető a protolitra, vagyis az üledékes, magmás eredetű vagy azok keveredéséből álló premetamorf litofáciesre, amely a Winkler-kritériumok (1976) szerint közepes fokú Barrow-típusú (kis gradiensű) metamorfózist szenvedett, néha magas hőmérséklettel.

A retrográd metamorfózis általánosan elterjedt, különböző mértékben. Így eltérő hőmérséklet- és nyomásviszonyok között keletkezett ásványegyüttes jött létre.

A vetők valószínűleg jelentős mértékben hozzájárultak a breccsaszerkezet kialakulásához és az egymás közelében lévő fúrások kőzettani jellegzetességeiben mutatkozó eltéréshez is (2., 3. ábra).

Az 1. ábrán láthatóan egymás közelében elhelyezkedő Sz-180 és 167. fúrásokban a breccsaszerkezet gyakoribb, mint a tőlük K-re lévő Sz-173. és D-re található Sz-176. fúrásokban. Legritkább az Sz-173. fúrásban.

A kőzettípusok különböző mértékű repedezettsége és felaprózódása összefügghet a szerkezeti sajátosságaikkal és ásványtani összetételükkel, azon belül az ásványi főegy-  
részrel, az erőhatás bizonyos mértékéig. A metamorfózis fokát meghatározó indexásványok szórványos, vagy kis mennyiségben történő előfordulásuk miatt bizonyára nem lehetnek befolyásoló tényezők.

Az uralkodóan amfibólból és földpátból álló amfibolitok – amfibólos gneiszek főleg repedezettek, az ásványi elegyrészek utólagos átalakulásával, elmállásával a kőzet összetartása meglazul. Az előforduló üregek a granitoid sávokban észlelhetők. Természetesen olyan tektonikai erőhatás felléphet, amely itt is eredményez breccsa jellegű felaprózódást, vagy teljes felörlést.

A kvarc-földpát-dús kőzetrészek általában repedezettek, töredezetek, törmelékeny jellegűek. A földpáttartalom mennyiségétől, annak átalakulási mértékétől és jellegétől függően ezek a kőzetrészek fellazulnak. A földpát

átalakul, elmállik, a kvarc kémiaiilag nem alakul át, növeli a kőzet merevségét, törékenységét.

Kvarc+földpát- és csillámdús sávok váltakozása esetén a jó palássági szerkezettel jellemezhető csillámdús sávok mentén végbement, ill. ismétlődő tektonikai mozgások következtében itt a palássági sík gyakran fényes.

A képződmények helyenként elváltak a palásság, lito-klázisok, mozgási felületek mentén.

A fúrási maganyagokon megfigyelt töréses szerkezetek kőzetképződés utáni szerkezetalakulásoknak minősülnek. Azok feltehetően a szeizmikusan értelmezhető mozgások nyomainak tekinthetők, amelyek bizonyos elemei jelezhetik a mozgások jellegét, valamint az időbeli eltérést.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönöm szépen a MOL részéről Botka Dánielnek a vékonycsiszolati felvételek elkészítését publikálás céljából és dr. Szinger Balázs MOL vezetőnek az engedélyezését. Köszönöm a családomnak a számítógépes megjelenítésben nyújtott nélkülözhetetlen segítségét. Hálával gondolok a férjemre, aki mindig önzetlenül segített a tanácsaival, bírálatával.

## A tanulmány szerzője

Szili Györgyné, egykori tudományos munkatárs

## Hivatkozások

- Albu L., Pápa A. (1992): Application of high-resolution seismics in studying reservoir characteristics of hydrocarbon deposits in Hungary. *Geophysics*, 57/8, 1068–1088.
- Cserepesné-Meszéna B. (1985): A Duna-Tisza köze kristályos alaphegységének litosztratiográfiai felosztása. *Általános Földtani Szemle*, Budapest, 21, 117–194.
- Molnár L. (2015): Töréses vetőzónák szerkezete és hidraulikai jelentősége a Pannon-medence metamorf aljzatában. Doktori (PhD) értekezés tézisei, Földtudományi Doktori Iskola, Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék Természettudományi és Informatikai Kar Szegedi Tudományegyetem, Szeged.
- M. Tóth T. (2008): Repedezett metamorf fluidumtárolók az Alföld aljzatában. MTA doktori értekezés.
- M. Tóth T., Redlerné Tátrai M., Kummer, I. (2008): A Szeghalom környéki metamorf aljzat kiemelkedés szerkezetfejlődése és felépítése kőzettani és szeizmikus adatok alapján. *Magyar Geofizika*, 49/4.
- M. Tóth T., Fiser-Nagy Á., Kondor H., Molnár L., Schubert F., Vargáné Tóth I., Zachar J. (2021): Az Alföld metamorf aljzata: a köztes tömegetől a tarka mozaikig. *Földtani Közöny*, 151/1, 3–26.
- Szili Gy-né (1985): A Tiszántúli Körös-Berettyó, Álmosdi Egy-  
ségek metamorf képződményeinek kőzettani jellemzése szénhidrogénkutató fúrások alapján. *Általános Földtani Szemle*, Budapest, 21, 79–115.

- Szili-Gyémánt P. (1986): Metamorphic formation in Tiszántúl: The Kőrös-Berettyó and the Álmosd Units. *Acta Geologica Hungarica*, 29/3–4, 305–316.
- Szili Gy-né (1987): A szeghalmi Halom-1 szénhidrogénteleg kőzeteinek repedezettség vizsgálata. OKGT Kézirat. 32 o. + melléklet
- Szili Gy-né (1988a): Jelentés a Sz-167, -173, -176. sz. paraméterfúrások 13 db magintervallumból származó mintáinak kőzettani vizsgálatáról. OKGT Kézirat. 74 o. + melléklet
- Szili Gy-né (1988b): A szeghalmi Halom-1 szénhidrogén-telepet felépítő kőzetek repedezettségének vizsgálata. *Kőolaj és Földgáz*, 21. (121.) évf., 10. sz.
- Szili Gy-né (1989a): Jelentés a Sz-180 sz. paraméterfúrás 9 db magintervallumból származó mintáinak kőzettani vizsgálatáról. OKGT Kézirat. 59 o. + melléklet
- Szili Gy-né (1989b): A metamorf tárolókőzet petrográfiai jellemzése a Halom 1. (Szeghalom) telepben mélyített paraméterfúrások anyagai alapján. *Kőolaj és Földgáz*, 22. (122.) évf., 7. sz.

# Relatív térbeli fizikai paramétereloszlások a Nyírség és a Tokaji-hegység területén

## *Eltemetett vulkánmorfológiai elemek kimutatása gravitációs és mágneses mérési adatok alapján*

Kiss J.

Szabályzott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SZTFH), Földtani Igazgatóság,  
1051 Budapest, Sas utca 20–22.  
E-mail: janos.kiss@sztfh.hu

Korábban vizsgáltuk a potenciáterek alapképleteit és az azokból levonható törvényszerűségeket (Kiss, Vértesy 2020), valamint az adatok spektrálanalíziséből kapott mélységszeletelést (Kiss 2012, Kiss 2013). Felhasználva a szerzett tapasztalatokat, elkészítettük a relatív sűrűségi és relatív mágnesezettségi mélységmetszeteket (Kiss, Vértesy 2020, Kiss 2021a). Azért relatív, mert nem a valós kőzetfizikai paramétereket kaptunk, hanem csak az azonos szintben lévő összletek egymáshoz viszonyított relatív eltérését, amelyet minden szinten a minimum-, illetve a maximumértékek 0–1 közé transzformálásával kaptunk meg. Ezzel egyfajta nagyítóként a legkisebb eltéréseket is felerősítettük, kizárva a szűrt térképek eltérő térfogatából (eltérő mélységtartományok miatt) származó amplitúdóbeli eltéréseket és felerősítve az azonos szinteken bekövetkező változások hatását.

Mivel az adatok területi fedettségben állnak rendelkezésre, különböző szinteken (Kiss et al. 2019), így a (relatív sűrűségi és a relatív mágnesezettségi) térbeli elterjedésre is következtethetünk, ehhez viszont elő kellett állítani ezeknek a paramétereknek a térrácsát (voxeljét) háromdimenziós interpolációval. Ennek néhány elsődleges eredményét be is mutattuk már a nagy vulkáni kitérésű központok keresése során (Kiss 2021b), de az még csak egy kisebb ízelítő volt. A további vizsgálódásaink meglepő eredményeket hoztak, ez kerül most bemutatásra.

A mintaterület továbbra is a Nyírség és a Tokaji-hegység, amely az adatok előkészítése (Kiss et al. 2019) és az eltemetett vulkanitok jelenléte miatt jó mintaterületnek számít. A kapott eredményeket, a mélybeli paramétereloszlásokat és azok lehetséges értelmezését mutatja be ez a tanulmány.

### **Kiss, J.: Relative spatial physical parameter distributions on the area of Nyírség and Tokaj Mountains. *Detection of buried volcanic morphological features from gravity and magnetic measurements***

Previously, we examined the basic formulas of potential field and the regularities that can be deduced from them (Kiss and Vértesy 2020), as well as the depth slicing obtained from the spectral analysis of the potential field data (Kiss 2012, Kiss 2013). Using the gained experience, we prepared the relative density and relative magnetization depth sections (Kiss and Vértesy 2020, Kiss 2021a). It is relative because we did not get the real petro-physical parameters, but only the relative deviation of the assemblages at the same level, which was obtained by transforming the minimum and maximum values between 0 and 1 at each level. As a kind of magnifier, we amplified even the smallest deviations, excluding amplitude differences from different rock volumes of the filtered maps (due to different depth ranges) and amplifying the effect of changes at the same levels.

As the data are available as territorial coverage, at different depth levels (Kiss et al. 2019), the spatial distribution of (relative density and relative magnetization) can be traced, but the  $x, y, z$  spatial grid (voxel) of these parameters had to be generated by three-dimensional interpolation. We have already shown some of the primary results of this in our search for large explosive volcanic centres (Kiss 2021b), but that was just a small taste. Our further investigations have yielded surprising results, and this is now illustrated.

The pilot area is still Nyírség and Tokaj Mountains, which is a good sample area due to data preparation (Kiss et al. 2019) and the presence of buried volcanic formations. This article presents our latest obtained results, the deep parameter distributions and their possible interpretation.

*Beérkezett:* 2022. május 11.; *elfogadva:* 2022. június 14.

## Gravitációs alapok

A nehézségi erőt ( $F_g$ ) a következő képlet írja le:

$$F_g = m_e \frac{M}{r_t^2} \gamma = m_e g.$$

Egységnyi tömeg ( $m_e = 1$ ) esetén a nehézségi erő ( $F_g$ ) egyenlő a gyorsulással ( $g$ ):

$$F_g = g.$$

A gravitációs mérések során meghatározott gyorsulás ( $g$ ) értéke:

$$g = \frac{M}{r_t^2} \gamma,$$

ahol az anomális tömeg ( $M$ ):

$$M = V \times \Delta \sigma,$$

ahol a térfogat ( $V$ ):

$$V \approx r_m^3$$

ahol

$\gamma$  – gravitációs állandó,

$M$  – a Föld (vagy a kőzetek lokális) tömege,

$r_t$  – távolság dimenzió,

$r_m$  – méret dimenzió,

$V$  – térfogat,

$\Delta \sigma$  – sűrűség.

## Gravitációs törvényszerűségek

1. Az alapképletekből kiindulva, a mért nehézségi erő ( $F_g$ ) és gyorsulás ( $g$ ) nagyságát legnagyobb mértékben a tömeg ( $M$ ) befolyásolja, amitől egyenes arányban függ. Arányossági tényezők a sűrűségkontraszt ( $\Delta \sigma$ ) és a térfogat ( $V$ ) – ez utóbbit egy méret ( $r_m$ ), azaz „távolsági” dimenzióknak a köbével írhatjuk le ( $r_m^3$ ).
2. A másik tényező, az alapképletek alapján az észlelési távolság ( $r_t$ ), amelytől a mért nehézségi erő fordított arányban függ. Arányossági tényező a mérőponttól való távolság négyzete ( $r_t^2$ ).
3. Az anomália hullámhossza függ a ható települési mélységtől ( $r_t$ ), minél mélyebben van a test, annál nagyobb lesz az általa okozott anomália hullámhossza. A test mérete is hatással van, de az anomáliagörbe meredekségét ebben az esetben is a mélység határozza meg.
4. Spektrális szűrésekkel a különböző hullámhosszúságú (különböző meredekségű) anomáliákat választjuk szét és a jellemző jelfrekvencia alapján, majd hullámhosszúságtól függő mélységbecslést végzünk.
5. A mélységszeletelt (szűrt) gravitációs térképeknél (görbéknél) az amplitúdók dinamikája erősen eltérő, ezt elsősorban a különböző mélységszintek közöttér-fogatának ( $V$ ) különbözősége okozza. Azonos spektrális mélységszint térkép esetében a térfogat azonos az egész területre, így a változások visszavezethetők az adott mélységben meglévő sűrűségváltozásokra.

A mélységszeletelés és a normálás az adott mélységek kis dinamikájú változásainak láthatóvá tételét, értelmezését segíti a relatív változások kiemelésével. Ennek eléréséhez ki kell zárunk a szűrt térképek eltérő térfogati hatását, amit normálás segítségével érhetünk el. A szűrt térképek értékeit a minimumok és maximumok alapján 0–1 értéktartományba normálva<sup>1)</sup>, szintenként kiemeljük a relatív változásokat. A sűrűségkontraszt a kezdeti (felszíni) 1 g/cm<sup>3</sup> értékről akár egy-két nagyságrenddel, 0,1–0,01 g/cm<sup>3</sup> értékre lecsökkenhet a mélységben, de a 0–1 értékek közé normálás miatt ezt a változást is észre fogjuk venni.

6. A kőzeteknél, különösen a törmeléken üledékes kőzetek esetében a póruster nyomás hatására bezáródik, adódik tehát egy mélységtől függő összetevője a sűrűségnek, amelyet a normálás után, az átlagos tömörödési trend görbéről leolvasott érték alapján érdemes figyelembe venni.

## Mágneses alapok

A Föld mágneses tere ( $F_m$ ) a következő képlettel írható le:

$$F_m = \frac{M}{r_t^3} \sqrt{1 + 3 \cos^2 \theta},$$

$$F = T.$$

(A nyersanyagkutató geofizikában a  $T$ -t szoktuk használni.)

Általános formában:

$$T = \frac{M}{r_t^3} c,$$

$$M = V \times J,$$

$$J = J_i + J_r,$$

$$J_i = \kappa \times H,$$

$$V \approx r_m^3$$

ahol

$F_m$  vagy  $T$  – földi mágneses totáltér,

$\theta$  – mágneses szélesség,

$M$  – a Föld (vagy a kőzetek lokális) mágneses momentuma,

$r_t$  – távolság dimenzió,

$c$  – változó, többtényezős koefficiens lokális hatók esetén,

$J$  – egységnyi térfogatú kőzet mágnesezettsége,

$J_i$  – indukált mágnesezettség,

$J_r$  – remanens mágnesezettség,

$\kappa$  – mágneses szuszceptibilitás,

$H$  – indukáló földi mágneses tér,

$r_m$  – méret dimenzió.

## Mágneses törvényszerűségek

1. A képletek alapján a gravitáció esetében megállapított első törvényszerűség, a mágnesség anomáliatér eseté-

ben is igaz. A mért mágneses térerő ( $F_m$  vagy  $T$ ) nagyságát legnagyobb mértékben a mágneses momentum ( $M$ ) befolyásolja, amelytől egyenes arányban függ. Arányossági tényezők a mágnesezettség ( $J$ ) és a térfogot ( $V$ ), ez utóbbit egy méret ( $r_m$ ), a „távolsági” dimenzióknak a köbével ( $r_m^3$ ) írhatunk le.

2. A második tényező az alapképletek alapján az észlelési távolság ( $r_i$ ), amelytől fordított arányban függ. Arányossági tényező ebben az esetben a mérőponttól való távolság köbe ( $r_i^3$ ).
3. A szelvény menti és térképi adatok esetében a 3. és 4. törvényszerűségek szintén igazak lesznek. A szűrt és normált adatok alapján elkészített mélységmetset (5. törvényszerűség) elkészítésére a mágneses tulajdonságok alapján is lehetőség nyílik, ehhez azonban még egy transzformációt el kell végezni, ez pedig, a dipólusjellegből adódó ambivalens anomáliateret egyszerűsíteni kell. Meg kell határozni a szűrt mágneses anomáliák változékonyságát, majd ezt az értékeket kell normálni és felhasználni, kiejtve a dipóljelleget.
4. A mágnesezettség esetében nem tudunk mélységtől való függést (6. törvényszerűség) meghatározni, pedig globális szempontból a mágnesezettség esetében is lehet valami hasonló törvényszerűség – lásd savanyú felső kéreg, bázisos alsó kéreg (a Curie-hőmérséklet persze mélységhatárt szab ennek).
5. Az anomáliatérképet és az értelmezést jelentősen befolyásolja a természetben előforduló földtani képződmények mágnesezettségének a sűrűséghez viszonyított lényegesen nagyobb dinamikája (pl. Kiss et al. 2019). (Részletesebben lásd Kiss, Vértesy 2020)

## Adatok előkészítése

A Nyírség területének földtani vizsgálata során felhasználtuk a potenciáltér adatokat, azaz a gravitációs és mágneses mérési adatokat és az azok spektrális szűréséből kapott mélységszeletelt térképeket is (Kiss et al. 2019, 1. táblázat). Néhány relatív sűrűségi és mágnesezettségi mélységmetset már bemutatásra került egyrészt a mélységmetsetek módszertani ismertetésekor (Kiss és Vértesy 2020), másrészt nyírségi szeizmikus tomográfia sebességszelvényeinek elemzése során (Kiss 2021a), illetve egy paksi szelvény vizsgálatakor (Kiss 2020).

Mivel csak 4 spektrális szint különíthető el élesen (1. táblázat), azaz 4 mélységszintnek az anomália térképe adott csak (azok sem egyenletes mélységközönként), így a vertikális felbontás nem túl jó és a mélységgel arányosan romlik. (Ahhoz képest, hogy a Bouguer-anomália-vagy a mágnesesanomália-térkép esetében nincsenek elsődleges mélységi információink, ez mindenképpen előrelépés.)

## 2D-ből 3D-be

A Tokaji-hegységi (Zelenka et al. 2012) nyírségi forrásadatok összegyűjtése (Kiss et al. 2019) és némi módszertani tapasztalat megszerzése után már kiterjeszthetjük az eddig két-dimenziós eljárást a különböző mélységszinteken meglévő térképi adatrendszerek segítségével háromdimenziósra, abban a reményben, hogy a megismert szelvény menti 2D szerkezetek térbeli képét is megkaphatjuk.

**1. táblázat** Spektrálanalízis és mélységbecslés eredményei a Nyírségben. Domináns spektrális mélység – az a mélység, ahol legerősebb anomális mágneses hatás van, avagy a szűrő átviteli függvényének maximum helyei; mélységköz (ugrás) – a spektrális mélységek közötti távolság; mélységtartomány – a mélység azon része, ahol az adott átviteli függvény dominál; értelmezés – egyszerűsített földtani magyarázat

**Table 1** Functional relationships determined from the po Results of spectral analysis and depth estimation in Nyírség. Dominant spectral depth – the depth at which there is the strongest anomalous magnetic effect, or the maximum locations of the filter transmission functions; depth interval (jump) – the distance between the spectral depths; depth range – the part of the depth where the given filter transmission function dominates; interpretation – simplified geological explanation

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)
	27 700	17 500	>15 500	Moho-szint (?)

\*NA = nincs adat; not available

Szemléltetésképpen ez a művelet arról szól, hogy egy szeizmikus szelvényen megjelenő szerkezetet, amely a relatív sűrűségmélység-szelvényen is azonosítható, a térbeli háromdimenziós térrács segítségével más irányokból térbelileg is leképezzük. – Hogyan néz ki, illetve beazonosítható-e? Mi látszik belőle azokon a helyeken, ahol nincs szeizmikus mérés? – A kétdimenziós ismereteket a térrács segítségével kiterjesztjük a 3D-s térbe.

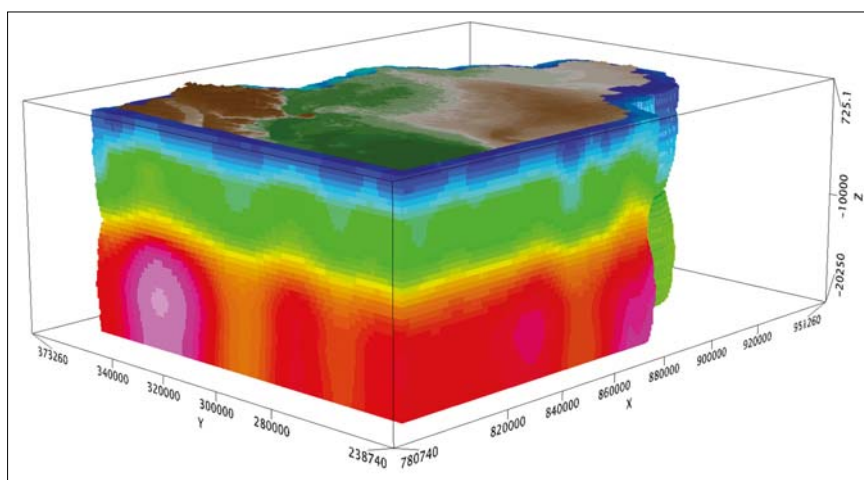
A spektrálanalízissal leválogatott különböző mélységek szűrt anomáliatérképeit 0 és 1 értékek közé normáltuk, majd pontonként hozzárendeltük a (szűrt térkép spektrális) mélységet. A szűrt, normált Bouguer-anomália-értékeket az átlagos tömörödési trend alapján az adott spektrális mélységhez tartozó várható sűrűségértékkel megnöveltük.

A mágneses adatok esetében nem a szűrt  $\Delta T$  értékeket, hanem a  $\Delta T$  változékonysági paraméterét normáltuk és, ebben az esetben nincs mélységi trend. Az így előálló 4 paraméteres adatrendszer ( $x, y, z, \Delta g_{\text{szűrt, normált, korrigált}}$  illetve  $x, y, z, \Delta[\Delta T_{\text{szűrt}}]_{\text{normált}}$ ) interpoláltuk, előállítva a három-

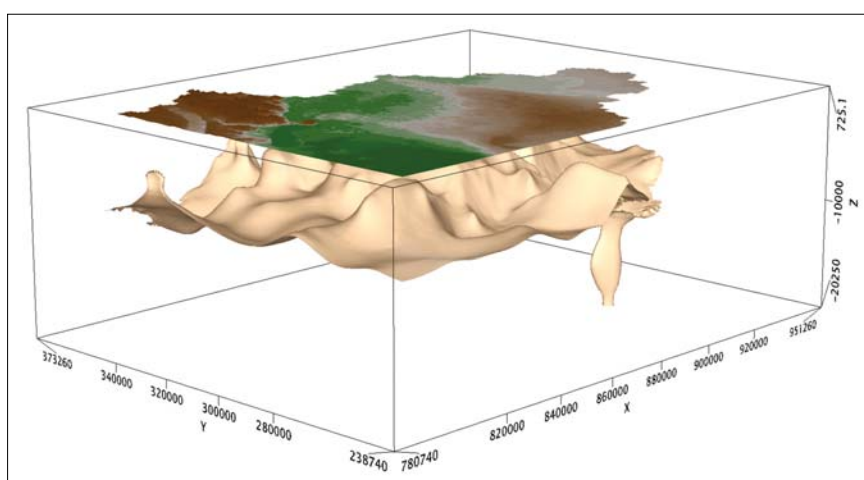
dimenziós relatív sűrűségi térrácsot (1. ábra) és a háromdimenziós relatív mágnesezettségi térrácsot (6. ábra).

