

MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

A MAGYAR
GEOFIZIKUSOK
EGYESÜLETÉNEK
FOLYÓIRATA



JOURNAL OF THE
ASSOCIATION
OF HUNGARIAN
GEOPHYSICISTS

Ami kimaradt a közgyűlési beszámolóból: a laudációk

Gondolatok a lemeztektonikáról, szubdukcióról és a Kárpát-Pannon Régió
geodinamikájáról – Mit mond erről az MI?

Az Országos Geotermikus kutatási programban készült
új szeizmikus mérési eredmény a Bólyi-árokából

A Balkán Geofizikai Társulat
és a Magyar Geofizikusok Egyesületének kapcsolata

Inverziós Ankét – Meghívó

In memoriam

Papp János
Dr. Bakai János

Göncz Gábor
Vincze László



MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

67. évfolyam (2026) 2. szám



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

TARTALOM • CONTENTS

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

- 61 Ami kimaradt a közgyűlési beszámolóból: a laudációk – *Szerkesztőség*

TANULMÁNY • PAPER

- 63 Gondolatok a lemeztektonikáról, szubdukcióról és a Kárpát-Pannon Régió geodinamikájáról – Mit mond erről az MI? (Thoughts about plate tectonics, subduction and the geodynamics of the Carpathian-Pannonian Region — What does the “AI” say about this?) – *Kiss J.*
- 76 Az Országos Geotermikus kutatási programban készült új szeizmikus mérési eredmény a Bólyi-árokából (New seismic measurement results from the Bólyi Trench made in the National Geothermal Research Program) – *Bereczki L., Szabó T., Kemény M., Csabafi R., Markos G., Lukács T., Cégény A., Hegedűs E., Szebenyi R., Takács E., Török I., Virók A., Bauer M.*

HOZZÁSZÓLÁS • COMMENT

- 87 A Balkán Geofizikai Társulat és a Magyar Geofizikusok Egyesületének kapcsolata – *Bodoky T.*

HÍREK • NEWS

- 89 Inverziós Ankét – Meghívó – *Miskolci Egyetem, Geofizikai Tanszék*

IN MEMORIAM

- 90 Papp János – *Szűcs I.*
- 90 Göncz Gábor – *Késmárky I., Wittmann G., Véges I.*
- 91 Dr. Bakai János – *Szűcs I.*
- 92 Vincze László – *Pethő G.*

MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

67. évfolyam (2026) 2. 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. GALSA ATTILA, DR. KISS JÁNOS, DR. LŐRINCZ KATALIN,

DR. NÁDASI ENDRE, 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: Breitner Dániel

Szerkesztőség: 1143 Budapest, Stefánia út 14.

Telefon: (06) 30-811-8819

Titkársági e-mail: geofizikusok@gmail.com

Honlap: www.mageofegy.hu

Megjelenik évente négyszer

INDEX: 26 507

HU ISSN 2677-1497 (online)

Ami kimaradt a közgyűlési beszámolóból: a laudációk

A Magyar Geofizikusok Egyesülete, ez év április 24-én megtartott közgyűlésén, ahogyan erről már beszámoltunk lapunk előző számában is, egyesületi kitüntetésekben részesítette egyes tagtársainkat. A közgyűlési beszámolóba az elismerések indoklásai nem fértek be, közkívánatra ezt szeretnénk most pótolni.

Az „év cikke” Meskó Attila- és Csókás János-díjakat kapják az Egyesület Tudományos Bizottsága által kiválasztott, 2025-ben megjelent legjobb cikkek írói.

Meskó Attila-díjat kapott *Porkoláb Kristóf* az „Elasztikus termobarometria – Módszertani áttekintés” című cikkéért, amely a *Földtani Közlöny* 155(3) számában jelent meg a 181–193. oldalakon.

Csókás János-díjat kapott *Baracza Mátyás Krisztián* a „Szimulációs adatokon tanított neurális háló alkalmazása a mélyfűrészi hőcserélők teljesítményének előrejelzésére” című cikkéért, amely a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának 2026-ban kiadott, „Új eredmények a műszaki föld- és környezettudományban” című konferenciakiadványában jelent meg a 93–98. oldalakon, Miskolcon.

Egyed László- emlékérmét kapott *dr. Szűcs István* a geofizika területén, különösen a bányászati akusztikában végzett, nemzetközileg is elismert munkásságáért, a nemzetközi együttműködésekben megvalósított fejlesztéseiért, valamint a geofizika oktatásában szerzett érdemeiért.

Dr. Szűcs István 1958-ban született Komlón, ahol általános- és középiskolai tanulmányait is végezte. 1982-ben Miskolcon, a Nehézipari Műszaki Egyetem Bányamérnöki Karán geofizikus mérnöki, ezt követően pedig a Janus Pannonius Tudományegyetem és a Middlesex University Közgazdaságtudományi Karán közgazdasági diplomát szerzett. 1988-tól egyetemi doktor és a műszaki tudomány kandidátusa.

Munkaterületeinek gyökereit a mecseki régió egykori szén- és uránbányászatához kapcsoló széles spektrumú mérnöki kihívások jelentették, amelynek kutatói és vezetői kihívásait bányabiztonsági, geotechnikai, építőmérnöki, környezetvédelmi és nukleáris dimenzióinak összehangolt kezelése képezte. Szakmai tevékenysége homlokterében mindmáig az épített objektumok és felszín alatti létesítmények természeti környezetbe illesztését és működtetését megalapozó tervezési információk mérnöki és biztonsági szempontjainak komplex kezelése áll.

A vezetői kihívások főbb állomásait a Mecseki Szénbányák Kutatási Központ (később Geopard Kft.) igazgatói, a Mecsekérc Környezetvédelmi Zrt. kutatási igazgatói, és vezérigazgató-helyettesi, valamint a Bátatom Kft. igazgatói beosztásai fémjelezték.

1997 óta a Miskolci Egyetem meghívott előadója, 2008 óta pedig Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai, valamint Természettudományi Karának habilitált egyetemi docense, több évig tanszékvezetője és jelenleg is szakvezetője. A PTE nukleáris környezetvédelmi szakmérnök képzés megalapozója. Egyetemi oktatói és kutatói tevékenysége háttérében több évtizedes, a hazai és külföldi ipar különböző területein szerzett szakmai és vezetői gyakorlat áll. A világ több mint 120 országában járva szerezte tapasztalatait, 25 ösztöndíjas program keretében és mintegy száz külföldi szakmai tanulmányúton, konferencián vendégelőadóként, közös kutatásokban való részvétellel, projektvezetések és szakértői munkák során.

Tíz éven keresztül látta el hazánk szakértői képviselőjét a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA) és az OECD Nukleáris Energia Ügynökség (NEA) különböző műszaki projektjeiben. E tevékenységeihez kapcsolódóan több nemzetközi folyóiratban végzett szerkesztőbizottsági és lektori feladatokat. Az MTA PAB Bányászati és Földtudományi Bizottságának 16 évig, a Környezetmérnöki Bizottságnak pedig 8 évig volt az elnöke. Egy cikluson keresztül volt a Magyar Geofizikusok Egyesületének országos alelnöke és elnöke, a déldunántúli szervezetet pedig több, mint két évtizeden át vezette. Munkáját Renner János-emlékéremmel, Tiszteleti Tagsággal és az MTA PAB Zsolnai Tudományos Díjával ismerték el. A nemzetközi ipari, oktatási és testvérvárosi kapcsolatok kialakítása terén végzett munkájáért Namur (Belgium) és Tucson (USA) tiszteletbeli polgára lett.

Egyed László- emlékérmét kapott *dr. Bodoky Tamás* a geofizika területén végzett szakmai élettevékenységéért.

Dr. Bodoky Tamás 1964-ben az ELTE TTK geofizikus szakán szerzett oklevelet Egyed László professzor hallgatójaként. 1963-tól részmunkaidősként majd végzése után teljes állásban 2004-ig dolgozott az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben. Kezdetben az Intézet nagyalföldi szénhidrogén-kutató terepi méréseiben vett részt, majd mint a nagyalföldi regionális geofizikai mérések komplex témafelelőse. Vezetője volt a szovjet blokkban működő első vibroszeiz rendszer üzembeállításának és kezdeti méréseinek. 1979–1989: a bányabeli geofizikai kutató-

módszerek fejlesztésén dolgozott. 1990-ben az Intézet Szeizmikus és Számítástechnikai Főosztályának vezetője, majd 1994-től az Intézet igazgatója és a Magyar Geológiai Szolgálat főigazgató-helyettese volt, részt vett a ezredfordulós nemzetközi nagy litoszférakutató projektek hazai munkáiban. 2004-ben nyugdíjba ment.

1974: megvédte kandidátusi disszertációját, és elnyerte a műszaki tudomány kandidátusa fokozatot. 1992-től több cikluson át tagja volt az MTA Geofizikai Tudományos Bizottságának, két cikluson át köztestületi képviselő is volt.

2005-ben a Miskolci Egyetemen lefolytatott sikeres habilitációs eljárása után a Miskolci Egyetemtől egyetemi magántanári címet nyert el.

1964-től Magyar Geofizikusok Egyesületének tagja, 1971-től tisztségviselője, 1990-ben és 2002-ben pedig elnöke volt. 1992-től mind a mai napig a *Magyar Geofizika* szakfolyóirat főszerkesztője.

1982-től European Association of Exploration Geophysicists (EAEG, Hollandia) tagja, 1992-től vezetőségi tagja, 1994-ben pedig elnöke volt. Részt vett 1995-ben a European Association of Geoscientists & Engineers (EAGE) megalakításában mint az EAGE Geofizikai Szakosztályának elnöke. 1996-tól 2004-ig a PACE (Programm for Association and Co-operation in Earth-Sciences, Hollandia) alapítvány kuratóriumi tagja, majd pénztáros titkára (secretary-treasurer) volt.

Renner János-emlékérmét kapott *dr. Timár Gábor* az Egyesületben és annak érdekében elnökségi tagként és elnökként végzett kiemelkedő tevékenysége elismeréseként.

Dr. Timár Gábor geofizikus, egyetemi tanár, az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) Geofizikai és Űrtudományi Tanszékének vezetője. Tudományos munkásságának középpontjában a geodézia, a geofizika és a térinformatika áll, különös tekintettel a történeti térképek georeferálására, a földtani és geodinamikai folyamatok vizsgálatára, valamint a Kárpát-medence szerkezetének elemzésére.

Felsőfokú tanulmányait az ELTE-n végezte, ahol később oktatói és kutatói pályafutását is megkezdte. Számos hazai és nemzetközi kutatási projekt résztvevője és vezetője volt, eredményeit rangos tudományos folyóiratokban publikálta. Oktatói tevékenysége során nagy hangsúlyt fektet a modern mérési és adatfeldolgozási módszerek átadására, valamint a hallgatók gyakorlati szemléletének fejlesztésére.

Kutatási érdeklődése kiterjed a műholdas helymeghatározásra (GNSS), a térbeli adatok feldolgozására, valamint a történeti térképek digitális feldolgozására és elemzésére. Nevéhez több innovatív módszertani megközelítés is köthető ezen a területen. Két éven át a Magyar Geofizikusok Egyesületének elnöke volt, aktív szerepet vállalva a hazai szakmai közélet szervezésében és fejlesztésében. Rendszeres előadó hazai és nemzetközi konferenciákon.

Munkájával jelentősen hozzájárul a hazai geofizikai és térinformatikai kutatások fejlődéséhez, valamint az utánpótlás képzéséhez.

Renner János-emlékérmét kapott *Sőreg Viktor Dénes* a geofizikai kutatások érdekében kifejtett tevékenységéért.

Sőreg Viktor Dénes hidrogeológus-mérnökgeológus oklevelét 1986-ban szerezte a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen, később programtervező-matematikusi (JATE, 1997) és olajmérnöki (Miskolci Egyetem, 2014) oklevelet is szerzett.

1986-ban kezdte meg szakmai pályafutását a MOL-nál. A szakmai létrát végig járta és sok magas pozíciót töltött be. 2007 és 2012 között a Magyarország és Eurázsia Régió kutatásvezetője volt. Szakmai irányítás alatt bevezetésre került a 3D szeizmikus mérések medence szintű kutatási módszertani alkalmazása és a 3D mérések fedésszámának növelése. Nagy érdemei vannak sok magyarországi nagy olaj- és gázmező felfedezésében.

Magas szintű szakértelemmel rendelkezik a nem hagyományos és geotermikus energia kutatás terén is. Tagja volt a Közép-európai Geotermikus Energia Igazgatóbizottságának. Az integrált szemléletet képviselte és honosította meg a szénhidrogén-kutatásban.

Az AAPG, EAGE and SPE és az MGE tagja, sok ismert szakember nevelkedett irányítása és szakmai támogatása mellett. Jelentős eredményeit Miniszteri Elismerő Oklevéllel (2021, Magyarország), Életpálya Díjjal (2021, MOL, Magyarország), az Ipari Miniszter által adományozott Szent Borbála-éremmel (2003, Magyarország), valamint a Magyar Olajiparért Kitüntetés Ezüst Fokozatával (1999, Magyarország) ismerték el.

Tiszteleti tagságot kapott *dr. Zilahi-Sebes László* a mélyfúrás geofizikában és az Egyesület céljainak megvalósításában szerzett rendkívüli érdemeiért.

Külföldi Tiszteleti tagnak választották *prof. dr. Jadwiga Anna Jarzynat*, aki a lengyelországi AGH Egyetem Geofizikai Tanszékének egykori vezetőjeként a szakterület meghatározó személyisége. Tudományos együttműködése kiterjedt két hazai geofizikai tanszék-re, egyrészt az ELTE-re, másrészt a Miskolci Egyetemmel elsősorban oktatási és kutatási együttműködés keretében segítette doktoranduszaink nemzetközi publikációinak megjelenését szerkesztői és bírálói tevékenységével.

Egyesületi Emléklapot kapott *dr. Nádasi Endre*, az MGE Észak-magyarországi Csoportjának elnöke, az Egyesületért végzett lelkiismeretes munkájáért, valamint az egyesületi ifjúsági konferenciák szervezésében vállalt aktív szerepéért.

Szerkesztőség

Gondolatok a lemeztektonikáról, szubdukcióról és a Kárpát-Pannon Régió geodinamikájáról – Mit mond erről az MI?

Kiss J.

Szabályzott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SZTFH), Földtani Igazgatóság,
1123 Budapest, Alkotás utca 50.
E-mail: janos.kiss@sztfh.hu

A szubdukció lokális földtani jelenség megértéséhez sokszor a regionális okokat kell először tisztázni – a fizika alapvető törvényszerűségeitől kell eljutni egészen a különböző földtani folyamatok megértéséig. Ez a tanulmány is mesziről indul, hogy aztán a végén jobban rálássunk a lemeztektonika, a szubdukció és az azokat előidéző geodinamikai folyamatokra, valamint a Kárpát-Pannon Régió kialakulásának lehetséges forgatókönyvére. A válaszok pontosításához segítségül hívtuk az MI (mesterséges intelligencia) alapú keresést.

Kiss, J.: Thoughts about plate tectonics, subduction and the geodynamics of the Carpathian-Pannonian Region – What does the AI say about this?

To understand subduction as a local geological phenomenon, regional causes must often be clarified first – one must proceed from the fundamental laws of physics all the way to an understanding of various geological processes. This study also starts from a broad perspective so that, by the end, we can gain a better understanding of plate tectonics, subduction, and the geodynamic processes that cause them, as well as possible scenarios for the formation of the Carpathian-Pannonian Region. To refine the answers, we used AI (artificial intelligence)-based search.

Beérkezett: 2026. április 4.; elfogadva: 2026. augusztus 13.

Bevezetés

Néhány korábbi publikációban (Kiss & Bodoky 2016) és előadásban már foglalkoztunk a lemeztektonikával és a szubdukcióval (Kiss 2013, 2015), mert már akkor is úgy tűnt, hogy némi zavar érezhető ezzel kapcsolatban. Akkor ezek a vizsgálatok a térség geofizikai (gravitációs és mágneses) térképi adatrendszerének értelmezése céljából egyfajta előtanulmányként készültek.

Szoros kapcsolat van a geofizikai erőterek és az eltérő folyamatok hatására kialakult különböző földtani környezetek között – gyors geodinamikai folyamatok hegységeket építenek (Alpok, Kárpátok, Dinaridák), gyűrődéseket okoznak, megbontják egy adott terület települési viszonyait, miközben az egyensúlyra való törekvés miatt izosztatikus gyökérszónák (regionális gravitációs Bouguer-anomália-minimumok) és köpenykiemelkedések (Kárpát-medencei köpenydiapír, regionális Bouguer-anomália-maximumok) alakulnak ki. A mély törések, szubdukciók

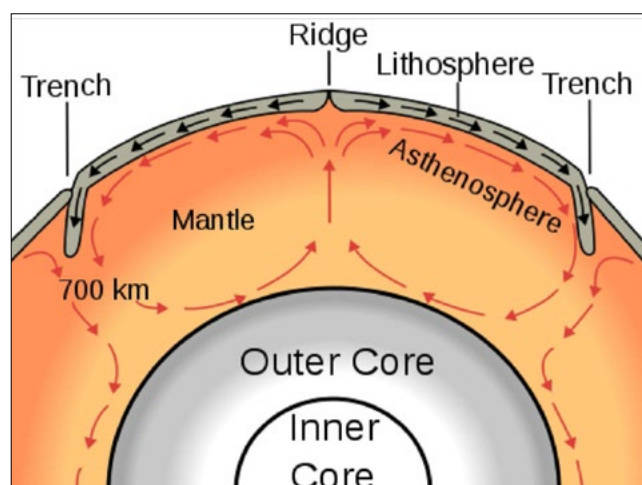
mentén aktív vulkanizmus kezdődik, bázisos (bazalt) és intermediér (andezit) lávaanyagot hozva a felszínközelségbe vagy a felszínre is, ami mágneses anomáliákat eredményez. E földtani folyamatoknak a hatása a Föld fizikai erőtereiben, illetve annak változásaiban is megjelenik. A folyamatok felismerése, megfejtése, tisztázása érdekében viszont, a fizikai folyamatok/kapcsolatok alaposabb megismerésére, megértésére van szükség. A megismerés folyamata lassú, és a főleg felszínről, illetve a geofizika segítségével kisebb mélységekből megszerzett ismereteink sokszor nem elegendőek, nem adnak teljes körű választ kérdéseinkre.

A Földet lefedő különböző tematikájú térképek és a szakmai folyóiratokban megjelenő információk alapján tájékozódhatunk ebben a témában. Az internetes keresések, az MI (mesterséges intelligencia) alapú gyorskeresés és értelmezés is segítségíthat.

Az MI válaszokat fogalmaz meg kerek mondatokban – azaz átfogalmazva a forrásanyagokat –, amelyek hivatkozását is megadja. Mivel a válaszok nem szó szerinti idéze-

tek, így a konkrét válasz nem mindig kapcsolható egyetlen forrásműhöz (és így nem adható meg annak pontos hivatkozása sem). Érdekes módon a keresőalgoritmusok a megismételt rákeresések során sem ugyanazokat az eredményeket hozták fel, illetve a válaszokat átfogalmazták (jelezve talán egyfajta bizonytalansági faktort). Az MI-keresések ugyanakkor sokszor nem ismerik a régi forrásműveket, amelyek még nem jelentek meg digitálisan, hanem csak régies, analóg formában érhetők el.

A tanulmányban felhasználtunk néhány olyan ábrát, amelyeket az internetről töltöttünk le, de azok forrása sokszor ismeretlen – az internetes felület vagy az adott forrásmű sem adja meg pontosan azokat. Ahol ezek forrása egyértelmű, azt az ábrafeliratokban megadtuk.



1. ábra Köpenykonvekció sematikusan (Wikipédia)
Figure 1 Schematic Convection of mantle (Wikipedia)

Trench – mélytengeri árok, Ridge – óceánközépi hátság, Lithosphere – litoszféalemez, Mantle – köpeny, Asthenosphere – asztenoszféra, Outer Core – külső mag, Inner Core – belső mag

Lemezmozgások

„A lemeztekonika elsődleges mozgatóereje a földköpenyben zajló hőáramlás (konvekció), amely mozgatja az asztenoszféra felett lebegő kőzetlemezeket.” (MI – PTE No.1)

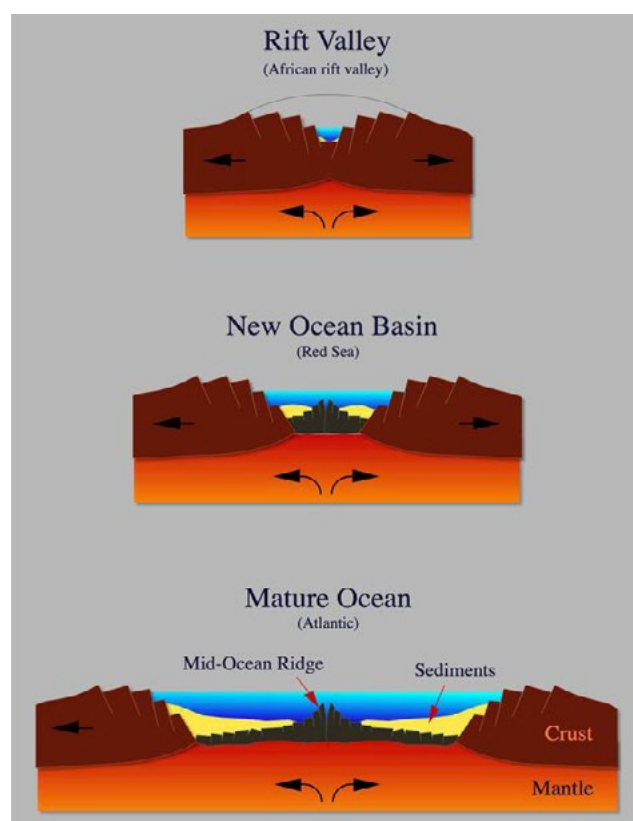
Az 1. ábrán láthatjuk földköpenyben zajló termikus konvekció korai, leegyszerűsített elképzelését. A hőáramlás menetét, valamint azt, hogy a köpeny fel- és leáramlásai között – azaz az óceánközépi hátság (Ridge) és a litoszféalemez lebukása, avagy a mélytengeri árok (Trench) között – a felszínnel párhuzamos vízszintes áramlások is történnek, amelyek mozgatják, szállítják a litoszféalemezeket.

