

MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

A MAGYAR
GEOFIZIKUSOK
EGYESÜLETÉNEK
FOLYÓIRATA



JOURNAL OF THE
ASSOCIATION
OF HUNGARIAN
GEOPHYSICISTS

A Magyar Geofizikusok Egyesületének 2023. évi Közgyűlése
Ifjú Szakemberek Ankétja – 2023

A Darnó Deformációs Öv és a Paleogén-medence ÉK-i részmedencéinek
egységes szerkezetföldtani értelmezése
Mágneses torzulások a magnetotellurikában

A szférák harmóniájáról, geofizikusoknak
Alexander von Humboldt és a földmágnesség mai szemmel
Hozzászólás az „Uránkutató Iránban” című cikkhez

Az Eötvös Loránd parkban felállított ismertető táblák

In Memoriam

Errátum

Lakatos Sándor Lantos Miklós
Tisztelt Kollégák! Tisztelt Tagtársaink!



MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

64. évfolyam (2023) 1. szám



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

TARTALOM • CONTENTS

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

- 3 A Magyar Geofizikusok Egyesületének 2023. évi Közgyűlése (General Assembly of AHG) – *Hegedűsné Petró E.*
8 Ifjú Szakemberek Ankétja – 2023 (Meeting of Young Professionals – 2023) – *Hegedűsné Petró E.*

TANULMÁNY • PAPER

- 10 A Darnó Deformációs Öv és a Paleogén-medence ÉK-i részmedencéinek egységes szerkezetföldtani értelmezése szeizmikus szelvények és fúrási adatok alapján (Structural interpretation of Darnó Deformation Belt and NE partial basins of Paleogene basin based on seismic and well data) – *Lőrincz K., Bauer, M., Bereczki, L., Kemény, M.*
43 Mágneses torzulások a magnetotellurikában (Magnetic distortions in magnetotellurics) – *Kiss J., Szarka L., Prácser E.*

JEGYZETEK • COMMENTS

- 58 Feljegyzés – A szférák harmóniájáról, geofizikusoknak (Comments – On the harmony of the spheres, for geophysicists) – *Szarka L. Cs.*
61 Alexander von Humboldt és a földmágnesség mai szemmel (Alexander von Humboldt and geomagnetism today) – *Kosztai B.*
68 Hozzászólás a *Magyar Geofizika* 63. évfolyamának 4. számában közölt „Uránkutatók Iránban” című cikkéhez – *Mileji-Salamon B.*

HÍREK • NEWS

- 69 Az Eötvös Loránd parkban felállított ismertető táblák – *Szerkesztőség*

IN MEMORIAM

- 71 Errátum – *Szerkesztőség*
71 Lakatos Sándor – *Szerkesztőség*
72 Lantos Miklós – *Szerkesztőség*
72 Tisztelt Kollégák! Tisztelt Tagtársaink! – *Szerkesztőbizottság*

MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

64. évfolyam (2023) 1. szám

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

Főszerkesztő • Editor-in-Chief

DR. BODOKY TAMÁS

E-mail: mageofedit@gmail.com

Szerkesztőbizottság • Editorial Board

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

DR. PETHŐ GÁBOR, DR. SZABÓ NORBERT PÉTER

Technikai szerkesztő • Technical Editor

HOCK GÁBOR

E-mail: mageoftechn@gmail.com



Lapunk e számának megjelenését a
Magyar Tudományos Akadémia
támogatja

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

Kiadja a Magyar Geofizikusok Egyesülete

A kiadásért felel: Dr. Timár Gábor

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

Telefon/Fax: (1) 201-9815

Titkársági e-mail: postmaster@mageof.t-online.hu

Honlap: www.mageofegy.hu

Megjelenik évente négyszer

INDEX: 26 507

HU ISSN 2677-1497 (online)

A Magyar Geofizikusok Egyesületének 2023. évi Közgyűlése

A Magyar Geofizikusok Egyesülete 2023. április 28-án tartotta éves Közgyűlését a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságának Columbus utcai konferenciatermében Budapesten.