Az alkalmazott Geosoft (Oasis Montaj) programrendszer lehetővé teszi a háromdimenziós adatok kezelését és megjelenítését. Az 1. ábra egy tömbben mutatja az eloszlást, ahol az oldalsó rácspontok (határfelületek) kifedik a belső, középső részek változékonyságát. A programrendszer megengedi a különböző szintek leválogatását, mind a négy ( $x, y, z$ , változó) paraméter alapján. Ebből talán a belső szerkezetek kimutatása miatt a legérdekesebb a változóként szereplő – relatív sűrűség ( $\sigma_r$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]) vagy relatív mágnesezettség ( $\varepsilon_r$  [ $\text{nT}/1,5 \text{ km}^2$ ]) – paraméter szerint végzett válogatás, azaz az azonos értékű felületek, határfelületek megjelenítése.

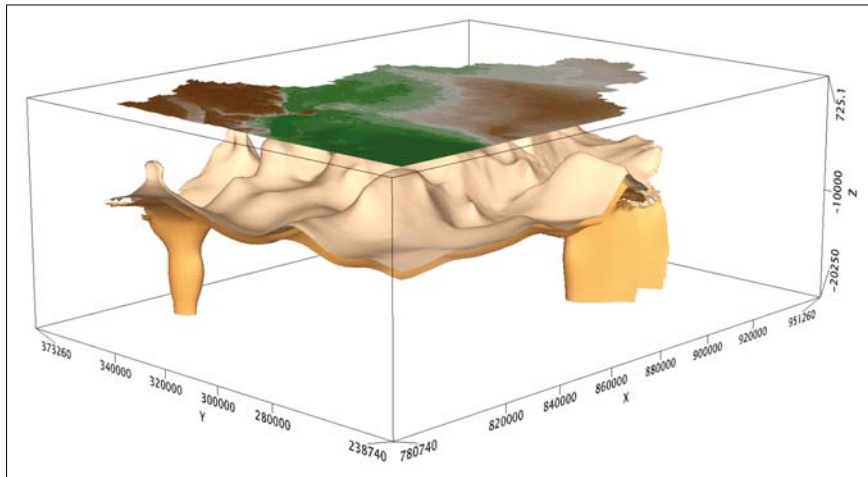
A 2. ábra a  $\sigma_r = 3,06$  relatív sűrűség határfelületet mutatja világosbarna színnel, amely felett a domborzat is megjelenik a szokásos színekkel. A felület egy függőleges csökkent sűrűségű zónát (kürtőformát) mutat a terület DK-i részén, Nagyecsed magasságában.



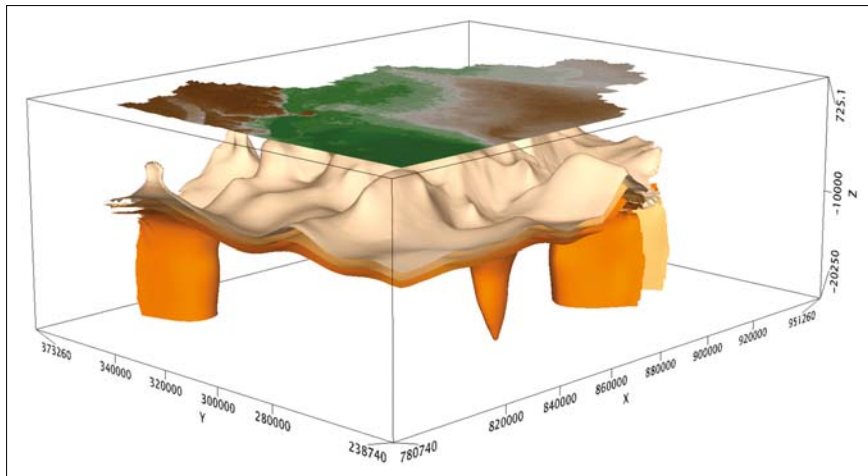
**1. ábra** | Háromdimenziós relatív sűrűségi térrács (voxel) a domborzattal DNY felől  
**Figure 1** | Three-dimensional relative density spatial grid (voxel) with relief from SW



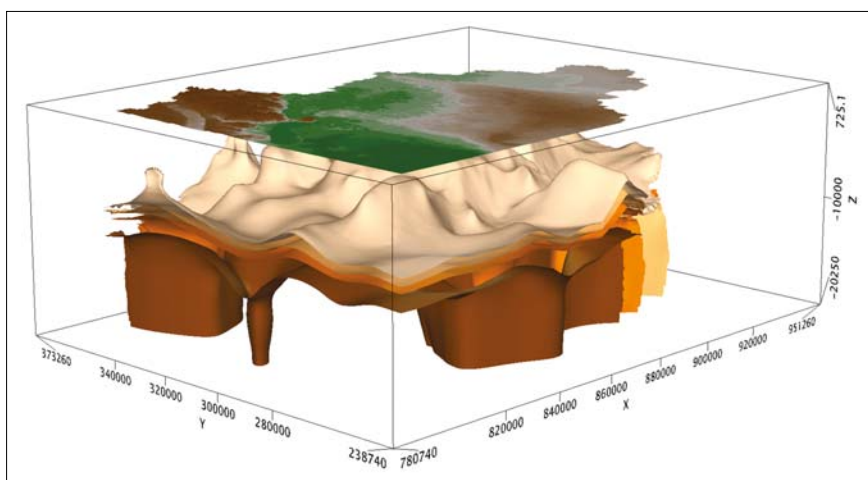
**2. ábra** | Relatív sűrűség-határfelület ( $\sigma_r = 3,06$ ) a domborzattal (megjelenik a nagyecsed-i kürtő)  
**Figure 2** | Relative density interface ( $\sigma_r = 3,06$ ) with the topography (the Nagyecsed pipe appears)



**3. ábra** | Relatív sűrűségi határfelület ( $\sigma_r = 3,06$  és  $\sigma_r = 3,12$ ) a domborzattal (megjelenik a telkibánya-gönci kürtő)  
**Figure 3** | Relative density interface ( $\sigma_r = 3,06$  and  $\sigma_r = 3,12$ ) with the topography (the Telkibánya-Gönc pipe appears)



**4. ábra** | Relatív sűrűségi határfelület ( $\sigma_r = 3,06$ ,  $\sigma_r = 3,12$  és  $\sigma_r = 3,19$ ) a domborzattal (megjelenik Nyíregyháza-S kaldera)  
**Figure 4** | Relative density boundary ( $\sigma_r = 3,06$ ,  $\sigma_r = 3,12$  and  $\sigma_r = 3,19$ ) with the topography (Nyíregyháza-S caldera appears)



**5. ábra** | Relatív sűrűségi határfelület ( $\sigma_r = 3,06$ ,  $\sigma_r = 3,12$ ,  $\sigma_r = 3,19$  és  $\sigma_r = 3,38$ ) a domborzattal (megjelenik a szerencsi kaldera)  
**Figure 5** | Relative density interface ( $\sigma_r = 3,06$ ,  $\sigma_r = 3,12$ ,  $\sigma_r = 3,19$  and  $\sigma_r = 3,38$ ) with the topography (the Szerencs caldera appears)

Nagyobb értékhatárnál is megvizsgálva a határfelületet, például a  $\sigma_r = 3,12$  relatív sűrűség-értéknél (3. ábra, sötétebb barna árnyalat), azt látjuk, hogy a nagyecsed-i minimumzóna kiszélesedik, de az előző szinthez hasonló verti-

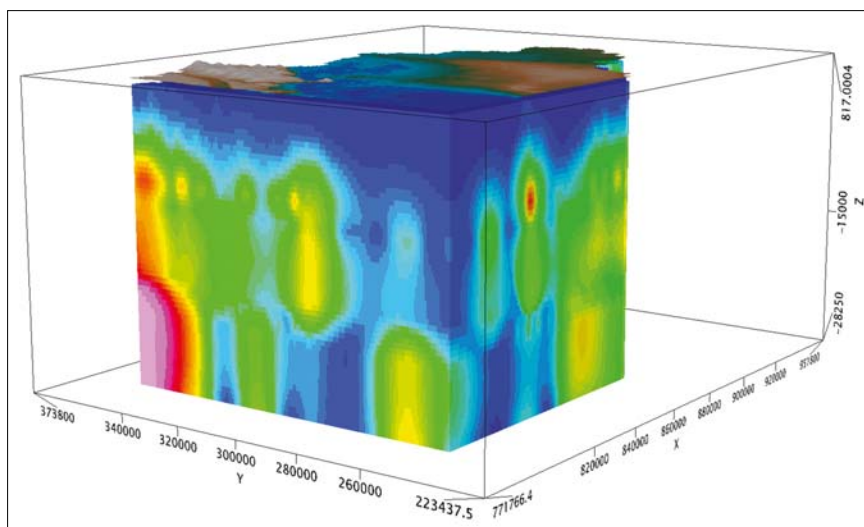
kális zóna (tölcsérszerű forma) megjelenik ÉNy-on Telki-bánya–Gönc térségében.

Még feljebb menve a relatív sűrűségértékekben, a  $\sigma_r = 3,19$  relatív sűrűségi határfelületnél megjelenik egy újabb függőleges tölcsérszerű forma Nyíregyháza-D környékén (4. ábra). A nagyecsed mellett ezt a sűrűség-minimumzónát (tölcsért) tartjuk felelősnek a nagy mennyiségű vulkáni (kora alsó-ottnangi–kárpati) tufáért, ami ÉK-Magyarországon szinte mindenütt megtalálható.

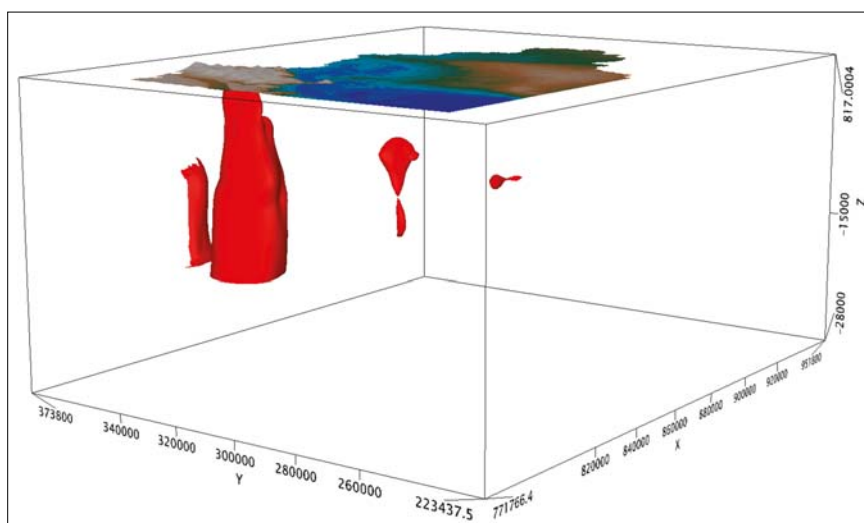
Érdeklődésünk azonban még itt sem lankadt, mert nem láttuk még megjelenni a mágneses térgradiens anomáliatérképe alapján a Tokaj-hegyalján már két évtizede kimutatott szerencsi kalderaszerkezetet. Ez a szerkezet is megjelenik, de csak a  $\sigma_r = 3,38$  relatív sűrűség-érték kiválasztásakor (5. ábra). Ez a határfelület a Nyíregyháza-D–Nagyecsed közötti különálló minimumzónákat már minimumsávvá köti össze.

A közel függőleges, oldalról záródó felületek a fentebb leírt esetekben mindenhol minimumzónákat írnak körül. A tölcsérszerű szerkezetek mélyen, 10 km-es mélységben rajzolódni ki a kristályos kőzetek tartományában. A relatív minimum az anyaghiányt vagy a szabad pórustér megjelenését jelenti a kristályos kőzetekben, így ezeket a formákat vulkáni destruktív (rombolás – azaz kitörés, kirobbanás, beszakadás – következményeként létrejött) formákhoz kapcsoljuk. A határfelületek alapján a maximumokat is vizsgálni kellene, de azok sokkal többen vannak, kevésbé karakterisztikusak, s ezért még pontosabb helyszínelést igényelnek. (Ilyen szempontból talán a mágneses adatoktól megbízhatóbb eredményt várhatunk, lásd később).

Mondhatnánk, hogy a minimumzónák (kürtők, tölcsérek, kalderák) kirajzolódása csak a véletlen műve, de a nagyecsed vulkánszerkezetet fúrással elérték. A nyíregyházi kaldera peremeit mint lokális gravitációs maximum



**6. ábra** | Háromdimenziós relatív mágneszettségi térrács (voxel) a domborzattal DNy felől  
**Figure 6** | Three-dimensional relative magnetization spatial grid (voxel) with relief from SW



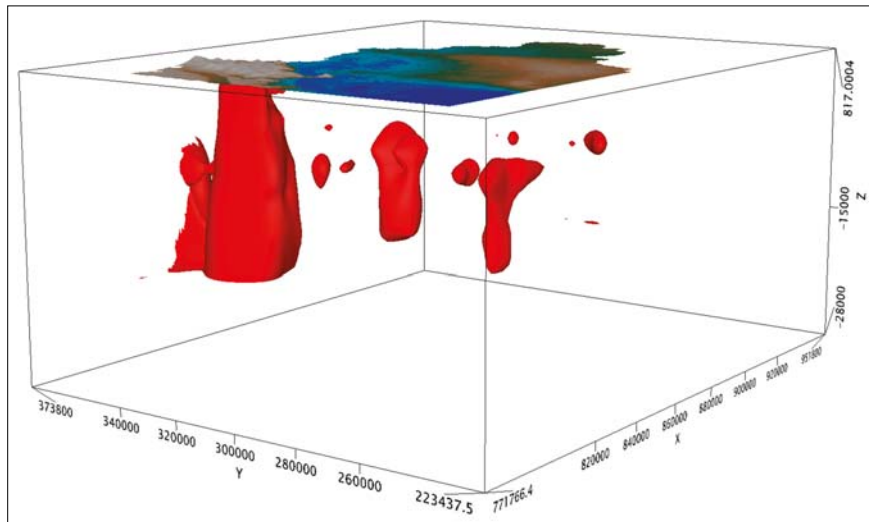
**7. ábra** | Relatív mágneszettségi határfelület ( $\epsilon_r = 0,15$ ) a domborzattal (Regéc [Erdőbénye] központ)  
**Figure 7** | Relative magnetization interface ( $\epsilon_r = 0,15$ ) with topography (Regéc [Erdőbénye] center)

mokat a MOL szintén megfúrta, mert antiklinális szerkezetet, kőolajcsapdát reméltek alatta, de a fúrások miocén vulkanitokban álltak meg (kalderaperem vagy parazita-kúpok?). A Telkibánya környéki kalderáról már több publikáció is született (Zelenka 2000, Kiss, Zelenka 2009, Zelenka et al. 2012). A szerencsi kalderaszerkezetet létét pedig a Tokaji-hegység paleovulkáni rekonstrukciójakor kimutattuk a geofizikai (légi mágneses) mérési adatok feldolgozásából valamikor 2000 környékén (Zelenka et al. 2012), amit a terepi tapasztalatok igazoltak is.

Ha már szóba került, nézzük meg, hogy mit mutatnak a mágneses adatok! Mivel a mágneses anomáliater változékonyságát használjuk, így itt a relatív mágnesezettségi érték ( $\epsilon_r$ ), amely ugyan kapcsolatban van a mágnesezettséggel ( $J$ ), mégsem magát a paramétert adja meg, hanem csak egy arányos mérőszámot. Ahol a mágneses tér erő-

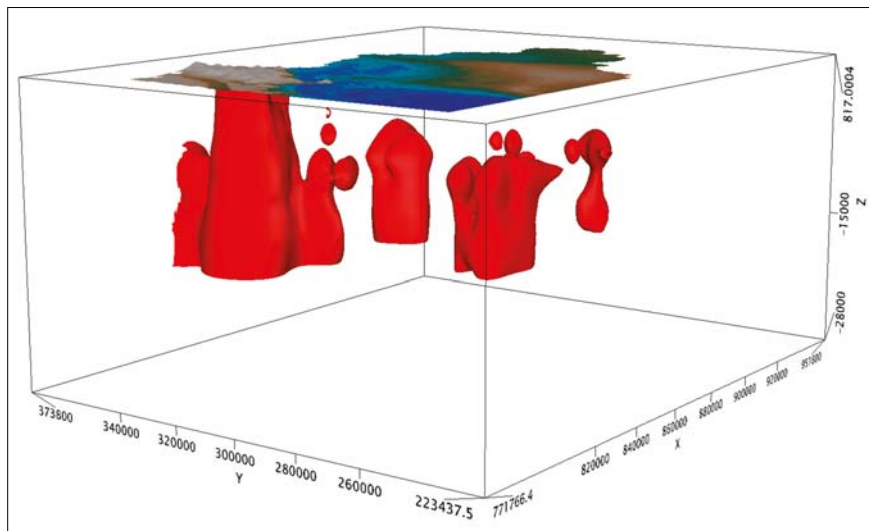
sen változik, ott eltérő formájú, mágnesezettségű földtani képződmények vannak jelen a mélyben.

A 6. ábra a relatív mágnesezettségi térrácsot (voxelt) mutatja, s már a tömbös megjelenítésből is látszik, hogy itt is érdekes mélybeli paraméterváltozásokat lehet majd azonosítani. A mágneses adatok esetében azonban nem a minimumokat, hanem a maximumokat fogjuk vizsgálni, mert alapvetően nem a savanyú, hanem inkább a bázisabb (mágneses) magmás kőzetek kimutatására látunk több lehetőséget. Értelemszerűen a nem mágneses kőzeteket nem lehet a mágnesezettség alapján vizsgálni. Ebből a megközelítésből az következik, hogy itt valószínűleg a konstruktív, épített formák – vulkáni kúpok, dómok, intrúzív testek, szubvulkánok, lávapedok – megjelenésére számíthatunk.



8. ábra | Relatív mágnesezettségi határfelület ( $\epsilon_r = 0,1$ ) a domborzattal (Regéc, Kisvárd, Nyíregyháza-D központok)

Figure 8 | Relative magnetization interface ( $\epsilon_r = 0,1$ ) with the topography (Regéc, Kisvárd, Nyíregyháza-D centers)



9. ábra | Relatív mágnesezettségi határfelület ( $\epsilon_r = 0,075$ ) a domborzattal (Regéc, Kisvárd, Nyíregyháza-D, Nagyecsed központok)

Figure 9 | Relative magnetization interface ( $\epsilon_r = 0,075$ ) with the topography (Regéc, Kisvárd, Nyíregyháza-D, Nagyecsed centres)

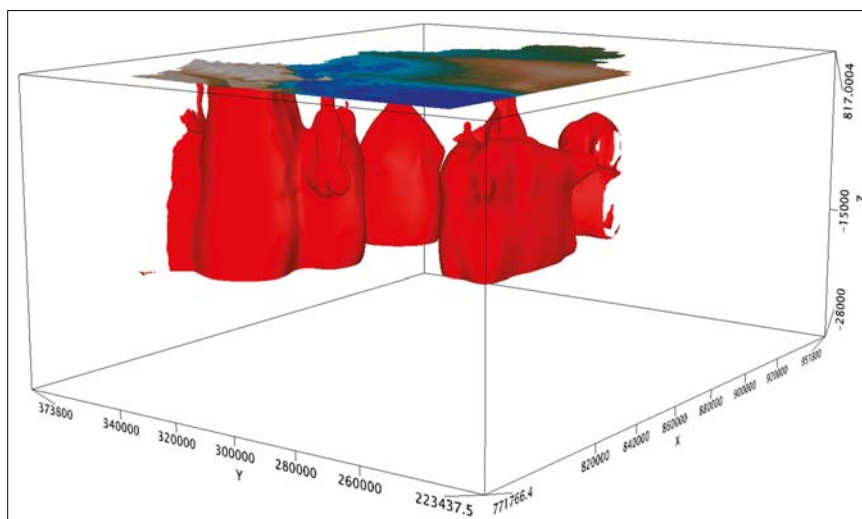
A mágneses adatok esetén a sűrűbb légi geofizikai méréseket (mintavételi távolság: 30–250 m) és a ritkább földi méréseket (mintavételi távolság: 1500 m) is felhasználtuk.

A földi mérések csak egy durvább térrács (finom részletek nélkül) kialakítását tették lehetővé, ezek a mélybeli hatókat képezik le. Lássunk néhány példát erre!

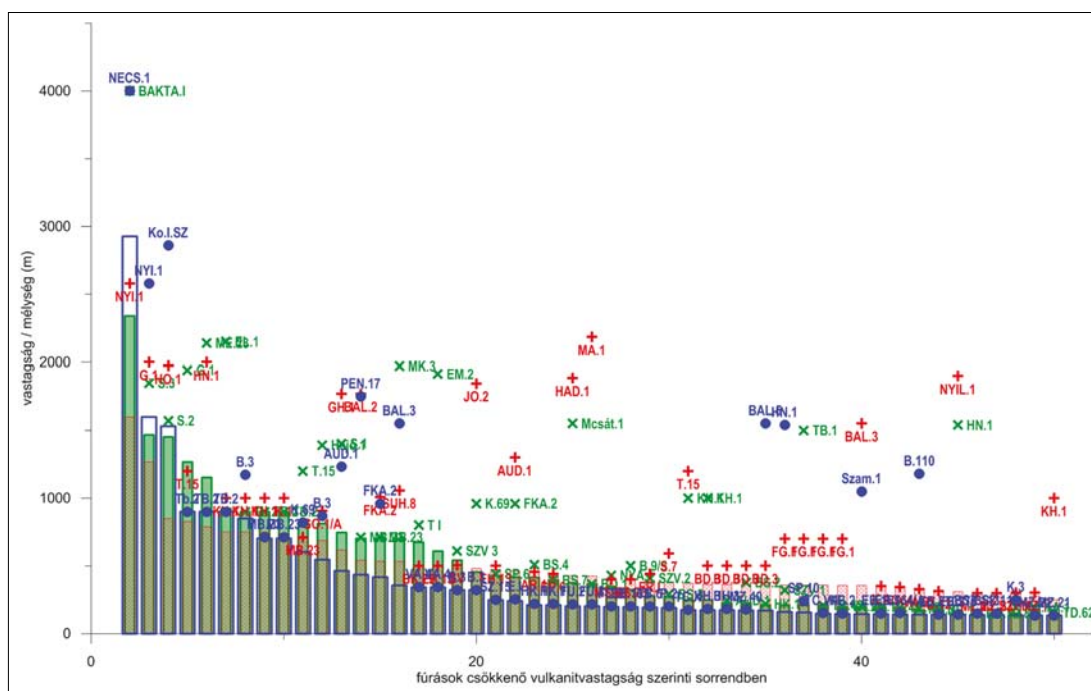
A relatív mágnesezettségi térrácsból először az  $\epsilon_r = 0,15$  értékű szintet válogattuk le (7. ábra) – ez a határérték a 0–1 skálán kicsinek tűnik. Ne felejtjük el, hogy a To-

kaji-hegységet már a felszíntől intermedier vulkanitok jellemzik – amelyek a normált értékek maximumaként jelennek meg – amelyeket a felszínről is ismerünk. Ez a határfelület mutatja a regéci (erdőbényei) kitörési központot, de megjelennek mellette Kisvárdától, és Nyíregyháza-D területén lokális jellegű mágneses maximumok.