Ez az alapelképzelés, amelyet számtalan tényező befolyásol (amelyekről ma sem tudunk eleget), de ez az alaptézis elfogadható, és sok tapasztalat támogatja azt. Vajon a „makrocellák” mellett vannak „mikrocellák” is – lásd például ’hot spot’-ok? Nagy valószínűséggel igen, de ma még nincsenek az egész Földre kiterjedő részletes adataink, méréseink, hogy ezeket pontosan megismerhessük.

Korábbi ismereteink alapján a lebukás (vagy szubdukció) az óceáni és a kontinentális litoszféalemezek között alakulhat ki. Az óceáni litoszféra alsó kéreg és felső köpeny (vagy köpenylitoszféra) összetételű lemez, míg a kontinentális litoszféra felső kéreg – alsó kéreg – felső köpeny (vagy köpenylitoszféra) összetételű, s ebből adódóan vastagabb és merevebb. Ez azért fontos, mert alábukás a két eltérő típusú lemez szegélyén jön létre, egy vékonyabb rugalmasabb és egy merevebb vastag lemez között (két különböző korú, sűrűségű és vastagságú óceáni lemez között is kialakulhat). Az 1. ábrán ez nincs kiemelve, pedig ez fontos részlet.

Hogy még egyszerűbb legyen a dolog, azt is tudjuk, hogy az eltérő litoszféalemezek között vannak aktív és passzív lemezszegélyek, s a különbség csak annyi, hogy a passzív lemezszegélyeknél nincs alábukás. A miértkre később megpróbálunk válaszolni!

Óceáni lemez kialakulhat hosszabb földtani idő alatt a kontinentális lemezek belsejében is, a riftesedésnek köszönhetően (2. ábra): divergens köpenyáramlás (pl. afrikai riftzóna, felül), majd riftesedés (pl. Vörös-tenger, közepén) és végül alsó kéreg típusú óceáni lemez kialakulása (pl. Atlanti-óceán, alul). A divergens köpenyáramlás miatt az óceáni lemez is riftesedhet, s kialakul az óceánközépi hátság.



2. ábra Óceáni lemez keletkezése a kontinensen
Figure 2 Formation of oceanic plates on the continent

Az MI-től kapott további magyarázatokban a következőket találhatjuk.

Mozgatóerők

„A lemezek vándorlását főként a sűrűbb, lehűlt óceáni litoszféra szubdukciós zónákban történő alábukása (gravitációs húzóerő) és az óceánközépi hátságoknál fellépő lemeztolás hajtja.” (MI – PTE No.2)

„A szubdukciós, vagy gravitációs húzóerő (*Slab pull*):

- A legjelentősebb erő, amikor a lehűlt, sűrűbb óceáni kőzetlemez a mélybe bukik, és súlyánál fogva húzza maga után a lemez többi részét.
- Az alámerülő óceáni lemez hidegebb és sűrűbb, mint a környező asztenoszféra, ezért saját súlyánál fogva húzza lefelé az egész lemezt. (MI – ELTE No.1)

Az óceánközépi hátságok tolóereje (*Ridge push*):

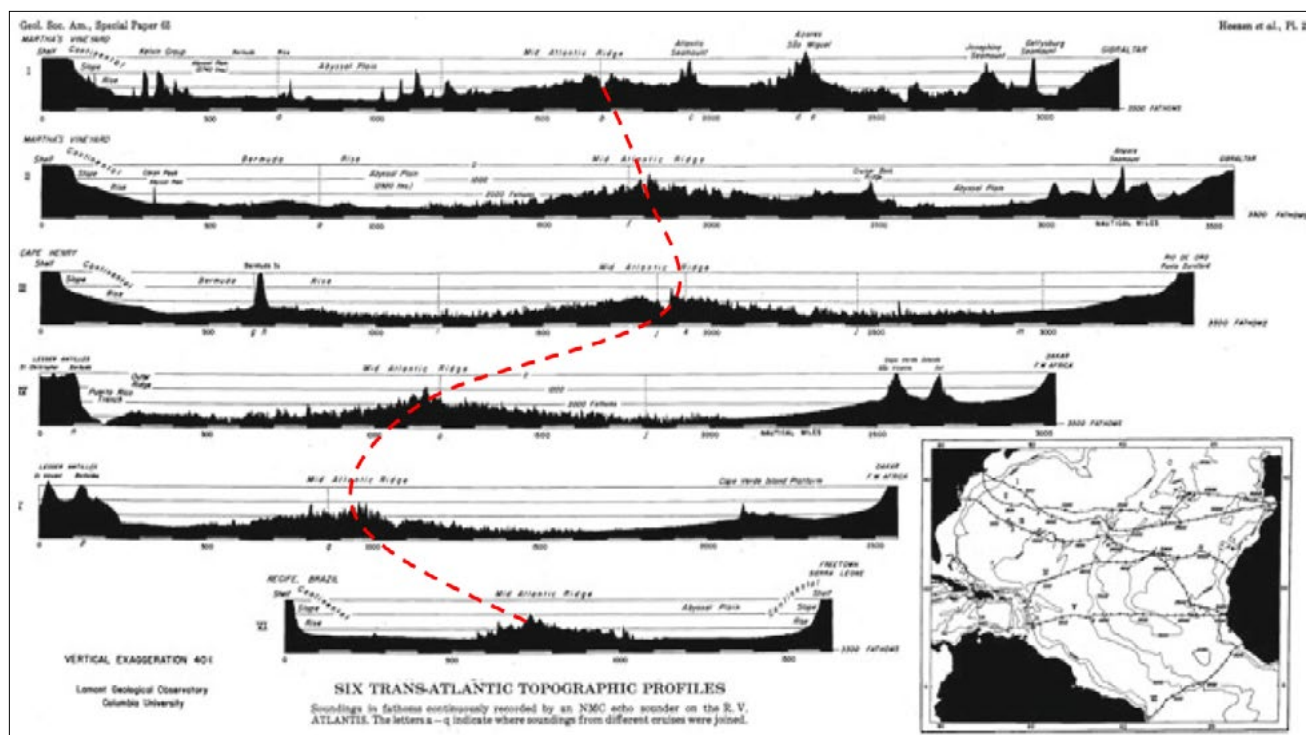
- A magasabban fekvő hátságoknál a kőzetlemez a gravitáció hatására lecsúszik és oldalirányba tolódik.
- Bár kevésbé meghatározó, az óceánközépi hátságoknál kiemelkedő, magasabban fekvő kőzetlemez gravitációs lecsúszása is hozzájárul a mozgáshoz.” (MI – ELTE No.2)

Vizsgáljuk meg először a *gravitációs húzóerőt*! Az a sűrűségkülönbség, amelyre a forrásanyag szerzői utalnak, megvan az azonos szinten található kontinentális felső kéreg és az óceáni alsó kéreg között, de nincs már meg a kontinentális és az óceáni alsó kéreg között! Az elmélet szerint két lemez közötti sűrűségkülönbség miatt bukik az egyik lemez a másik lemez alá, a kontinentális és óceáni litoszféralemezek találkozásánál. De mivel nem minden lemezszegély aktív,

ebből az látszik, hogy ez a sűrűségkülönbség nem elegendő, kell még valami az alábukáshoz, például egy tolóerő, amely a konvergens lemezmozgás esetén meg is van!

A Földben lefelé nő a sűrűség (*Függelék*) és egyre mafikusabb típusú kőzetek vannak, és a szubdukálódó lemezrész általában elenyésző méretű az óceáni lemez teljes méretéhez képest! A kis alábukó lemezrész húzza magával az 1000–5000 km-es óceáni lemezt, amelyet a súrlódás még vissza is fog? (Ez volt a korábbi elképzelés!) Ha ez így lenne, akkor nem lennének passzív lemezperemek, mert mindenhol szubdukciónak kéne lennie! Az asztenoszféra-ban zajló hőáramlás (termikus konvekció) a hőmérsékletkülönbségből adódó áramlás egy folyadékszerű közegben globálisan írja le ezt a geodinamikai folyamatot, amelyet csak a szubdukálódó nagyobb sűrűségű óceáni lemez hatásának állítanak be – szerintem helytelenül.

A fizika törvényei szerint szilárd testekben nincs konvektív hőáramlás, csak gázokban és folyadékokban. A kőzetek pórustérfogatában áramló víz esetében van hőáramlás, de az csak oldott anyagokat, ionokat, gázokat tud szállítani és nem kőzetlemezeket. Adódik, hogy a szilárd litoszférában nincs hőáramlás, tehát nincs sűrűségkülönbségből fakadó kőzetmozgás, azaz a litoszférában ilyen szempontból nincs jelentősége a sűrűségkülönbségnek, mert abból maximum kőzetfeszültség és/vagy izosztatikus kiegyenlítődés lehet (össztömeg egyensúlyra törekvés, a gravitáció és az úszás törvényei alapján)! Fennáll viszont a szilárd litoszféralemezek mozgása, amelyet a mélyebb, nem szilárd asztenoszféra-ban meglévő hőáramlások (termikus konvekciók) szállítanak (HUN-REN, Litoszféra-



3. ábra 6 darab tengermélység profil (40-szeres kimagyasítás) (Heezen et al. 1959)
Figure 3 6 seafloor profiles (40 times exaggeration) (Heezen et al. 1959)

fizika)! Tulajdonképpen ezek tolják a szubdukálódó lemezt – amelyet a szubdukciónál a fölötté lévő vagy a fölé kerülő kontinentális litoszférolemez is nyomhat saját súlyával lefelé, a mozgása mellett, a képlékeny (kvázifolyadék) állapotú asztenoszférába.

Az óceánközépi lemeztolás elvileg alkalmas lenne tolóerőnek, de ennek a tolóerőnek egy 1000–5000 km-es óceáni lemezt kellene először megmozgatni, hogy elérjen a hasadékvölgytől a szubdukció támadási pontjáig. Elvileg lehetséges, de a gyakorlatban eléggé kérdéses!

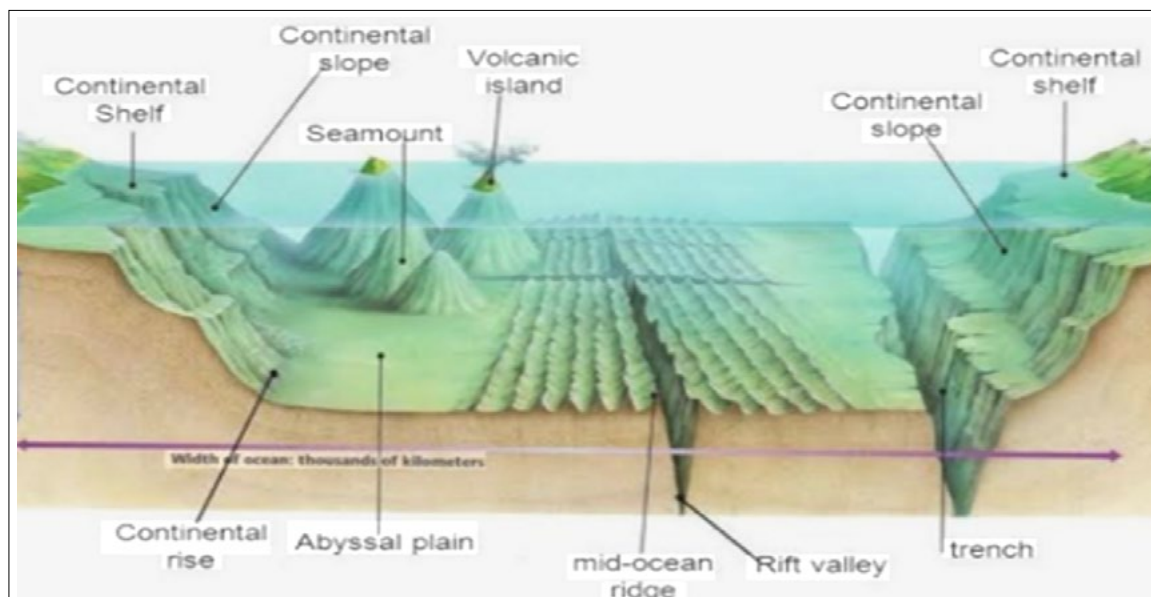
Az óceánközépi hátságoknál feljövő bazaltos magma az óceáni lemez méretéhez képest elenyésző térfogatú. Ha ez az anyag nyomná szét az óceáni kérget, akkor először egy hatalmas vulkáni hegységnek kellett volna épülnie a tenger fenekén, helyette hasadékvölgy, azaz riftzóna¹⁾ van. Van a riftzóna mindkét oldalán egy-egy domborzati kiemelkedés, amelyeket együtt óceánközépi hátság hívunk – nem hegységnek vagy hegycsúcsnak, hanem hátságnak. Azért hátság a neve, mert a vízszintes kiterjedése sokszorososa a vertikális méretének (3. ábra). Ha az óceánközépi árokban feljövő bazalt ereje nem elegendő ahhoz, hogy a felette lévő kis sűrűségű és kis közegellenállású vízben egészen a felszínig feljöjjön vulkáni hegygerincet építve, akkor hogyan mozgathatna meg 1000–5000 km hosszúságú, a köpenyen súrlódó óceáni lemezt (hogy elérjen a szubdukciós pontig), amely sokkal nagyobb közegellenállást fejt ki, mint a tengervíz? Nem a feláramló bazalt nyomja szét a lemezeket (az egyik oldalon semmit se, a másik oldalon szubdukciót okozva), hanem a termikus konvekció divergens mozgása miatt mozognak az óceáni litoszférolemezek.

A 3. ábra bemutatja a tengerfenék vizsgálatáról megjelent első 6 óceáni mélységsvényt, 40-szeres kimagassítás mellett (Heezen et al. 1959). Sajnos a feliratok nem olvashatók, ezért az óceánközépi hátságot (a közepén húzódó riftvölgy mentén) piros szaggatott vonallal is kiemeltük. A svényen a nagyon nagy kimagassítás mellett is érezhető, hogy mennyivel nagyobb az óceánközépi hátság szélessége a magasságánál.

„Az óceánfenékről kiemelkedő hatalmas víz alatti hegyláncok, amelyek átlagosan 2–4 km magasságba nyúlnak a környező mélytengeri síkságok fölé. Szélességük elérheti az 1–4 km-t, és a Föld óceánjait mintegy 80 000 km hosszán hálózják be.” (MI – Világlexikon²⁾)

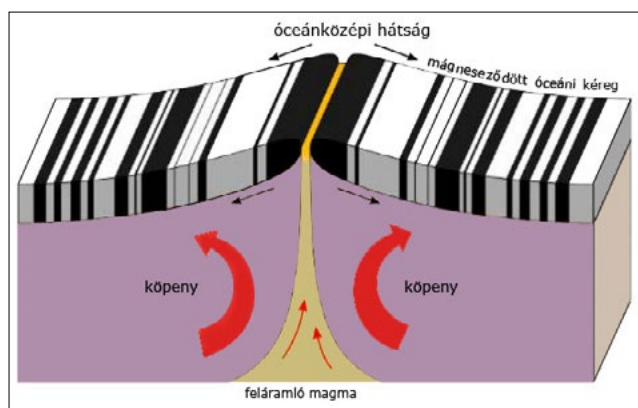
A 3. ábra (vagy a 6. ábra) alapján azonban az Atlanti-óceán közepén található óceánközépi hátság szélessége nem 1–4 km, hanem többször 100 km!

„A gravitáció hatására lecsúszik”, írják a magyarázatban. Tehát a forró magma kiömlik, aztán lecsúszik, de honnan, hiszen kezdetben nem hátság volt ott, hanem hasadékvölgy! A hátság magassága 2–4 km, ehhez képest a szélessége néhányszor 100 km körüli (3. ábra). Adódik, hogy a magma 4 km-ről (végmagasságból) elmozdul nem kevesebb, mint 100 km-re gravitációs csúszással (a lejtő szöge 2–3°)? A forró magma a hideg tengervízben, szinte helyben megszilárdul, és a köpenykonvekció – mint annak része – viszi magával, s ezért az óceánközépi hátság szélessége többször 100 km. A gravitációs csúszás egyébként is csak a szilárd tengerfenék (óceáni lemez) felszíni



4. ábra A tengerfenék felépítése vázlatosan. Az óceánközépi hátságok a kőzetlemezek távolodása (divergens lemezszegély) miatt jönnek létre, ahol a hasadékvölgyben a magma felemelkedik, és új óceáni kéreg keletkezik. A divergens mozgás miatt a kiömlő magma sávokba rendeződik és folyamatosan távolodik a hasadéktól

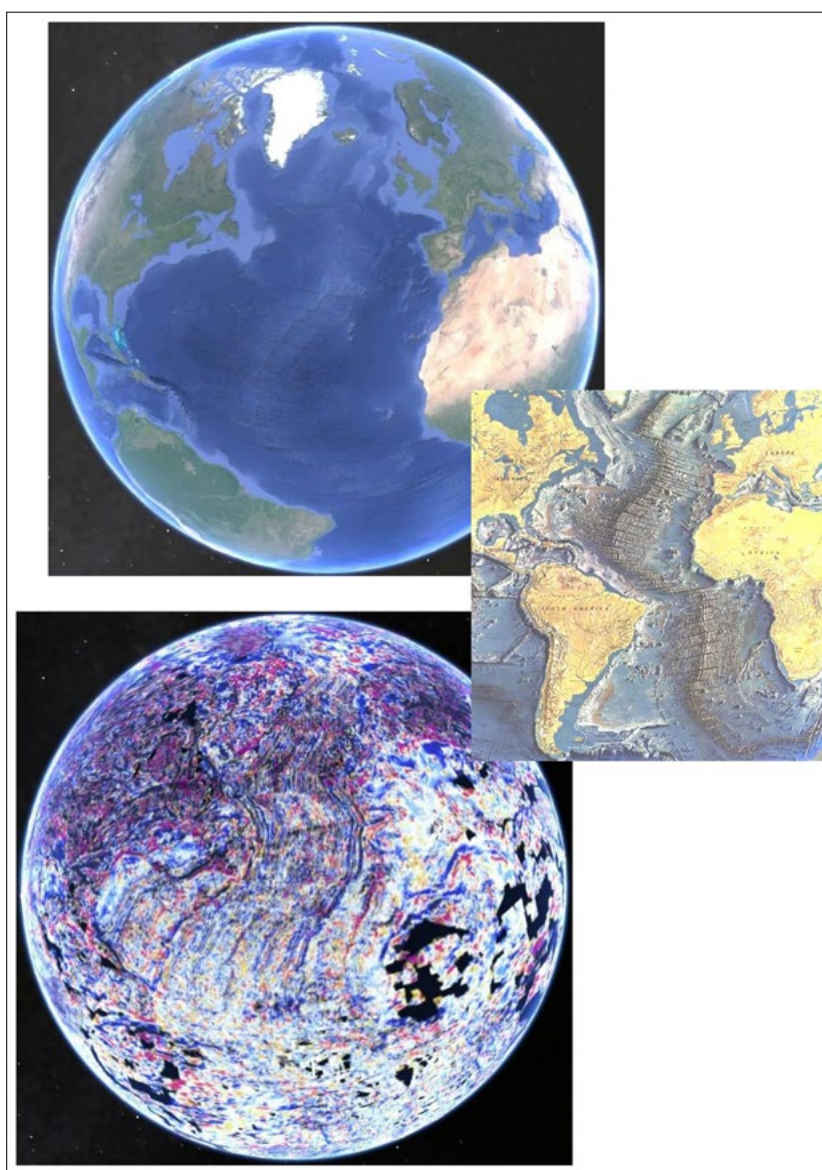
Figure 4 A schematic representation of the seafloor structure. Mid-ocean ridges form due to the divergence of tectonic plates (divergent plate boundary), where magma rises in the rift valley and new oceanic crust is formed. Due to the divergent movement, the erupting magma forms into bands and continuously moves away from the rift



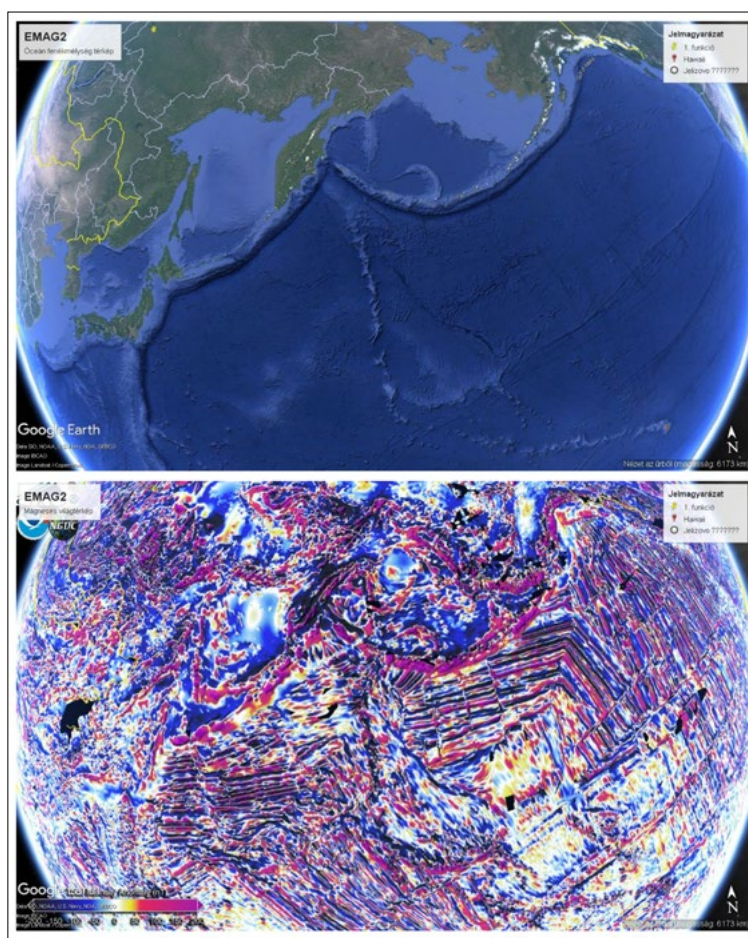
5. ábra Az óceánközépi hátság normál-reverz (fekete-fehér) mágnesezettségű pásztái
Figure 5 The normal-reverse (black-white) magnetization band of the mid-ocean ridge

képződményeit érintheti – mi köze lehet ennek a mélyebb litoszféra szintű lemezmozgásokhoz?