A jelenléti ív szerint a Közgyűlésen 62 fő jelent meg.

A Közgyűlés a szokásos rend szerint a Himnusz elénekülésével kezdődött, majd az Egyesület elnöke, *Kovács Attila Csaba* megállapította, hogy a 15.00 órára összehívott Közgyűlés határozatképtelen volt, de a meghívóban meghirdetett második időpontban, 15.30 órakor a Közgyűlés jelenlévők (62 fő) létszámától függetlenül határozatképes.

Az elnök a Közgyűlés programjának véglegesítése során jelzi a jelenlévőknek, hogy két sorrendi változtatás történik a kiküldött napirendi pontokban. Az első, hogy a 2023. évi pénzügyi terv ismertetése előtt szeretne szavaztatni a tagdíjmelési javaslat elfogadásáról, a második változás a kiadott napirendhez képest az, hogy *dr. Szarka Lászlónak* és *Szabóné dr. Kilényi Évának* a szünet után az Ifjú Szakemberek Ankétjának közönségdíjas előadása előtt 5-5 percre szót adnak.

A napirendet a Közgyűlésen jelen lévő egyhangú igen szavazattal, tartózkodás és ellenszavazat nélkül elfogadták.

Az elnök a jegyzőkönyv vezetésére *Hegedűsné Petró Erzsébetet*, az emlékeztető hitelesítésére *Török István* és *Hegedűs Endre*, egyesületi tagokat kérte fel. A jelenlévők egyhangúan elfogadták a felkért személyek közreműködését.

Kovács Attila Csaba elnök ezután megnyitotta a Közgyűlést. Elsőként társegyesületünk, a Magyarhoni Földtani Társulatot képviselő *dr. Bodor Emese* ügyvezető igazgatót, majd a Magyar Országos Bányászati és Kohászati Egyesületet képviselő *Zelei Gábor* ügyvezető igazgatót köszöntötte. Utánuk az Egyesület jogi tagjainak és az Egyesület támogatóinak képviselőit üdvözölte.

Az Egyesület jogi tagjai:

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

Az Egyesület támogatói:

- Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet (Sopron)
- Miskolci Egyetem
- Eötvös Loránd Tudományegyetem Geofizikai és Űrtudományi Tanszéke
- Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány
- Magyar Geofizikusokért Alapítvány
- MinGeo Kft.
- Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága



Az MGE 2023. évi Közgyűlése



A Közgyűlés Elnöksége (balról jobbra) *Timár Gábor*, az MGE hivatalba lépő elnöke, *Zelei Gábor*, az MGE leköszönő alelnöke, *Bereczki László*, az MGE általános titkára és *Kovács Attila Csaba*, az MGE leköszönő elnöke

A köszöntések után az elnök elmondta, hogy az Egyesület finanszírozása az elmúlt néhány évben nagyon megváltozott. Korábban a MOL Nyrt. kb. két évtizeden keresztül támogatta anyagilag az Egyesület munkáját. Ez sajnos megszűnt, de szerencsére sikerült újabb támogatókra szert tennünk azoknak a cégek részvételével, amelyek újonnan jelentek meg az iparban. Ezek, ha nem is közvetlenül nyújtanak anyagi támogatást, de az általunk rendezett konferenciákat támogatják. Több pályázatot is beadtunk, amelyekhez kisebb-nagyobb összegű támogatásokat sikerült elnyernünk. A legnagyobb pénzügyi nyereséget az egyesületek által ismét befektethető pénz után járó kamatok jelentik. Ez nagyban segít az Egyesület zökkenőmentes működtetésében. *Zelei Gábor* leköszönő alelnökünk a FöCik-en keresztül beadott pályázatokba vonta be Egyesületünket, így jelentős összegeket nyertünk el, és ehhez kapcsolódóan értelmes, hasznos feladatok elvégzésére, célok elérésére is módja nyílt az Egyesületnek.