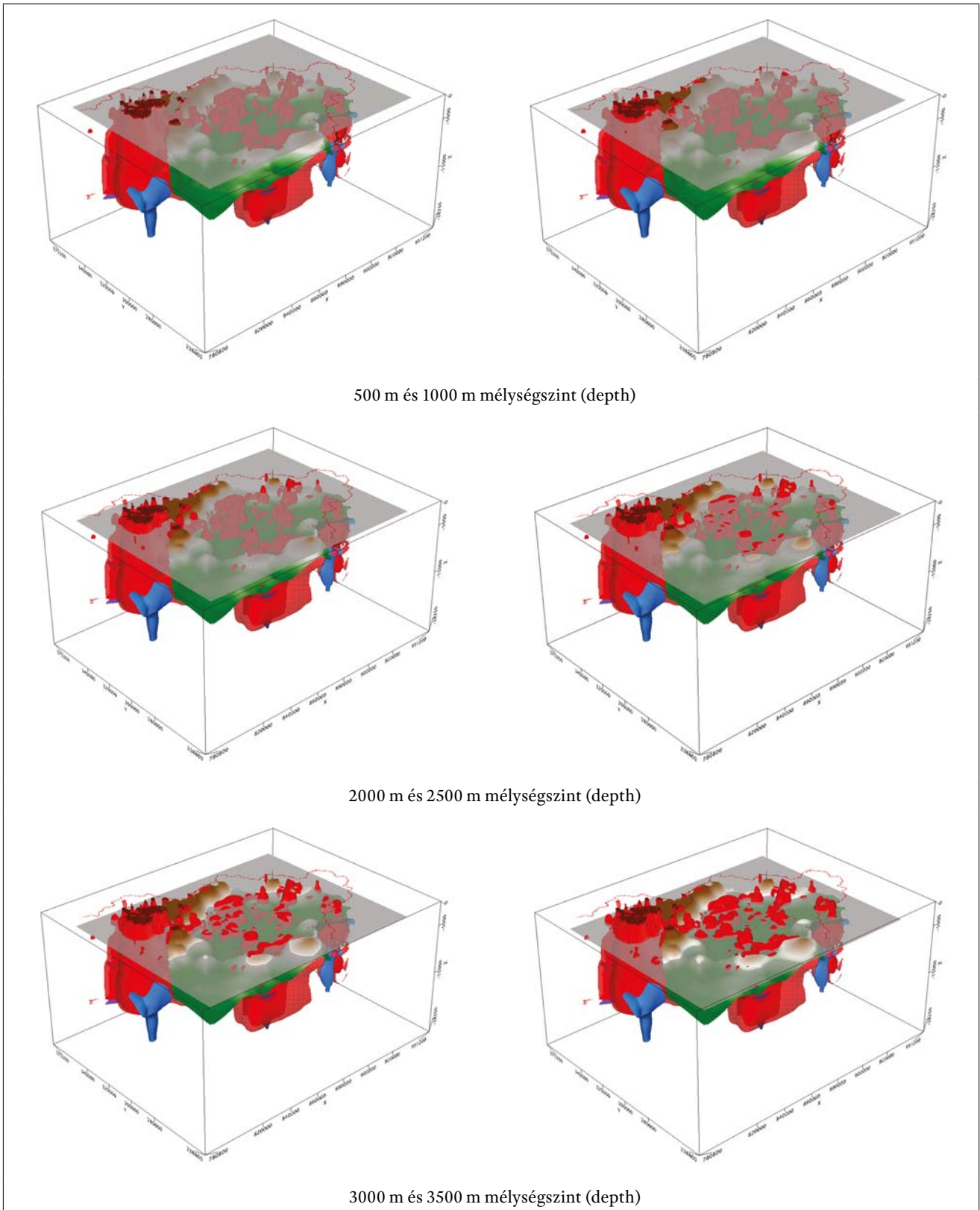
A korábban lokálisnak tűnő testek a következő  $\epsilon_r = 0,1$  határérték esetében (8. ábra) már függőleges zónaként jelentkeznek. Ez a forma már magmacsatornára emlé-



10. ábra | Relatív mágnesezettségi határfelület ( $\epsilon_r = 0,045$ ) a domborzattal (Regéc, Kisvárdától, Nyíregyháza-D, Nagyecséd központok)  
Figure 10 | Relative magnetization interface ( $\epsilon_r = 0,045$ ) with the topography (Regéc, Kisvárdától, Nyíregyháza-D, Nagyecséd centres)

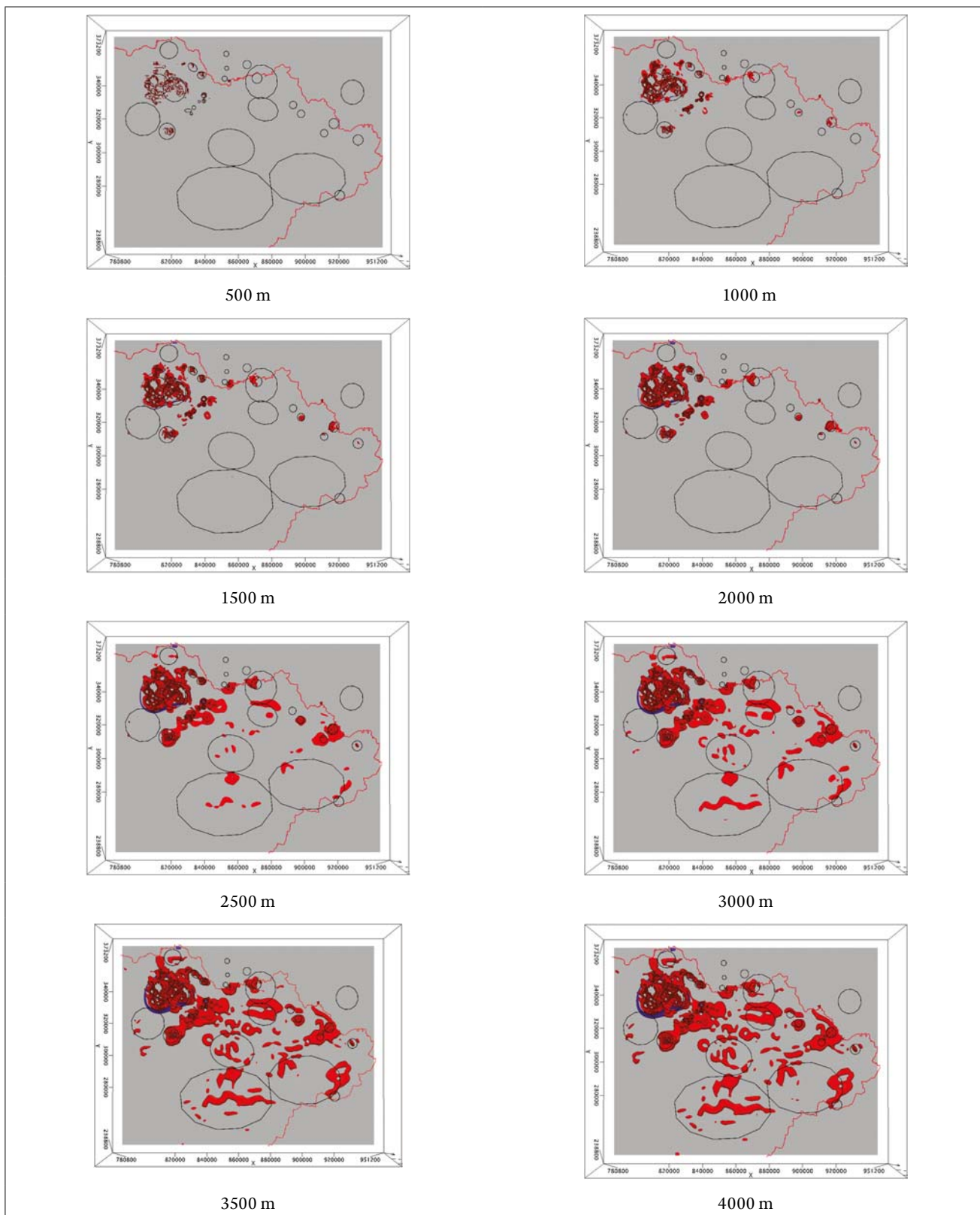


11. ábra | A vulkanitok vastagsága a fúrásokban (oszlopdiaagram) és a vulkáni összletek mélyégi helyzete fúrásnévvel (elért talpmélység pontszimbólumokkal) (kék – andezit, zöld – dácit, piros – riolit)  
Figure 11 | Thickness of volcanics in boreholes (by bar graph) and depth position of volcanic rocks (drilling bottom depth by point symbols) (blue – andesite, green – dacite, red – rhyolite)



**12. ábra** A térbeli mágnezettség paraméter légi adatokból (piros színnel,  $\epsilon_r > 0,015$  határérték szint), valamint a földi ( $\epsilon_r > 0,045$  határérték szint) mélységszintekkel (szürke síkfelületek az 500, 1000, 2000, 2500, 3000 és 3500 m mélységben), a szeizmikus prekainozoos medencealjzat szint (zöld-fehér-barna színskála mellett), valamint a kürtő és kaldera csatornák (kék színnel)

**Figure 12** The spatial magnetization parameter is derived from airborne data (red,  $\epsilon_r > 0.015$  limit level) and from ground measurements ( $\epsilon_r > 0.045$  limit level), base depth levels (grey planes at depths of 500, 1000, 2000, 2500, 3000 and 3500 m), seismic PreCenozoic basin level (green-white-brown colour scale) and pipe forms from gravity (blue)



**13. ábra** Háromdimenziós térmodell 500–4000 m közötti mélységmetszetei felülről nézve. Piros poligon – felszínközeli mágneses hatók a légi mérések alapján, lila poligonok – mélybeli mágneses hatók a földi mérések alapján, körök, ellipszisek – a geofizika alapján korábban feltételezett magmatitok helyei

**Figure 13** Depth sections of a three-dimensional space model between 500 and 4000 m seen from above. Red polygon – near-surface magnetic effects based on airborne measurements, purple polygons – deep magnetic effects based on ground measurements, circles, ellipses – locations of previously assumed igneous rocks based on geophysics

keztet a formája alapján. A testeket alulról limitáltuk, 10 km környékén, addig hihetőek az adatok, mert 13–18 km mélység már a Curie-hőmérséklet mélységtartománya (Kis et al. 1999, Kiss et al. 2005), ahol megszűnik a kéregbeli kőzetek mágnesezettsége.

Csökkenve a határértéket ( $\varepsilon_r = 0,075$ ), a zónák kivasztagodnak, kezd megjelenni a Bodrogi köz vulkáni alépítménye és a tiszaszalkai eltemetett vulkán (9. ábra), amelyek a ( $\varepsilon_r = 0,045$ ) határértéknél még határozottabban látszanak (10. ábra). Ennél kisebb  $\varepsilon_r$  határértéknél már egy szinte összefüggő tömböt látunk a Nyírségben.

Azt nem tudjuk megmondani, hogy mely határértéknél kezdődnek az összefüggő lávaképződmények (tufa-láva átmenet határa), ehhez nincs elegendő információnk. Nehezíti a kérdés megválaszolását egyrészt, hogy relatív értékekkel dolgozunk, másrészt, hogy a földi mágneses felmérés viszonylag ritka adatrendszere miatt (1500 m-es mintázás a meghatározó) a részletek nem látszanak, harmadrészt kevés fúrás van a területen az adott mélység összehasonlító elemzéséhez. Csak néhány vulkanitos fúrás érte el azt a mélységet, amelyből a mágneses adatok határértékeit a fúrási adatok alapján korrelálni lehetne, mindössze 3-4 db ilyen mélyfúrás (Necs.1, Nyi.1, Bakta.1, Ko.I.SZ.) adatunk van (11. ábra).

A légi mágneses adatok felbontása egy nagyságrenddel jobb, tehát várhatóan további földtani részletek is kiderülhetnek a sekélymélységű bázisos vulkáni képződmények helyzetéről, az ezekből készített mágnesezettségi térrács alapján.

A 12. és 13. ábra képsorozata ezt mutatja be. Az ábrákon különböző vízszintes síkokat alkalmaztunk a térrácsból nyert mágnesezettségi szintek mélységi helyzetének és elterjedésének a bemutatására.

Az 500 m-es mélység felett csak a Tokaji-hegységi és a bodrogi köz intermedier-bázisos vulkanitok azonosíthatók (12. ábra). 1000 m-es mélységben Barabás, Gelénes, Beregsurány környékén jelennek meg a vulkanitokra, magmás testekre utaló mágneses hatók (12. ábra). Ezen a szinten Bodrogi köz É-i részén a nagy sebességű (valószínűleg medencealjzat) képződményeket is elérjük (barna színnel jelentkeznek).

A kristályos medencealjzat legvalószínűbb helyzetét (időhorizontját) a szeizmikus reflexiós szelvények „average energy” (átlagenergia = az összletekre jellemző, a reflexiós képben megjelenő különbségek átlaga) attribútuma alapján Lőrincz Katalin határozta meg. Az időtérképet a korábban Zilahi-Sebess László által meghatározott, idő-mélység összefüggés (Kiss et al. 2019) alapján számítottuk át mélységre. A prekainozoos medencealjzatot fúrással csak a Nyírség peremi részein érték el (Komoró és Penészlek). A földtani felépítés alapján a medencealjzat felszínét mezozoos üledékek, paleozoos metamorfitek és miocén vagy annál idősebb magmás képződmények alkotják.

2000 m-es mélységben már Nyíregyháza-É környékén is találunk lokális hatókat (12. ábra). A nagy sebességű képződmények az egész Bodrogi közben ezen a szinten

már azonosíthatóak. 2500 m-es mélység már általános vulkanitelterjedést mutat (12. ábra). Megjelennek a mágneses tengelyvonalak (Kiss 2021b), mint például Kisvárdá-Barabás vonal, Hajdúdorog-Tarpa vonal és az Újfehértó-Nagykálló-Nyírbátor-Szatmárnémeti-Nagybánya, illetve összefüggően anomális területek is, mint a Sátoraljaújhely-Nyíregyháza közötti É-D-i kiterjedésű „vulkánmező”, amely a szűrt térképeken is jól azonosítható, valamint Fehérgyarmattól K-re található mágneses területrés. 3000–3500 m mélységben a kép számottevően nem változik, a maximum anomáliák vastagodnak a mélység növekedésével (12. ábra).

A 13. és 14. ábra felülnézetben mutatja a voxelből kinyert különböző sűrűségi és mágnesezettségi határfelületeket, kezdetben 500 m, majd 1000 m-es lépésben haladva a felszíntől lefelé.

A destruktív vulkánmorfológiai elemeket (kürtöket és kalderákat) a kristályos környezetben sikerült kimutatni csökkent sűrűségük alapján viszonylag nagy, ~10 km körüli mélységben. Kisebb mélységekben már csak a nagyobb ovális vagy izometrikus minimumzónák látszanának, amit elsőre nem feltétlenül kapcsolnánk magmás (vulkáni) tevékenységhez.

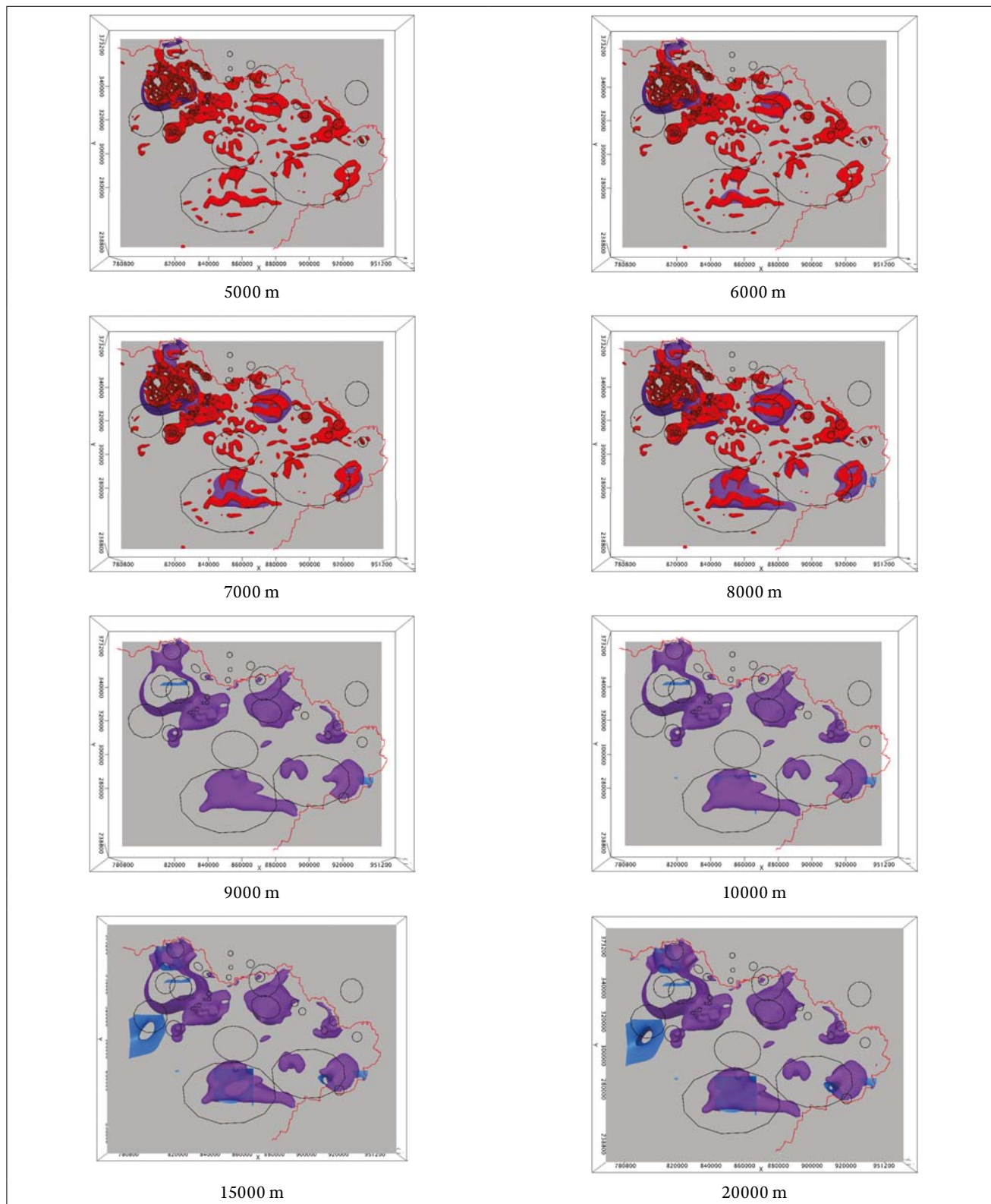
A konstruktív mélybeli morfológiai elemeket (vulkáni kúpokat, szubvulkánokat, feltételezett magmacsatornákat) a mágneses maximumok alapján tudunk azonosítani már a felszíntől a Tokaji-hegységben. A Nyírségben a nagy, tömbös megjelenés kb. 4000–5000 m-es mélységtől (15. ábra), kisebb méretű lokális megjelenés 2000–2500 m-től várhatóan van jelen (12–16. ábra).

A 2000–2500 m mélységben, a kainozoos fedőben megjelenő vulkanitok valaha felszínre ömlött lávaképződmények lehetnek (16. ábra). Ez azt jelenti, hogy a Tokaji-hegység és a Nyírség paleofelszíne között mára már 2000–2500 m szintkülönbség van. A lávaképződmények (felszíni és mélyfúrásbeli) pontos koradatai alapján elvileg az is meghatározható lenne, hogy a nyírségi terület süllyedése mennyi idő alatt következett be.

Az már egy másik érdekes kérdés, hogy a süllyedésért mi a felelős, geodinamikai folyamatok (szubdukció, hegységképződés), magmakamrák termális kihűléséből származó süllyedés vagy esetleg a medenceterület izosztikus kiegyenlítődési folyamatai?

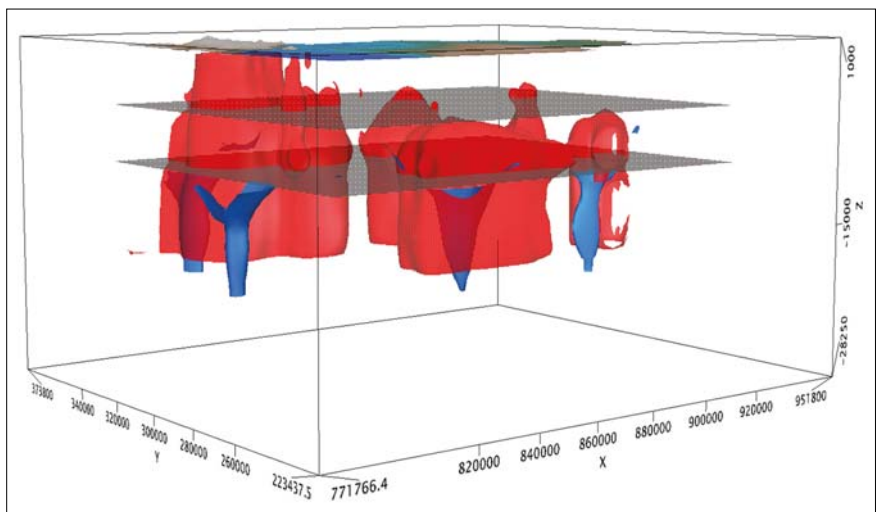
A 17. ábra piros színű mágneses maximumai intermedier vulkáni kúpokat, szubvulkáni testet jelölnek, a kék poligonrajzolatok robbanásos, vagy beszakadásos eredetű kiterjesztési központokat, kürtőt és kalderákat, míg a korábban feltételezett gyűrűs szerkezeteket számmal és fekete poligonkontúrral jelöltünk.