Arra is megvan a logikus magyarázat, hogy miért alakul ki a hátság. Az óceánközépi hátságok hasadékvölgyeiben (riftzónáiban) feljövő magma állandóan elvándorol a képződés helyéről (4. ábra). A feláramló magma, a hideg tengervízzel érintkezve megdermed, de nem marad ott, és nem képez egyre növekvő vulkáni hegységet a tenger mélyén (4. ábra), hanem időről időre távolabb kerül a képződés/felemelkedés helyétől, mert alatta a köpenyáramlás (termikus konvekció) vízszintesen tovább mozgatja azt. Így a tenger alatti vulkáni felépítmény, döntően nem felfelé, hanem vízszintesen irányban növekszik (3. ábra). A továbbvándorlás miatt marad nyitva a riftzóna (magma utánpótlási csatorna, vagy ha úgy tetszik hasadékvölgy), megteremtve a lehetőséget az újabb magmaanyag felemelkedésének.



6. ábra Atlanti óceánközépi hátság. Felül: Google Earth, alul: EMAG2, a Föld mágnesezésanómália-térképe (Maus et al. 2009) és középen: a National Geographic 1968-as melléklete (tengerfenék-mélységtérkép)
Figure 6 Atlantic Mid-ocean Ridge, above at Google Earth, below: the EMAG2, map of Earth's magnetic anomalies (Maus et al. 2009) and in the middle: the seafloor map of National Geographic (supplement, 1968)



7. ábra | A Csendes-óceán, Kamcsatka és Hawaii között, tengerfenék mélységtérképe (felül) és a világ mágneses ΔT térképe (alul) ugyanarra a kivágatra (Forrás: Google Earth & EMAG2)

Figure 7 | The Pacific Ocean, between Kamchatka and Hawaii, showing the depth of the seafloor (above) and the world's magnetic anomalies (below) on the same map (Credit: Google Earth & EMAG2)

A paleomágneses adatok (5. ábra) is inkább azt mutatják, hogy nem a magma nyomja szét az óceáni lemezeket, hanem a mélybeli áramlások (divergens köpenymozgások) szállítják el a képződő, kihűlő bazaltos magmát (amely a kinyíló, riftesedő óceáni kéregbe hiánypótló anyagként nyomul be alulról).

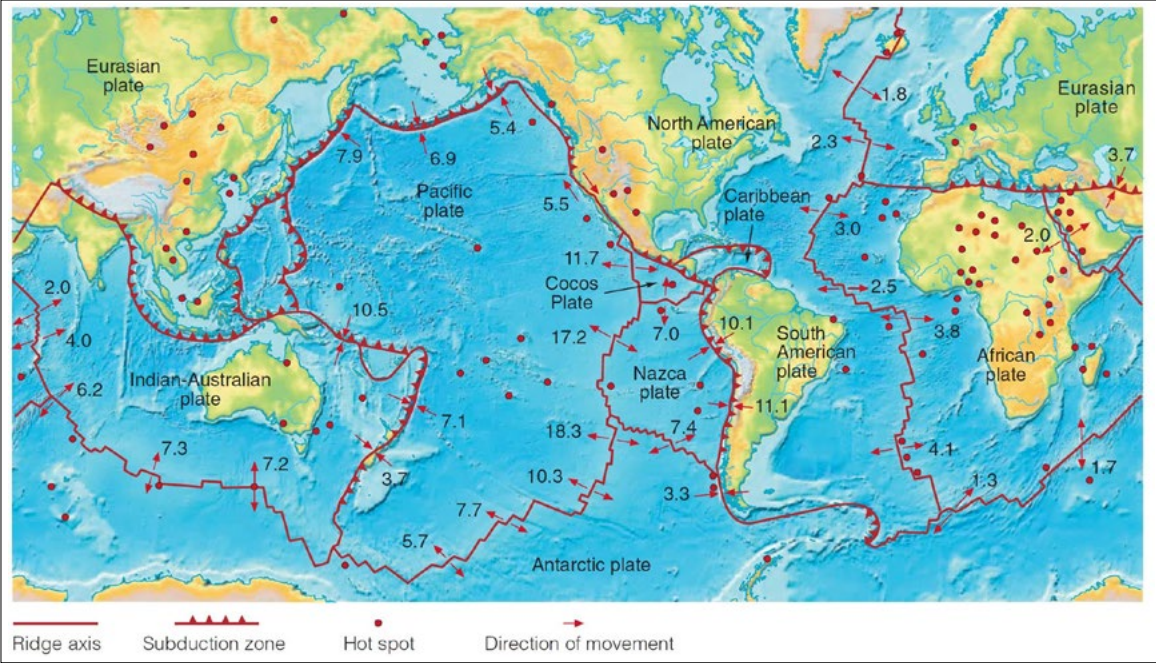
A bazaltok közel párhuzamos, kor szerinti pásztákba rendeződve egyenletesen helyezkednek el (4. ábra), amit a normál és reverz mágnesezettségű sávok (5., 6. ábra) alapján ismerhetünk fel – ezek alapján tudták meghatározni a bazaltok korát. Ezek alapján tudták meghatározni a Földön, a különböző földtani időkben a mágneses pólusok helyét és azonosítani a mágneses pólusátfordulásokat.

Konklúzió a szubdukcióval kapcsolatban

- Ha van is sűrűségkülönbség a felszíni lemezek között, a litoszférában, abból nem származhat akkora erő, amely a több száz, több ezer kilométeres litoszféalemezek húzásához elegendő lenne!
- Az óceánközépi hátságban feláramló bazalt „tolóereje” pedig, a tengervíz sűrűségű közegben úgy tűnik, hogy

csak egy hátság kialakítására elegendő, a néhány kilométer vastag tengervíz sem tudja leküzdeni, hogy vulkáni hegységet építsen, így a litoszféalemezek mozgatására sem lehet elég energiája! A mozgatást a mélybeli köpenykonvekció okozza.

- A lemeztectonika elsődleges mozgóereje az asztenoszférában/köpenyben zajló termikus konvekció, amely biztosítja a litoszféalemezek vándorlását és ezen keresztül a szubdukálódó lemez mozgási energiáját! Ennek a hőáramlásnak valóban az eltérő hőmérsékletből kialakuló sűrűségkülönbség a meghajtó ereje egy folyadékszerű közegben, de nem a szilárd litoszférában. A szilárd, szubdukálódó lemez ennek a termikus konvekciónak a legfelső, mozgó része, de nem ez a meghajtóerő!
- A lemezek vándorlása különböző sebességgel történik (8. ábra), ahol a sebesség egy kritikus határértéket meghalad (nagyobb lesz), ott a mélyebb helyzetű és kevésbé rideg óceáni lemez benyomul a ridegebb és nagyobb össztömegű (tehetetlenségű, közegellenállású) kontinentális vagy idősebb óceáni lemez alá, és létrejön a szubdukció. A szubdukálódó lemez a környezete tulajdonságait fokozatosan veszi csak fel, azaz sokáig rugal-



8. ábra Óceánközépi hátságok, szubdukciós zónák, 'hot spot'-ok és lemezmozgási irányok a mai ismereteink alapján. (Ott vannak szubdukciós peremek, ahol a lemezeknek a mozgási sebessége nagy!) (Minster & Jordan 1978)

Figure 8 Mid-ocean ridges, subduction zones, hotspots, and plate motion directions based on our current understanding. (That subduction zones are located where the plates move at high speeds!) (Minster & Jordan 1978)

- mas, de szilárd testként mutatkozik a sűrű folyadékszerű közegben.
- A konvekciós áramlások határozzák meg a szubdukció kialakulását. Divergens lemezmozgásoknál riftesedés (2. ábra) vagy óceánközépi árok alakul ki (4. ábra). Konvergens mozgások esetén alakulhat ki a szubdukció (1. ábra), de csak megfelelő meghajtó erő, azaz sebességkülönbség esetén (lásd aktív és passzív lemezperemek).
 - A szubdukció a lemezmozgás sebességétől, a lemezek összetételétől, a litoszféra/asztenoszféra/köpeny viszkozitásától (amely szintén hőmérsékletfüggő), reológiai tulajdonságaitól és a mozgásidő hosszától függően eltérő mértékben fejlődik ki. Ezekről a mélybeli egyedi paramétereiről keveset tudunk, ezért alakulhatnak ki eltérő elképzelések.
 - A köpeny konvekciós áramlásait még nem ismerjük eléggé. A tengerfenék mélysége és a mágneses világtér-

kép alapján azonban biztosan bonyolultabb, mint amire mi gondolunk (7. ábra).

Sokféle szakirodalom foglalkozik a kérdéssel. Mivel a Föld mélyének fizikai paraméterei, az ott lezajló folyamatok nehezen megismerhetők, ezért még napjainkban is csak hipotézisekről beszélhetünk. Vannak tanulmányok, amelyek a mozgatóerőket vizsgálják, például úgy, hogy a konvekciós áramlásból származó lemezmozgató erőket figyelmen kívül hagyják (Forsyth & Uyeda 1975). Az ilyen vizsgálatokból – elismerve a szerzők munkásságát – csak féligazságok derülhetnek ki. Mi van ugyanis akkor, ha az egész mechanizmusért a hőáramlás (konvekció) a felelős, azaz a litoszféra lemezeket megmozgató erő? Ha ezt elfogadjuk, akkor az ő elképzelésükből a legfontosabb meghajtóerő hiányzik!

Rengeteg angol elnevezés létezik az ezzel a témával foglalkozó szakirodalmakban – szabad fordításban a követke-

1. táblázat Korábbi publikációkban közzétett mozgató erők mértéke és nagyságuk (a köpenyellenállásból származó erő, eltérő irányú lemezmozgást feltételez)

Table 1 The extent and magnitude of the driving forces reported in previous publications (the force from the mantle drag assumes plate motion in a different direction)

Fizikai mennyiség	Erők nagyságrendje (N/m)	Hivatkozás	Íránya
Lemez húzóereje / Slab pull	~3.00E+13 ~5.00E+13	Forsyth & Uyeda 1975 Bada et al 2014	+
Hátság tolóereje / Ridge push	~3.00E+12 ~2–5E+12	Parsons & Richter 1980 Bada et al 2014	+
Köpenyellenállás / Basal drag	~1.90E+13	Cui et al. 2024	–

2. táblázat Köpeny vonóerő különböző viszkozitás és sebesség mellett (a köpenyellenállásból származó nyíróerő, azonos irányú lemezmozgást feltételez)

Table 2 Mantle flow traction force at different viscosities and speeds (the shear force resulting from mantle resistance, assuming plate motion in the same direction)

Típus	Viszkozitás (Pa·s)	Sebesség (cm/év)	Mozgó lemez hossza (km)	Szélessége (km)	Nyíróerő (N/m) ³⁾	Forrás
Lemezmozgató köpenyvonóerő / Mantle flow traction	1.00E+21	2	3000	100	~1.90E+13	Cui et al. 2024 alapján
	1.00E+22	2	3000	100	~1.90E+14	
	1.00E+22	5	3000	100	~4.76E+14	
	1.00E+22	10	3000	100	~9.51E+14	

zők: hátsági tolóerő, ütközési ellenállás, köpenyellenállás, lemez húzóerő, a lebukás szívóereje, lemezellenállás, kontinentális húzás, köpenybeli lemezmozgató erő, felhajtóerő, lehúzóerő, lemezmozgató erő, lemezmozgató köpenybeli vonóerő, viszkózus vontatóerő stb.

Ugyanakkor ezek közül az erők közül csak néhányat számszerűsítettek többé-kevésbé – érthető okok miatt (1. táblázat) –, mert a feladat korántsem egyszerű! Ilyen például a lemez húzóerő (nem a litoszféra lemezeket mozgó erő, hanem a szubdukálódó lemez húzóereje), vagy a hátság tolóereje (amely a szubdukciótól több 100 vagy 1000 km-re fejt ki hatását, ha van ilyen egyáltalán), valamint a köpenyellenállás (amely az álló köpenyanyag és a mozgó, szubdukálódó lemez között alakul ki).

A publikációk többségében a litoszféra és az asztenoszféra közötti súrlódást mint fékező erőt (köpenyellenállás) vették figyelembe, azaz a szubdukálódó lemez mozgását gátló tényezőként (1. táblázat). A köpenyellenállást, Cui és társai (2024) számításaiból következtethetjük ki, amely azonos nagyságrendű lesz, mint a húzóerő!

Ha a szubdukálódó lemez a konvekciós áramlás része, akkor a köpenyellenállás már nem fékező, hanem mozgató erő lesz! A súrlódáson keresztül adja át a konvekciós áramlás mozgási energiáját a litoszféra lemezeknek (2. táblázat), amelyhez hozzáadódik a többi erő! Ez az erő függ

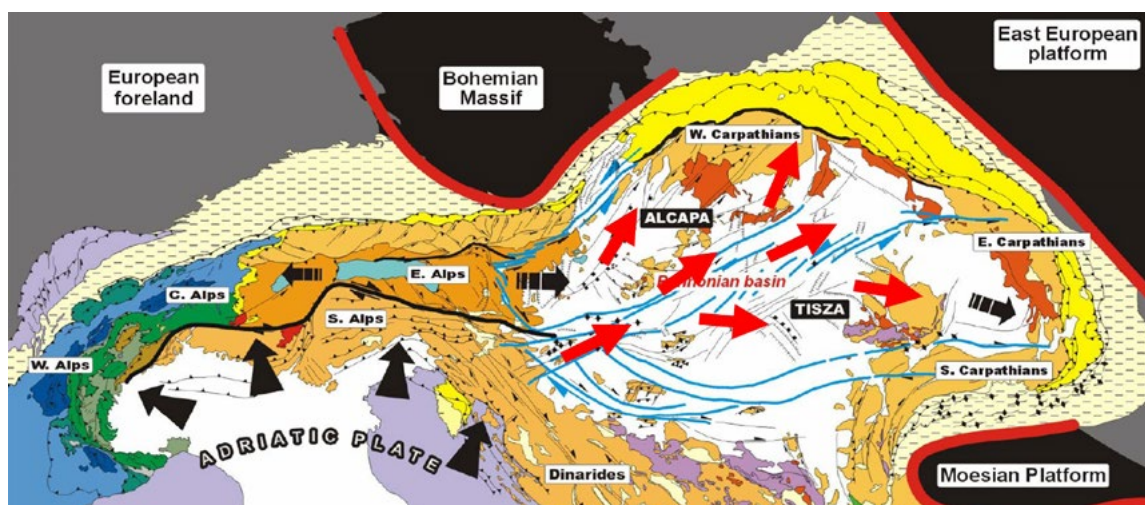
a viszkozitástól, az áramlási sebességtől és a litoszférolemez méretétől, ennek meghatározásával Cui és társai foglalkoztak (2024). Számításaik szerint ez az erő a különböző paraméterektől függően változhat, de ezt nem visszatartó, hanem meghajtóerőként kellene kezelni („mantle flow traction”).

„Thus, in the coldest region of the mantle, i.e., the lithosphere, viscosity undergoes drastic changes: mantle viscosity goes from 10^{21} Pa·s in the lower part of the upper mantle, to as low as 10^{18} in the asthenosphere (King 1995) to 10^{25} Pa·s (Beaumont 1976; Watts et al. 1982) or potentially higher in the lithosphere.”

Azaz, a köpeny leghidegebb részében, azaz a litoszférában a viszkozitás drasztikus változásokon megy keresztül:

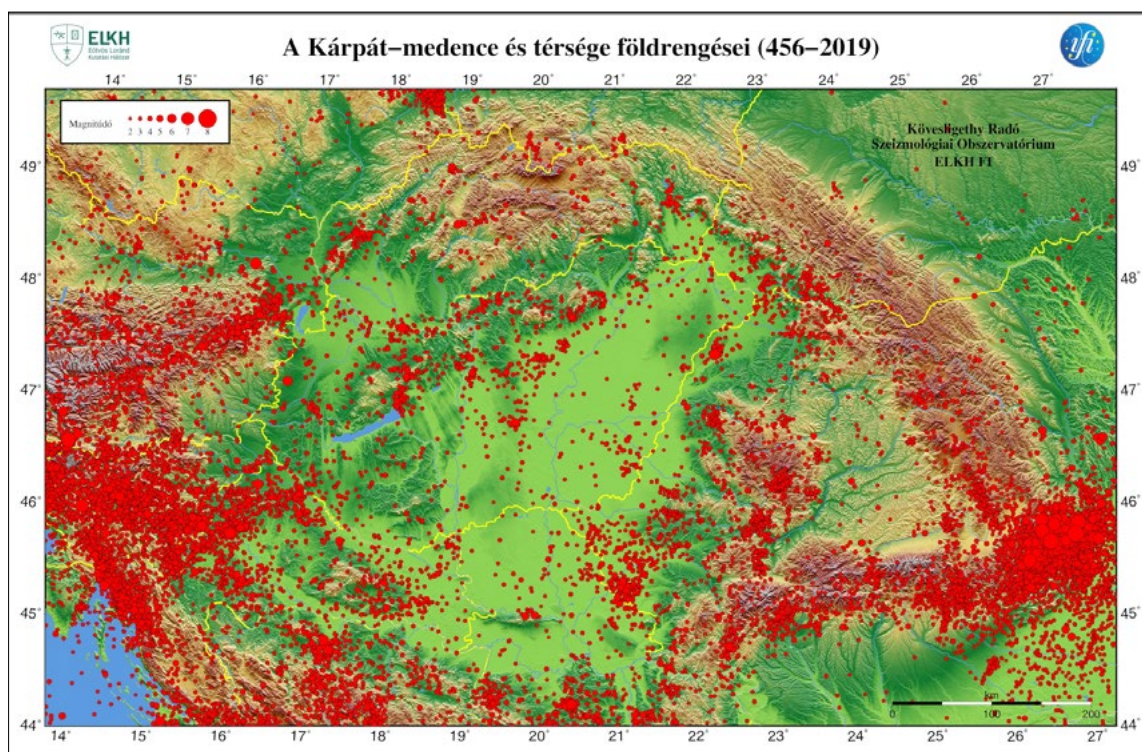
- a köpeny viszkozitása a felső köpeny alsó részén mért 10^{21} Pa·s-ról,
- az asztenoszférában akár 10^{18} Pa·s-ra lecsökkenhet (King 1995), illetve,
- a litoszférában 10^{25} Pa·s-ra, vagy akár ennél nagyobb értékre is megnőhet (Beaumont 1976, Watts et al. 1982).

Az óceáni litoszférolemez szerepéről, a méretéről és a sebességéről a korábbiakban már említést tettünk.