A területi csoportoknál megtörtént a tisztújítás. Van közöttük olyan csoport, amelyiknél működési nehézségek voltak a tavalyi évben, de az Egyesület segíteni szándékozik nekik, hogy a jövőben megerősödjenek.

Sajnos 2022-ben több tagtársunkat elveszítettük, idén év elején pedig *dr. Baráth István* hunyt el, aki nagyon sok egyesületi feladat megoldásában működött közre, többek között tagja volt a *Magyar Geofizika* lap Szerkesztőbizottságának is. *Dr. Bodoky Tamás* főszerkesztő *dr. Lőrincz Katalint* kérte fel *dr. Baráth István* szerkesztőbizottsági tisztének betöltésére. *Dr. Baráth István* a Tudománytörténeti Bizottság elnökének szerepét is betöltötte. Az elnök felhívta a jelenlévők figyelmét, hogy ha valaki késztetést érez arra, hogy ennek a bizottságnak a munkájában részt vegyen, jelezze ezt az Elnökségnek.

Ezt követően a jelenlévők egy perces néma felállással emlékeztek meg a 2022-ben elhunyt

Bárány Tibor

Dávid Gyula

Dr. Szeidovitz Gyözőné

Dr. Baráth István (2023. január)

tagtársainkról.

A Közgyűlés rövid beszámolókkal folytatódott, a részletes beszámolókat nyomtatásban már korábban megkapták az Egyesület tagjai.

Bereczki László a titkári beszámolóban röviden ismertette a 2022. év eseményeit. A 2022-es év arról tanúskodik, hogy az Egyesületnek sikerült úrrá lenni az előző két év nehézségein. Ez a taglétszámon is meglátszik, mert az nőtt valamelyest az elhalálozások és kilépések ellenére is. Pénzügyi helyzetünk stabil, jelentős javulása köszönhető annak, hogy a 2022. évtől kezdve az egyesületek és alapítványok ismét vásárolhatnak állampapírt. Az Egyesület ezt kihasználva befektette megtakarításának jelentős részét.

Egyesületünk az Alapszabályban leírtak szerint működött 2022-ben is. Megtartottuk közhasznúságunkat. Megtartottuk hagyományos szakmai rendezvényeinket: a Földtani és Geofizikai Vándorgyűlést, melyet közösen rendeztük meg a Magyarhoni Földtani Társulattal (Budapest, 2022. október), valamint az Ifjú Szakemberek Ankétját (ISZA, Orosháza-Gyopárosfürdő, 2022. március). Érdekesképp mondta el, hogy míg 2022-ben alig volt 50 fő résztvevője az Ifjú Szakemberek Ankétjának, addig 2023-ban majdnem 80 fő vett részt a ezen rendezvényen. Vagyis itt is látszik, hogy kezdünk kijönni az Egyesületet is érintő válságból.

Területi csoportjaink is működtek az elmúlt évben. Egyedül a Dél-dunántúli Csoportnál voltak fennakadások, de ezen is sikerült úrrá lenni. Itt mondta el, hogy tervbe vettük egy budapesti csoport létrehozását is.

Megjelentettük évente 4 alkalommal az Egyesület szaklapját, a *Magyar Geofizikát*. Itt annyi változás lesz, hogy a 2023-as évfolyamtól kezdve a magas nyomdai költségek miatt nyomtatásban nem jelenik meg a lap, csak online, a világhálón. Ezt pillanatnyilag átmeneti megoldásnak gondoljuk, amennyiben sikerül ismét szponzorokat szerezni, akkor újra indíthatjuk a lap nyomtatását is.

Ápoltuk nemzetközi kapcsolatainkat mind az amerikai Society of Exploration Geophysics-szel, mind az európai European Association of Geoscientists and Engineers-szel. A Balkan Geophysical Society konferenciáján is részt veszünk, ha személyesen nem is, de online mindenképpen.

Az Egyesület gazdálkodását említve elmondja, hogy sikerült pozitív pénzügyi mérleggel zárni a 2022-es évet.