Destruktív vulkánmorfológia esetében nagyon vastag vulkáni törmelékes összlet várható, mivel a kirobbant/beszakadt negatív domborzati elemet a visszahulló tufa, agglomerátum és piroklasztit tölthette fel. A konstruktív vulkánmorfológia esetében viszont a lávaképződmények kiemelt helyzetben lehetnek és felettük vagy nincs, vagy jóval kevesebb a vulkántörmelék.



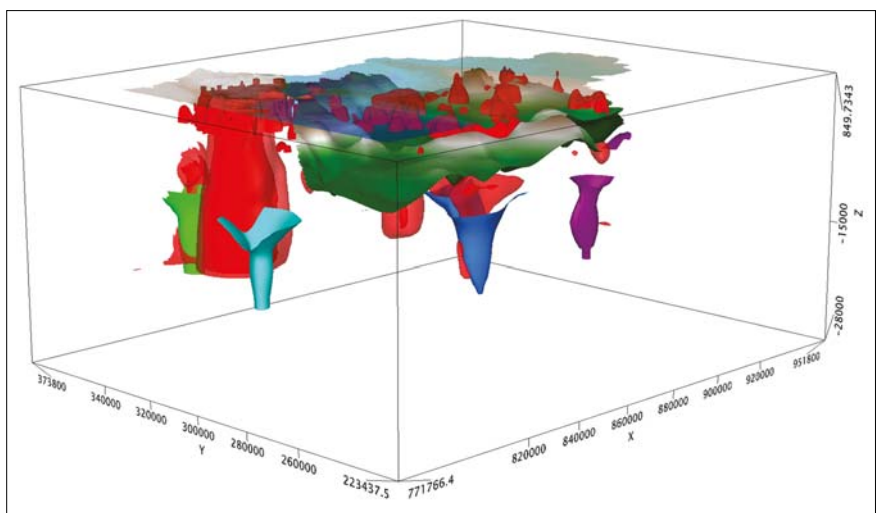
**14. ábra** Háromdimenziós térmodell 5000–20000 m közötti mélységmetszetei felülről nézve. Piros poligon – felszínközeli mágneses hatók a légi mérések alapján, lila poligonok – mélybeli mágneses hatók a földi mérések alapján, kék poligonok – vertikális, kiértószerű relatív sűrűség minimumzónák, körök, ellipszisek – a geofizika alapján korábban feltételezett magmatitok helyei

**Figure 13** Depth sections of the three-dimensional space model between 5000 and 20000 m seen from above. Red polygon – near-surface magnetic effects based on aerial measurements, purple polygons – vertical, chimney-like relative density minimum zones, circles, ellipses – locations of previously assumed igneous rocks based on geophysics



**15. ábra** Gravitációs minimumok (kék testek) anyagihiányt, destruktív vulkánformákat, azaz kirobbanó anyagot jelezhet, a mágneses maximumok (piros testek) konstruktív vulkánformákat, vulkáni kúpokat, intrúziókat jelezhetnek. Kiegészítő szintek: felszíni domborzat, valamint 5 km-es és 10 km-es mélységszintek szürke színnel

**Figure 15** Gravity minima (blue bodies) may indicate lack of material, destructive volcanic forms, i.e. explosive material, magnetic maxima (red bodies) may indicate constructive volcanic forms, volcanic cones, intrusions. Additional levels: surface topography and depth levels of 5 km and 10 km by grey colour



**16. ábra** Fontosabb vulkánmorfológiához kapcsolható térbeli testek a szeizmikus nagy sebességű medencealjzat szinttel (zöld-barna színnel) és átlátszó felszíni domborzattal. Savanyú vulkanitok kürtő–kaldera formák: zöld – Telkibánya–Gönc, világoskék – Szerencs, sötétkék – Nyíregyháza-D, lila – Nagyecsed. Bázisosabb vulkanitok kiterjesztési központjai (intrúziók, szubvulkánok, vulkánok) piros színnel, az ábrán balról jobbra, Telkibánya, Regéc–Erdőbénye, Kisvárdá és Nyíregyháza-D

**Figure 16** Spatial bodies associated with major volcanic morphology (minimum gravity zones – pipes, calderas and maximum magnetic zones – intrusions, subvolcanic bodies and domes) with seismic high-velocity basin level (green-brown) and transparent surface topography

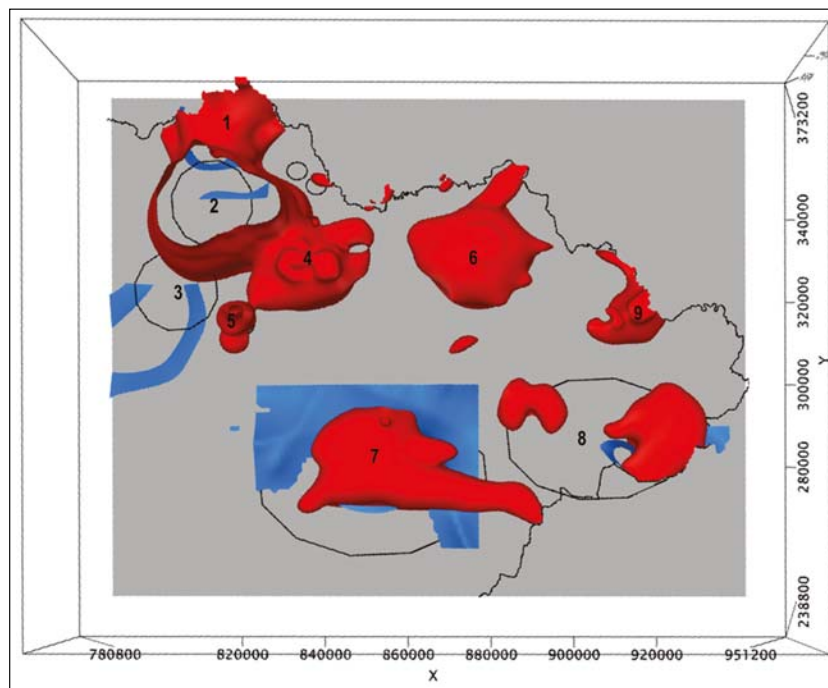
A destruktív vulkánformák, amelyeket a gravitációs minimumok alapján mutattunk ki 10 km körüli mélységtől azonosíthatunk (e szint felett az anomáliák kiszélesednek és a környezettel szembeni sűrűségkontraszt is egyre kisebb, ezért nehezen vagy egyáltalán nem különíthető el a környezettől), egy ív mentén jelentkeznek (18. ábra, balra). A konstruktív formákat az ívtől K–ÉK-re találjuk, az ív és az országhatár között (18. ábra, jobbra).

Nem zárható ki persze a tektonikai kapcsolat sem, mivel a telkibánya–gönci és szerencsi kaldera a Hernád-vonal mentén található, a nyíregyházi és nagyecsed-i pedig a Közép-magyarországi Zóna mentén (19. ábra).

Korábbi cikkünkben (Kiss 2021b) az eltemetett vulkano-tektonikai vonalakkal (hasadékvulkánok) is foglalkoztunk regionális szinten. Ez a kapcsolatrendszer csak a határon túli, sűrűbb forrásadatok felhasználásával lehetne megismerni részletesebben.

## Összefoglalás

A Nyírség területén rengeteg geofizikai mérés történt a földtani felépítés megismerése és kutató fúrások telepítése céljából. Ennek ellenére földtani ismereteink tulajdonképpen csak a miocén összeletéig, a miocén vulkanitok

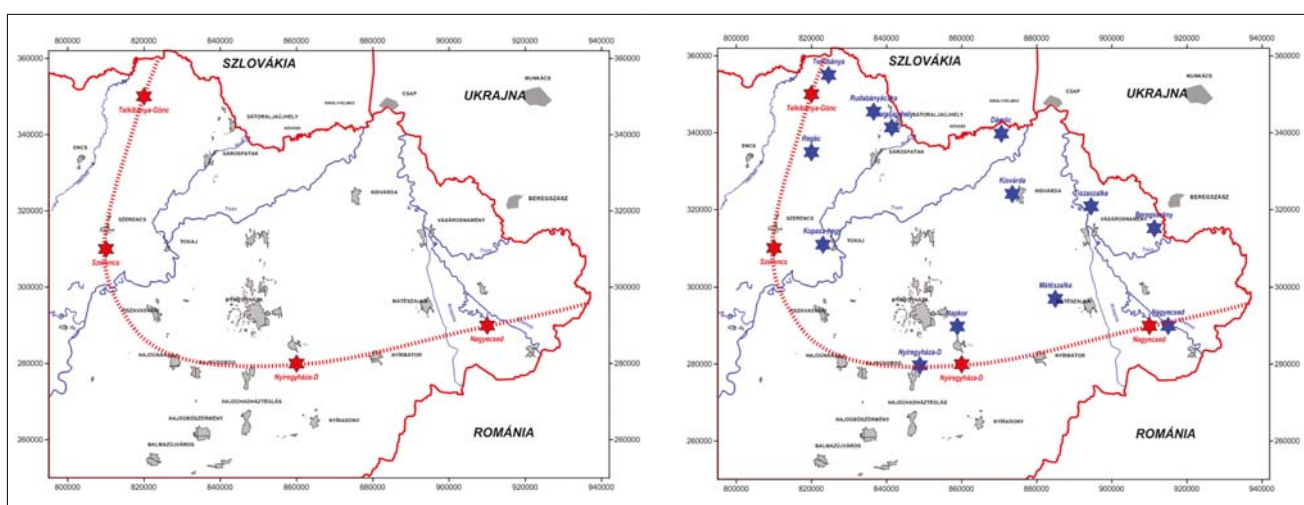


**17. ábra** A 12500 m-es mélységszinten (szürke színnel) a korábban feltételezett gyűrűs szerkezetekkel (számmal, fekete poligonkontúrral) és a gravitációs minimumzónákkal (kék színnel) és mágneses maximumpoligonokkal (piros színnel). 1 – telkibányai kaldera, 2 – regéci központ, 3 – szerencsi kaldera, 4 – Bodrogek hasadékvolkán, 5 – tokaji Kopasz-hegy, 6 – kisvárdai központ, 7 – Nyíregyháza-D kaldera, 8 – nagyecsed kaldera, 9 – beregsurányi központ. A piros színű mágneses maximumok intermedier vulkáni kúpot, szubvulkáni testet jelölnek, a kék poligonrajzolatok robbanásos, vagy beszakadásos eredetű kitérés központokat, kürtőt és kalderákat

**Figure 17** Previously assumed ring structures (grey) at a depth of 12500 m with (number, black polygon contour) and minimum gravity zones (blue) and magnetic maximum polygons (red). 1 – Telkibánya caldera, 2 – Regéc center, 3 – Szerencs caldera, 4 – Bodrogek fissure volcano, 5 – Tokaj Kopasz-hegy, 6 – Kisvárdai center, 7 – Nyíregyháza-D caldera, 8 – Nagyecsed caldera, 9 – Beregsurány center. The red coloured magnetic maxima denote intermediate volcanic cones, subvolcanic bodies, blue polygon drawings indicate eruption centres, chimneys, and caldera of explosive or ruptured origin

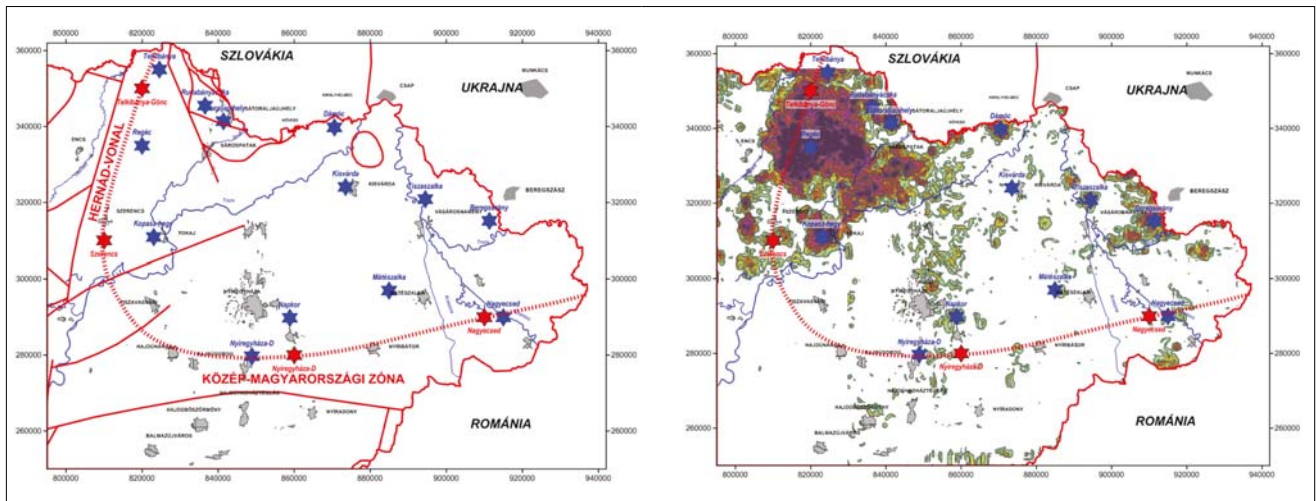
sztinjéig terjednek. A vulkáni összletek elérése a fúrás során, annak leállítását eredményezte és a geofizikai (első-sorban, szeizmikus és elektromágneses) adatok értelmezésének is egyfajta határt szabtak.

A potenciáltér elméletből kiindulva és módszertani vizsgálatokkal megtámogatva a mágneses és gravitációs mérési adatok (leggyorsabb és legrégebb óta használt



**18. ábra** Destruktív vulkánmorfológiai elemek központjai (piros csillagok, balra) egy ív mentén és az ív belsejében konstruktív vulkánmorfológiai elemek (kék csillagok, jobbra)

**Figure 18** Centres of destructive volcanic morphological elements (red stars, left panel) along an arc and inside the arc constructive volcanic morphological elements (blue stars, right panel)



19. ábra | Destruktív és konstruktív vulkánmorfológiai elemek kapcsolata az ismert tektonikával (Haas et al. 2010, balra) és a 400 m-es spektrális mélység mágneses anomália változékonysági térképével (jobbra)

Figure 19 | Relationship between destructive and constructive volcanic morphological elements with known tectonics (Haas et al. 2010, left panel) and the magnetic anomaly variability map of the 400 m spectral depth (right panel)

geofizikai módszerek) alapján úgy tűnik, hogy van továbblépési lehetőség:

### Az alkalmazott eljárás

1. A hullámhosszúság alapján leválogattuk a különböző mélységtartományok gravitációs és mágneses hatását, azaz adott mélységtartományok anomália térképeit.
2. A szűrt térképek értéktartományát normálva, kiejtettük az eltérő térfogatok ( $V$ ) hatását (mivel az adott térképen belül az állandónak tekinthető), így kiemelve a fizikai paraméterek ( $\sigma, J$ ) által okozott változásokat.
3. Speciális kiegészítő korrekciókat alkalmaztunk:
  - A szűrt mágneses anomália térképekből a mágneses változékonysági paraméter meghatározása a normálása előtt.
  - A szűrt gravitációs anomália térképek normálása után a mélységtrendből adódó sűrűsénövekedés hozzáadása.

### Az eredmény

1. Minden spektrális mélység esetén a minimum és a maximumérték alapján 0–1 értékek közé transzformálva a térképeket maximális fizikai paraméterérzékenységet kaptunk az adott spektrális mélységekben.
2. A különböző mélységszinteknek a relatív paraméterei segítségével mélységmetszeteket, háromdimenziós térbeli eloszlásokat készítettünk, amelyek megjelenítése nagymértékben segíti az eltemetett szerkezetek kimutatását.

### Továbblépés

Eredményeink közvetlen ellenőrzésére direkt módon ezekben a mélységekben nincs lehetőség. Néhány geofi-

zikai módszer adhat segítséget ahhoz, hogy közvetve megerősítsük a feltételezéseinket. Összeállítottunk egy táblázatot, ami a Tokaj–Nyírség területén található felszíni és eltemetett magmás és vulkáni képződmények azonosításának, kimutatásának lehetőségét mutatja (2. táblázat).

A tanulmány terjedelme miatt ennek a táblázatnak a részletezése egy következő cikkben lehetséges. A táblázatból látszik, hogy sokféle adat összevetésére és az objektumok pontos azonosítására, korrekt, de látványos megjelenítésére lesz ehhez szükségünk. A különböző módszerek alkalmazhatóságának azonban vannak korlátai:

**Szeizmika** – A szeizmikus CH-kutató szelvények behatolási mélysége csak a vulkáni képződmények legfelső szintjéről ad értelmezhető adatokat. A szeizmikus tomográfia kivétel, de a teljes területen mindössze 3 db ilyen kéregkutató szelvény van.

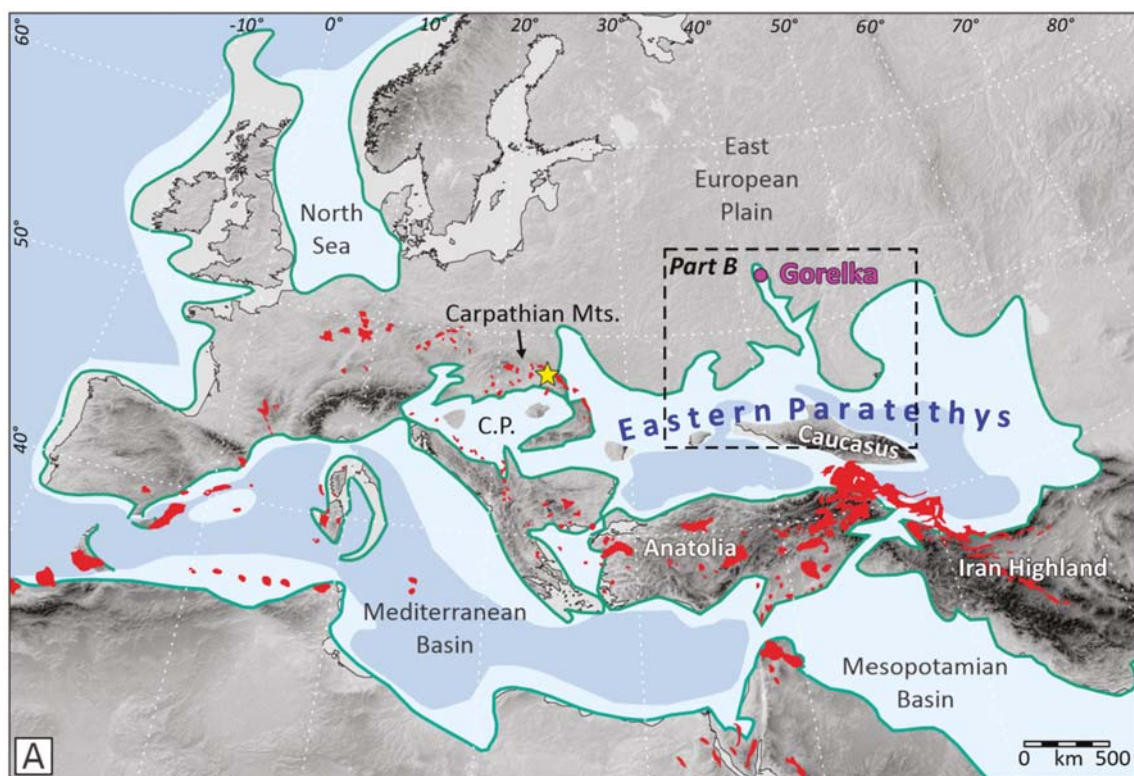
**Magnetotellurika** – Nagy mélységek kutatására alkalmas, de a szelvények csak ritka felméréssel állnak rendelkezésre, részletes elemzések vizsgálatok szükségesek, mert mágneses határfelületek jelenléte esetén durva torzulások lépnek fel, amelyek – csak a fajlagos ellenállás változásai alapján – nehezen ismerhetők fel, illetve nehezen értelmezhetők.

**Mélyfúrások** – mindösszesen 9 db 2000 m-nél nagyobb talpmélységű fúrás van a területen (Necs-1, Bakta-1, Kom-1, Nyi-1, G-1, Mk-3, Me-23, Ma-1, Hn-1), amelyek szintén csak a legfelső „takaró jellegű” vulkáni képződményeket érik el.

A potenciáltér-módszerek sajátosságait felhasználva nagy (~10 km-es) mélységekben megjelenő paraméterváltozásokat képesek vagyunk robusztusan bontani, elkülöníteni különböző hatásokat, anomális testeket, elsősorban a sajátos megjelenési formájuk alapján – ez természetesen, a háromdimenziós térben látszik legjobban. Tanulmányunk erre mutatott be példát.

2. táblázat | Vulkanomorfológiai elemek és azonosításuk a Nyírségben (NA = nincs adat)  
 Table 2 | Volcano-morphological elements and their identification in Nyírség (NA = not available)

Vulkanomorfológia	Település	Azonosítás				
		domborzat	szeizmika	mágnesség	magneto-tellurika	gravitáció
Konstruktív vulkánmorfológia (lokális vulkáni kúp)	<i>Napkor</i>	NEM	IGEN	IGEN	MAXIMUM	IGEN
	<i>Tiszaszalka</i>	NEM	IGEN	IGEN	NA	MAXIMUM
	<i>Telkibánya</i>	IGEN	NA	IGEN	NA	IGEN
	<i>Beregsurány, Tarpa</i>	NEM	IS	IGEN	NA	MAXIMUM
	<i>Sátoraljaiújhely</i>	IGEN	NA	IGEN	NA </td <td>IGEN</td>	IGEN
	<i>Kovácsvágás–Vágáshuta</i>	IGEN	NA	IGEN	NA	NEM
Konstruktív vulkánmorfológia (hasadékvulkánok, szubvulkánok, intrúziók, kúpok sorozata)	<i>Tokaj–Eperjes</i>	IGEN	NA	IGEN	NA	IGEN
	<i>Tokaj–Királyhelme</i>	IS	NA	IGEN	NA	IS
	<i>Kisvárd</i>	NEM	NA	IGEN	NA	IGEN
	<i>Hajdúdorog–Tarpa</i>	NEM	NA	IGEN	NA	IGEN
	<i>Nyírbátor–Nagybánya</i>	IS	NA	IGEN	NA	IS
Destruktív vulkánmorfológia (kaldera, kürtő, kráter)	<i>Regéc</i>	IGEN	NA	MAXIMUM	NA	IS
	<i>Szerencs</i>	IS	NA	MAX. GYŰRŰ	NA	MINIMUM
	<i>Telkibánya–Gönc</i>	NEM	NA	IS	NA	MINIMUM
	<i>Nyíregyháza</i>	NEM	IS	IS	MINIMUM	MINIMUM
	<i>Nagyecséd</i>	NEM	IS	IS	NA	MINIMUM



20. ábra | A Földközi-tenger és a Paratethys a középső szarmata idején, az ismert miocén vulkanizmusok területével és a Gorelka lelőhellyel (Danišík et al. 2021)  
 Figure 20 | The Mediterranean and Paratethys realms during middle Sarmatian times with miocen volcanic centres and the location of Gorelka (Danišík et al. 2021)

## Utószó

Ismertek olyan vulkáni hamurétegek („tefrák”), amelyek nagy területeken megtalálhatók és sztratigráfiai szintjelzőkként fontos információt szolgáltatnak egy adott terület földtörténeti múltjáról (például alsó, középső és felső riolituffaszint Magyarországon). A miocén korú Goralkai Tefra Formáció is egy ilyen szintjelző földtani képződmény, amely DNy-Oroszországban elterjedt, és a Don-folyó paleomedrében a felszínen (20. ábra), természetes feltárásban tanulmányozható. Ez a formáció tengeri képződmények között található, a K-i Paratethys tengeri transzgressziójának egyik szintjelző képződménye.