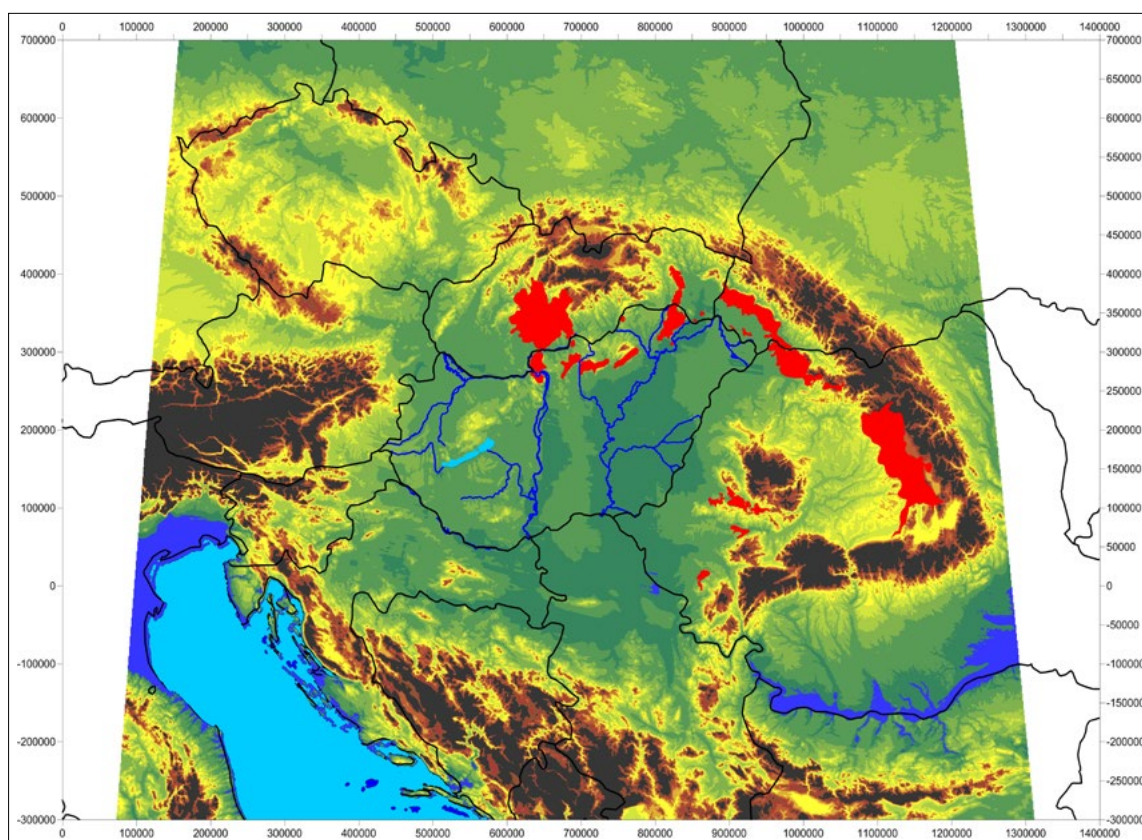


9. ábra Az Alpokat és a Kárpátokat létrehozó erők (Bada et al. 1999)

Figure 9 The forces that formed the Alps and the Carpathians (Bada et al. 1999)



10. ábra A Kárpát-Pannon Régió domborzata és földrengései (ELKH)
Figure 10 The topography and earthquakes of the Carpathian-Pannonian Region (ELKH)



11. ábra A Kárpát-Pannon Régió domborzati térképe a mészkáli vulkanizmussal (piros poligonok)
Figure 11 Topographic map of the Carpathian-Pannonian Region showing calcareous-alkaline volcanism (red polygons)

Meglepő módon azonban nem veszik figyelembe, és nem számították ki azt az erőt, amely az egész lemeztektonikát életben tartja. Nem számították ki a több ezer kilométer nagyságú termikus konvekcióval mozgatott litoszférolemez irtózatosan nagy tehetetlen tömegét és az abból származó erőket, nyomatókat, pedig az összes többi erő elenyészőnek bizonyulhat e mozgóerő nagysága mellett. Annyira nem veszik figyelembe, hogy a lemezmozgató erőre még becslés sem található a szakirodalomban (1. táblázat), pedig az a súrlódás (nyíróerő), amelyet kiszámítottak, az egyben a meghajtó erő is lehet, ha a lemezmozgás a szubdukcióval azonos irányú (2. táblázat, Cui et al. 2024)!

Kárpát-Pannon Régió

Az Alpok és a Kárpátok ívelt formája megmutatja, hogy milyen irányú kompressziós lemezmozgások, azaz milyen irányú erőhatás hozhatták ezeket létre (9. ábra). Az Alpok esetében ez főleg D–É irány, míg a Kárpátok esetében összetettebb, DNy–ÉK a Nyugat-Kárpátok esetében, Ny–K a Kelet-Kárpátok esetében, majd ez a mozgás DK (illetve D-i) irányra módosul a Déli-Kárpátokban (Vrancea-zóna). Ez a köpenyáramlás irányának megfelelő, feltételezhető mozgásirány!

Ezt az erőt az adriai és európai kompressziós lemezmozgások biztosították, amelyeknek iránya a hegyek kiemelkedésének köszönhetően, a kialakuló izosztikus gyökérzónák (kivastagodó kéreg és litosféra) gátló hatása miatt az idők folyamán helyről-helyre változott. Az eredő mozgást, a meghajtóerő irányát a hegységképződés, és a szubdukciós jelenségekhez kapcsolható miocén andezites/riolitos vulkanizmus fiatalodási trendje alapján is nyomon követhetjük a régióban (Pécskay et al. 2006, Kiss 2014A).

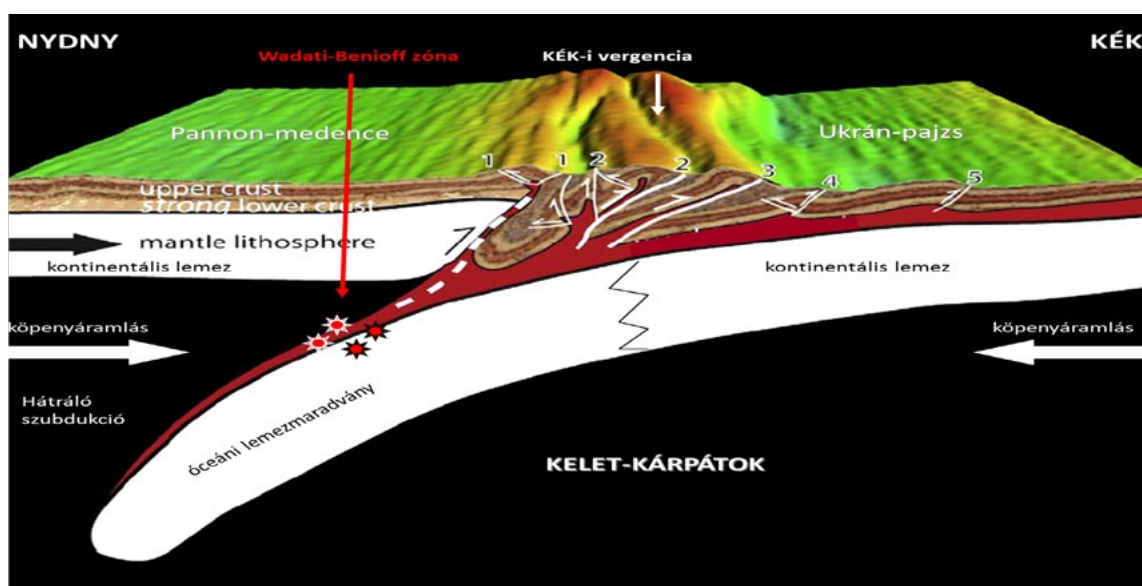
Az adriai és európai konvergáló lemezmozgások miatt szubdukció és/vagy kollízió (esetleg delamináció⁴⁾) alakult ki. Ha nem lenne köpenyáramlás, akkor ezek a jelenségek sem alakulhattak volna ki. Szubdukció csak addig van jelen, amíg a Paratethys maradványtengereinek (Ligura, Magura, Pannon-tenger) óceáni típusú lemezei alábuknak és elfogynak, aztán a kontinentális lemezek összeütközésekor már a kollízió vagy a delamináció lesz a meghatározó.

A szubdukció és a kollízió kéreg típusú kőzeteket visz le a felszínközelből a nagyobb mélységekbe, de eltérő módon. A szubdukció egy lemezszerű testet buktat le vagy nyom le gyorsan a mélybe, a kollízió viszont a felszíni ütközés, gyűrődés és felhalmozódás miatt inkább egy lassabb, az izosztázia miatt kialakuló gyökérzónát hoz létre. Ezeket a konvergens lemezmozgások hozzák létre,⁵⁾ ha ez nem lenne, akkor szubdukció és a kollízió sem alakulhatna ki – lásd az amerikai kontinentális lemez K-i partvonalát, vagy az európai kontinentális lemez Ny-i partvonalát.

Az óceáni és a kontinentális lemezek találkozása ezekben az esetekben is megvan, a sűrűségkülönbség is fennáll, még gyenge lemezmozgás is van, de mégsem bukik alá az óceáni litosféra, mert nincs meg a szükséges toló-, nyomó-, illetve húzóerő!

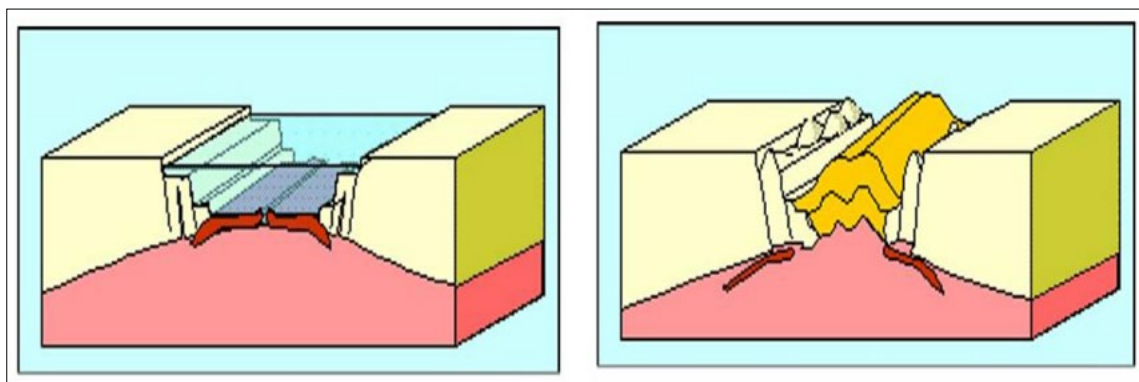
A szubdukciós jelenségek során kialakulnak földrengések (10., 12. ábra) a Benioff-zónában, és andezites vulkanizmus (11. ábra) az alábukó lemezek felett. Jelentős mélységű/nagyságú (~100 km) alábukó lemezt a térségünkben a geofizikai, passzív szeizmikus mérések alapján (Koulakov et al. 2009) nem találunk – a kiindulási korlátozott méretű óceáni litoszférolemezek miatt. A Benioff-zóna és a vulkanizmus is a lemezek kontaktusától a lebukás irányában, attól távolabb jelentkeznek (12. ábra).

Az óceáni litoszférolemez szubdukciója után már a kontinentális lemezek ütköznek, és a kollízió jelensége lesz a



12. ábra A K-Kárpátok feltételezhető szubdukciója a földtörténeti múltban – ha volt egyáltalán (Kiss 2015, módosítva). (Ma már a kollíziós folyamatok vannak, s talán roll-back szubdukció és izosztikus gyökérzóna kialakulása.)

Figure 12 The presumed subduction of the Carpathians in the geological past – if there was any subduction at all (Kiss 2015). (Today, collision processes are taking place and perhaps roll-back subduction and a formation of isostatic root.)



13. ábra Kétirányú szubdukció (balra), majd az óceán bezáródása utáni hegységképződés, például Alpok (jobbra)

Figure 13 Bidirectional subduction (left), followed by mountain formation after the closure of the ocean, such as the Alps (right)

domináns, ami a gyűrődés és hegységképződés mellett tovább növeli a felszínen kiemelkedő domborzatot, azaz a hegyeket a kontaktus zónában. A mélybe süllyedő szubdukciós lemez tovább vastagodik a kiemelkedő hegyek alatt, s az izosztázia miatt kialakulnak a mély izosztatikus gyökérszónák. A gyökérszónák pedig, módosíthatják a köpenyáramlás irányát. Az európai és az ukrán tábla – mint régi, vastag, szilárd, kristályos kontinentális litoszférelmezek – nem tudnak szubdukálódni!

Az Afrika és Európa közötti óceáni lemez kétféle irányban szubdukálódhat: vagy az idősebb vastag európai lemez alá, vagy a fiatalabb, vékonyabb adriai lemez alá. Az Alpok különböző részein mindkét szubdukciós irány kimutatható(?), de mivel kevés adat áll rendelkezésre, így nehéz állást foglalni. A 13. ábra egy ilyen lehetséges forgatókönyvet mutat be. Kétoldali szubdukció a kompresszió miatt, amelynek eredményeként az óceán megszűnik, s az egykor óceáni kéreg – a rajta kialakult jelentős mennyiségű üledékkal – felgyűrődik.

A Kárpátok esetében is kérdés, hogy a Magura-lemez a K-i vagy Ny-i irányba szubdukálódott? A fizikai törvények alapján a Ny-i irányú szubdukció (a Magura-lemez bukik a Pannon-lemez alá) a valószínűbb a Kelet-Kárpátokban, mert a Pannon-szegmens fiatalabb, vékonyabb, mint az Ukrán-tábla, így az alá az óceáni kéreg könnyebben benyomul (s utána a fennálló K-ies köpenyáramlás miatt létrejöhet a rollback-szubdukció is). A vergenciák is a Kárpátok K-i oldalán azonosíthatók.

A földrengések (Benioff-zóna) és a vulkanizmus a K-Kárpátok Ny-i oldalán jelentkeznek, azaz a hegység főgerincétől nyugatra (10., 12. ábra), s ez is a Ny-i irányú szubdukciót valószínűsíti.

Összefoglalás

Néhai Posgay Károly 100. születésnapja alkalmából az SZTFH-ban újra elindítottuk a róla elnevezett „Posgay Belső Akadémiát” – hogy megismerjük egymás kutatásait, azok nem publikált részére is ráláthassunk (geológusok, geofizikusok, geokémikusok és érdeklődő kollégák egyaránt). Az akadémia egyik előadása a „A Kárpát-Pannon

Régió gravitációs képe – geodinamikai vonatkozások” címmel hangzott el, amely egy 2013-as vándorgyűlésen elhangzott előadás felújított változata. Az előadás után élénk beszélgetés indult a témával kapcsolatban – ennek köszönhető ez a tanulmány.

A tanulmány első részében megpróbáltuk körbejárni a témát, megvizsgálni az MI-keresések segítségével, hogy milyen axiómák vannak, és azok mennyire fogadhatók el a szubdukció tárgykörében.

A lokális, csak a szubdukcióra koncentrált megközelítés helyett egy tágabb környezetet figyelembe vevő, általánosabb magyarázatot kerestünk, mert ellentmondásos az, hogy a világméretű lemeztektonikát a köpenykonvekció okozza, de annak egy részjelenségét, a szubdukciót – nagyon sok helyen – csak az alábukó lemez sűrűségével magyarázzák, elfeledve, figyelmen kívül hagyva a regionális lemezmozgató rendszer, a termikus konvekció hatását, erejét. Igen, a hőmérsékletkülönbség, és az ebből származó sűrűségkülönbség a meghajtó erő, azaz a termikus konvekció, de az a kőzetanyagokban csak a képlékeny, folyadékyszerű köpenyben, asztenoszférában van jelen. A szilárd litoszférelmezek súrlódás révén kapják meg alulról ezt a mozgási energiát. A Föld felszínén lévő litoszférelmezek nyugalmi állapotban izosztatikusan egyensúlyban vannak. Ezt a nyugalmi állapotot csak egy „külső” erő bonthatja meg, például a termikus konvekció. A Föld nagyobb mélységeiben (a litoszféra alatt) „folyékony” halmazállapotú közegben lejátszódó konvekció felszíni következménye a litoszférelmezek mozgása.

Egy korábbi cikkben már foglalkoztunk a témával (Kiss & Bodoky 2015), de se pro, se kontra nem érkezett reakció. Azóta kicsit változtak a dolgok, további érvek is előkerültek. Fontos volt Cui és társai 2024-es cikke, amelyben a lemezek mozgásáért felelős vonóerőket (mantle flow traction) vizsgálták és számszerűsítették. Ez az erő fékezhet is ellentétes irányú lemezmozgáskor, de előléphet mozgatóerővé is azonos irányú mozgások esetén. A szubdukció konvergens lemezmozgások (konvencionális áramlások) során alakul ki, mert a divergens lemezmozgások riftesedést okoznak, ami például az óceánközépi hátságok esetében napjainkban is folyamatban vannak.

Nem oldottuk meg most sem teljesen a problémát – hiszen rengeteg paramétert kellene figyelembe venni, és azok hőmérsékletfüggését, továbbá minden terület eltérő adottságokkal rendelkezhet, pedig szakmai szempontból fontos lenne a kérdés tisztázása, egységes vélemény kialakítása, amelyhez bármilyen segítség, érv, számítás hozzájárulhat! Persze ehhez közzé kell tenni, azaz publikálni kell, felvállalva a nézeteinket, akár esetleges tévedéseinket is.

A tanulmány második részében röviden a Kárpát-Pannon Régió kialakulásának körülményeit taglaltuk, az első részben feltárt feltételrendszer és a korábbi cikk állításainak figyelembevételével, a lehető legegyszerűbb megvilágításban. Ezzel kapcsolatban is sor került már előadásra (Kiss 2013) és publikációra is (Kiss 2014B), így csak az erőter-geofizika alapján kialakult elképzelés pontosítása volt a cél. Ezekben a publikációkban az izosztatikus és a geodinamikai együttes hatásokat és szerepeket (izosztázia – köpenyáramlás – lemeztektonika – szubdukció – kollízió) vizsgáltuk a Kárpát-Pannon Régió kialakulása szempontjából.

A magyarországi lemeztektonikai elemzéseknek kiterjedt szakirodalma van, amelyet külön-külön nem sorolunk fel, de itt meg kell említeni Horváth Ferenc nagydoktori értekezését (Horváth 2007), amiben a szerző a lemeztektonika megismerésének legfontosabb hazai mérőföldköveit, annak hazai sajátosságait bemutatja, és a fontosabb szakmai cikkek hivatkozását is megadja

A tanulmány szerzője

Kiss János

Jegyzetek

- ¹⁾ Az óceánközépi hátság közepén gyakran egy hasadékvölgy (riftvölgy) húzódik a divergens lemezmozgások miatt.
- ²⁾ *Világlexikon* – Szakkönyvek, enciklopédiák és lexikonok valamint internetes felületek keresése alapján összeállított internetes lexikális anyag (www.vilaglex.hu)
- ³⁾ $F_{MFT} = \eta (dv_x/dy) L$ – mantle flow traction (köpenyvonóerő vagy -nyíróerő), ahol η – viszkozitás, dv_x – köpenysebesség, dy – lemezszélesség, L – lemez hosszúság. *Lemezszélesség*: ez az a távolság, mely alatt a lemez v_x sebessége zérusra csökken az asztenoszféra. Többek megfeleltetik az asztenoszféra vastagságával (150–200 km).
- ⁴⁾ *Delamináció* – rétegszerű szétválás, elválás ugyanazon anyagon belül, amely lehet vízszintes, de akár függőleges is.
- ⁵⁾ Még napjainkban is látszik a GPS mozgásvizsgálatok alapján (Grenerczy 2014).

Hivatkozások

- Bada, G., Horváth, F., Gerner, P., Fejes, I. (1999). Review of the present-day geodynamics of the Pannonian basin: progress and problems. *Journal of Geodynamics*, 27, 501–527.
- Beaumont C. (1976): The evolution of sedimentary basins on a viscoelastic lithosphere, *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 55, 471–497.
- Cui Fengyuan, Li Zhong-Hai and Fu Hui-Ying (2024): Quantitative evaluation of mantle flow traction on overlying tectonic plate: linear versus power-law mantle rheology, *Geophys. J. Int.*, 239, 1063–1079.

- ELTE No.1: Eötvös Loránd Tudományegyetem 1-es számú forrásanyaga (MI)
- ELTE No.2: Eötvös Loránd Tudományegyetem 2-es számú forrásanyaga (MI)
- Forsyth D. W., Uyeda S. (1975): On the relative importance of the driving force of plate motion. *Geophysic. J. R. Astr. Soc.*, 43, 163–200.
- Grenerczy Gy. (2014): A Pannon-medence jelenkori 3D kéregmozgása közel negyedszázados GPS mérések alapján. *Geomatikai Szeminárium*, Sopron
- Horváth F. (2007): A Pannon-medence Geodinamikája – Eszmétörténeti tanulmány és geofizikai szintézis. Akadémiai Doktori Értekezés, MTA, Budapest, p. 239.
- HUN-REN, Litoszféra-fizika, <http://epss.hun-ren.hu/research/research-themes/lithosphere-physics>
- Heezen B, Tharp M, Ewing M (1959): The floors of the oceans. I. The North Atlantic. Physiographic diagram of the North Atlantic. Special paper 65. The Geological Society of America, New York
- King S. D. (1995): The viscosity structure of the mantle, *Reviews of Geophysics (Supplement): U.S. Quadrennial Report to the IUGG 1991–1994*, pp. 11–17, American Geophysical Union, Washington, DC.
- Kiss J. (2013): A Kárpát-Pannon Régió gravitációs képe – Geodinamikai vonatkozások. *Földtudományi Vándorgyűlés és kiállítás*, 2013. július 4–6., Veszprém
- Kiss J. (2014A): Lemeztektonika, vulkanizmus és a Kárpát-Pannon régió geomágnese anomália térképe. *Magyar Geofizika*, 55(2), 51–81.
- Kiss J. (2014B): A Kárpát-Pannon régió gravitációs képe – geodinamikai vonatkozások, 113–126. o., In: Fancsik Tamás, Piros Olga (eds): *Magyar Földtani és Geofizikai Intézet Évi Jelentése*, 184. o., 2012–2013., MFGI, HU ISSN-0368-9751
- Kiss J. (2015): Kép, térkép, szelvény – litoszféra a geofizikai adatok alapján. A litoszféra-kutatás legfrissebb hazai eredményei. MFGI előadóiülés, 2015. november 26.
- Kiss J., Bodoky T. (2016): Mi mozgatja, mi indítja el a szubdukciót? *Magyar Geofizika*, 56/4, 197–208.
- Koulakov I., Kaban M. K., Tesauro M., Cloetingh S. (2009): P and S velocity anomalies in the upper mantle beneath Europe from tomographic inversion of the ISC data. *Geophysical Journal International*, 179/1, 345–366.
- Maus S. (ed., 2009), EMAG2: A 2-arc min resolution Earth Magnetic Anomaly Grid compiled from satellite, airborne, and marine magnetic measurements, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 10, Q08005, DOI: 10.1029/2009GC002471
- Minster J. B., Jordan T. H. (1978): Present day plate motions. *Journal of Geophysical Research*, 83, 5331–5351
- NatGeo (1968): National Geographic (supplement) – Atlantic Ocean Floor Map, 1968. June issue
- Parsons B., Richter F. M. (1980): A relation between the driving force and geoid anomaly associated with mid-ocean ridges. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 51, 445–450.
- Pécskay Z., Lexa J., Szakács A., Seghedi I., Balogh K., Konecny J., Zelenka T., Kovacs M., Póka T., Fülöp A., Márton E., Panaiotu C., Cvetkovic V. (2006): Geochronology of Neogene magmatism in the Carpathian arc and intra-Carpathian area. *Geologica Carpathica*, 57/6, 511–530.
- PTE No.1: Pécsi Tudományegyetem 1-es számú forrásanyaga (MI)
- PTE No.2: Pécsi Tudományegyetem 2-es számú forrásanyaga (MI)
- Világlexikon: vilaglex.hu/Lexikon/html/OceanHats.html (MI)

Watts A. B., Karner G. D., Steckler M. S. (1982): Lithosphere flexure and the evolution of sedimentary basins. Philos. Trans. R. Soc. London Ser. A, 305, 249–281.