Danišik és szerzőtársai (2021) a formáció korát a környező paleobotanikai és sztratigráfiai vizsgálatok alapján középső szarmatának határozták meg. A K–Ar (*fission track*) eljárással a 19,9–23 Ma (alsó-miocén), az egyedi cirkon kristályokon elvégzett U–Pb és (U–Th)/He kor meghatározások alapján az összlet kora 11,7–11,5 Ma, ami megegyezik a paleobotanikai vizsgálatok eredményével.

A szerzők vizsgálták az ismert savanyú összetételű vulkánműködéseket, és ebben az időben a Kárpát-medencében voltak ilyen típusú vulkánkitörések (pl. Tokaji-hegység, Beregszász környéke, Kárpátalja). Danišik és szerzőtársai (2021) szerint a tefra anyagán és a Kárpát-medencei vulkáni hamukon elvégzett nyomelem vizsgálatok ugyanazt az eredményt adták, így a kor és az összetétel alapján is a Don-folyó paleomedrében tanulmányozott Goralka Tefra Formáció eredete Kárpátalja–nyírségi vulkánmező kitöréseivel kapcsolható (20. ábra). A becslések szerint 7,4 M erősségű vulkánkitörés anyaga a nyugati széljárásnak köszönhetően jutott el 1500 km távolságba, DNy-Oroszországba (Danišik et al. 2021), amit a Don mentén, geokronológiai és geokémiai vizsgálatok igazoltak.

A cikkben és a cikkből átvett helyszínrajzon (20. ábra) jelzett csillag – a goralkai vulkáni tefra kitörés központja – olyan területre mutat, amelyet részben a korábbi cikkben, mint kitörési kaldera azonosítottunk (Nyíregyháza-D, Nagyecsed vagy Beregszász-É kalderák, Kiss 2021b), részben a jelen tanulmány is bemutatja ezeket a kürtő vagy kaldera alakú relatív sűrűség minimumokat az országhatáron belül. A minimumok okai fellazulási zónák lehetnek, amit nagy erejű robbanásos kitörések okoztak. A hatalmas mennyiségű vulkáni hamu, tufa, agglomerátum és különböző méretű lávadarabok távozásával, illetve a visszahullott (kisebb sűrűségű) anyagbetemetődésével tömeghiány alakult ki, amit a gravitációs mérési adatok feldolgozásával (relatív térbeli sűrűségeloszlások vizsgálatával) a térben is láthatóvá tettünk.

## A tanulmány szerzője

Kiss János

## Jegyzet

<sup>1)</sup> Hasonló művelet a térképek színezése a minimum- és maximumértékek alapján.

## Hivatkozások

- Danišik M., Ponomareva V., Portnyagin M., Popov S., Zastrozhnov A., Kirkland C. L., Evans N. J., Konstantin E., Hauff F., Garbe-Schönberg D. (2021): Gigantic eruption of a Carpathian volcano marks the largest Miocene transgression of Eastern Paratethys. *Earth and Planetary Science Letters*, 563/116890. DOI: 10.1016/j.epsl.2021.116890
- Haas J., Budai T., Csontos L., Fodor L., Konrád Gy. (2010): Magyarország pre-kainozoos földtani térképe, 1:500 000. A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest.
- Kis K. I., Agocs W. B., Meyerhoff A. A. (1999): Magnetic sources from vertical magnetic anomalies. *Geophysical Transactions*, 42/3–4, 133–158.
- Kiss J. (2012): A Kárpát-Pannon Régió Bouguer-anomália-térképének frekvenciatartománybeli vizsgálata és értelmezése. *Magyar Geofizika*, 53/4, 236–257.
- Kiss J. (2013): Magyarországi geomágneses adatok és feldolgozások: spektrálanalízis és térképi feldolgozások. *Magyar Geofizika*, 54/2, 89–114.
- Kiss J. (2020): Mágneses spektrális szűrések utáni adatfeldolgozás és -értelmezés. *Magyar Geofizika*, 61/2, 75–89.
- Kiss J. (2021a): A szeizmikus litoszférakutató szelvények felhasználása a nyírségi kutatásokban. *Magyar Geofizika*, 62/2, 105–123.
- Kiss J. (2021b): Eltemetett vulkáni kitörési központ(ok) nyomában ÉK-Magyarországon. *Magyar Geofizika*, 62/3, 150–169.
- Kiss J., Szarka L., Práczser E. (2005): A Curie-hőmérsékleti fázisátalakulás geofizikai következményei. *Magyar Geofizika*, 46/3, 102–110.
- Kiss J., Vértesy L. (2020): A potenciáltér-anomáliák paraméterfüggősége és spektrális mélységmetszetek. *Magyar Geofizika*, 61/1, 8–18
- Kiss J., Vértesy L., Zilahi-Sebess L., Takács E., Gulyás Á. (2019): 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, Volume 78*.
- Zelenka T. (2000): A Tokaji-hegység vulkán szerkezeteinek távérzékeléses (űr- 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

# A Kínai–Magyar Geofizikai Expedíció kezdeti szakasza, 1956. július – 1956. december 31.

## *Szabó Zoltán levelei alapján\**

SZABÓ Z.

### III. rész: Thonshin – Wuchung<sup>1</sup>

Thonshin, 1956. október 24.

21. levél

...

Legutóbbi levelem óta két hurcolkodáson estem át és most egy nyamvadt petróleumlámpa mellett kuporgok, mert elrontották az acetilén lámpánkat. De kezdem sorjában. A csúsztatás alatt, múlt csütörtökön délután bent voltunk a városban almát, diót és datolyát vásárolni. Aznap volt Asztalos Dezső születésnapja, az eredmény az lett, hogy mindenkinek felforgatták a szobáját. Ebben az ügyben mi is alaposan ludasak voltunk és ezért este csak úgy mertünk lefeküdni, hogy belülről eltorlaszoltuk az ajtónkat. A többiek azzal álltak bosszút, hogy hatalmas ládákat cipeltek az ajtónk elé, hogy ne tudjuk kinyitni. Jó cirkusz volt!

Pénteken az irodában melegedtünk. Böngésztem a Széchenyi Béla féle expedíció jelentését. Nagyon érdekes dolgokat lehet benne találni. Van benne egy cikk a magyar nyelvrolonságról, mely szerint a magyar nyelv a tamillal rokon és az őshaza valahol az Indus környékén keresendő. Egy másik tanulmány a Sianban talált Nesztorianus féle emlékkövel foglalkozik. A követ 1625-ben két jezsuita páter, név szerint Trigault Miklós és Semedo Alvarez fedezte fel. A tábla szövegét nem tudták hűen lemásolni és ezért a másolatról több hiányos fordítás készült. A táblát ezután több mint 200 évig nem látta európai. Csak az 1860-as években látták újra. Közben a tábla környezetét a mohamedánok többször feldúlták, de a követ nem bántották. Az emléktáblát 781-ben állították és rajta összefoglalták a keresztény tanokat. 70 szerzetes és pap neve szerepel a feliraton. Kezdetben a táblát hamisítványnak vélték, hogy ezáltal a jezsuiták megkönnyítsék a térítés munkáját a keresztény ősökre való hivatkozással. A tábla felfedezésének körülményei azonban minden kétséget kizárnak az eredetiség felől.

Hétfőn reggel megint összecsomagoltam, most már minden holmimat, mert nem akarok már Kuyuanba visszatérni. A szokásos huzavona és várakozás után végre kijutottam Sanyinba. Most már teljesen összkomfortos a sátram, a kályha jól melegít, igaz, hogy reggelre alaposan lehűl. A fűtéshez használt szén kiváló minőségű, kb. 1,5 kg szénrel úgy befű-

\* A leveleket menyasszonyának, Kilényi Évának írta.

<sup>1</sup> Ha valaki meg akarja találni ezeket a helységneveket modern térképeken, a kínai hivatalos átírásnak megfelelő neveket fogja találni az általunk használt, angolos helyesírású, de a kiejtéshez közel álló nevek helyett. A szövegben leggyakrabban használt helységnevek: Thonshin → Tongxin, Wuzung → Wuzhong, Peking → Beijing, Kuyuan → Guyuan, Sian → Xi'an, Paotow → Baotou, Lanchou → Lanzhou.

töttem a sátrat, hogy még egy szál pizzamában is melegem lett.

Tábori kosztunk jó és bőséges, egyetlen hibája, hogy a tojás mellett a tyúk lett a másik fő étel és ezt a kettőt esszük felváltva. A tyúk itt nagyon olcsó, 50 fen darabja, és ha már az árnál tartok, egy tevéért 200 yuant kérnek.

A nyugalom nem tartott sokáig, mert szerdán, azaz ma átköltöztünk Thonshinba, Kuyuantól 124 km-re. Ez egy járási székhely, mohamedán lakossággal, ennek következtében disznóhúst nem szabad ennünk, mert nekik azt még csak látniuk sem szabad. Még füstölt birkahúst sem ehetünk, mert esetleg disznónak vélik. Az előljárárság épületeiben lakunk, én a statisztika feliratú szobát kaptam. Egyelőre magam la-



1. ábra. Thonshini látkép



2. ábra. Thonshini utcakép

kom benne, de pár nap múlva Jóska bácsi és Komáromy is ide költözik. Szurovy a város egy másik részében kapott szállást. Egyelőre csak mi tartózkodunk itt, mert a szeizikusokat sikerült megelőznünk. A munkánk most elég jól halad. Eredmény is mutatkozik, egy sódóm szerű minimum és egy maximum. Tegnap a vélt sódóm tetején állomásokat sűrítettem és aránylag elég nagy területen sós kivirágzást találtam elég vastagon. Megkóstoltam és a konyhasóra hasonlító íze volt.

A múltkor kint a terepen találtam egy elhagyottnak látszó épületet, bementem és kiderült, hogy egy szentély. Nyugodt szívvel kinyitottam az ajtaját és bementem. Bent csak egy sűrű márvány kőtáblát találtam, rajta valamilyen írással, a



3. ábra. Thonshini „hajléktalan” (?)

terem közepén különböző állatbőrök a földre terítve. A menyegzetről papírcsíkok lógtak le, azokon is valamilyen írás. Nyugodtan nézegettem, amikor az ajtóban megjelent a sofőr és ijedten mutogatott, hogy jöjjen ki. Kiderült, hogy egy mohamedán szentélybe jutottam, ahová csak igazhitű és az is csak mezítláb léphet be. Szerencse, hogy senki sem vett észre, mert biztos közbotrányt okoztam volna.

Gálfi visszajött Pekingből, a téli hazautazás most már végleges és a vámentesség is el van intézve. Valamelyik este Szurovy megkérdezte, hogy megnősülök-e, ha hazamegyek és hogy a feleségemet kihozom-e. Nem tudom mi célja volt a kérdéssel. A szeizikus kiértékelés nagyon el van maradva és ez a mi szempontunkból nagyon jó.

A kínaiaknak igen érdekes a munkához való viszonyuk. A mi technikusaink pl. nem hajlandók sem kitérni, sem szüntetni, mert az geodéziai munka és ők gravitációs emberek. Minden magyarázat, hogy ez természetes velejárója a geofizikának és hogy e nélkül nem fognak tudni boldogulni, hiába valónak bizonyult. Ők kizárólag csak az ingával hajlandók foglalkozni, sokat nem veszünk velük, mert dolgozni nem szeretnek.

Tegnap itt volt a bőrkabátos Pekingből és mértéket vett. Decemberre készen lesz, de sajnos szarvasbőrt nem hozott magával, mert nincs neki. Gellerték és Sedyék felvetették azt a, szerintem fantasztikus ötletet, hogy saját költségünkre hozassunk ki hazuról egy elsőrendű szabót. A plusz költség bőven megérné, de elképzelhetetlennek tartom, hogy ilyesmit meg lehetne oldani.

Múlt levelemben kérdezted, hogy mennyire vagyunk tájékozva az otthoni események felől. Rendszeresen hallgatunk híreket, persze a megfelelő kommentárokkal. Igen érdekes események történnek, főleg a lengyeleknél.

Banai most Pekingben van, elkísérte a családját. A kínaiak nem akarták elengedni őket, mert úgy ítélték, hogy ez rossz fényt vet rájuk. Már az itteni kínai főnök is felajánlotta nekik, hogy teljesen ingyen eltartja őket, csak maradjanak. Most kaptak egy ajánlatot, hogy a család Pekingben élhet, ez persze tetszene Banainak, mert kapná a 90%-os családi pótlékot is. Ez ügyben Gálfi fog dönteni, ha beleegyezik, hogy Banainé Pekingben maradjon, akkor itt kitor a forradalom, és teljes joggal, mert akkor Banai 47 yuan napidíjat kapna és családját elsőrangú szállodában lakna.

...

Thonshin, 1956. október 31.

22. levél

...

Amit a fizetésemelésekről írtál, az nagyon fölbolygatta a kedélyeket. Mi még sajnos nem tudjuk az új fizetéseket, de állítólag Gálfi már megkapta a listát és ma fogja közölni velünk, ma ugyanis értekezlet lesz innen 90 km-re (hiába hozzá kell szokni a kínai méretekhez). Remélem meg leszek elégedve, bár nincsenek túl jó előérzeteim. Már tegnap akartam írni neked, de elakadtunk kint a terepen és 1/11 lett, mire beértünk. Egy folyón mentünk keresztül, amelyiknek a túloldalán volt egy kb. 3 m magas terasz, látszólag teljesen szilárd, de a kocsikereke megpördült benne és miközben körülötte topogtunk, hogy kitoljuk, az egész annyira megpuhult, mint a kocsonya. A szomszédos falu apraja-nagyja kivonult, hogy se-

gítsen. Két hosszú kötelet kötöttek a kocsihoz és annak nekirugaszkodtak. Rettentően élvezték a dolgot, és közben úgy üvöltöztek, mint az éhes kannibálok, de az egész céccó nem használt semmit. Engem becipeltek egy házba, hogy ott várjak, mert kint fasiszták vannak, akik lelőhetnek. Megkínáltak forró vízzel és kb. 30 db főtt tojással. Szerencsére mással nem traktáltak. Ott ücsörögtem 3 óra hosszat, mire megjött a mentőexpedíció. Az a szokás, ha valaki 1/2 8-ra nincs a táborban, akkor kimennek megkeresni.

Most már a sivatagba járunk dolgozni, az idén nagyon csapadékos volt az időjárás, úgy hogy némi gyér növényzet nőtt rajta. Nekem nagyon tetszik, mert körös-körül semmi egyebet nem látni, csak homokbuckákat. Közlekedni elég jó benne, csak arra kell vigyázni, hogy az irányt tartsa az ember, mert máskülönben menthetetlenül eltéved. Egyes helyeken csomós fű nő, ezeken úgy zötykölődik a kocsi, hogy az embernek majd a pejslije jön ki. Ma megláttunk egy rókát a sík prérrin, a sofőrnek sem kellett több, a nyomába iramodott veszett túlköléssel. Szegény róka teljesen elvesztette a fejét, de így sem sikerült elcsípünk, mert mire kb. 3 m-re megközelítettük, beugrott egy szakadékba. A rókáról jut eszembe, hogy elkészültek a bundáink. Úgy nézünk ki bennük, mint valami lámaszektá. A külseje sötétkék vászon, bárány bélással és vörös rókaprém gallérral. A gallér olyan nagy, hogy ha felhajtom, akkor a fejem búbját is betakarja. Az idő fokozatosan hidegszik, két napig olyan erős szél volt, hogy alig tudtunk

dolgozni, a teodolitot külön egy segédmunkásnak kellett állandóan fognia, hogy fel ne boruljon.



6. ábra. Kitűzés szélviharban



4. ábra. Legelésző tevék a mérési területen



5. ábra. Helybeli szállítási eszközök és a kitűzőbrigád gépkocsijai a sivatagban

Csütörtökön Chiyinben voltam az I. szeizmikus csoport táborában és ott értesültem a hazai eseményekről. A tábor olyan volt, mint egy felbolydult méhkas. Azóta minden hajnalban ott gubbasztunk a rádió mellett és hallgatjuk a híreket. 27-én, szombat reggel azt hallottuk, hogy a felkelés kiterjedt az egész Dunántúltra. Az a baj, hogy egyik adó sem fogadható el tárgyilagossággal, amit a kínai rádió mond az éppen az ellenkezője a hazai híreknek, úgy hogy nehéz a kettőt közös nevezőre hozni. Remélem nincs otthon semmi komolyabb bajotok. Itt a társaságnak nagyon megoszlik a véleménye, de abban mindenki egyetért, hogy disznóság az, hogy barátaink már megint magyar vért ontanak. Ezt egyébként az összes külföldi kommunista kormány is elítéli. Remélhetőleg, mire megkapod a levelet már minden elintéződik és minden jóra fordul. Légy szíves írd meg az eseményeket, mert itt mindenkit nagyon érdekelnének a valódi történések.

Szombat este táncmulatságot rendeztek a tiszteletünkre, kivevényelték a város összes színésznőjét. Nem volt menekvés, kénytelenek voltunk táncolni.

Ezen a héten már valódi szakértéssel foglalkoztam, mert felállítottunk egy tiszta kínai kitűző csoportot és azokat patronáltam kint a terepen. Elég jól dolgoznak, amíg minden simán megy, de mihelyt a legkisebb akadály jön közbe, azonnal elvesztik a fejüket. A völgyön egy folyó folyik végig, ami 4–5 m széles és ezen minden vonalunk keresztül megy. Ezen a fo-

lyón pl. képtelenek önállóan átvinni a vonalat, de még átkelni sem tudnak rajta.

A kaja szinte ehetetlen, mert a csirkéről áttértek a birkára, ami förtelmesen büdös. Mindennek birkafaggyú szaga és íze van. Ma még a tükörtojás is olyan büdös volt, hogy képtelen voltam megenni. Sikerült elérnünk, hogy titokban disznóhúst fognak beszerezni és azt ugyancsak titokban megfőzik, mi pedig szintén titokban meg fogjuk enni. Ha kiderül, valószínűleg nagy botrány lesz belőle, mert a helyi hatóság külön kikötötte, hogy mi sem ehetünk disznóhúst....

...

Thonshin, 1956. november 4.

23. levél

...

Most érkeztem vissza a wuchungi csúsztatásból, még csak 4 óra van, megragadom az alkalmat és beszámolok a legújabb eseményekről. Kezdem sorjában. Szerdán este csoportértekezlet volt Sanyinban. Először a munkával kapcsolatos problémákat beszéltük meg, ebben két dolog van, ami számokra érdekes lehet: az egyik hogy a szeizmikus kiértékelés nem bírja az iramot és már több mint 70 km lemaradásuk van. Pálos, aki vezeti a kiértékelést, kérte, hogy lehetőleg bővítsék a létszámot, Komáromy Erzsikét és a rádiótechnikust is bevonták a munkába. A másik, hogy a tellurikus műszerek még mindig nem érkeztek meg, így a soproniak még mindig nem tudnak dolgozni.

A munkaügyi kérdések után került sor a politikai beszámolóra. Felolvasták a Zsenminszibao cikkét, mely fasiszta provokációnak minősítette a hazai forradalmat és felolvasták az akkor legfrissebb Nagy Imre beszédet és a Követség hivatalos tájékoztatóját. A kínai cikk meghökkentett bennünket, annál is inkább, mert a kínai csoport vezetője már több ízben tett fel provokatív kérdéseket. Attól féltünk, hogy esetleg internálás lesz a dolog vége. A két felolvasás után került sor a hozzászólásokra. Jellemző, hogy kizárólag a párttagok tartották szükségesnek, hogy hozzászóljanak, és gyorsan elkezdtek mosakodni. A gyűlés jó sokáig tartott úgy hogy hajnali 2 lett, mire ágyba kerültem.

Másnap reggel Wuchungba indultunk, itt akartak hagyni, mert kevés volt a hely a kocsiban, de végül adtak még egy kocsit. Az út elég egyhangú volt, de volt egy igen érdekes és lenyűgöző szakasza, a Hoang-ho völgye. Egy kb. 4 km hosszú



8. ábra. Séta a falon kívül

szakaszon csak a folyó és az országút fér el a szorosban, amit kétoldalt magas sziklafalak határolnak. A hegyek sötétszürke és barnás színű sziklából állnak, igen komor és fenséges hangulatot keltenek. Wuchungba megérkezve nagy csalódást keltettünk, mert az asszonytábor teljes díszben a férjeket várták és helyettük mi ketten érkeztünk meg lhásszal, ennek ellenére kedvesen fogadtak. A tábort magas fal veszi körül, ami kívülről egy idegenlégiós erőd látzatát kelti az emberben, ez bizonyos mértékig belül is igaz, mert a falon körben mellvéd, rajta lőrésekkel. A bekerített részt egy újabb fal két részre osztja, a belső részben vannak a lakások, a külső az udvar. A kínaiak mutattak egy lakást, ami meg is tetszett, nem túl nagy, egy szoba és egy benyíló féle és nagyon barátságos. Közben a holmimat hordtam befelé előkerült Ujfalusy Éva és közölte, hogy a lakást már Sedyék lefoglalták. Javasolta, hogy foglaljam el a mellettük lévő lakást, ahol most ugyan Takács Ernőék laknak, de Baby télen hazamegy és így üres lesz a lakás. Később azonban kiderült, hogy Takácsék az erős konyha-



7. ábra. A wutzungi szállásunk



9. ábra. Wutzungi borbélyok munka közben

szag miatt akarják otthagyni. A családi táborban még két üres lakás volt, de egyik sem tetszett. Így elhalasztottuk a további keresést, majd Gálfival megbeszéljük a dolgot. A lakások elég picinyek, de az asszonyoknak sikerült barátságosan és otthonosan berendezkedni. Most már a konyhán is teljes rend uralkodik, mert bevezették az adagrendszert: háromféle adag van, férfi, női és gyerek. Kialakultak a társaságok és pillanatnyilag békességben élnek. Legtöbben varrással és kötéssel foglalkoznak, kivéve azokat, akik folyton kártyáznak. A gyerekek tanítását is megoldották, mégpedig úgy, hogy minden érettségizett asszony vállalta egy-egy tárgy tanítását.

Pénteken hajnalban a rádió csavargatása közben sikerült fogni a Szabad Kossuth adót, ami most rövidhullámon is sugároz műsort. Azóta minden nap hallgatjuk, úgy hogy tájékozottak vagyunk a hazai eseményekről. Mindenki felvillanyozva reméli, hogy végre sikerül egy teljesen szabad és demokratikus államot létrehozni. Az oroszok piszkoskodása mindnyájunkat felháborít és aggodalommal tölt el, de reméljük, hogy a tárgyalások sikeresek lesznek és minden további vérontás nélkül kitakarodnak az országból. Délelőtt néhányan összegyűltünk és elhatároztuk, hogy megalakítjuk a munkástanácsot. A megbeszélésen a soproniak, a doktor, Pacsirszky és én vettünk részt. Megbeszéltük a szóba jöhető jelölteket. Ebéd után volt a gyűlés, mely hivatva lett volna megválasztani a küldötteket. Hosszas vita után azonban a társaság határozat nélkül széteszlott. Szombaton ebéd után megint összegyűltünk, hogy a hazaküldendő távirat kérdését megbeszéljük. Két variáció merült fel, az egyik nem tiltakozott a szovjet intervenció ellen, a másik pedig igen. A párttagok kijelentették, hogy azt a táviratot, mely elítéli a szovjet beavatkozást, nem írják alá, annak ellenére, hogy a nagy többség megszavazta. Erre Gálfi javaslatára olyan módosítást fogadtunk el, melyben a szovjet helyett agresszor szerepel. Ez a fogalmazás a párttagoknak is megfelelt. Elfogadtuk a Chu En-lainak küldendő távirat szövegét, melyben megköszönjük, hogy ő is helyesli és támogatja a magyar forradalmat. Felvetődött az az ötlet is, hogy táviratot kellene küldeni a Szovjetunió legfelső tanácsának és az ENSZ-nek, de mindkét ötletet elvetettük. A távirat kérdés lezárása után megszavazta a társaság, hogy a pártbizottság szerepét az expedíció vezetésében a Szakszervezeti bizottság fogja átvenni, melybe minden csoport 1-1 küldöttet fog delegálni.

Pálos és Jóska bácsi holnap Pekingbe utazik, hogy a Követség szikratáviróján keresztül felkérjék az Intézetet, hogy nézen utána az otthoni családtagoknak és küldjön felőlük rádióon keresztül értesítést. Edgár, Sedy és Ihász már kaptak hazulról táviratot, hogy családjuknak nincs semmi baja.

...

Thonshin, 1956. november 11.

24. levél

...

November 5-én, hétfőn reggel a rádió nagyon sejtelmesen beszélt, azt vettük ki belőle, hogy orosz csapatok támadták meg Budapestet. Egész nap nyugtalanok és idegesek voltunk a hazai helyzet miatt. Kedden reggel 5-kor felkeltem rádiót hallgatni, otthon még folynak a harcok.

Nem tudom, mikor fogok tőled legközelebb levelet kapni, de amit december 1-e után írsz, azt megint a pekingi címre küld, mert 99%, hogy Pekingben fogunk telelni. Elseje körül

bevonulunk a téli szállásra, mert már most is nagyon keserves kint a munka. Ma pl.  $-9^{\circ}$  volt reggel, dél felé felment  $-3-4^{\circ}$ -ra, de akkor megérkezett a szokásos szél és még hidegebbnek éreztük. Szerencsére a pufajkát nem tudja átfújni, de a kezem rengeteget fázik, már meg is fagyott. A kínaiakat szegényeket sajnálom, a lábukon csak egy papucs harisnya nélkül, kesztyű nélkül, egészen lilák lettek a hidegtől. Nem kis dolog ilyen időben egész nap kutyaolni. A völgyben van egy folyó, amiről már biztosan írtam és ami minden nap rengeteg bosszúságot okoz. Ezen úgy kelnek át a kínaiak, hogy kiviszünk egy pár gumicsizmát és abban átmegy az első, a túlsó partról visszadobja és átmegy benne a második stb. Ma olyan szerencsétlenül dobta vissza az első, hogy beleesett a folyóba, az egyik segéd munkásnak kellett érte mennie. Képzeld el meztláb a jeges vízben, még nézni is rossz volt, de szerencsére a jég nem vagdalta össze a lábát. Szinte csodálatos, hogy mit kibírnak ezek az emberek, tegnap egy 2-3 év körüli kisgyerek álldogált az autó mellett meztláb, vacogott is a szerencsétlen, de úgy látszik ez nem zavarta, mert legalább egy óra hosszat ott ácsorgott.

Reich megjött Vietnamból, sokat mesélt. A majmok szabadon sétálnak és a Követségen az a kedvenc foglalkozásuk, hogy bemásznak az ablakon az irodába és ott „rendet” raknak az íróasztalon. Az október 1-i felvonulást Pekingben látta és csodálatos dolgokat mesél a tibetiekről. Talpig fegyveresen járnak, íjjal, tegezettel és hatalmas késekkel felszerelve. Látta a laoszi királyt is vezérkarával, azt mondja olyan tarkán voltak öltözve, mint a papagájok.

Banai visszaérkezett Pekingből, a családja egyelőre ott marad. A kínaiak nem túlzottan kedvelik a sok lógás miatt és kijelentették, hogy pekingi tartózkodása idejére nem fizetik aapidíját. Most ő a főnök, mert Jóska bácsi Pekingben van.

Itt még javában dúl a személyi kultusz, a november 7-i ünnepeken, amire erőszakkal cipeltek el bennünket, az ünne-



10. ábra. Egy hui úr a wutzungi utcán



11. ábra. Pihenő tevekaraván Wutzungban

pély megkezdése előtt felálltak és Mao Ce-tung képe felé fordulva mélyen meghajoltak. Itt még Sztálin is a régi fényében tündökölt. 7-én mi dolgozni akartunk, de a kínaiak ragaszkodtak a munkaszünethez. Este táncmulatságot rendeztek, amin – tekintettel a hazai eseményekre – nem vettünk részt.

Múlt levelemből kifejejtettem a wuchungi lakásügyet. Egyik nap délelőtt nekiindultunk Gálfival számba venni és elosztani a lakásokat. Gálfí kijelentette, hogy csak a jelen helyzetet figyelembe véve osztja ki a lakásokat, mert jövőre több család jön ki és úgyis kevés lesz a rendelkezésre álló lakás. Pillanatnyilag ketten Edgárral kaptunk egy szép nagy és világos különálló szobát.

Ujfalusy Tóni szakállt növesztett. Azzal cukkoltuk, hogy úgyis csak addig meri meghagyni, amíg a neje elé nem kerül, de ő bátor volt és meghagyta, sőt Évának még tetszett is, így most már jogerős a szakáll, csak azt nem szabad mondani róla, hogy ronda, legalábbis Éva jelenlétében.

November 7-én munkaszünet lévén elmentem a faluba csavarogni és fényképezni. Az egyik díszes épület a mohamedán templom és parókia. Gondoltam benézek, a pap a kertben ült és nagyon barátságosan fogadott. Intelligens kinézésű ember. Bevitt a lakásába, amely meglepően szép és barátságos, tele szőnyeggel, bőrökkel és tusrajzokkal. Mikor beléptünk a szobába, meggyújtott egy füstölőt, nem tudom, hogy a tiszteletemre-e, vagy pedig hogy kifüstölje belőlem a gonoszt. Meglepően sok könyve volt, többek között a Korán is szép bőrkötésben. Még a templomba is beengedett, de csak az előtérbe. A szokásos üresség, de sok fafaragás és nagy faszlopok, ami meglepett ebben a fátlan világban. A toronyba is felvitt, ahol a müezzin éppen a déli imára szólított. A négy égtáj felé fordulva négyszer elismételte ugyanazt a szöveget. Roppant romantikus volt, főleg a lépcső, ami igen rozoga állapotban van. A papnak nagyon szép szőnyegjei voltak és azt mondta, hogy itt Thonshinban is van szőnyegszövő, kerestem, de nem találtam sehol. Wuchungban az asszonyok már felfedeztek egyet, a férjek nagy örömeire.

...  
Thonshin, 1956. november 22.

25. levél

...  
Már vasárnap esedékes lett volna a levélírás, de szombaton este a kínaiak azzal állítottak be, hogy másnap Wuchungba kell mennünk. Mi ebbe nem akartunk belenyugodni, tekin-

tettel arra, hogy nem szívesen kocsikázik az ember 160 km-t csak úgy élvezetből. Felhívtuk telefonon Wuchungot és beszéltünk Ádám Oszival. Kiderült, hogy a geológiai miniszterhelyettes várják látogatóba és a kínaiak ragaszkodnak hozzá, hogy mindenki jelen legyen a látogatáskor. – Banai végre kiment a szobából és tudom nyugodtan folytatni a levelet, eddig ugyanis itt állt mellettem és állandóan lamentált, nem törődve azzal, hogy én levelet szeretnék írni. – Vasárnap tehát kénytelenek voltunk Wuchungba menni. A kínaiak egészen extázisba estek a miniszterhelyettes látogatásától. Az utazásban az a legkellemetlenebb, hogy ágyneműt mindig vinni kell magunkkal, ez örökös pakolást jelent, amiért nem túlságosan rajongok.

12. ábra. Csoportkép a majdnem a teljes létszámú induló expedíció tagjaival 1956. november 21-én, Li Sziguang földtani miniszter wuchungi látogatása alkalmából (lásd a hátsó borítón)

Wuchungba való megérkezésünk után kiderült, hogy a magas látogató még nem érkezett meg, így a díszvacsoa legfeljebb hétfőn lesz. Elhelyezkedtünk a szobánkban, összehordtuk a lehetséges berendezési tárgyakat. A legtöbb időt Ujfalusyéknál töltöttük (emlékeztetek, hogy írjal Évának, ha még eddig nem írtál volna). Itt most a legfőbb probléma a téli szállás. A kínaiak javasolták, hogy maradjunk Wuchungban (de pár nappal korábban Chingtao<sup>2</sup> is felmerült) és ebben az esetben az expedíciónak kifizetnek 10.000 yuant, amit mi a szállások kényelmesebbé tételére használhatnánk fel. Mondanom sem kell talán, hogy mi ebbe nem egyeztünk bele. A mi óhajunk az lenne, hogy valamelyik déli nagyvárosba menjünk, elsősorban Shanghaiba vagy Kantonba. A kínaiak ez elől mereven elzárkóznak, nem tudni hogy miért, de mindenféle lehetetlen kifogásokkal jönnek, pl. nem tudnak gondoskodni a fűtésről, holott pl. Kantonban nem is kell fűteni. Tettek egy másik javaslatot és ez Talien,<sup>3</sup> alig pár km-re Port Arthur mellett. Állítólag egészen modern város és nagyon szép helyen fekszik. Ez sem tetszik a társaságnak, mert egyrészt ott hideg van, másrészt pedig biztosan rosszabbak a vásárlási viszonyok, mint egy másik városban. A családok Peking mellett kardoskodnak, de a kínaiak szerint nincs már hely, mindet elfoglaltak más expertek. Ellenben, ha Gálfí talál megfelelő helyet Pekingben akkor semmi akadály, hogy oda menjünk. Holnap utazik megnézni Talient és végre elintézni, hogy hol fogunk telelni. Ennek már legfőbb ideje, mert alig 4–5 napi munkánk van már csak és a hideg is kezd egyre komiszabb lenni.

Szombaton Pálosék küldtek egy táviratot, hogy 8 családnak, köztük az enyémnek is, nincs semmi baja, de később kiderült, lehet hogy nem is rólam van szó, illetve nem biztos, mert van még egy Szabó Kínában, egy orvos, aki valahol délen működik. Most már lassan kezdenek szivárogni a hírek hazulról, sőt már talán levelek is fognak érkezni. Kedden jött egy távirat Páloséktól, hogy sikerült Dombaival telefonon beszélniük. Dombai szerint az Intézetben senkinek sem történt baja, csak 3 lakás ment tönkre, köztük Posgayé is. Azok, akiknek gyerekek, vagy feleségük van otthon, kérték a miniszter-

<sup>2</sup> Qingdao

<sup>3</sup> Dalien

helyettest, hogy a lehető legrövidebb időn belül kijöhessenek, a miniszter ezt meg is ígérte.

Hétfőn volt a vacsora a vendég tiszteletére, az asszonyok rendezték, nagy sütés-főzés volt napokon keresztül, még egy disznót is vettek, amit Grimm megcsinált kolbásznak. A vacsora nagyon jól sikerült, tele ettük magunkat mindenféle jó hazaival és főleg süteményekkel, ami itt nagyon hiányzik. Az ünnepi napok ezzel nem értek véget, mert kedden és szerdán újabb vacsora következett. Ma végre sikerült megszabadulni és visszajönni Thonshinba.

Szerda este Ujfalusyéknál Horváth Árpí megtárgyalta velünk a politikai helyzetet és arra kért bennünket, hogy igyekezzünk elsimítani ill. elkerülni a csoporton belüli politikai ellentéteket. Csütörtök reggel volt az a bizonyos értekezlet, amelyen Horváth Árpí felolvasta a legutóbbi pártgyűlés anyagát és kérte, hogy mondjuk el azzal kapcsolatos véleményünket. Kifogásaink a következő kitételek ellen voltak: forrófejűek, a ti időtök lejárt, pártellenesség, ki akadályozta meg a Legfelsőbb Tanácsnak szóló távirat elküldését, taktika, likvidálás. Megígérte, hogy észrevételeinket, amennyiben lehetőség van rá, figyelembe veszik.

A wuchungi koszt eleinte kiváló volt, de fokozatosan fogyott és romlott, úgy hogy most már egészen csapnivaló. A miniszter nagyon barátságos volt, mindenkinél levizitelt. Mindenki kapott ajándékot is. A legérdekesebb az volt, hogy a mohamedánok egy disznót és egy láda sört ajándékoztak az expedíciónak.

Hallottuk, hogy Szíriában is meg Vietnamban is mozgolódások vannak. Ezek szerint úgy látszik Kína, legalábbis pillanatnyilag a nyugalom szigete.

...

Thonshin, 1956. november 28.

26. levél

...

A napok egyhangúan telnek, egyik a másik után és nem történik semmi említésre méltó.

A levélből, nem véletlenül, kimaradt a következő történet, ezért a naplóból idézzük: Egyik este megérkezett Ádám Oszí Wuchungból. Nagy riadalmat okozott, mert út közben rálőttek a kocsijukra. Charlie-nak keresztüllőtték a karját, Oszinak a bal karján a golyó átlukasztotta még az ingét is, de csodálatos módon semmi baja nem történt. A banditák egy kordét húzva előttük gyalogoltak az úton. A kocsi jöttére szétrebbentek az út két oldalán és a lövést hátulról adták le. A rigó kiugrott a kocsiból és vaktában leadott két-három lövést, majd a sofőr rákapcsolt és gyorsan tovább álltak. A tetteseket még az éjjel elfogták. Két nap múlva a kínaiak meghívtak egy tökmag partyra, ahol jelen volt a rendőri vezérkar. Ezen ismergették a merényletet és azt, hogy a merénylők azzal védekeznek, hogy nyúlra lőttek. Az egészben legérdekesebb, hogy az öt merénylő közül négy párttag és egy komzomolista. A nyomozást tovább folytatják.

Hazulról újabb és újabb táviratok érkeznek. Szombaton megint kaptam egyet, ezt már biztosan nekem küldték. Most már csak rólad nincs hírem. A munkánk befejezése egyre tolódik, mert mindig van valami sűríteni, vagy ismételni való. Már úgy volt, hogy holnap bevonulunk Wuchungba, de a gradiensek fölrakása során kiderült, hogy az egyik helyen egy

tekintélyes maximum féle van kialakulóban. Erre Banai úgy döntött, hogy ott további kb. 60 állomást mérünk. A dolog egyetlen bökkenője, hogy a maximumtól mintegy 10 km-re már a felszínre búvik az alaphegység. Banait sikerült rábeszéljni, hogy előbb beszéljen Szurovyval, hogy szerinte milyen mélységben várható az alaphegység a maximum területén. Szurovy 70 km-re Cunlinban lakik, telefonon kerestük, de nem volt otthon, majd este újból megpróbáljuk. Szerintem nem érdemes tovább kínlódni, mert olyan közel van a kibúvás, hogy olaj ezen a területen már nem fordulhat elő. Egy előző levelemben említettem, hogy egy sódóm szerúség és egy maximum van kialakulóban, de a sűrítések nyomán kiderült, hogy az egész egy szép álmom volt. Eddig az egész területen nem találtunk említésre méltó szerkezetet. A szeizmikusok is szeretnék már befejezni a munkát, mert a hidegben törnek a kábelek. De ők is ugyanúgy vannak, mint mi, még ezt, még azt szeretnék megcsinálni, így munkájuk nem fogy, hanem gyarapszik. Egyetlen szórakozásunk Banai és Komáromy párharcra, akik most, hogy Jóska bácsi Pekingben van, állandóan marakszanak. Főleg Komáromy az, aki kezdi a dolgokat. Állandóan sír és morog, ha így folytatja, jövőre egészen biztosan megbolondul. Mindig azt gondoltam róla, hogy komoly szakember, mert sokat hallottam emlegetni, de kiderült, hogy csak nagyra tartja magát. Azt mondogatja, hogy bár ő nem tudja, mi az a Bouguer korrekció, de mégis ő találta a legtöbb olajat. Mindenkire morog, vagy azért, mert nem ő a főnök, vagy azért, mert a lányát nem alkalmazták expertként. Rám is rettentően dühös, csak azt nem tudom, miért. Mindig azt hangoztatja, hogy mindenki neki köszönhet mindent, mégis állandóan bosszantják és kitolnak vele és ezért az első adandó alkalommal haza fog menni, amit persze senki sem hisz el neki. Hasonlóan nincs nagy egyetértés Szurovy és Gálfy között és Sedy Lóri és Edgár között sem.

Meleg öltözetünket kiegészítették egy ruszki szerű sapkával, szőrmével bélelt cipővel és ugyancsak szőrmés kesztyűvel. Sajnos nekem mindhárom kicsi, így egyelőre várom, hogy nagyobbra cseréljék. Még lehetne néhány dolgot írni a kínai tisztaságról, ami úgy látszik csak Pekingben van meg. A konyhán szabad tűzhelyen főznek, ablakok nincsenek, az edényeket és az evőeszközt a földön tartják. A felszolgáló boynak olyan koszos a keze, hogy nem látni a bőrét, a tányért úgy fogja, hogy peremén okvetlenül ott marad az ujjlenyomata, még jó, ha nem lóg bele a levesbe. Ha valamelyik edényt piszkosnak találjuk, akkor benyúl a zsebébe, elővesz egy koszos rongyot, és azzal kitörli. Ezek olyan dolgok, amin nem tudunk változtatni, kénytelenek vagyunk tudomásul venni. Egy időben sikerült elérnünk, hogy fehér kötényt kapjanak, de az csak egy fél napig volt fehér, mert ebben hordták a szemet, természetesen úgy, hogy a kosarat a hasukhoz szorították. Minden tisztaságra törekvésünk hiábavalónak bizonyul. Wuchungban is azt láttam, hogy az evőeszköz a földön hever nagy halomban, igaz hogy a piszkos, de azért mégiscsak evőeszköz, méghozzá az ajtóban, úgy hogy mikor beléptem a konyhába, majdnem keresztelestem rajta. A köpködéssel kapcsolatban annyit sikerült elérnünk, hogy a mi szobánkban és az irodában nem kőpnek a padlóra, de saját szobájukban változatlanul ezt csinálják. Hát ilyen az élet itt Kínában. A téli szállásról még mindig nincs végleges döntés.

...  
Wuchung, 1956. december 6.

27. levél

...  
Eltelt egy újabb hét és hazulról még mindig nem jönnek levelek, pedig a Követség szerint november 20-a óta van postaforgalom. Múlt levelemben említettem, hogy munkánk esetleg elhúzódik 1–2 héttig. Időközben azonban megjelent Szurovy és ismertette a geológiai viszonyokat, melyekből kiderült, hogy a talált maximumot valószínűleg a sekély alaphegység okozza. Így nem volt értelme további sűrítésnek, összecsomagoltunk és bevonultunk Wuchungba. Szurovy mesélte, hogy Thonshintól kb. 30 km-re van egy szénbánya, ahol 7000 kalóriás permokarbon szenet fejtenek. A telep vastagsága 140 m. Egyébként mi is ezzel a szénnel fűtünk és olyan kiváló minőségű, hogy egy diónyi parázstól meggyullad. A szénbányászat egészen primitív körülmények között folyik. Az akna 70°-os és 300 lépcső vezet le a széntelegig. A szén felszínre szállítása emberi erővel történik, mégpedig úgy, hogy a bányások hátán van egy kosár, amelybe 60 kg szén fér bele és ebben cipelik fel a lépcsőn a szenet a szó szoros értelmében négykézláb mászva. Ezt az utat naponta tízszer teszik meg és ezért a munkáért 2 yuant kapnak naponta. A bányában szellőztetés és villanyvilágítás nincs. Mindenkinek a fejére van drótozva egy agyagmécse, ami a bal füle magasságában lóg, és ott világít. A történet olyan, amit el sem hinne az ember, ha nem látott volna már hasonló dolgokat.

A téli szállás ügye egyelőre bizonytalan, mert Gálfi telefon értesítése szerint Talien ugyan nagyon szép város, de a felajánlott lakások túl nagyok, nem szeparálhatók és a berendezés is hiányos. Még azt a jó hírt is közölte, hogy a bőrkabátokból valószínűleg nem lesz semmi, mert az aki összeszedte az előlegeket és felvette a rendeléseket sikkasztott és most börtönben ül.

A társaság már attól fél, hogy végül Wuchungban leszünk kénytelenek telelni. Pillanatnyilag az a helyzet, hogy a Hoangho már zajlik, így Lanchou felé el van zárva az út, mert a komp nem tud közlekedni. Meg kell várni, amíg beáll a jég. Ádám Oszi a túlsó oldalon ragadt, mert elment megnézni a jövő évi területet és közben megindult a jégzajlás. Innen Lanchou 450 km, Sian pedig több mint 700. Ebben a hidegben nem tudom, hogyan fogják a családokat Sianba szállítani, de persze amíg a téli szállás ügye rendeződik, addig a folyó még százszor beállhat, sőt még újra fel is olvadhat.

Hallottuk a rádióban, hogy lehet csomagot vámmentesen hazaküldeni. Pillanatnyilag még töprengnek rajta, hogy érdemes-e, mert esetleg haza sem jut, másrészt pedig, ha sikerül hazamennem szabadságra, akkor kár a meglehetősen drága szállítási költségért. A londoni rádió bementa, hogy kenyeret lehet kapni és az élelmiszer helyzet nem súlyos, remélem, hogy a hír igaz és van mit ennetek. Hogyan folyik otthon az élet? Bejársz dolgozni? Azok, akiknek a gyermekei otthon maradtak, azt akarták, hogy Petrasovits Lóri hozza ki a gyereket és ők kifizetik neki az útiköltséget. A tervet azonban elvetették, mert lhász családja elvállalta a gyerekek kihozatalát. Az egyik tag kapott táviratot a feleségétől, melyben közli, hogy hamarosan kijön, ha tényleg így áll a helyzet, akkor remélhetőleg sikerül hazajutnom szabadságra és maximum 2

hónap múlva otthon leszek. Mi újság az Intézetben, van-e aki nyugatra távozott?