Függelék

Sűrűségértékek (MI-keresések)

A litoszféra sűrűsége

A kontinentális kéreg könnyebb, míg az óceáni kéreg sűrűbb kőzetekből, főleg bazaltból áll, és a felső köpeny szilárd része teszi teljessé a réteget. A litoszféra (kőzetburok) átlagos sűrűsége körülbelül

$$3,0 \text{ g/cm}^3,$$

azonban szerkezeti felépítése miatt nem egységes. A litoszféra szilárd, törekeny külső réteg, amely több, a mélyebben fekvő, plasztikusabb asztenoszférán mozgó lemezre tagolódik.

A litoszféra sűrűségének főbb jellemzői:

- *Kontinentális kéreg*: Vastagabb (30–70 km), gránitos összetételű, sűrűsége kisebb, átlagosan $2,7 \text{ g/cm}^3$.
- *Óceáni kéreg*: Vékonyabb (kb. 10 km), bazaltos összetételű, sűrűsége nagyobb, $3,0\text{--}3,3 \text{ g/cm}^3$.
- *Vastagság*: A litoszféra átlagosan 70 – 150 km vastag, a kontinensek alatt vastagabb, az óceánok alatt vékonyabb.

Az asztenoszféra sűrűsége

Az asztenoszféra, a földköpeny felső, képlékeny része, sűrűsége a mélységgel nő, általában

$$3,3\text{--}4,4 \text{ g/cm}^3$$

közé esik. A litoszféra alatt helyezkedik el, és plasztikus tulajdonságai miatt teszi lehetővé a tektonikus lemezek mozgását. A hőmérséklet és nyomás növekedésével a kőzetanyag részlegesen megolvadt állapotban van.

Az asztenoszféra sűrűségének jellemzői:

- *Felső határ*: A litoszféra alatt, kb. 70–100 km mélységben kezdődik, ahol a sűrűség kezdetben alacsonyabb, hasonló a felső köpeny felső részéhez (kb. $3,3 \text{ g/cm}^3$).
- *Alsó határ*: Körülbelül 700 km mélységig terjed, ahol a nyomás és a sűrűség tovább nő, meghaladva a $4,0 \text{ g/cm}^3$ -t.
- *Plasztikusság*: Bár szilárdnak tekinthető, a nagy hőmérséklet miatt képlékeny, „lágymód” köpenynek is nevezik.
- *Szerepe*: Kisebbségi sűrűsége miatt a nehezebb, merev litoszféra-lemezek úsznak rajta.

A földköpeny sűrűsége

A köpeny a Föld térfogatának 82%-át teszi ki, és szilikátos kőzetekből áll, amelyek nagy nyomás alatt szilárdan viselkednek, de plasztikusan áramlanak. A földköpeny átlagsűrűsége körülbelül

$$4,5 \text{ g/cm}^3,$$

amely a mélységgel növekszik.

A földköpeny sűrűsége részletesebben:

- A *felső köpeny* (kb. 700 km-ig) sűrűsége $3,3\text{--}4,0 \text{ g/cm}^3$
- Az *alsó köpeny* (700 km-től 2900 km-ig) sűrűsége $4,4\text{--}5,5 \text{ g/cm}^3$

Egy szarvashiba

„Az asztenoszféra kisebb sűrűsége miatt a nehezebb, merev litoszféra lemezek úsznak az asztenoszférán”.

A megadott sűrűségértékek alapján nem tiszta, hogy ez hogyan jöhetett ki? Ha arra gondolnak, hogy egy vaslemez vízszintesen, a nyugalmi állapotban lévő vízre helyezünk, s a lemez nem süllyed el, akkor a jelenség érthető és a felületi feszültséggel magyarázható. De itt nem erről van szó, az asztenoszféra sokkal sűrűbb, sokkal nagyobb nyomás uralkodik benne, így nem teljesen világos, hogy mire gondolhatott a szerző, akitől az MI az idézetet összeszedte!

Az Országos Geotermikus kutatási programban készült új szeizmikus mérési eredmény a Bólyi-árokban

BERECZKI L.^{1,®}, SZABÓ T.¹, KEMÉNY M.¹, CSABAFI R.¹, MARKOS G.¹, LUKÁCS T.¹,
CÉGÉNY A.¹, HEGEDŰS E.¹, SZEKENYI R.¹, TAKÁCS E.¹, TÖRÖK I.¹, VIRÓK A.², BAUER M.¹

¹SZTFH Földtani Szolgálat, Budapest, Stefánia út 14, 1143

²E-mail: andras.virok@gmail.com

[®]E-mail: laszlo.bereczki@sztfh.hu

A 2023-ban végzett szeizmikus mérések során a Bóly-Mohácsi térségben három, összesen 35,8 km hosszú 2D szelvény lemerése történt meg. Ezek mentén első ízben került sor olyan mélyföldtani vizsgálatokra, amelyek a terület geotermikus potenciáljának felmérését célozták meg. A térség aljzatát jellemző karbonátos rezervoárt neogén és kréta üledékek fedik, a törések és vetők mentén pedig valószínűsíthető a rezervoár vízutánpótlása, különösen a medence északi peremén, ahol a karbonátos aljzat a felszínhez közel bukkan ki. A szeizmikus értelmezés feltárta a mezozoikumban létrejött kompressziós események, a miocén extenziós félárkos fejlődés, valamint a fiatal neotektonikus transzteniós deformáció egymásra épülő hatásait. A területen vulkáni formák, csuszamlások, valamint az aljzatban egy markáns rátolódási szerkezet is azonosítható, amelyek a medence szerkezeti tagoltságát erősítik. Az új, nagyfelbontású szeizmikus adatok jelentősen hozzájárulnak a Bóly-Mohácsi térség geotermikus potenciáljának feltérképezéséhez, valamint a dél-dunántúli medencerendszer szerkezeti modelljének pontosításához.

Bereczki, L., Szabó, T., Kemény, M., Csabafi, R., Markos, G., Lukács, T., Cégény, A., Hegedűs, E., Szekényi, R., Takács, E., Török, I., Virók, A., Bauer, M.: New seismic measurement results from the Bóly Trench made in the National Geothermal Research Program

The 2023 seismic survey provided the first deep structural imaging of the Bóly-Mohács area along three 2D seismic profiles with a total length of 35.8 km, aimed at assessing the geothermal potential of the region. The carbonate reservoir forming the basement of the area is overlain by Neogene and Cretaceous sediments, while fractures and fault zones likely facilitate reservoir recharge, particularly along the northern margin of the basin, where the carbonate basement crops out close to the surface. Seismic interpretation revealed the superimposed effects of Mesozoic compressional events, Miocene extensional half-graben development, and young neotectonic transtensional deformation. Volcanic features, landslides, and a prominent thrust structure within the basement were also identified, highlighting the complex structural segmentation of the basin. The new high-resolution seismic dataset significantly contributes to the characterization of the geothermal potential of the Bóly-Mohács area and to the refinement of the structural model of the South Transdanubian basin system.

Beérkezett: 2026. május 13.; *elfogadva:* 2026. augusztus 4.

Bevezetés

Magyarország jelenlegi energiaellátási szerkezetében továbbra is meghatározó szerepet töltenek be a szénhidrogének, miközben a hazai kitermelési lehetőségek korlátozottak. Az elmúlt évek nemzetközi és hazai energiapolitikai törekvéseivel összhangban ezért egyre nagyobb hangsúly kerül a megújuló, valamint a helyben rendelkezésre álló energiaforrások – különösen a geotermikus energia – hasznosítására. Ennek elősegítésére indította el a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága az Országos Geotermikus Kutatási Programot, amely átfogó földtani és geofizikai vizsgálatokkal kívánja javítani a hazai geotermikus potenciál megismerését és hasznosíthatóságát.

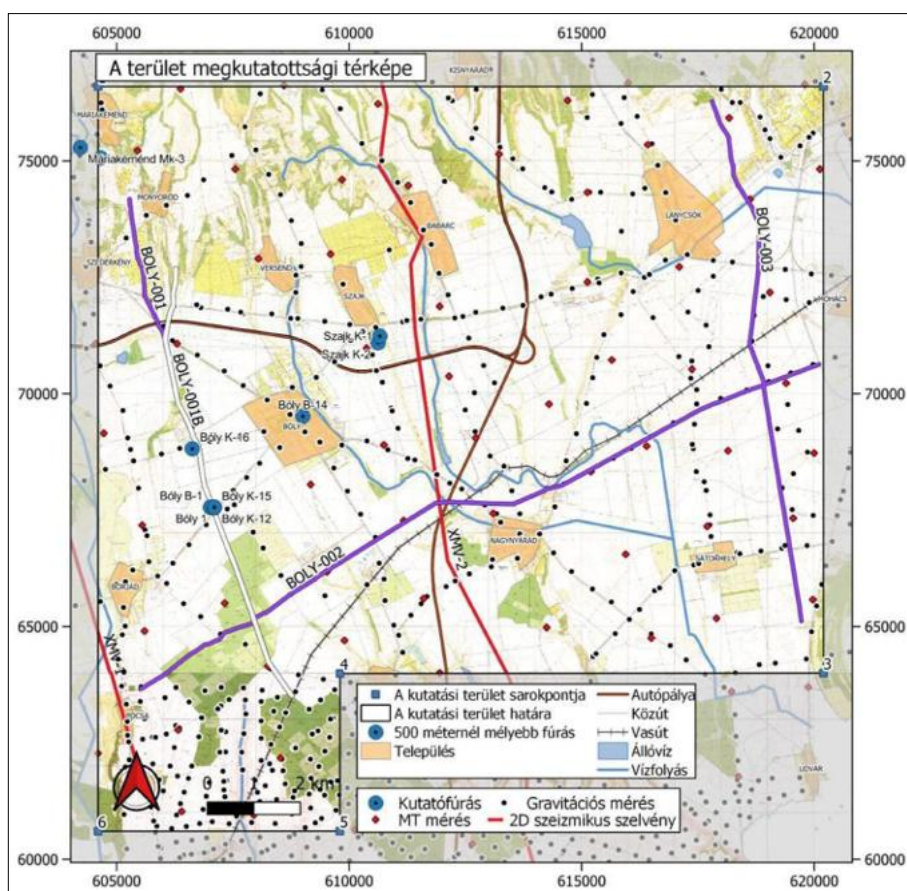
A jelen vizsgálat a program egyik elemeként a Mohács és Bóly közötti térségben található, mintegy 1000–2000 m aljzatmélységű Bólyi-árok területére összpontosult. A meglévő rendszerek alapján is elmondható, hogy a terület kedvező geotermikus adottságokkal rendelkezik, azonban az aljzati karbonátos rezervoár eddig csak részlegesen volt feltárva, és a rendelkezésre álló adatok nem tették lehetővé a jelentősebb szerkezeti elemek – különösen a vetők és törések – pontos lokalizálását. A korábbi szeizmikus mérések és földtani adatok alapján ezért indokoltá vált a pre-

kainozoos aljzat felszínének, morfológiájának és – lehetőség szerint – kőzetminőségének részletesebb vizsgálata.

A kutatás során a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságának Földtani Szolgálatának aljzat és szerkezet-kutató, kétdimenziós szeizmikus méréseket végzett, három szelvény mentén. A mérések célja az volt, hogy pontosabban meghatározza a karbonátos aljzat helyzetét és térbeli kiterjedését, valamint új információkat szolgáltatson az aljzatot tagoló szerkezeti elemekről. Az eredmények alapvető fontosságúak a térség jövőbeni geotermikus hasznosítási és energetikai beruházási lehetőségeinek megalapozásához. A továbbiakban ezeket az eredményeket mutatjuk be.

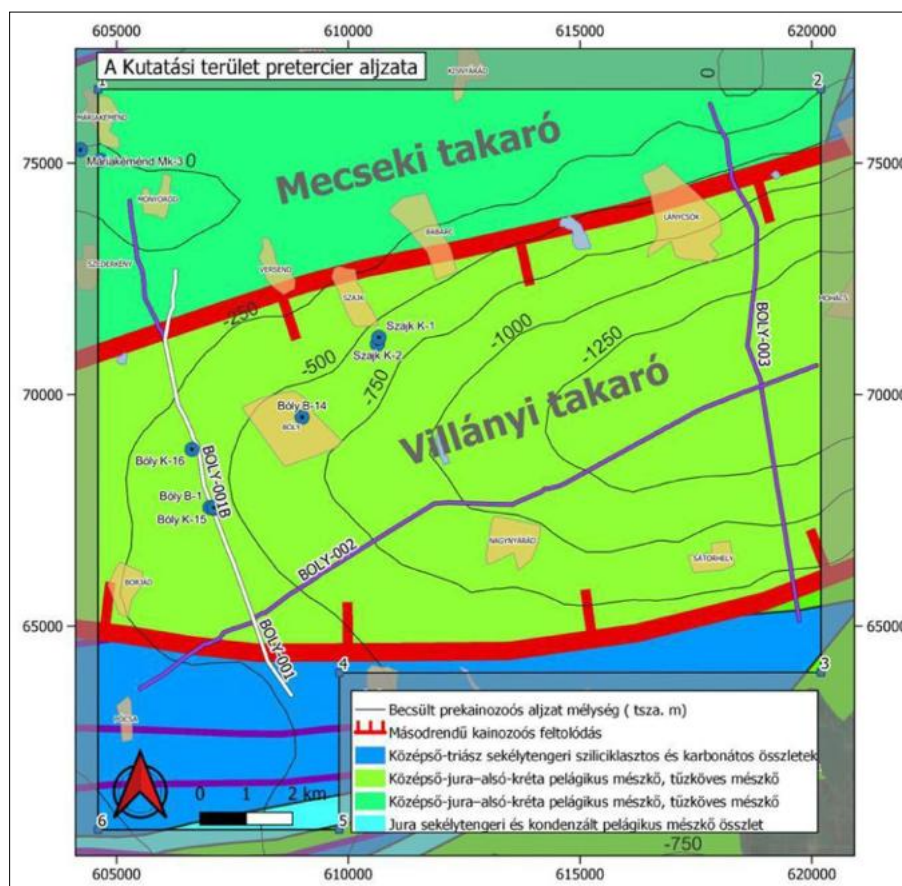
Kutatási előzmények

A Bólyi-árok földtani szempontból mindmáig alulkutatott területnek tekinthető (1. ábra). A térségben nem ismertek szénhidrogén-indikációk, és a hagyományos nyersanyagkutatás (szén, urán) sem erre a körzetre összpontosult, ami a geofizikai és fúrásos megismerés korlátozott voltához vezetett (Lendvai 1962, Lendvai 1966). A szeizmikus megkutatottság rendkívül alacsony: mindössze két, 1979-ben



1. ábra A mért szelvények és a terület megkutatottsági térképe. Földtani kutatófúrások, a gravitációs és magnetotellurikus mérések helyszínei, valamint az archivált szeizmikus szelvények elhelyezkedése a vizsgált kutatási területen, illetve környezetében

Figure 1 Map of the acquired seismic profiles and the exploration coverage of the study area. Locations of geological exploration wells, gravity and magnetotelluric (MT) measurements, and archived seismic profiles within and around the study area



2. ábra A kutatási terület prekainozoós aljzata (Haas et al. 2010 nyomán)

Figure 2 Pre-Cenozoic basement of the study area (after Haas et al., 2010)

mért szerkezetkutató szelvény (XMV-1 és XMV-2) halad át a területen. Az XMV-1 csak a peremvidéket érinti, a mélyebb szerkezeti elemekről nem ad információt, míg az XMV-2 ugyan harántolja az árkot, de fúrásos kontroll hiányában értelmezése bizonytalan, így önmagában nem alkalmas a geotermikus potenciál megítélésére (Ráner 1980, Takács & Varga 1984, Kónya 1985).

Az árok térbeli helyzetére az 1952-es gravitációs mérések szolgáltatnak fontos támpontot: a 433 mérési pont anomáliái jól kirajzolják annak közel kelet–nyugati tengelyét, ugyanakkor sem ezek, sem az 1992-es SOM90 magnetotelurikus mérések nem adnak egyértelmű magyarázatot kialakulására. A fúrásos feltárás az 1970-es években indult (Szajk K-1, Bóly K-1, Szajk K-2) (Koch 1983), majd hosszabb szünet után, a 2000-es évek elején kifejezetten geotermikus céllal újabb kutak létesültek Bóly és Szajk térségében (B-14, K-12, K-16). Ezek jellemzően az árok feltételezett nyugati és északi pereméhez köthetők; közülük a legmélyebb, a Bóly B-14 fúrás, mintegy 1000 m vastag kréta összlet alatt, 1630 m mélységben jura karbonátot tárt fel.

Földtani háttér

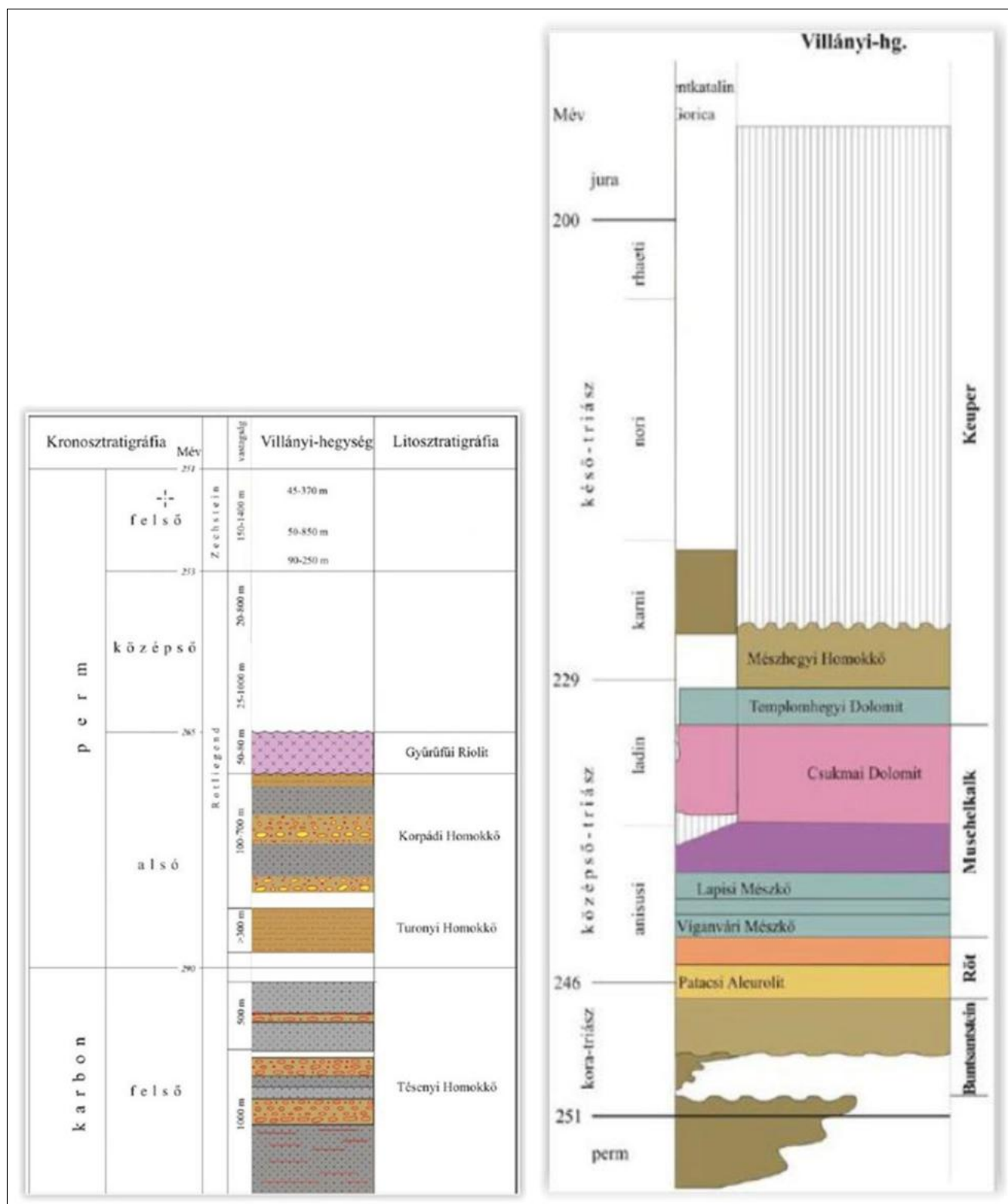
A kutatási terület aljzata a Tiszai főegység Villányi egységéhez tartozik, amelyet összetett, főként kompressziós ere-

detű szerkezeti elemek – redők és pikkelyes takarók – jellemeznek. Felépítésében triász, jura és alsó kréta korú képződmények vesznek részt, melyek fejlődése az anisusi közepétől kezdve egyre markánsabban eltért a főegység más takaróegységeitől a Pennini-óceán nyílásával összefüggésben (2. ábra). A prealpi aljzat polimetamorf komplexumokból áll, amelyeket a terület északi peremén az Mk-3 és az Smb-1 fúrások tártak fel mintegy 2400–2450 m mélységben. A legidősebb ismert képződmény a felső karbon Tésenyi Homokkő, amelyet a perm időszak kontinentális vörös törmelékes üledékei (Korpádi Homokkő), majd intenzív savanyú vulkanizmus és további üledékek (Gyűrűfüi Riolit, Kővágószőlősi Homokkő) követtek (3. ábra). A kora középső triász során sekélytengeri, partmenti sós mocsári környezetben terrigén és karbonátos sorozatok (Jakabhegyi Homokkő, Patácsi Aleurolit, Hetvehelyi és Csukmai Dolomitok) rakódtak le, amelyeket a fúrások több helyen csaknem teljes vastagságban tártak fel.

A középső és felső jurában a térségben túlnyomórészt pelágikus, illetve sekélytengeri karbonátos üledékképződés zajlott (Sombereki, Máriakémeti és Szársomlyói Mészkő), amely helyenként több száz méteres vastagságot is elér. A Máriakémet–Somberek vonulatban a felszínen is megjelennek középső jura képződmények, amelyeket vékonyréteges aleuritós márga és krinoideás mészkő váltakozásából (Sombereki Mészkő), valamint zöldesszürke

és vörös, tűzköves krinoideás mészkőből (Máriakémeti Mészkő) álló rétegsor képvisel (Császár 2012, Raucsik 2012).

A jura–kréta határon karsztosodott felszínek alakultak ki, melyeken kedvező feltételek mellett bauxit (Harsány-hegyi Bauxit) képződött. A kréta során egy regionálisan



3. ábra Tisza és Villányi egység újpaleozoikumi és mezozoikumi képződményeinek tagolása (Haas (szerk.) 2001 és Budai & Konrád 2011 alapján)

Figure 3 Stratigraphic chart of the Upper Paleozoic and Mesozoic formations of the Tisza, Villány units (based on Haas (ed.) 2001 and Budai & Konrád 2011)

kiterjedt karbonátplatform fejlődött ki (Nagyharsányi Mésző), amely a késő krétában fokozatosan megfulladt, és helyét pelágikus, illetve törmelékes üledékek (Bissei Márga, Bólyi Homokkő) vették át, különösen a Bólyi-medence területén, ahol ezek jelentős vastagságban halmozódtak fel.

A kainozoikum elején, a paleogén időszakból származó képződmények a kutatási területen nem ismertek, ami a terület kiemelt helyzetére, illetve az üledékképződés hiányára vagy későbbi lepusztulására utal. A terület süllyedése az alsó miocén során indult meg, amikor folyóvízi-sekélytengeri üledékek és helyenként tufás szintek rakódtak le. A középső miocénben sekélytengeri karbonátrámpa fejlődött ki, mely jellegzetes képződménye a vörösalgákban gazdag „lithothamniumos mészkő” (Abonyi, és Lajta Mkő Formációk) (Gyalog 1996, Kercsmár et al. 2015), amelyet alacsonyabb diverzitású ősmaradvány-együttessel rendelkező ooidos mészhomokkővek, nyílt vízi márgák, illetve vulkanoklasztos rétegek (Tinnyei, Kozárdi Formáció, Galgavölgyi Rioltuffa Formáció) követtek, ezek vastagsága általában 60–180 m között változik (Gyalog 1996, Kercsmár et al. 2015). A késő miocén posztrift süllyedése során alakult ki a Pannon-tó, melynek deltás és mélyebb, medencei fáciesű üledékei (Endrődi, Szolnoki, Algyői és Újfalu Formációk) töltötték fel a süllyedő területeket (Juhász 1992, Magyar et al. 1999). A pannóniai összlet vastagsága a Bólyi-medencében eléri a 400–600 m-t, míg a kiemeltebb területeken ez mindössze néhány tíz méterre csökken. A tó feltöltődése és megszűnése után szárazulat alakult ki, ahol előbb folyóvízi, majd eolikus és alluviális üledékek (Tengelici, Paksi Löss Formáció) rakódtak le (Kolozsár 2004); a kutatási terület felszínét napjainkban is jelentős vastagságú löszréteg borítja.

Módszertan

A reflexiós szeizmikus mérések során a felszínről gerjesztett hullámok visszaverődését rögzítik a különböző mélységű réteghatárokról, lehetővé téve a rétegek vastagságának, elhelyezkedésének és a szerkezeti elemek, például vetők, törések és rátolódások feltérképezését. A mért adatokból szelvények állíthatók össze, amelyek segítségével a kutatók képesek vizualizálni a földtani aljzat morfológiáját és a rétegek térbeli változatosságát. A reflexiós módszer különösen alkalmas mélyebb, üledékekkel kitöltött medenceterületek kutatására, ugyanakkor a felbontás korlátai miatt a kisebb kiterjedésű szerkezetek részben vagy torzítva jelenhetnek meg.

A Bóly-Mohácsi árok területén végzett mérés 2D szelvények mentén történt (1. ábra), a csatornaszám 500–605 között, a bázisköz 10–25 m, a mintavételi idő 2 ms volt. A szeizmikus hullámokat IVI Birdwagen MARK 4 Failing Y-2400 típusú vibrátorokkal gerjesztettük, jellemzően három forrásponttal, 16 másodperces sweephosszban, lineáris 8–90 Hz frekvenciatartományban, 300-as taperrel. Egy forrásponthoz minimum három gerjesztés tartozott, két gép esetén 4–5. Az érzékelők vertikális LGT-4.5 típusúak

A szeizmikus mérés főbb paramétereit	
Regisztrált csatornaszám	500–605 darab
Bázisköz	10 méter–20 méter–25 méter
Alkalmazott érzékelő	4,5 Hz, egyedi, vertikális 10Hz csoport vertikális
Érzékelő típusa	Longet Equipments Co., Ltd, LGT-4.5
Forrásponti távolság	20 méter–25 méter
Vibrátor	IVI Birdwagen MARK 4 Failing Y-2400
Vibrátorok száma	általában 3
Sweep hossza	16 másodperc
Sweepfrekvencia tartománya	8–90 Hz lineáris, 300 ms cosinus taper
Egy forráspontoz tartozó gerjesztések száma	minimum 3 darab, két gép esetén 4 és 5
Felvételek hossza	21 másodperc
Mintavételi idő	2 millisekundum
Minimális offset	10 méter
Maximális offset	2500–2750 méter
Mérési rendszer	középlövés
Megvalósult szelvényhossz	Boly-001: 9540 m
	Boly-002: 15125 m
	Boly-003: 11160 m
	Boly-001: 477 darab
Források száma	Boly-002: 605 darab
	Boly-003: 558 darab
Adatgyűjtők	Sercel 428Lite rendszer 700 db 408-as terepi elektronikával (FDU)
Vibrátor elektronika	Seismic Source Force TWO Vibrator Control System

4. ábra | A szeizmikus mérések paramétereit

Figure 4 | Parameters of the seismic surveys

(Longet Equipments Co., Ltd, 4,5 Hz), az adatgyűjtés a Sercel 428Lite rendszerrel történt, 700 db 408-as terepi elektronikával. A középlövéses mérési elrendezés mellett a forráspontok távolsága 20–25 m, a felvételek hossza 21 s, a minimális offset 10 m, a maximális offset pedig 2500–2750 m volt. A szelvényhosszok Boly-001: 9540 m, Boly-002: 15125 m, Boly-003: 11160 m, a források száma pedig rendre 477, 605 és 558 volt. A vibrátorok vezérlését a Seismic Source Force Two Vibrator Control System biztosította (4. ábra).

Ez a módszertani kialakítás lehetővé tette a pannon, miocén és prekainozoós rétegek, valamint az aljzati karbonátok és a fiatal tektonikai szerkezetek részletes szeizmikus leképezését, támogatva a Bóly-Mohácsi árok geotermikus potenciáljának pontosabb feltárását.

A reflexiós adatfeldolgozást a ProMAX (SeisSpace ke-retrendszert) programcsomag használatával hajtottuk végre (Landmark Graphics Corporation 2001). A területen mért adatok feldolgozásának legfontosabb lépéseit (Yilmaz 1999) az alábbiakban foglaljuk össze. A felszíni szeizmikus mérések során számos torzító tényező befolyásolja az észlelt reflexiós beérkezések amplitúdóját és fázisát. Ezek a tényezők lehetnek a forrás és a környezet által keltett zajok (hanghullám, felszíni zavarhullám, emberi tevékenység), a felszínközeli talajrétegek hatása (topográfiai és laza réteg változások), az észlelési körülmények különbségei (eltérő forrás és geofon csatolások), a rugalmas hullámok terjedésekor fellépő egyéb hatások (energiaelnyelődés). Az adatfeldolgozás során a fenti tényezőket úgy kompenzáljuk, hogy a folyamat végén olyan reflektált jeleket kapjunk, melyek mentesek mindezen tényezőktől, és a lehető legpontosabban tükrözzék a földtani szerkezeteket. Mind a három szelvény feldolgozása során nagyrészt ugyanazokat a feldolgozási lépéseket végeztük el. Néhány feldolgozási lépésnél az egyes paraméterek eltérnek egymástól, hiszen a mérés során az egyes vonalaknál a geofon- és forrásközök

különbözőek, ill. a Boly-1-es vonalnál egyedi geofonokat használtunk a geofoncsoportok helyett:

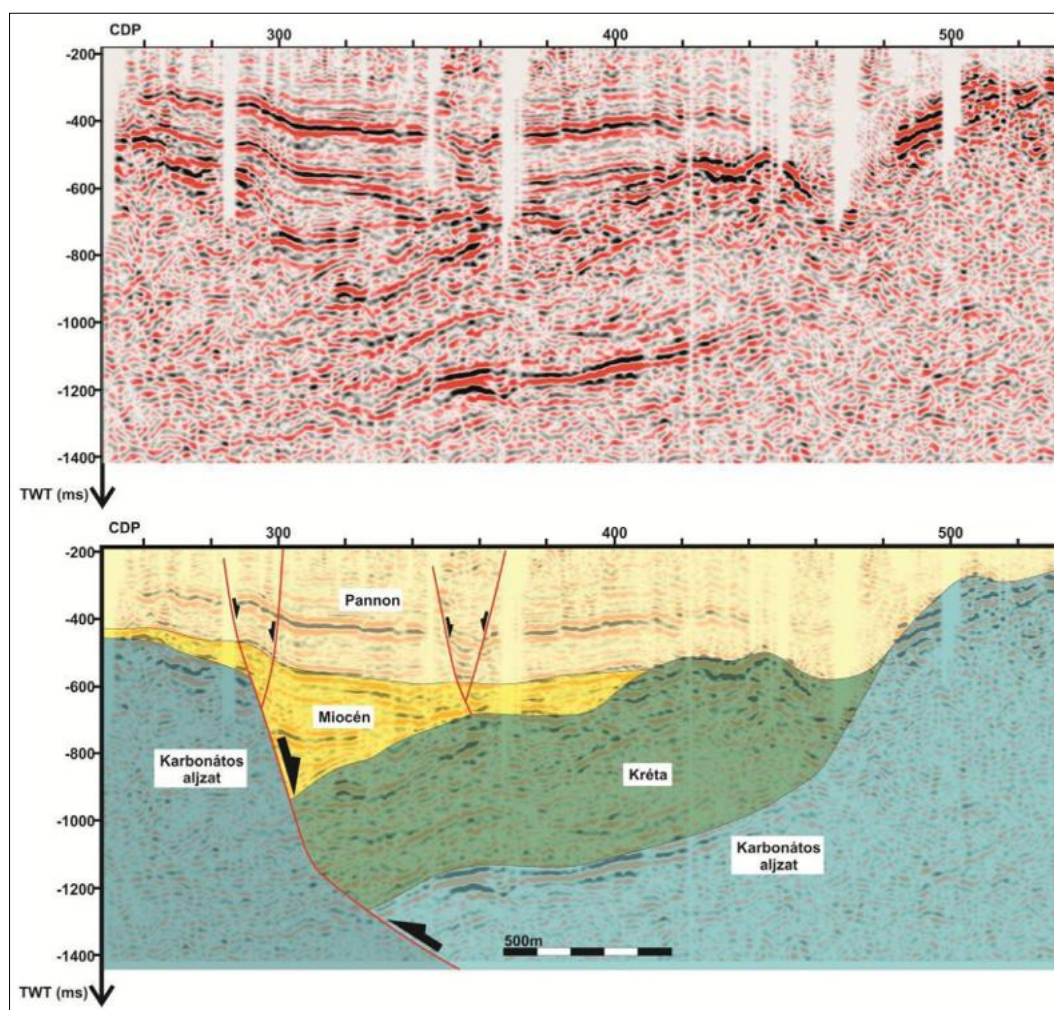
1. Terepi geometria beadása
2. Terepi statikus korrekciók számítása és alkalmazása
3. Csatornaszerkesztések (KILL, MUTE)
4. AGC
5. Sávszűrés, F-K szűrés
6. Dekonvolúció
7. Sebességvizsgálat
8. Normál kilépési korrekció (NMO)
9. Csatornaszerkesztések (TOP MUTE)
10. NMO-zott szelvények összegzése
11. FX dekonvolúció
12. Összegzés utáni Kirchhoff-időmigráció

Eredmények

A kutatási területről az eredményeket jelen a kutatásban mért, valamint a korábbi hetvenes évek végén készült szárazföldi szeizmikával együtt értelmezve mutatjuk be.

Az értelmezés első lépéseként az 1979-ben készült archív XVM-02 szeizmikus szelvényt vizsgáltuk újra (5. ábra). A kutatás fókuszában álló Bólyi-árok a szelvény déli szakaszán helyezkedik el, ezért az értelmezés is erre a részre (kb. 280–420 CDP tartomány) koncentrált. Az interpretáció során a mezozoikum tetejét zöld színnel, a karbonátos aljzatszintet kékkel, míg a pre-pannon miocén összletet sárga színnel jelöltük.

A rendelkezésre álló szeizmikus adatok alapján a pannóniai képződményekre jellemző progradáló lejtők és klintformák nem azonosíthatók, összhangban a fúrási rétegsorokból nyert információkkal. Az idősebb miocén üledékek ék, illetve trombita alakú, legyezőszerűen észak felé kivastagodnak, amely egy normálvető mentén érintkezik a pre-neogén képződményekkel. Bár a szelvény felbontása alacsony, ennek ellenére több fiatal (neotektonikus) szerkezet is felismerhető. A 280–300 CDP közötti szakaszon egy fiatal szerkezethez kapcsolódó, kis kiterjedésű roll-over antiklinális is kirajzolódik, ami a terület fiatal, részben transztenziós jellegű tektonikai fejlődésére utal. Ezzel összhangban a 360 CDP környezetében megjelenő meredek dőlésű törések szintén normál vető jellegűek.

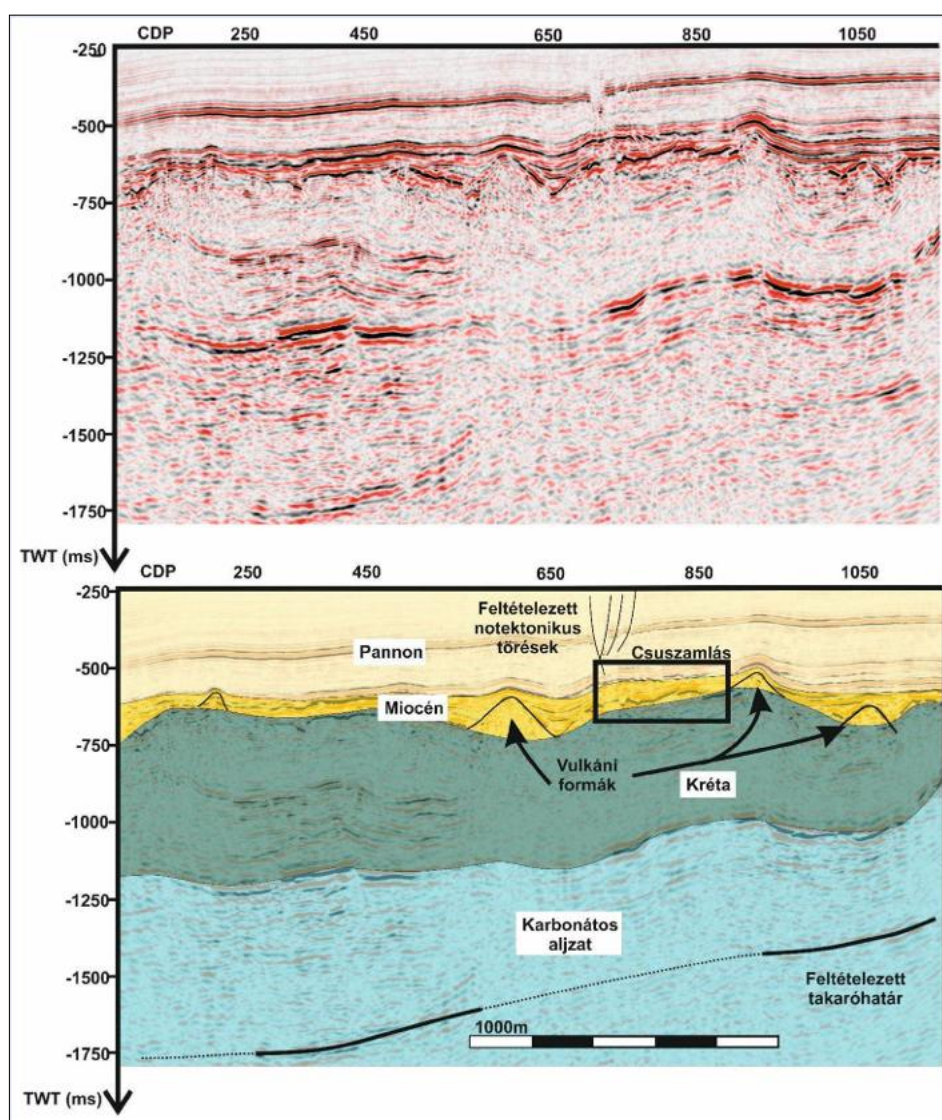


5. ábra | Az XVM-002 szelvény értelmezése
Figure 5 | Interpretation of the XVM-002 seismic profile

Az aljzaton belül egy markáns reflektor mentén jól elkülöníthetők a döntően törmelékes jellegű kréta képződmények az idősebb a környező fúrási adatok alapján júra karbonátos összlettől. Az aljzatban, a miocén szerkezetek mélybeli folytatásaként egy feltételezhetően kréta rátoló-dás is feltételezhető, amelyet a szerkezet frontja fölött megfigyelhető felboltozódás is alátámaszt.

A második bemutatott szeizmikus szelvény a Bólyi-medence csapásával közel párhuzamos irányú, egyben a munkaterület leghosszabb profilja (Bóly-002). Az archív szelvényhez hasonlóan ezen a szelvényen is követhető a pre-panel (pre-pannon) miocén összlet, a pre-neogén, valamint a pre-neogén karbonátos aljzat felszíne. A szelvény felső részén, a pannóniai rétegsorban egy markáns, nagy amplitúdójú, laterálisan viszonylag folytonos reflektor figyelhető meg, amelyhez azonban nem rendelhető egyértelmű fúrási kontroll, feltételezhetően vulkanoszedimentek vagy valamilyen szenes, lignit rétegek jelenlétére utalhat.

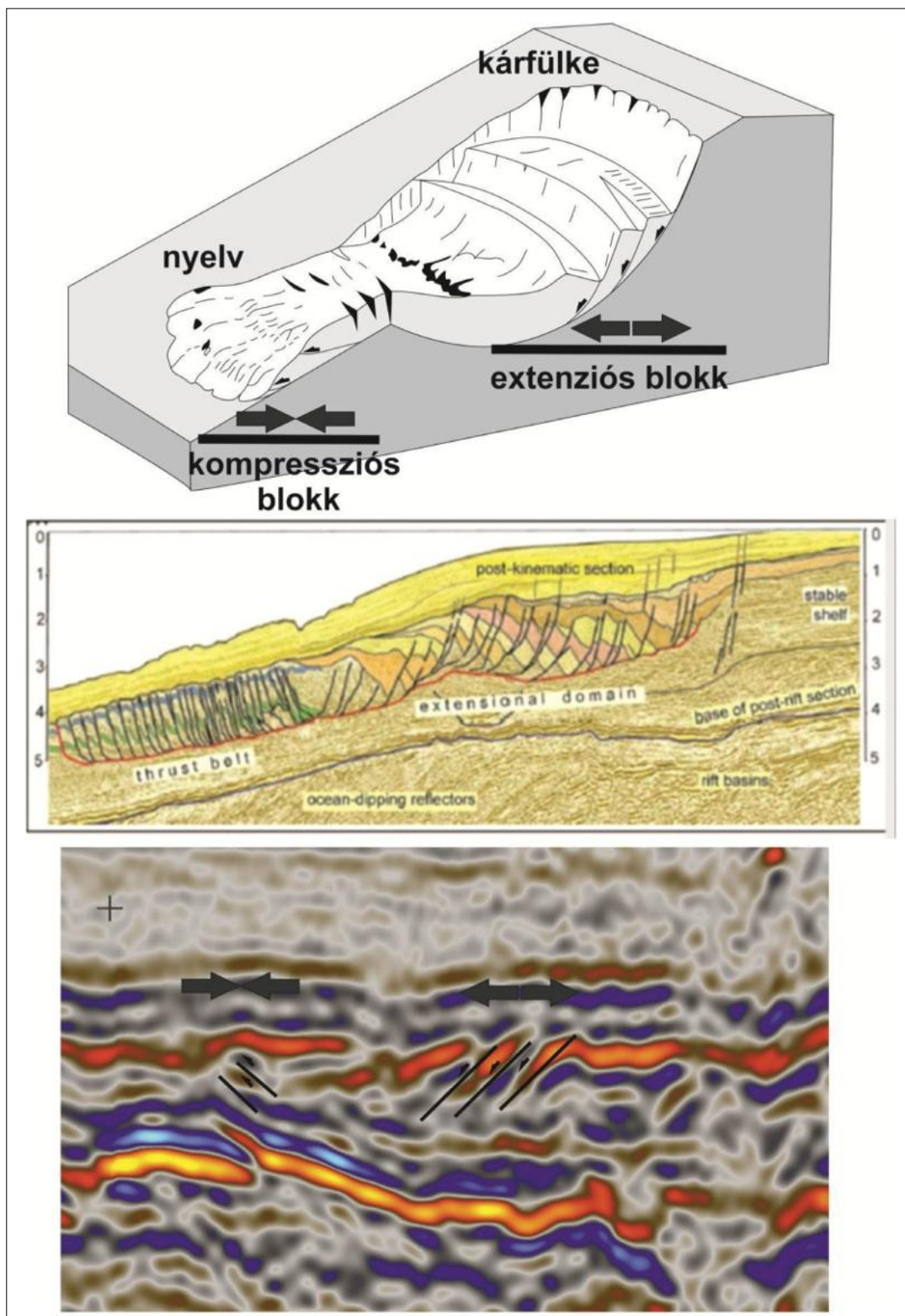
A fiatal üledékek zónájában, a szelvény középső szakaszán, gyenge kifejlődésű, feltételezhető fiatal törések azonosíthatók, ezek értelmezése azonban a felbontás korlátai miatt bizonytalan. A pannóniai talpszint közelében több, lokális, reflexió felboltozódás, vulkáni felépítmény rajzolódik ki, amelyek laterális kiterjedése elérheti az ~1 km-t, vertikális kifejlődésük pedig 100–150 ms, ami az alkalmazott átlagos szeizmikus sebességekkel számolva akár a 200 m-t meghaladó topográfiai kiemelkedést is jelenthet. A vulkáni testek közötti területeken egy csuszamlásra emlékeztető, kaotikus jelleget mutató reflektorkomplexum is azonosítható, amelyen belül megfigyelhető egy extenziós rész, mely a kárfülkével azonosítható, valamint egy kompressziós, a csuszamlás nyelvével azonosítható rész is (7. ábra). Nem zárható ki, hogy ezek a tömegmozgások valamelyik közeli vulkáni felépítmény működése közben vagy után, annak lepusztulásának és áthalmozódásának eredményeként jöttek létre.