Nálunk változatlanul folyik az élet, egyetlen különbség, hogy úgy látszik beköszöntött a szeles évszak, három nap óta egyfolytában fúj a szél. Rettenetes nagy por van, alig látni néhány száz méterre. Tegnap volt a Mikulás est, Horváth Árpi volt a Mikulás, a gyerekek nagyon élvezték. A csoport hangulata meglehetősen érdekes, a párttagok roppant mimóza lelkűek lettek. Mindenben ellenségeskedést vélnek felfedezni. A múltkor pl. ment valaki Lanchouba és egyesek megkérték, hogy hozzon nekik mandarint. Mikor a mandarin megérkezett, és a társaság másik része is tudomást szerzett róla, akkor többek között olyan kijelentés is elhangzott, hogy úgy látszik a kommunista gyerekeknek itt nem jut semmi. Még sok hasonló esetet tudnék felsorolni, de nem akarok untatni vele.

A napokban bent jártunk a városban, hogy szövetet vásároljunk, de be volt zárva az üzlet. Útközben egy jópofa jelenetnek voltunk tanúi. Egy kínai kecskét vett a vásáron és azt haza óhajtotta vezetni, de a kecske a fölhöz vágta magát és rettenetesen ordított. Az újdonsült gazda nagy nehezen talpra állította, de alig haladtak pár lépést, a kecske újból a földre vetette magát és hempergett az úton.

A munka nagyon döcögve halad, mert van ugyan irodánk a kormányzóságon, de alig fűthető, mert roppant nagy ablakai vannak, a kályha meg roppant kicsi. Előfordult, hogy alig 2–3 °C volt a hőmérséklet. Végeredményben nincs baj, mert ami munkánk maradt, azt egy hónap alatt kényelmesen befejezzük. Igaz, hogy sokkal több időnk nem is lesz, mert a szabadságra legalább 6 hét rámeleg, mert az utazás nem számít be a szabadságidőbe, sőt még 3 hétre való túlórára is van. A kínaiak úgy tűnik, befejezettnek tekintik a szezont és semmi jelét sem adják annak, dolgozni akarnának.

Kaptam levelet Józsitól, aki a Honvéd Művész Együttessel van kint – Pekingből 14 napig jött légitestben. Az én leveletem több mint egy hónap elteltével kapta meg, igaz hogy azért, mert a Kirendeltségen hevert. Jelenleg Mongóliában vannak és december 15-e körül érkeznek haza. Egész Kínát bejárták, de nem sokat láttak, olyan zsúfolt volt a programjuk. Érdekes, hogy mindössze 150 yuant kaptak egy hónapra, úgy gondoltam sokkal többet fognak kapni.

...

Lanchou, 1956. december 21.

28. levél

...

Sokáig nem írtam, de annyira nem történt semmi esemény, hogy nem volt semmi írni való. Megpróbálok összeszedni néhány eseményt. Az egyik kínai lányt (Szu Gyinbát) vakbéllel operálták. Elmentünk meglátogatni, a kórház minden elképzelést felülmúl. A betegszoba egy sötét lyuk, melynek még ablaka sincs, benne két kang, amin a betegek fekszenek, a fal piszkos, a kályha füstöl.

10-én Szurovy javaslatára geológiai kiránduláson vettünk részt. Wuchungtól délre kb. 20 km-re karbon előtti agyagpala és zöld kvarcit kibúvásokat néztünk meg. Igen szép feltárásban és egy nagyszerű völgyben szebbnél szebb kifejlődésű gyűrt alakzatok láthatók. Nagyon tanulságos kirándulás volt, mert ilyen eddig csak könyvekben láttam.



13. ábra. Aljzat kibúvás Wutzungtól délre



14. ábra. Aljzat kibúvás Wutzungtól délre

12-én megérkezett Gálfi Pekingből és csoport értekezletet tartott. Talient a vezetőség elvetette, bár szerintünk az ottani körülmények elfogadhatók lettek volna. Sok huzavona után végül is Lanchou lesz a téli szállásunk, ennek fejében a kínaiak hajlandók a nyaraltatás útiköltségét fedezni. A hazamene- telnek Gálfi szerint nincs akadálya és bármikor el lehet intézni. Ilyen körülmények között január 15-e táján szándékozunk útra kelni. Hozott néhány november 20-a körül kelt levelet, melyek futárposta útján érkeztek. Azokból értesültünk, hogy november 20-án a magyar rádióüzeneteket közvetített számunkra, de sajnos azokat még a Követség sem hallotta. Néhány napja sikerül fognunk a Szülőföldem c. adást, azóta minden hajnalban 3/4 3-kor csörög a vekker. Sajnos az adá- sokból nem sok derül ki, a hang meglepően békés, nem szá- mítottunk ilyen békés és lojális megnyilvánulásokra. Úgy lát- szik otthon a helyzet kezd stabilizálódni. Remélhetőleg hama- rosan megindul a levélforgalom is.

Már terítékre került a kínai üdülések kérdése is, eleinte úgy volt, hogy lehet utazgatni a szabadság ideje alatt, de ké- sőbb kiderült, hogy csak egy helyre lehet menni. Három lehe- tőség van: Shanghai, Kanton és Kunming. A hazautazás is el van intézve, mihelyt tudnak repülőjegyet biztosítani, me- gyünk haza. Sedy Lórinak volt egy ötlete és ezt Gálfi is nagyon támogatja, hogy ne menjek haza, mert szerintük nem biztos, hogy vissza tudok jönni, hanem inkább Te gyere ki, a Követség- gen lehetne távházasságot kötni. Rengeteget töprengtem a

dolgon, de azt hiszem a Te szempontból jobb, ha hazame- gyek. Pálos Pekingben próbál valami menlevelet szerezni szá- munkra, hogy ne lehessen megakadályozni visszatérésünket. Remélem nem fog senki megfúrni, amíg otthon leszek. Ön- életrajtót és fényképeket tarts készenlétben, mert hazaérke- zésem után lehetőleg már másnap be kell adni az útlevélké- relmet.

Most rátérek a hétköznapi eseményekre. Edgár volt Yinchuanban és meséli, hogy sokkal rendezettebb város, mint Wuchung. A Hoang-hón nem tudtak átkelni, mert befagyott és a jégen keresztül jöttek át. Másnap (18-án) összeül- tünk megbeszélni a másnapi utazást Lanchouba. Kiderült, hogy Hincz Karcsi szerszámai Yinchuanban maradtak a műszerkocsiban. Edgárral ketten vállalkoztunk, hogy elme- gyünk értük. A Hoang-hónál azonban szembe találoztunk a műszerkocsival, amit éppen akkor hozott át a komp. Jól meg- néztem a kompot, szinte elképzelhetetlenül primitív, évszázá- dokkal ezelőtt valószínűleg hasonló módon bonyolították le az átkelést. Mindent kézi erővel csinálnak, most hogy be van fagyva a folyó, léket vágtak keresztben a folyón és a lék mel- lett a jégen haladva kötélén vontatják a kompot. Amikor nincs befagyva a folyó, akkor ferdén kelnek át, elindulnak a partról és a víz sodorja lefelé a kompot, közben lassan átevic- kélnek a másik partra, ott kézi erővel felvontatják és úgy indul megint visszafelé.



15. ábra. Átkelés a Hoang-hón, a Malachit-szorosnál

Wuchungból való elutazásunk (19-én) meglehetősen bo- nyodalmas volt. Reggel 6-kor egy GAZ kocsival indultunk Ed- gárral. Minden rendben ment egészen Cunlinig,<sup>4</sup> ahol másfél órát kellett várunk a műszerkocsikra, amelyeken az asszo- nyok és a gyerekek utaztak. Kiderült, hogy nem bírják a kocsi himbálózását, így helyet cseréltünk, Edgárral és Szentesi Ban- dival átültünk a műszerkocsiba. Kezdetben még csak halad- tunk valahogy, de néhány km után leégett a biztosíték és egyéb zúrók is akadtak. Edgár és a doki jó másfél órát vaca-

<sup>4</sup> Zhongning



16. ábra. Vizikerék, melyben egyetlen fém alkatrész sincsen, de lehetővé teszi a megélhetést sivatagi körülmények között

koltak, hogy rendbe hozzák – sikertelenül. Végül megérkezett Hincz Karcsi, aki beindította a kocsit. Később váltakozva kezdett a két műszerkocsi bedöglenni, a másikon Sedyék utaztak. Hincz Karcsi hol az egyiket javította, hol a másikat. Délután találkoztunk Herbály műhelykocsijával, amelyiknek a trafója égett le, így végleg le kellett mondaniuk a tovább haladásról. Feleségét és gyerekeit átvettük és mentünk tovább. Az út mindössze 414 km, de első nap még a Hoang-hóig sem jutottunk el. Már sötét volt, amikor egy faluba értünk, kb. 15 km-re a folyótól. A sofőr nem akart tovább menni, de végül sikerült rábeszelnünk, hogy hajlandó legyen tovább indulni, de 5–6 km után eltévedtünk, így kénytelenek voltunk visszatérni a faluba. A tanácselnök kilakoltatott néhány embert és így sikerült a nők és gyerekek számára szállást teremteni. Mi férfiak az egyik rádiót üzemképes állapotba hoztuk és rádióztunk, közben-közben el is szundikáltunk. Edgár a földön, a doki és én a ládák tetején. Nem volt túl kellemes, de azért el lehetett viselni. Hajnalra már nagyon hideg lett és azon töprengtünk, hogy mivel lehetne egy kis meleget előállítani. Benzinfűzőnk volt ugyan, de nem akartuk bebüdösíteni a kocsit, végül támadt egy jó ötletem, volt a kocsiban két üveg löködős (így nevezzük a kínai pálinkát), találtunk egy lábast is, abba beleöntöttük és meggyújtottuk. Egészen kellemes légkört teremtett. Reggel a nőket és gyerekeket a kis GAZ-zal elindítottuk. Mi közben legalább 2 órát kínlódtunk a befagyott kocsik begyújtásával és azzal, hogy benzint szerezzünk. Végül mindkettő sikerült és elindulhattunk. A kompnál ért az első meglepetés: még a nők sem tudtak átkelni, mert az is befagyott (ez már motoros), és nem tudták elindítani. Végre 11 óra tájban beindult, de akkor meg a kezelő személyzet ment el ebédelni. Végül mégiscsak átkerültünk a túlsó partra. Itt láttunk egy csodálatos vizikereket, amit öntözésre használnak. Kb. 10 m volt az átmérője és fából készült az egész. Folytattuk utunkat, kb. 6 km után találkoztunk Szurovyval, aki már a keresésünkre indult. Ezután már km-ként rohadtak le a kocsik. Mindig meg kellett várunk egy-egy arra haladó gép-



17. ábra. Lanchou látképe az Expert hotel tetőteraszáról

kocsit, ami vagy megtolt, vagy pedig meghúzott bennünket. Végül Hincz Karcsinak sikerült rendbe hoznia valahogy, így aztán komoly iramban folytathattuk utunkat, igen ám, de Lanchou előtt 42 km-rel elfogyott a benzinünk. Hosszas keresgélés után találtunk a kocsit mélyén még 20 l benzint, ezzel megtettünk további 20 km-t, de akkor már végleg elfogyott. Most kezdődött az igazi kálvária, minden arra haladó kocsit meg kellett állítanunk és benzint kellett kérnünk. Persze mindegyiknek csak annyi volt, amennyi neki szükséges. Hosszas ácsorgás után végre jött egy benzinszállító kocsit, amelyiktől sikerült üzemanyagot szereznünk és este 11-kor – 41 órai utazás után – kiéhezve és holt fáradtan befutottunk Lanchouba. A szálló nagyon rendes, ketten lakunk Edgárral egy kétszobás lakosztályban, fürdőszobával.

...

Lanchou, 1956. december 31.

29. levél

...

A társaság már nagyon készülődik a szabadságra. Rengeteg zűr van a dolog körül, mert mindenki spekulál, hogy kivel,



18. ábra. Egy tibeti úr, a szálloda vendége



19. ábra. Egy elegáns tibeti hölgy



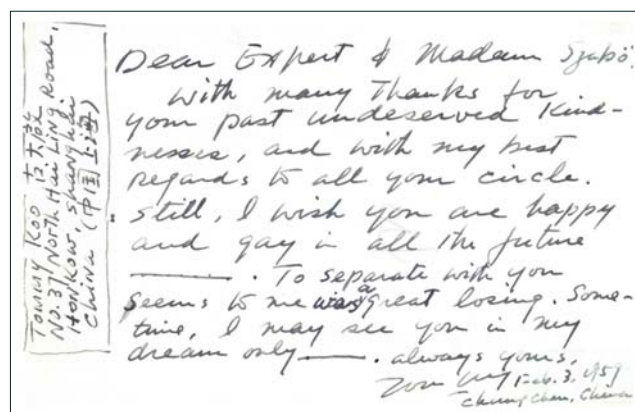
20. ábra. Lanchoui utcakép

hova és mikor utazzon. Két út között lehetett választani, de kitört az észak–déli háború, amikor kiderült, hogy a tervezett Kunming–Kanton–Shanghai déli útvonalat nem akarják engedélyezni. Az északi: Lanchou–Shanghai–Peking–Talien–Chingtauból Peking kimarad a nagy zsúfoltság miatt. Erre kitört a felháborodás és megkezdődött az egyelőre végtelennek látszó vita. A mi hazautazásunk, ami eredetileg még Szilveszter előtt indult volna, a pénzügyi keret kimerülése miatt január 10-re tolódtott.

A szálló, amelyben lakunk, elég távol esik a város központjától, így autóbusszal tudunk bejárni. Amúgy kifogástalannak mondható, a koszt viszont nem túlságosan jó és meglehetősen drága. Rajtunk kívül még oroszok laknak az épületben. Idejövetelünk előtt Gálfi közölte a kínaiakkal, hogy most nem



21. ábra. Koo Ta-chi (Tommy Koo) tolmácsom, atyai jó barátom



22. ábra. A kép hátoldalára írt „utolsó üdvözlés”

a legjobb viszony van közöttünk, erre felajánlották, hogy az ebédlőt spanyolfallal két külön részre választják. Gálfi szerint erre nincs okvetlenül szükség, elég ha kijelölik, hogy melyik oldal a miénk – így is történt. Ezzel kapcsolatban történt egy érdekes eset, egyik nap új ruszkiak érkeztek és gyanútlanul leültek a mi oldalunkra ebédelni. Még jóformán le sem ültek, mikor három pincér rohant oda egyszerre és nagy udvariasan áttették őket a másik oldalra. Újabbban közeledni próbálnak, pl. azzal, hogy meghívtak bennünket az ő fenyőfa ünnepükre, amit tegnap tartottak, de senki sem ment el közülünk. Ma újabb probléma vetődött fel, mert a lanchoui kormányzó meghívta az összes szakértőt Szilveszterre és itt valószínűleg éltetni fognak különböző barátságokat, ami kényes helyzetet okozhat. Ezzel kapcsolatban meetinget tartottunk, melyen a szilveszter estén kívül a túlórákról is szó esett. Elég éles hangú vita kerekedett, többen keményen beolvastak Szurovnyak. Több ízben előfordult, hogy egyesek nem emlékeztek saját, vagy mások korábbi kijelentéseire.

A város maga elég jelentéktelen. Magas hegyek között fekszik a Hoang-ho völgyében, a völgy szélessége kb. 1,5 km. A



23. ábra. A mai Lanchou látképe a hegyek felől

meredek hegyek nagyon jó látványt nyújtanak, de csak ritkán látni őket, mert a levegő állandóan poros, olyan mintha köd lenne. A városban sok üzlet van, de sajnos régiségeket nem lehet kapni. Találtam ugyan egy állítólag 600 éves Buddhát jadeből, de nagyon formátlan volt, így nem vettem meg. Rengeteg tibetit látni, jól festenek tarka ruháikban. A lányok vékony varkocscokba fonják a hajukat, annyiba, ahány évesek. Először azt hittük, hogy a spárgához hasonló fonatok a sapkájukhoz tartoznak, de mikor közelebből megszemléltük, kiderült, hogy ez a hajuk, jó zsíros, valószínűleg csak évente egyszer mossák, amikor a fonatok számát szaporítják. Érdekes étkezéskészletet hordanak magukkal: díszes tokban egy kés és két evőpálca, vettem is egy ilyet. Ezenkívül vettem két gubacsot, melyekre képek vannak karcolva.

Pálos megjött Pekingből és beszámolt ottani tevékenységéről. Találkozott olyan szemtanúkkal, akik végig otthon voltak a forradalom alatt, és akik elmesélték miként látták a forradalom eseményeit és az otthoni helyzetet.

A karácsonyestét Ujfalusyéknál töltöttük, jól éreztük magunkat, egyetlen zavaró momentum Lendvai gyakori, meglehetősen illuminált állapotú látogatása volt. Másnap elhatároztuk, hogy elmegyünk misére. Jóska bácsi és Ujfalusy Tóni már két nappal korábban felderítették a helyzetet és megérdeklődtek a miserendet. A kínaiak nagy megrökönyődéssel vették tudomásul óhajunkat, de nem emeltek ellene semmi kifogást. A templom kínai stílusban épült és az egyházi énekek hasonlóképpen kínaiak voltak.

...

Ezzel a levelek sorának vége szakad, 1957. január 15-én hazaérkeztem szabadságra. Ezúton köszönöm feleségemnek, hogy máig megőrizte leveleimet, lehetővé téve ennek a cikksorozatnak a létrejöttét.

\* \* \*

65 év után újra olvasva egykori leveleimet, megdöbbenett, milyen rossz képet festettem kínai munkatársaimról. Bár nem kételkedem történeteim valóságában, de azóta megtapasztaltam, hogy a kultúrák különbözősége mennyi félreértésre, téves következtetésre vezethet, és ami a fő, mennyire nem szabad általánosítani. Az 1957-es mérési szezont Wutung központtal dolgoztuk végig, ahol öntözés nélkül nem teremne meg semmi. Számunkra rejtély maradt, hogyan tudták megoldani a helyi parasztok, hogy az asztal síkságú terepen a Hoang hóból elvezetett víz a legkisebb csatornában is sebesen áramlik, különböző szinteken keresztül egymást a csatornák, és hogyan gazdálkodnak a földdel, hogy a 3000 év óta művelt talaj még ma is termőképes.

Szoros emberi kapcsolatokat is kiépítettünk az évek során, itt első sorban az Eötvös-inga-csoport tolmácsáról, Tommy Kooról kell megemlékeznem, akivel igaz baráti kapcsolatba kerültem. Már útba hazafelé, a Pekingben töltött néhány napon kaptam meg az alábbi képet tőle, melynek hátoldalára írt szövegét is közzé teszem.

Azóta a kínai nép az egész világ számára bebizonyította, hogy hihetetlen munkaképessége és szorgalma „hegyeket mozgat” valós és átvitt értelemben egyaránt. Nem régen láttam a BBC Earth műsorán egy filmet a kínai környezetvédelem eredményeiről. Éppen azon a vidéken, Kansu tartományban, ahol fényképeim megörökítették a teljesen pucér, a talajerózióknak kitett hegyeket, ma erdők zöldellnek, az alacsonyabb lankákon pedig teraszos zöldségtermelés folyik. Engedtesse meg nekem, hogy egy ilyen, az internetről levett képpel kérjek bocsánatot a kínai néptől!

**A cikk szerzője**

Szabó Zoltán

# Már lehet jelentkezni a Földtani és Geofizikai Vándorgyűlésre!

Tisztelt Tagtársak, tisztelt Érdeklődők!

2022. évben a Magyarhoni Földtani Társulat és a Magyar Geofizikusok Egyesülete ismét közösen rendez Vándorgyűlést, amelyre szeretettel hívunk mindenkit!

**FÖLDTANI ÉS GEOFIZIKAI VÁNDORGYŰLÉS: „A JÖVŐ ÖSVÉNYEIN”**  
**2022. október 14–16. (péntek–vasárnap)**  
**Magyar Természettudományi Múzeum**  
**1083 Budapest, Ludovika tér 2–6.**

A Vándorgyűlés részletes információit, az 1. körlevelet és az online jelentkezés lehetőségét itt találják: [https://foldtan.hu/hu/vandorgyules\\_2022](https://foldtan.hu/hu/vandorgyules_2022)

## A VÁNDORGYŰLÉS CÉLJA

A 2022. évben Budapestre tervezett Földtani és Geofizikai Vándorgyűlés fókuszába két kérdéskört állítottunk; ezeket igyekszik összekapcsolni a konferencia mottója is: „A JÖVŐ ÖSVÉNYEIN”.

### Fókuszban a rezervoárok és az energetika

Az első, alapvetően szakmai kérdés a fluidumrezervoárok komplex kérdéskörét célozza meg olyan társadalmilag rendkívül időszerű problémák megvitatásán keresztül, mint az ivóvízellátás, az energiabiztonság (geotermia, felszín alatti hőtárolás), a hulladékelhelyezés, az ásványi nyersanyagok kutatása (kritikus elemek, *in situ leaching* bányászat), a klímavédelem (CO<sub>2</sub>-elhelyezés) stb. Mind-ezen célok érdekében két plenáris előadást tervezünk olyan meghívott előadókkal, akik a rezervoárkutatás geológiai és geofizikai aspektusait is kiválóan ismerik és alkalmazzák. Nem tervezünk párhuzamos szekciókat, hiszen a konferencia célja éppen a geológiai és geofizikai megközelítés komplementer jellegének minél szélesebb körű bemutatása lesz. A szakmai szekciókat a beérkező előadások száma és témája alapján fogjuk kialakítani.

### Fókuszban a szakember-utánpótlás

A másik megvitatandó terület a földtudományi ismeretek minél szélesebb körű társadalmi megismertetésének lehetősége, s ehhez kapcsolódóan a szakember utánpótlás kérdése. A szakmai utánpótlás modul számos részprogramot tartalmaz.

### Továbbképzés

Ifjú földtudományi szakemberek számára a konferencia nulladik napján egy vagy két témában rendezünk továbbképzést, majd a fő figyelem a még fiatalabb generáció felé fordul.

### Pályázat középiskolásoknak

Pályázatot írunk ki középiskolás diákok számára „Miert leszek földtudós?” címmel. Erre olyan írásokat várunk, melyekben a pályázó fiatalok valamely aktuális, lakóhelyükhöz kötődő földtudományi problémát mutatnak be a lehetséges megoldási javaslaikkal együtt.

### Pályázat középiskolai tanároknak

Tükörpályázatként középiskolai biológia-, fizika-, földrajz- és kémia tanárok számára „Hogy nevelek földtudóst?” címmel indul pályázat. A legjobb pályázókat természetesen díjazzuk, s anyagaikat bemutathatják a konferencián is.

### Kerekasztal-beszélgetés

Az első előadói nap végén meghívott előadókkal rendezendő kerekasztal-beszélgetés témája szintén a földtudományok középiskolai oktatásának helyzete és az egyetemi beiskolázás lesz.

### Ismeretterjesztő terepi programok

A diákoknak és tanáraiknak a második napon ismeretterjesztő kirándulást szervezünk a Budai hegységben, összekapcsolva geológiai és geofizikai gyűjtemények megtekintésével.

\* \* \*

A Vándorgyűlés célja tehát, hogy minél több szakemberhez eljusson a rendezvényen elhangzó szakmai tartalom, ezért a jelenléti megrendezés mellett kifejezett hangsúlyt fektetünk a rendezvény online közvetítésére is.

# Korvin Gábor MTA-doktori védése

„I keep six honest serving-men  
(They taught me all I knew);  
Their names are What and Why and When  
And How and Where and Who.”

*Kipling: I Keep Six Honest Serving Men*

Korvin Gábor 2022. június 13-án sikeresen megvédte a fenti idézettel kezdődő, „My Results in Mathematical Geophysics” (Eredményeim a matematikai geofizikában) című MTA-doktori értekezését. A dolgozat a Jelölt kandidátusi fokozatszerzését (1978) követően az általa írt legfontosabb nemzetközi tudományos publikációkat foglalta össze. Az értekezést *Bondár István, Dobróka Mihály* és *M. Tóth Tivadar* bírálta. (Az értekezés, a tézisfüzet, a bírálatok és az azokra adott válaszok megtalálhatók az MTA REAL repozitóriumában: <http://real-d.mtak.hu/1343>). A bírálóbizottság elnöki tisztét *Lovász László* akadémikus töltötte be. A bizottság tagjai *Lakatos István, Lichtenberger János, Szabó Norbert, Szarka László, Timár Gábor* és *Völgyesi Lajos* voltak.

\*\*\*

Életútja nem mindennapi. Dr. Korvin Gábor, nyugdíjas egyetemi tanár, alkalmazott matematikus, geofizikus, kőzetfizikus 1966-ban az ELTE TTK-n végzett alkalmazott matematika tagozaton, 1979-ben a műszaki tudományok kandidátusa, ill. egyetemi doktor lett. 1966–1986 között az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben dolgozott, először mint szoftverfejlesztő és programozó. Majd a Szeizmikus Elméleti Osztály vezetője lett, ahol munkatársaival megalkották a MINSZK–32 számítógép szeizmikus programcsomagját. Elméleti háttérrel biztosított az ELGI szeizmikus műszerfejlesztéséhez, kidolgozta a szabadalommal védett, COROLPRESS színes plotter algoritmusait, irányította a tengerkutató részére a fedélzeti R10-es számítógép, a szeizmikus terepi előfeldolgozás céljaira pedig a műszerkocsiba beépített R10-es számítógép szoftverének megírását. 1972-ben öt hónapos IREX ösztöndíjjal Milton Dobrin professzor meghívására a University of Houston egyetemen kőzetfizikát és a véletlen terekben terjedő hullámok matematikáját tanulmányozta, ez a két téma egy életen át foglalkoztatta. 1986–1993 között a University of Adelaide (Ausztrália) egyetemen geofizikát oktatott, 1994-től 2016-os nyugdíjaztatásáig a King Fahd University of Petroleum and Minerals (Dhahran, Szaudi Arábia) geofizika professzora volt. Itt megalapította a „Reservoir Characterization” (Rezervoárjellemzés) kutatócsoportot. Éveken át vezette a tanszéki Akkreditációs Bizottságot, és sikerre vitte a Geofizika és Geológia tárgyak nemzetközi akkreditációját. Húsz éven át az

*Arabian Journal of Science and Engineering* folyóirat földtudományi szerkesztője volt. Több mint 100 publikált cikke van, 1992-es „Fractal Models in the Earth Sciences” c. monográfiájára ma is gyakran hivatkoznak. Fő kutatási területe a hullámterjedés véletlen közegekben, a fraktálok, és az üledékes kőzetek leírása sztochasztikus modellekkel. Kihasználva, hogy arab nyelvterületen élt, több mint 3500 ritka könyvvel és kézirattal gazdagította az MTA Könyvtár Keleti Gyűjteményét, ezt a tevékenységét 2010-ben a Teleki József- emlékéremmel honorálták. Nyugdíjaztatása után sem hagyott fel a kutatómunkával: 2020–2022 között a Springer Kiadó felkérésére öt fejezetet írt a készülő „Encyclopedia of Mathematical Geosciences” c. kötetbe.

\*\*\*

Akadémiai védése felidézte azt a pazar eleganciát, amelyet miskolci geofizikus hallgatói a hetvenes években megtapasztalhattak.

A Bizottság összefoglalóan megállapította, hogy Korvin Gábor „földtudományi szakemberek (geológusok, geofizikusok, kőzetfizikusok, talajfizikusok, olajmérnökök) különféle terepi, illetve laboratóriumi megfigyeléseiből kiindulva alapvető fizikai törvényeken nyugvó matematikai eljárásokat, képleteket dolgozott ki. Eredményeinek többségét analitikus levezetésekkel érte el. Matematikai-geofizikai-kőzetfizikai témájú értekezése a földtani-geofizikai kutatás néhány központi kérdésére igyekszik választ adni.”

Tézisfüzetéből a Bizottság a következő eredményeit emelte ki:

- *Analitikus matematikai megoldást vezetett a véletlen közegekben terjedő hullámok leírására. A maximális entrópia elve alapján olyan formulákat vezetett le elméleti úton, amelyeknek eddig csak empirikus alakja volt ismert.*
- *Összetett kőzetek szeizmikus sebességeire és elektromos anizotrópiájára vonatkozó átlagértékekre elméleti megközelítést adott.*
- *Fraktálmodell alapján üledékes kőzetekre az átlagos hidrológiai útvonal ún. tekervényességére (tortuozitására) összefüggést vezetett le; meghatározta egy dél-ausztráliai gravitációs ponthálózat fraktáldimenzióját (korrelációs dimenzióját); valamint kimutatta, hogy a Szezi-öböl törelseloszlása nem skálafüggetlen.*

– *A porózus kőzetek fizikája terén a kaolonit-tartalmú homokkövek permeabilitására, az üledékes kőzetek új ekvivalens pórusmodelljeire egyenletet vezetett le. Utóbbi révén kiszámította többek között a rugalmas állandókat és az egyenáramú ellenállást is.*

Lényeglátó szemlélete a magyar geofizika nagy kincse volt, és hazatérését követően ismét az lehet. További munkájához jó egészséget kíván számára a geofizikusok hazai és a nemzetközi közössége.

Sopron, 2022. június 15.

*Szarka László*



*Korvin Gábor (b) és Lovász László (j) a sikeres védés utáni fogadáson*

# Dr. Farkas István

## 1952 – 2022

Farkas István 1967–1971 között a budapesti Piarista Gimnázium tanulója volt. Előfelvételiként tett egy éves katonai szolgálatot követően lett a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Bányamérnöki Karának hallgatója, ahol 1977-ben geofizikus-mérnöki oklevelet szerzett.

Már hallgató korában kapcsolatba került a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézettel (ELGI). Diplomamunkájában a VLF elektromágneses geofizikai módszer egy új változatát fejlesztette ki. 1977. szeptember 1-jétől kezdett dolgozni az ELGI-ben, a Szilárd-ásvány-kutató Főosztályon. Az iharkúti bauxitlelőhelyen és annak környezetében, majd a Gerecse-hegységben dolgozó csoporthoz került. 1979-ben terepi csoportvezető, majd 1983-ban a hazai bauxitgeofizikai elő kutatás vezetője lett. Eközben folyamatosan foglalkozott geofizikai módszerfejlesztéssel is. Részt vett a kanadai Maxi-Probe hazai bevezetésében és fejlesztésében. Vezette az Elektromágneses Osztályt, és külföldi munkák marketing tevékenységét is végezte. Csehszlovákiában, Jugoszláviában és Görögországban bauxitkutatást, Finnországban és Törökországban érc kutatást, az NSZK-ban termálvízkutatást, Ausztriában vízkutatást vezetett. 1990-ben az ELGI-ben – az ő javaslatára – elkezdődött a geofizikai adatok újszerű adatbázisának kialakítása. E téma keretében az adatok korszerű tárolását, feldolgozását oldották meg, és megteremtették a digitális kapcsolatot más szakterületekkel. 1991-ben az ELGI Információs Irodájának vezetője lett, feladata a geofizikai adatok szolgáltatási rendjének kialakítása volt.

1993. június 29-től az Ipari és Kereskedelmi Miniszter miniszteri megbízottnak nevezte ki a Központi Földtani Hivatalhoz. Feladata a Központi Földtani Hivatal megszüntetése és a Magyar Geológiai Szolgálat megszervezése

volt. 1993. augusztus 2-ától kinevezték a Központi Földtani Hivatal elnökének, hasonló feladatokkal, mint amelyet miniszteri megbízottnaként kapott. Részt vett a Magyar Geológiai Szolgálatról szóló kormányrendelet előkészítésében s annak hatályba lépése után az új szervezet kialakításában. 1994. október 25-től megbízott főigazgatónak nevezték ki a Magyar Geológiai Szolgálat élére. El kellett készítenie a Szervezeti és Működési Szabályzatot, amelynek a jóváhagyása után 1994. január 3-tól létrehozta az új szervezeti egységeket, így megkezdte a kormány döntésének megfelelő működését a Magyar Geológiai Szolgálat.

A Miskolci Egyetem Geofizika Tanszékén egyetemi doktori címet, majd PhD tudományos fokozatot szerzett. (Értekezéseinek címe és a védések éve: „A VLF-IR módszer elmélete, gyakorlati alkalmazásának tapasztalatai és az elektromágneses frekvenciaszondázás bevezetése a kis mélységű bauxitkutatásba”, 1987, valamint „A Földtani Információs Rendszer kialakítása és fejlesztési lehetőségei”, 2003.) Óraadó, később kinevezett oktató, címzetes egyetemi tanár lett, majd a Mikoviny Sámuel Földtudományi Doktori Iskola Tudományági Doktori Tanácsának tagja. Szakmai munkájának bibliográfiai jegyzéke – mintegy száz tétel – megtalálható a Magyar Tudományos Művek tárában.

2022. április 26-án egy gyors lefolyású csontrákban, COVID-fertőzöttként hunyt el. Május 21-én az óbudai Szent Péter és Pál Főplébánia templomában búcsúztatták. Abban a templomban, ahol tagja volt a Schweitzer Albert-kórusnak és a plébánia képviselőtestületének.

Felesége, Jászfalvi Mária minisztériumi munkatárs, két gyermekük, Márton (1980) és Dorottya (1986), valamint barátai és munkatársai gyászolják.

*Szarka László, Ormos Tamás*



Dr. Farkas István  
1952 – 2022

# Bárány Tibor

## 1937 – 2022

Bárány Tibor 1937. szept. 8-án született Újpesten egyedüli gyermekként. A család később Kisújszállásra költözött, Tibor itt kezdte meg iskolai tanulmányait. (Református népiskola 1943–1947, Sárospataki református főiskola 1947–1951, majd a kisújszállási Móricz Zsigmond Gimnáziumban érettségizett 1955-ben.)

Dolgozni a MASZOLAJ Geofizikai Vállalatánál kezdett mélyfúrás-geofizikai szelvényezőként Karcagon. Innen az olajpári vállalatok átszervezései, összevonásai miatt az OKGT Alföldi Kőolajfúrési Üzeméhez került Szolnokra szintén szelvényező csoportvezetőként. Munkája mellett elvégezte a Kandó Kálmán Híradásipari és Műszeripari Technikumot. Megbízást kapott a szolnoki szelvényező részleg vezetésére, majd 1977-től a geofizikai üzem karbantartó üzemegységének lett a vezetője. Hozzá tartozott az alföldi mélyfúrású geofizikai eszköz- és járműpark karbantartása, javíttatása, az üzemeltetéshez szükséges anyagok beszerzése. 1990-ben létre jött a Geofizikai Kutató Vállalat Alföldi Kutatási Igazgatósága ahol a geofizikai anyag- és műszerszolgálat vezetője lett, amely munkakört 1995-ös nyudíjazásáig látott el. Ezt követően még három évig, mint külső vállalkozó segítette a geofizikai járművek javítását, karbantartását.

Munkája során számos kitüntetésben részesült:

1974: Bányász Szolgálati Érdemérem bronz

1984: Bányász Szolgálati Érdemérem ezüst

1989: Bányász Szolgálati Érdemérem arany fokozat

1989: Munka Érdemrend bronz fokozat

1995: 40 éves Bányász Szolgálati Oklevél.

Élete egy meghatározó korszakának tanújaként Bihari László így emlékezik meg róla:

„A 60-as évek közepétől csúcsára jutott az alföldi szénhidrogén-kutatás. Ez az ottani mélyfúrású-geofizika szakember gárdájának megerősítését is igényelte, így 1965 nyarán négy diplomás (két geofizikus mérnök és két fizikus) is érkezett a szolnoki bázisra. Bárány Tibor kíséretében a szakterület akkori vezetője, Márhoffer József már a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetemen felkeresett minket, végzős fizikusokat, Kiss Jenőt és engemet, előkészítendő Szolnokra érkezésünket. Aztán az orosházi fúrású gyakorlat után a fizikusok, Kiss Jenő és én alapvetően Tibor szárnyai alá kerültünk, az ő terepi mérőcsoportjával jártuk a kutatási területek fúrásait. Bár jeles diplomával (a tudománynak hátat fordítva érkeztem), Tibortól bőven

volt mit tanulnom a terepi mérések vonatkozásában. Sokat voltam vele a pusztaföldvári gázátfejtődés nyomozását célzó dupla szondahosszas neutron-gamma-méréseken, hogy a hosszadalmas műveletek során a szakma minden

csínját-bínját elsajátítsam. Néhány hónap múlva már rám bízta a csoportját is, és mehettem önállóan mérni. Aztán a saját csoportom is, amellyel az Orosháza és Szeged környéki fúrások nukleáris méréseit végeztem, részben az ő rutinos embereinek az átengedésével alakulhatott ki. Neki köszönhetem, hogy e nomád körülmények között végzendő, igényes és megterhelő munkában aztán évekig helyt tudtam állni. De ebben időszakban is szoros, súrlódás mentes kapcsolatban maradtunk, mert ő volt az izotópraktár kezelője, tőle kaptam meg a nap bármely idejénben a folyamatos üzemelés jellegű mérésekhez használt neutron- és gamma-sugárforrásokat. Az ő többévtizedes rutinja és hihetetlen munkabírása segített,

amikor egy algyői mérés során megszorult a neutronforrást is tartalmazó szondánk a fúrásban.

Később amikor a szolnoki műhelyben a nukleáris eszközök javítása és hitelesítése lett a feladatomban, akkor is szoros mester-tanítvány viszonyban maradtam vele. Néha elkísértem a hihetetlen fárasztó fővárosi beszerzési körútjaira is. Így jártam vele a nukleáris források átvétele-átadása kapcsán a Központi Fizikai Kutatóintézet Izotóp Intézetében is, illetve más anyagbeszerzései területein (Elektromodul, Metaloglobus stb.). Ilyenkor, hogy minél többet végezhessünk, a zsúfolt 4-es „halálúton” hajnalban indultunk Budapestre és visszaúton, csak késő délután álltunk meg ebédelni, és estére érkeztünk vissza Szolnokra. Vele minden igyekezetem ellenére sem tudtam felvenni a versenyt munkabírásban. Tanúja lehettem, ahogy fáradtságot nem ismerve és óriási rutinnal szolgálta szakmánkat és azzal az akkoriban csúcsra járatott olajipart is.

Közel 7 éves szoros munkakapcsolatunk ugyan lazult, amikor Márhoffer József beosztottjaként, őt követve az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt központjába kerültem, de akkor sem szűnt meg teljesen. Áldozatos példája a továbbiakban is meghatározó volt pályámra, az olajipar családjához való viszonyomra, és arra hogy magaménak érezzem a mélyfúrású-geofizika felügyelete és fejlesztése során a továbbiakban rám váró feladatokat.

Tudom, hogy rajtam kívül is sokaknak nyújtott önzetlen, viszonzatlan személyes segítséget. Kollegiális jó viszonyunkat mindvégig megtartottuk, örömmel találkoz-



Bárány Tibor  
1937 – 2022

tunk a Magyar Geofizikusok Egyesülete rendezvényein. A járvány miatti utóbbi időben már sajnos csak telefonon tartottuk a kapcsolatot. Legutóbb kb. egy hónapja beszélgettünk hosszasan, de semmi egészségi panasza nem került szóba. Így nehezen hittem és fogadtam el hirtelen távozását, hiszen Tibor életem egy meghatározó részét jelentette.”

\*\*\*

Bárány Tibor 2022. május 14-én 85 éves korában hunyt el. Hamvait 2022. május 26-án helyezték örök nyugalomba a szolnoki Református Temetőben.

Emlékét megőrizzük!

*Böszörményi István, Bihari László*

## Varga Géza 1944 – 2022

Barátunk, évfolyamtársunk, kollégánk 1944. április 16-án született a heves megyei Átányban, elhunyt Budapesten 2022. június 10-én.

Az ELTE TTK Geofizikus szakán szerzett diplomát 1968-ban. Diplomamunkájának tárgya a neutronaktívációs analízis volt. A diploma megszerzése után az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben helyezkedett el, ahol 2006-es nyugalomba vonulásáig dolgozott.

Szakmai tevékenységének fő területe a geoelektromos mélyszerkezet-kutatás és a magnetotellurikus (MT) módszer- és műszerfejlesztés volt. Elhivatott munkájának eredményeképpen az ELGI első számú MT-szakértője lett. Elévülhetetlen érdemei vannak az ELGI saját MT mérőállomásának kifejlesztésében a feldolgozó/kiértékelő programok elkészítésében és az egész módszer folyamatos fejlesztésében. Úttörő szerepet játszott a hazai mélyszerkezet-kutatásban, a mélybeli jól vezető képződmények felderítésében.

A módszer hazai és külföldi alkalmazásával kapcsolatban számos előadást tartott hazai és nemzetközi fórumokon. Társszerzőkkel 16 publikációja jelent meg különböző szaklapokban.

Bemutatóméréseket és szerződéses kutatásokat végzett és irányított, Ausztriában, Csehszlovákiában, Olaszországban, előadásokat tartott Dél-Amerikában és Dél-Koreában.

2005. június 10-én családi tragédia érte. Egyetlen gyermekük, Mesi lányuk 28 éves korában autóbalesetben meghalt. A szülők, érthetően, nem tudták feldolgozni a veszteséget. Az ezt követő 17 év – leánya halálának napján hunyt el – a lelki szenvedés és az ebből következő súlyos betegségek terhe alatt telt el.

Leányát Zengővárkonyban temették el. Gézát – végakarata szerint – leánya mellé helyezik örök nyugalomra.

Kedves barátunk, fájdalomadtól megszabadulva, nyugodj békében!

Emlékedet megőrizzük.

*Késmárky István*



Varga Géza  
1944 – 2022

**Az**  
**EÖTVÖS LORÁND GEOFIZIKAI ALAPÍTVÁNY**  
**felhívása**

Az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány meg kívánja jelentetni könyv formában Szilárd József töredékes kínai naplóját, kiegészítve Szabó Zoltán naplója alapján, különös hangsúllyal az „56-os események” hatására 10 000 km távolságban. Aki igényt tartana egy példányra, kérjük, jelentkezzen az Alapítvány kurátorainál vagy a Magyar Geofizikusok Egyesületének Titkárságán!

.....

**A hátoldalon látható kép:**

***Csoportkép a majdnem a teljes létszámú induló expedíció tagjaival Wuchungban  
1956. november 21-én, Li Sziguang földtani miniszter látogatása alkalmából***

**Legfelső sor balról jobbra:** (?), Máté László (lőmester), Petrovics Lali (lőmester), Lakatos Lajos bácsi (főfúrómester), Sziráki József (fúrómester), Bíró Józsi bácsi (lőmester), Proch Zoli (rádiós), Ruzsa Béla (tellurikus csop.tag), Szabó Zoli (Eötvös-inga csop.tag), Hartner Miska (tellurikus csop.tag), Asztalos Dezső (geodéta), Béldi Feri (tellurikus csop.tag), Honfi Feri (Eötvös-inga csop.tag), Komáromy Pista bácsi (Eötvös-inga csop.tag), Ihász János (Eötvös-inga csop.tag), Gellert Feri (geodéta), Gellert Éva (rajzoló), Grimm Lajos (kitűző), Rumpf Pali (fúrómester), Lendvai Karcsi (szeizmikus kiértékelő), Németh Karcsi (Eötvös-inga csop.tag), Kiss Lajos (Eötvös-inga csop.tag), (?) Petőcz Viktor (szeizmikus észlelő), Cseróka Tóni (lőmester), (?) György Elemér (autószerelő), Reich Lajos (geológus), (?), (?), (?).

**Második sor:** Lu Lin-szen (Charley, angol tolmács), Pacsirszky Éva, Annau Edgár (szeizmikus csop. vez.), Ujfalusy Éva, Mihály Karcsi (szeizmikus kiértékelő), Mihály Terike, Takács Ernőné (Baby), Bognár Erzsike, Sédy Jutka (szeizmikus kiértékelő), Szentesi Gyöngyi, Szentesi Bandi (orvos), Honfi Jutka, Herbály Rózsika, Gál Elemérné, Gál Elemér (autószerelő), Komáromy Elzike, Rumpf Piri, Lendvai Hédi, Németh Klári, Kiss Lajosné, Petőcz Mari, Cseróka Antalné, Komáromy Erzsike, (?), (?).

**Harmadik sor:** Bíró néni, Petrik Iván (tolmács), (?), (?), Szun Co-lin (minisztériumi összekötő), Ádám Oszkár (főgeofizikus), Gálfi Eta, Gálfi János (expedícióvezető), Li Sziguang (földtani miniszterhelyettes), Szurovy Géza (főgeológus), Szurovy Thea, (?), Horváth Árpád (szeizmikus észlelő), Horváth Nusi, (?), (?), (?), (?).

**Negyedik sor:** Ujfalusy Tóni (szeizmikus kiértékelő), Pacsirszky Laci (szeizmikus észlelő), Bognár Johnny (tellurikus csop.tag), Kaszás János (fúrómester) és a gyerekek: Pacsirszky Lacika, Ujfalusy Gábor, Pacsirszky Bea, Szentesi Zsuzsi, Herbály Kati, Szentesi András, ifj. Szurovy Géza, Herbály Öcsi, Gálfi Öcsi, Horváth Zsolt, Gálfi István, Kiss Jutka, Kiss Márti, Horváth Árpai.

**Hiányzó:** Szilárd Jóska bácsi, Banai Gyula (+Melinda, Gyuri, Gyuszi), Pálos Miklós (+Ilu), Sédy Loránd, Herbály Imre, Ádám Erika+Eszter



# Wuchungi csoportkép



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.mageof.hu](http://www.mageof.hu)