6. ábra | Bóly-002 szeizmikus szelvény és értelmezése
Figure 6 | Bóly-002 seismic profile and its interpretation

A szelvény alsó részén jól kirajzolódik a kréta üledékek jelentős laterális változékonysága, illetve a karbonátos aljzat markáns topográfiája. A karbonátos felszín alatt, hozzávetőleg 1250 ms környékén, kelet felé fokozatosan mélyül-

ve egy markáns, alacsony dőlésű reflektor követhető, amely megfeleltethető az archív szelvényen azonosított rátolódási síknak. Ez a szerkezet a két új, rá közel merőleges irányú szelvényen is megjelenik. Felmerül, hogy a kimuta-



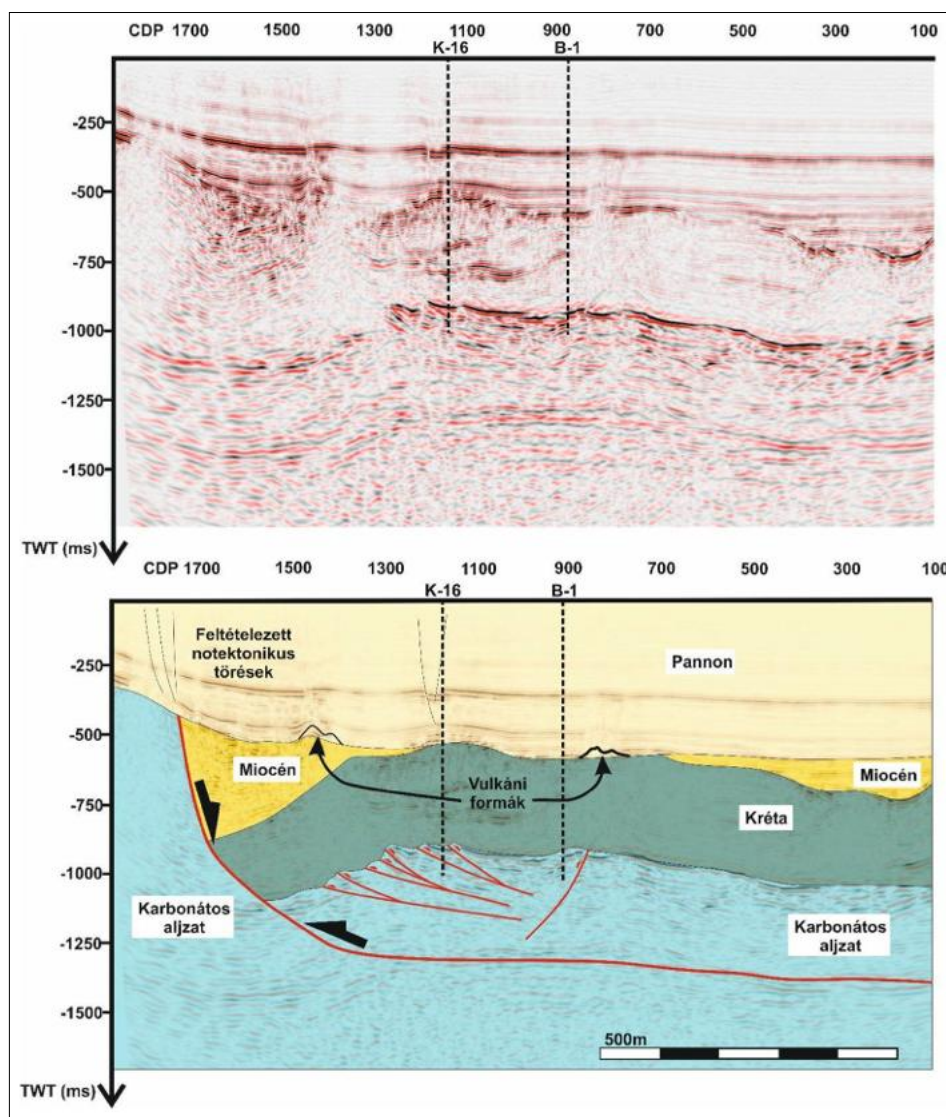
7. ábra | Csuszamlások sematikus ábrája, csuszamlás tengeri szeizmikán, csuszamlás a bólyi térségből
Figure 7 | Schematic illustration of landslides, a landslide imaged by marine seismic data, and a landslide from the vicinity of Boly

tott rátolódás a Mecsek és a Villányi egység takaróhatárához is köthető lehet, ennek egyértelmű igazolása azonban pusztán szeizmikus adatok alapján nem lehetséges, amit tovább árnyal a felszíni földtani térképezés és a környező fúrások rétegsorainak eltérő értelmezése is.

A következő bemutatott szelvény a Bóly-001 (8. ábra), amelynek értelmezését két, a szelvény nyomvonalán pontosan elhelyezkedő fúrás is segíti: a B-1 és a Bóly K-16 számú vízfúrások. Ezek a kutak a mai napig részei a bólyi geotermikus rendszernek. A fiatal pannon üledékekben itt is megfigyelhető egy erős, folytonos szeizmikus reflexió, azonban a két fúrás rétegsorában ez nem jelenik meg külön elkülöníthető réteggént. A szelvényen neotektonikus szerkezetek is azonosíthatók, bár a törések nem minden esetben jelennek meg egyértelmű reflexiómegszakadásként: sokszor inkább finom gyűrődésekként észlelhetők, ami arra utal, hogy az elvetések nagysága a mérési felbontás határán lehet.

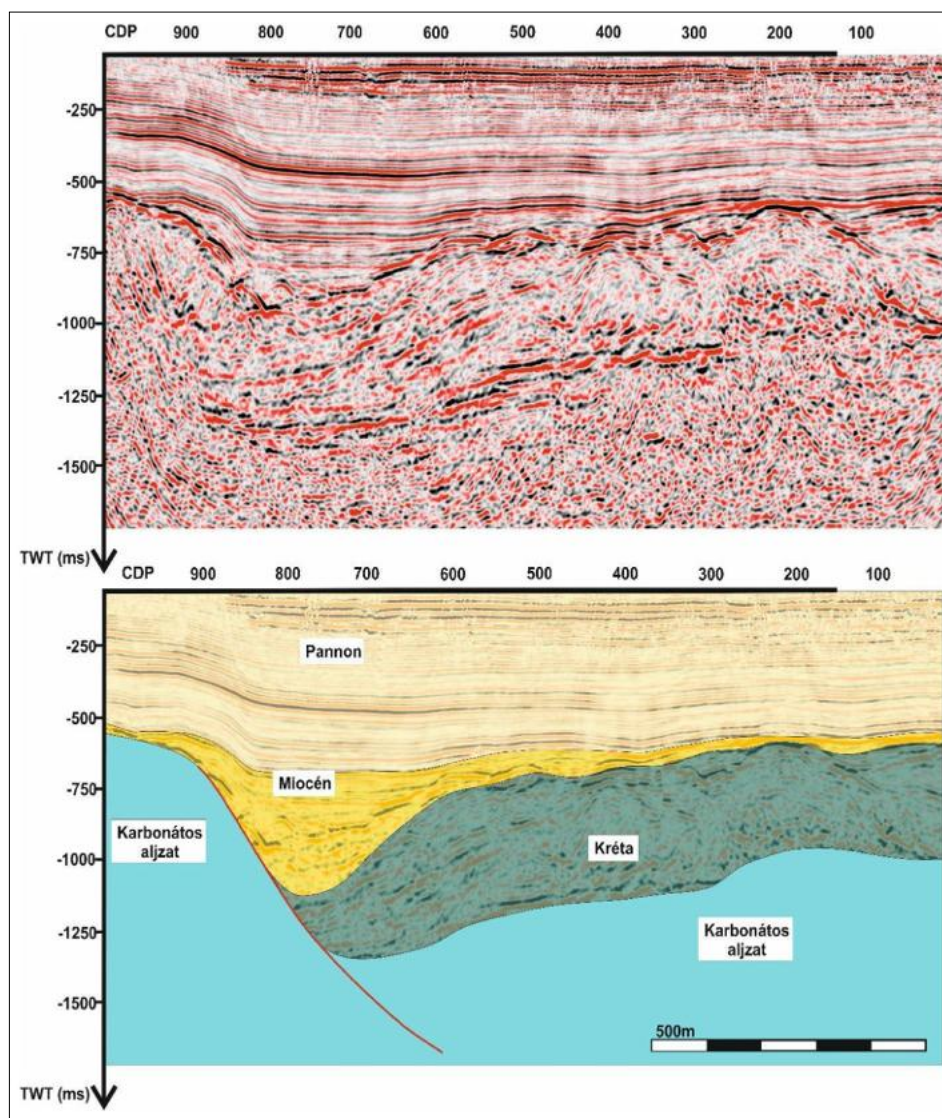
A szelvényen vulkáni formák is felismerhetők, ezek közül az egyik a B-1 fúrás közvetlen közelében található (700–900 CDP), egy megközelítőleg 250 méter széles kúp formájában és hasonlóan az árok déli peremén kb. 1500 CDP-nél. Az előző szelvényektől eltérően itt a vulkáni képződmények behathatolnak, és deformálják a fiatal pannon üledékeket, ami alapján feltételezhető, hogy a vulkanizmus már a kora pannon idején is aktív volt a területen. Az idős miocén képződmények a szelvény északi részén – az archív szelvényhez hasonlóan – egy szinszediment tektonika által kialakított félárok szerkezetéhez kapcsolódnak. A medencén kívüli helyzetű fúrások alapján ezek vastagsága 100–150 méterre tehető, míg a szeizmikus szelvények arra utalnak, hogy az árok területén ez az érték akár két és félszer-háromszor nagyobb is lehet.

A fúrásadatok felhasználásával a kréta képződmények szeizmikus fáciesek alapján tovább bonthatók: elkülöníthetők a durvább, törmelékeny-homokos és a finomabb



8. ábra | Bóly-001 szeizmikus szelvény és értelmezése

Figure 8 | Bóly-001 seismic profile and its interpretation



9. ábra | Bóly-003 szeizmikus szelvény és értelmezése
Figure 9 | Bóly-003 seismic profile and its interpretation

szemcséjű márgás üledékek. Az aljzati karbonátok a vizsgált területen általában erős, jól követhető reflexió mentén jelennek meg, és ezek fordulnak elő a legkisebb mélységben. A karbonátfelszínen kisebb kompressziós törések is megfigyelhetők, valamint az a korábban azonosított, akár takaróhatárként értelmezhető nagyméretű rátolódás, amely a szerkezeti fejlődés egyik meghatározó eleme lehet.

Végül a vizsgálati terület legkeletibb szelvényét, a Mohács térségében felvett Bóly-003 szelvényt mutatjuk be (9. ábra). A szelvény képe alapvetően hasonló az eddig ismertettekhez. A pannon üledékekben itt is jól követhető egy markáns, de pontosan nem azonosítható szeizmikus reflexió. Az előző szelvényekkel ellentétben ezen a területen vulkáni képződményeket nem sikerült azonosítani. Ugyanakkor a miocén félárok szerkezete itt is egyértelműen felismerhető. A medence ebben a szelvényben a korábbinál mélyebb helyzetűnek tűnik: míg az aljzat a nyugatabbi vonalakon jellemzően 700–900 ms időmélységben jelentkezik, addig itt már 1000–1100 ms körüli értékeknél figyelhető meg. A szelvé-

nyen továbbra is jól elkülöníthetők a preneogén karbonátos képződmények, valamint az aljzaton belüli rátolódásos szerkezet, amely a mélyebb részek szerkezeti tagoltságát is megerősíti.

Összefoglalás

A kutatás révén első ízben áll rendelkezésre nagyfelbontású, modern szeizmikus adat a Bóly-Mohácsi térség mélyföldtani felépítéséről. Az eredmények alapján a legfontosabb geotermikus rezervoár, repedezett karbonátos összlet, amelyet a neogén és kréta üledékek fednek. A törések és vetők mentén a rezervoár vízutánpótlása valószínűsíthető, különösen a medence északi peremén, ahol a karbonátos aljzat a felszínhez közel bukkan ki.

A feltárt szerkezeti mintázat alapján a térség komplex medencefejlődése rekonstruálható, amely a mezozoós kompressziós események, a miocén extenziós félárkos fej-

lódás és a fiatal neotektonikus transztenziós deformáció egymásra épülő hatásait tükrözi.

A 2023-ban végzett bolyi szeizmikus kutatás új, nagyfelbontású adatokkal járult hozzá a dél-dunántúli medencrendszer szerkezeti modelljének pontosításához. Az eredmények nemcsak a geotermikus potenciál felmérését segítik, hanem a regionális földtani értelmezést is finomítják. A feltárt jura karbonátos rezervoár és az azt felaprózó törések meghatározása kulcsfontosságú alapot teremt a térség jövőbeli geotermikus hasznosításához.

A tanulmány szerzői

Bereczki László, Szabó Tivadar, Kemény Márton, Csabafi Róbert, Markos Gábor, Lukács Tamás, Cégény András, Hegedűs Endre, Szebenyi Renáta, Takács Ernő, Török István, Virók András, Bauer Márton

Irodalom

- Budai L., Konrád Gy. (2011): Magyarország földtana. PTE TTK. p. 107
- Gyalog L. (1996): A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest, p. 172.
- Haas J., Budai T., Csontos L., Fodor L., Konrád Gy. (2010): Magyarország prekainozoos földtani térképe, 1:500 000 MÁFI, Budapest. Geology of Hungary. Eötvös University Press, 317 p.
- Haas J., Budai T. (szerk.), Csontos L., Fodor L., Konrád Gy., Koroknai B. (2014): Magyarország prekainozoos medence-aljzatának földtana. Magyarázó Magyarország prekainozoos földtani térképéhez (1:500 000). A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet kiadványa, p. 71.
- Juhász Gy. (1992): A pannóniai (sl) formációk térképezése az Alföldön: elterjedés, fácies és üledékes környezet. Földtani Közlemény 122(2–4), pp. 133–165.
- Kercsmár Zs. (szerk.), Budai T., Csillag G., Selmeczi I., Sztanó O. (2015): Magyarország felszíni képződményeinek földtana. Magyarázó Magyarország földtani térképéhez (1:500 000). Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest, p. 62.
- Koch L. (1983): Jelentés a Bóly-1. sz. (MÉV) szerkezetkutató fúrás hidrogeológiai vizsgálatáról. MÉV jelentés, Pécs
- Koloszár L. (2004): A Tengelici Formáció kifejlődései a DK-Dunántúlon. Developments of the Tengelice Formation in South-eastern Transdanubia. Földtani Közlemény, 134, pp. 345–369.
- Kónya A. (1985): A Mecsek- és a Villányi-hegység közötti területen mért MV-1/79 | MV-2/79 | Bo-1/79 | Bo-1/80 és Bo-2/80 szeizmikus szelvények egységes földtani értelmezése az újabb geofizikai és földtani adatok bevonásával (Bóly | Diósvizsló | Egerág | Gálosfa | Máriagyűd | Máriakéménd | Nagykozár | Somberek | Szalánta | Vokány | Gelesfa | Abaliget. ELGI Jelentés, Budapest, 1985
- Landmark Graphics Corporation (2001): A Reference Guide for the ProMAX Geophysical Processing Software, Volume 1 and 2.
- Lendvai K. (1962): Geofizikai módszerek alkalmazásának eredményei és perspektívái a szénkutatásban szénkutatásban. Magyar Geofizika 3(4), 147–163.
- Lendvai K. (1966): A bolyi medence. Geofizikai Közlemények XV. 1–2.
- Magyar I., Geary D. H., Sütő-Szentai M., Lantos M., Müller P. (1999): Integrated biostratigraphic, magnetostratigraphic and chronostratigraphic correlations of the Late Miocene Lake Pannon deposits. Acta Geologica Hungarica, 42, pp. 5–31.
- Ráner G., (1980): Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata. II. Szeizmikus reflexiós mérések a Mecsek-hegység DK-i előterében. 1979. évi jelentés (Göröcsöny | Peterd | Vokány | Ellend | Bóly | Gálosfa | Szederkény | Bába). ELGI jelentés, Budapest, 1980
- Takács E., Varga G., (1984): Jelentés az MV-1 és MV-2 reflexiós szelvény újrafeldolgozásáról 1983-ban végzett magnetotellurikus mérésekről (Országos Alapszelvény Program). Mecsek | Villányi hegység | Ellendi medence | Szederkény-Báti vonulat | Bólyi medence. ELGI Jelentés, Budapest, 1984
- Yilmaz O. (1999): When reflections are not hyperbolas and reflectors are not points. Journal of Applied Geophysics 42, 139–141. [https://doi.org/10.1016/S0926-9851\(99\)00034-8](https://doi.org/10.1016/S0926-9851(99)00034-8)

A Balkán Geofizikai Társulat és a Magyar Geofizikusok Egyesületének kapcsolata

1996-ban tartotta első kongresszusát Athénben a három évvel korábban alakult Balkán Geofizikai Társulat. Ennek 30 éve, mióta egy emberöltő telt el. A Magyar Geofizikusok Egyesületének tagsága azóta jelentősen megújult, kicserélődött, így szükségesnek érzem, hogy egy rövid írás erejéig ismét szó essék a Társulatról.

A Balkán Geofizikai Társulat (Balkan Geophysical Society – BGS) a balkáni régió országaiban működő nemzeti geofizikai egyesületek szövetsége, egyéni tagsága nincsen, tagjai a tagegyesületek. A Társulat jelenlegi tagjai:

- Albán Geofizikusok Egyesülete
- Bolgár Geofizikusok Társulata
- Hellén Geofizikai Unió
- Magyar Geofizikusok Egyesülete
- Román Geofizikusok Társulata
- Török Geofizikus Mérnökök Kamarája
- Szerb Geofizikusok és Környezetmérnökök Egyesülete

A Magyar Geofizikusok Egyesülete 2002-ben csatlakozott a Társulathoz. A csatlakozást az tette szükségessé, hogy a szocialista országok évenként megrendezett úgynevezett Nemzetközi Geofizikai Szimpóziuma a keleti blokk szétesésével megszűnt¹, és így Egyesületünk régiós kapcsolatai igencsak beszűkültek, valamint az egyesületi kasszából hiányzott a korábbi nemzetközi nagyrendezvények bevétele is. Egyébként már maga a BGS is hasonló indíttatásból jött létre. A BGS kongresszusai eleinte 3, majd később 2 évenként rendezték meg tagországról tagországra vándorolva. Magyarország 2011-ben került sorra. A budapesti kongresszus nagyon jól sikerült az akkori szervezőgárdának és a mögöttük álló (de azóta megszüntetett²) geofizikai intézményeknek köszönhetően. Nagyon sikeres és színvonalas online kongresszust tartott Románia a Covid-járvány idején, és igen tiszteletreméltóan szervezte meg *Snezna Komatina* professzor asszony a szerbiai kongresszust két éve Szerbiában.

2026-ban újra Magyarországon kellene megrendezni a BGS kongresszusát, ezért szeretném azoknak a tagtársainknak, akik az előzményeket még nem ismerik röviden bemutatni a Társulatot – és azt hiszem, erre legjobb *dr. George N. Sideris*[†] athéni geofizikaprofesszornak az első kongresszusról írt beszámolója:

¹ Az úgynevezett szocialista országok által rendezett utolsó Nemzetközi Geofizikai Szimpóziumra 1991-ben Kijevben került sor.

² Miközben a rendszerváltás óta nem kis önérzettel emlegettük a „magyar szürkeállományt”, észszerűsítés helyett folyamatosan folyt bázisainak, a kutató, illetve a kutató-fejlesztő intézményeknek a felszámolása.

„The first congress of the Balkan Geophysical Society was held at the Zappeion Conference Center, from 23 to 27 September 1996, in Athens, Greece. It was organized by the Balkan Geophysical Society and it was hosted by the Hellenic Geophysical Union. This was the first meeting of the geophysicists and the geoscientific members of the Geophysical Societies of the Balkan Peninsula Countries.

The Balkan Geophysical Society was formed in May 1993, in Florina city, Western Macedonia, Greece. The idea to create the Society was for the first time introduced to me as President of the Hellenic Geophysical Union during the meeting of the 36th international Geophysical Congress in Kiev, Ukraine, in September 1991. It was Dr. Dimtcho Josifov, President, at the time of the Bulgarian Geophysical Society that not only suggested but insisted on that great idea.

...

We, as geophysicists know very well that the political boundaries are not necessary geophysical boundaries and in order to locate, explore and extract the mineral, energy and the oil resources for the development and growth of our countries, we must collaborate, exchange ideas, interpret geophysical data and evaluate geological phenomena that, in many cases, are being influenced by sources in shallow or/and great depths into the Earth's interior.

We do know that the infrastructure of the countries of this part of the world needs serious improvements in areas like geotechnical projects, reliable telecommunications, information avenues and clean environmental issues. To achieve these goals we must collaborate towards the formulation of common project proposals where each one of us has an important role. We should use geophysical methods and techniques in order to serve and be more useful not only to our native countries but to the neighboring ones as well. The improvement of the electronic and computer technologies will help us a lot in order to achieve the above mentioned goals.

The Balkan Geophysical Society realizes the importance and wants to promote international cooperation as well as the preservation of local or regional coherence. Like the seismic or the acoustic wavelength which needs content of a wide spectrum in order to be useful, we want to promote a wide spectrum of cooperation.

...

The 1st Balkan Geophysical Congress and the Technical Exhibition was a very good forum for cooperation

and communication. The fact that this 1st Congress of our Society has such a positive acceptance, during these difficult times, that we live in, shows the necessity for further collaboration and communication between our shelves.

In response to changes to the mining industry and the increased importance of environmental problems, recently, more emphasis is given to geotechnical problems including engineering, ground-water, and environmental investigations. Today our charter is also to promote the application of geophysics to more shallow target exploration and site analysis problems.

The Balkan Geophysical Society in close collaboration with the presidents and the members of the faculties of the Balkan Geophysical Societies is well aware that the Balkan Peninsula Countries do not use the geophysical methods and technology to the extent they should for the benefit of their economic growth. For these reasons we should all of us, work together in order to convince the native governments of the Balkan Peninsula Countries to use geophysical techniques and methodologies, plus improving each country's infrastructure and economic growth."

(Dr. George N. Sideris, Athens, September 23, 1996)

Bodoky Tamás



MEGHÍVÓ

A Magyar Tudomány Ünnepe rendezvénysorozat részeként a Magyar Geofizikusok Egyesülete Észak-magyarországi Csoportja, az MTA Miskolci Területi Bizottságának Földtudományi Munkabizottsága, ill. Geoinformatikai és Térinformatikai Munkabizottsága, a Miskolci Egyetem Nyersanyagkutató Földtudományi Intézete, valamint az EAGE Miskolc Student Chapter **2026. november 9-én és 10-én**

Inverziós Ankét

címmel konferenciát rendez. A konferencia helyszíne: az MTA Miskolci Területi Bizottság székháza, Miskolc, Erzsébet tér 3. A konferencián 20 perces előadások keretében nyílik lehetőség a geofizikai inverziós kutatások legújabb eredményeinek bemutatására.

**A konferencia keretében megemlékezünk a
Geofizikai Tanszék alapításának 75. évfordulójáról.**

Az előadások bejelentésének határideje: **2026. október 1.**

Az előadás nélküli részvételi szándékot kérjük **2026. október 26-ig**
jelezni az alábbi elérhetőségeken:

E-mail: endre.nadasi@uni-miskolc.hu
Telefon: +36 (46) 565-111 / 11-38 mellék

Papp János, bányamérnök, geofizikus 1940 – 2026

Papp János Miskolcon, a Nehézipari Műszaki Egyetem Bányamérnöki Karán szerzte diplomáját 1963-ban. Neve és a Mecseki Ércbányászati Vállalat (MÉV) kötelékében végzett szakmai munkája szorosan összeforrt a cég uránipari bányászati és földtudományi tevékenységével. A pécsi központú vállalat (amely korábban Bauxitbánya Vállalat néven is futott) évtizedeken át a magyarországi uránbányászat legfontosabb szervezete volt, elsősorban a nyugat-mecseki uránlelőhelyek feltárásáért és kitermeléséért felelt. A vállalat geofizikusaival, mérnökeivel és geológusaival együtt kulcsszerepet játszott a föld alatti mélyfúrások szerkezetkutatásokban, a sugárzásmérésekben, valamint a bányabeli szeizmikus vizsgálatokban.



Papp János
1940 – 2026

Szakmai tevékenységének fő színtere a vállalatnál működő Kutató-mélyfúró Üzem nemcsak a kitermelést támogatta, hanem komoly tudományos bázisként is funkcionált. A korszak elismert szakembereként tanulmányai és szakkikerei jelentek meg a hazai iparági folyóiratokban, amelyekben a mecseki és egyéb hazai ásványi nyersanyagok földtani és geofizikai kutatási eredményeit összegezte. A MÉV III. Üzemének bányageofizikusaként és a szilvásváradai uránérckutatói projektek vezetőjeként meghatározó szerepet játszott a cég életében.

Utolsó jó szerencsét kívánva emlékéit tisztelettel és szeretettel megőrizzük.

Dr. Szűcs István

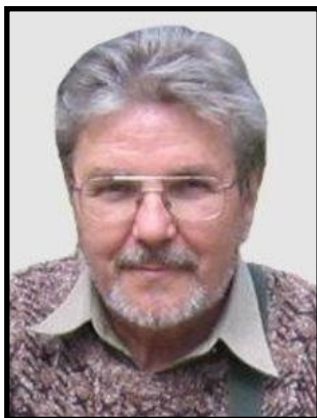
Göncz Gábor, geofizikus 1945 – 2026

Pályaválasztását – sok kortársához hasonlóan – lényegesen meghatározták családi körülményei, történelmünk nagy fordulatai. A második nagy világháború végén született Bajorországban, ahová a háború viharai sodorták családjukat. Édesapja – tartalékos katonatisztként – parancs alatt szolgált a szovjetek előtt Németország felé hátráló hadseregben. Magával vihetett várandós feleségét és kétéves kisleányát is. Útközben, egy malomépületben, akkor másodéves medika segítségével jött világra második gyermekük, Gábor. Kalandos úton, nélkülözések közepette kerültek haza 1945 őszén.

Édesapja 1941-től a MAORT (Magyar Amerikai Olajipari Részvénytársaság) vegyész, később labor- és üzemvezetője volt 1957-ig. A zalai olajvidék az iparág bölcsője volt, munkatársai az olajipar ké-

sőbb híressé vált kiváló szakembereiből álltak. Édesapjának széles érdeklődési köre, munkahelyi helytállása, újtársai, hazaszeretete és az olajkutak világa meghatározóak voltak későbbi irányultságára.

Bázakerettyén töltött felhőtlen gyermekéveinek hirtelen, 1957-ben szakadt vége. Édesapját mint választott munkástanácselnököt hamis vádak alapján letartóztatták, majd négy év börtönbüntetésre ítélték. Így Gábor 13 évesen lett két hónapos kishúgának és három kisebb testvérének ellátója (nővére szanatóriumba, édesanyja idegösszeroppanással kórházba került). Ő pedig a családfenntartás, -ellátás és a helyi általános iskolába járás (1951–1959.) mellett esténként megélhetésükért dolgozni járt egy másik településre. Az árván maradt családot a jó



Göncz Gábor
1945 – 2026

zalaiak is segítettek titokban. Számára ez az időszak „történelmi lecke volt, fiúknak”.

1959-ben jött el számára a továbbtanulás ideje. Miután iskolája „börtönviselt” édesapja miatt, kitűnő bizonyítványa ellenére sem támogatta szándékát, a település katolikus papjának ajánlásával és anyagi támogatásával felvételt nyert az Esztergomi Ferences Gimnáziumba, ahol szintén kiváló eredménnyel végzett 1963-ban. Az itt tanító szerzetesek, s az őt és családját támogató papjuk példájának hatására először a szemináriumot választotta, amelyet azonban hivatásérzet hiányában egy év után otthagyott. Érdeklődése ekkor – rokon mintákat követve – a vasas szakma felé fordult (1965–1966.) Egy sikeres országos verseny után, fél évvel társai előtt, 1966-ban „vörös diplomával” szabadulva műszerész lett a Mechanikai Mérőműszerek Gyárában. Bár szerette szakmáját, vágyott továbbtanulni a fizika világában. Sikeres felkészülés és felvételi után 1966-ban megkezdte tanulmányait az ELTE Természettudományi Karán az OKGT Geofizikai Kutató Vállalat ösztöndíjas geofizikus hallgatójaként. 1971-ben diplomázott, megnősült, és augusztusban állt a munkába. Négy gyermekük született.

Szakmai pályája kezdetén szerencsés körülmény volt, hogy a GKV ebben az évben állt át a korszerű digitális technika alkalmazására a terepi mérőműszerektől a számítógépes adatfeldolgozásig bezárólag, és erre az ELTE már előre felkészítette a hallgatókat. Így került a kevéssel előbb megalakult Fejlesztési Osztályra, mely jelentős módszer- és programfejlesztő munkát folytatott. Ezen a területen kiemelkedő, jelentős alkotásai voltak. Később a Feldolgozási Osztály vezetője lett, ahol iparszerű számítógépes feldolgozás folyt, és amely az olajkutatás egyik kulcsfontosságú gyakorlati területévé vált. 1992-től nyugdíjba vonulásáig az OKGT jogutódjánál, a MOL Kutatás-Termelés Zrt.-nél

dolgozott mint a szeizmikus feldolgozásért felelős szakértő, szupervizor. Idegennyelv tudása és ez iránt mutatott érdeklődése segítette a legújabb szakmai eredmények megismerésében és itthoni felhasználásában. Előadóként rendszeresen részt vett a hazai és nemzetközi konferenciákon, valamint meghívott előadóként az egyetemi oktatásban is. Kezdetől fogva bekapcsolódott a KGST együttműködés keretében a szocialista, majd a nyugat-európai országokkal folytatott kutatómunkába, s így jutott el a Szovjetunió után az Amerikai Egyesült Államokba, Egyiptomba, Algériába, keleten Kazahsztánba és az arab országokba (Jemen, Szíria) is. Eredményes és lelkiismeretes munkájának elismeréseként 1986-ban a Bányász Szolgálati Érdemérem bronz fokozatában, 1987-ben „Kiváló Dolgozó”, 2006-ban pedig „Szent Borbála-érem” kitüntetésben részesült, s mint a Kőolaj és Gázipari törzsgárda tagja arany fokozatú jelvény viselésére volt jogosult. Érdemeiért 2023-ban a Magyar Geofizikusok Egyesülete tiszteletbeli tagjává választotta. 70 éves koráig, összesen 44 évet dolgozott a szakmájában.

2015-ben ment nyugdíjba, élete utolsó 10 évét vidéken töltötte, nagy családjá (felesége, gyermekei, 18 unokája), barátai körében. A nyugdíj számára egyúttal sajnos a súlyos betegséget is elhozta, de még így is türelmesen, tevékenyen dolgozott kertjében, tartotta a kapcsolatot pályatársaival, s panaszkodás nélkül küzdött a súlyos kórral. Helytállásával, élet-, család-, haza-, természet- és szakmaszeretetével vonzó példát hagyva maga után, családjá körében, 2026 tavaszán ragadta el a halál.

*Mind azok akik szerették és tisztelték
(Göncz Gábor családjá, dr. Késmárky István,
Wittmann Géza, Véges István)*

Dr. Bakai János 1954 – 2026

Nem gyerekkori barátból lettél a legjobb barátom. Csak a Miskolci Egyetem hallgatóiként találkoztunk először. Te már végzős geofizikus voltál, firma, én meg még kezdő, balek. Nemcsak magas, nyurga termeteddel emelkedtél ki környezetből, hanem lebilincselő egyéniségeddel, csillogó szellemeddel. Úgy hozta a sors, hogy végzés után ugyanott, a Mecseki Szénbányák Kutatási Központjában kaptunk mindketten munkát.

Nekünk való, innovatív közeg volt. Csak bámultam milyen meghökkentő, eredeti ötletekkel álltál elő nap mint nap. Szárnyaló, sziporkázó gondolataiddal mindig magával ragadtad környezetet.



Dr. Bakai János
1954 – 2026

Persze akkoriban még nem lehetett csak úgy rögtön mindent megvalósítani. Neked valahogy mégis nagyon sok mindent sikerült. A sokáig érlelt akusztikus adathyűjtő, az egyedi bányabiztonsági vizsgálatok és a szakmai közösséget lehangoló tomográfiai módszereid fémjelezték ötletes gondolataid szárba szökkenését. Ezek a témák mindig is termékeny alkotói életed dédelgetett gyöngyszemei maradtak. Messze jutottál velük. Nagy európai-, szi-bériai-, törökországi cégek bányáiba.

Sok-sok közös emlék tarkította ezeket utakat. A megannyi külföldi meghívást, konferenciát, előadást nagyon szerettük felidézni egyre gyakoribb kávéházi be-

szélgetéseink alatt: Zonguldak, Gdansk, Osztrava, Tástagol, Novoszibirszk. Emlékszem, hogy az ottani híres operaházban milyen jól szunyókáltál a fáradtságtól és az aznapi megpróbáltatásainktól, amikor a közeli vasércbányában végzett méréseink során vendéglátóink amúgy orszosan meg akartak tréfálni bennünket, és a szokásos robbanóanyag tízszeresével kedveskedtek... a légnyomás úgy elrepített bennünket a vágat végéig, hogy remegő térdrel, igazi katasztrófafilmben éreztük magunkat. A könnyünk kicsordult mindig amikor eszünkbe jutott. Akkor már kevésbé, amikor arról beszélgettünk, hogy a török bányák életveszélyes szűk és meredek vágataiban hogyan kellett foggal körömmel megküzdeni azért, hogy visszajussunk a mélyből a felszínre. Ahogy azóta, életünk során többször is a felkapaszkodás mikéntje és a létrafokok megalkotása vált fő kérdéssé.

A későbbiekben ahogy az élet fizikailag távolabbra sodort bennünket egyre inkább a pécsi kávéházi beszélgetéseink, az érdi, budapesti, révfülöpi találkozásaink jelentettek a múltidézés színtereit. Bár a Bátaapátiban végzett kö-

zös munkánk évtizedeken keresztül mindmáig szoros kapcsolatot maradt, egyre újabb területekre is specializálódtál. Rövid időn belül a geofizikai részecskesebesség-vizsgálatok országos és nemzetközi szaktekintélyeként üdvözölhetted a szakmai közösség. Keményen megdolgoztál érte. Az embert próbáló terepi körülmények között végzett munkád és zseniális fejlesztéseid hamar meghozták az eredményt. A csúcsra értél.

Ambícióid, ötleteid és megbízásaid hátszelén szárnyalva szólt közbe a betegség. Oly gyorsasággal, mintha csak John Lennon szavait (és sorsát) róttá volna ki az igazságtalan és hirtelen véget: „Az élet az, ami velünk történik, miközben nekünk egészen más terveink vannak.”

Nyudodj békében drága barátom!

Dr. Szűcs István

(A 2026. augusztus 5-én, a Fakasréti temető dísztermében elhangzott megemlékezés alapján.)

Vincze László

1956 – 2026

Vincze Lászlótól, egy kivételes képességű, rendkívül kreatív, széles elméleti és gyakorlati tudással rendelkező szakembertől búcsúzunk. E képességei és kitartása hozzájárult egy nagyon eredményes pályafutáshoz. Fejlesztési eredményei mind a földtani kutatásban, mind a környezetvédelemben hasznosultak. Önzetlen, segítőkész egyénisége a mai világban szinte ismeretlen. A Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszéke köszönettel tartozik neki a több évtizedes együttműködésért.

Vincze László 1956 január 22-én Budapesten született. A Szabó József Geológiai Szakközépiskolában érettségizett, majd ugyanabban az évben a Miskolci NME Bányamérnöki Karára nyert felvételt. Egyetemi tanulmányai alatt többször is részesült tanulmányi emlékérem kitüntetésben, és díjazott TDK-dolgozatot is írt. A Magyar Állami Eötvös Lóránd Geofizikai Intézet még az egyetemi évek alatt munkaszerződést kötött vele. A műszaki földtudományi szak geofizikai ágazatán szerezte meg bányamérnöki oklevelét 1980-ban.

Az egyetem elvégzése után az Intézet Szilárd Ásvány Kutatási Főosztály Geoelektromos Laboratóriumában kezdte el szakmai pályafutását. Az Intézet támogatásával a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karának műszer- és méréstechnika szakára jelentkezett, ahol 1986-



Vincze László
1956 – 2026

ban villamosmérnöki diplomát szerzett. Az ELGI-ben a Magas-frekvenciás Laboratórium vezetőjének nevezték ki. A BME-n szerzett tudása is hozzájárult ahhoz, hogy a

földtani-geofizikai kutatás szempontjából jelentős műszeres fejlesztéseket végezzen. Olyan nagyon alacsony frekvenciás (VLF) fajlagos ellenállást mérő műszert épített, mely a kanadai Geonics műszerhez képest a mérési frekvenciatartományt a nagyobb hullámhosszak tartományára bővítette ki. Az akkor világszerte legmodernebbnek számító geofizikai elektromágneses módszerek magyarországi bevezetésében és alkalmazásában döntő érdemeket szerzett, részt vett az induktív gerjesztésű tranziens és a multifrekvenciás Maxiprobe elektromágneses módszer fejlesztési team munkájában.

Az intézetet a leépítési hullám miatt, 1991-ben hagyta el, és egyéni vállalkozásba kezdett. A vállalkozás éveiben – az 1991 és 2003 közötti időszakban – egy kanadai cég megbízásából egy több adóvevő tekercs távolságot használó elektromágneses vezetőképesség-mérő műszert fejlesztett ki. Ennek a projektnek a keretében másfél évet töltött Kanadában. Az egyéni vállalkozás feladatai elvégzésére egy multielektrodás, általános célú egyenáramú ellenállásmérő berendezést is épített. Ezekben az években saját fejlesztésű műszerekkel végzett

terepi méréseket elsősorban gátvizsgálat, kavicskutatás, vízkutatás, üregkutatás céljából.

Az egyéni vállalkozás kereteit túlnőve 2003-ban megalapította a Geoelectro Kft.-t. A legfontosabb tevékenységévé a „plasztikus szigetelő fóliák integritásának vizsgálata geofizikai szenzorhálózat segítségével” vált. A vizsgálatok kivitelezésére a szükséges műszereket is kifejlesztette. Miután megszerezte a Geoelectro Geofizikai Monitoring Rendszerre az alkalmazási engedélyt, a mérések országszerte elkezdődtek, és jelenleg is folytatódnak. Fejlesztéseit tovább folytatta a VLF módszer vonatkozásában is. Sokoldalúságát az is bizonyítja, hogy geoelektromos műszert épített a fatörzsek fajlagos ellenállásának átvilágításához. Együttműködést alakított ki az MTA Talajtani Kutató Intézetével a geofizikai módszerek talajtani alkalmazására. A Geonics céggel együttműködve a legújabb elektromágneses vezetőképesség-mérő műszer (EM38-4) fejlesztésében vett részt. A Horizon 2020 projekt keretében megvalósult UNEXMIN programban kisméretű robotban fluxgate magnetomér és sub-bottom profiler műszereket épített be.

2022-ben felvételt nyert a Miskolci Egyetem Mikoviny Sámuel Földtudományi Doktori Iskolájába. PhD-kutatási témája „Elektromágneses geofizikai módszerek és műszerek fejlesztése” volt. A kutatásai alapján az éves doktori beszámolókat minden esetben kiváló minősítéssel teljesítet-

te. Eredményeit hazai és nemzetközi szakmai konferenciákon (pl. Helsinkiben, Nápolyban és Amszterdamban) is ismertette. Tudását, tapasztalatát, továbbá modern szakmai ismereteit magyar és angol nyelven is megosztotta a diákokkal, akik nagy érdeklődéssel vettek részt ezeken az előadásokon és gyakorlati órákon. A tudományos doktori képzés során még 2026-ban abszolutóriumot szerzett. A sors igazágtalan volt vele: súlyos betegsége megakadályozta abban, hogy PhD-dolgozatát megvédje.

Tagja volt a Magyar Geofizikusok Egyesületének (MGE), a European Association of Geoscientists and Engineers (EAGE) és a Society of Exploration Geophysicists (SEG) európai, illetve USA-beli egyesületeknek.

A családja gyászában osztozva, megrendülve állunk itt. Egy olyan embertől búcsúzunk, aki a hazai alkalmazott geofizika kimagasló egyénisége. Dobróka professzor gondolatát idézve, olyan embertől, „aki szerény, csendes munkálkodással hozott létre kiemelkedő alkotásokat, és akiről tudtuk: olyan, mint egy hegyi tó, amely csendes, de nagy mélységei vannak”.

A Geofizikai Tanszék valamennyi munkatársa és a Műszaki Föld- és Környezettudományi Kar nevében búcsúzom tőled kedves Laci! Emléked megőrizzük, nyugodj békében!

Dr. Pethő Gábor ny. egyetemi m. tanár

MGE Közgyűlés – 2026



Szűcs István átveszi Breitner Dánieltől a Magyar Geofizikusok Egyesületének elnökétől az Egyed László-emlékérmét



MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

1143 Budapest, Stefánia út 14.; Tel./Fax: (06) 30-811-8819

E-mail: geofizikusok@gmail.com; Honlap: www.mageofegy.hu