Kétf millió forintot valamivel meghaladó eredményre tettünk szert. A beérkező 1%-os felajánlásokból továbbra is támogattuk az ISZA-n előadást tartó, több mint egy éve tag hallgatók, doktoranduszok részvételét. A tagdíjakat mindenki felelősen fizeti, ebből is keletkezik bevétele az Egyesületnek.

Idén már tartottunk egy előadódélutánt dr. Horváth Ferenc születésnapján, ahol *Tari Gábor* és *Györfi István* emlékeztek meg előadásaikkal a professzorokról.

2022-ben is megszerveztük báró Eötvös Loránd halálának évfordulóján sírjának koszorúzását, ezen minden ediginél több szervezet, intézmény, iskola vett részt.

Az Egyesület tevékenységének ismertetése után *Bereczki László* titkár rátért a 2022. évi pénzügyi beszámolóra. Kivetíti a megjelentek számára a pénzügyi beszámolót bemutató táblázatot, ahol látható a 2022. évi pénzügyi terv, illetve ezzel összehasonlításban a 2022. évi pénzügyi tények. Ennek alapján elmondható, hogy tartottuk a tervet, minimális volt az eltérés a kiadásoknál. A bevételi oldalon túlteljesítettük a tervet. Ez részben a rendezvényeinknek köszönhető, főleg az MFT-vel közösen megrendezett Földtani és Geofizikai Vándorgyűlésnek. A tavaly augusztusban történt állampapír-vásárlásnak köszönhetően is jelentősen javult Egyesületünk pénzügyi mérlege.

A tavalyi közgyűlésen előterjesztett és a közgyűlés által is elfogadott terv szerint prognosztizált negatív eredményt jelentősen meghaladta az Egyesület 2022-es pozitív eredménye, mely végül 2 216 000 Ft lett.

Összegezve: sikeres szakmai és pénzügyi évet zártunk 2022-ben.

Kaszás László, a Felügyelőbizottság elnöke elmondta, hogy az Egyesület Felügyelőbizottsága (FB) az Alapszabálynak megfelelően évente legalább egyszer ülésezik. Erre mindig a Közgyűlés előtt kerít sort. Ülésük előtt megkapták a teljes könyvelési anyagot, melyet áttekintettek. Megkapták a 2023-as költségtervet is, melyet szintén véleményeztek, értékelték. Az előzőekben elhangzott pénzügyi beszámoló teljes egészében megegyezik a Felügyelőbizottság elé terjesztett adatokkal. Az adatokat megvizs-

gálták, és azokat valóságnak találták. Az Egyesület 2 216 000 Ft eredménytöbblettel zárta a 2022-es évet. A Felügyelőbizottsághoz kritikai bejelentés, észrevétel nem érkezett az Egyesület gazdálkodásával, működésével kapcsolatban, az Alapszabálytól eltérő működésről nem tudnak. Az Egyesület eredményét közhasznúság szempontjából is megvizsgálták. Ahogy az már elhangzott, a Magyar Geofizikusok Egyesülete 2022-ben is megtartotta közhasznúságát, eleget tett az előírt kritériumoknak. Összegezve, a Felügyelőbizottság javasolja, hogy a jelen lévő tagság fogadja el a 2022. évi pénzügyi beszámolót.

Kovács Attila Csaba elnök felkéri a jelenlévőket, hogy szóljanak hozzá az elhangzottakhoz; mivel hozzászólás nem volt, ezért felkéri a jelenlévőket, hogy kézfelemeléssel szavazzanak az elhangzott titkári, illetve felügyelőbizottsági beszámoló elfogadásáról. A Közgyűlés ellenszavazat és tartózkodás nélkül, egyhangúan elfogadta a beszámolókat.

Az elnök két dologgal egészítette ki a titkári beszámolót: az egyik az, hogy a Magyarhoni Földtani Társulattal történt megegyezés alapján ezentúl mindig közösen rendezzük meg a Földtani és Geofizikai Vándorgyűléseket. Az első ilyen közös rendezés alkalmával (2019) az MFT, 2022-ben viszont az MGE volt, amely a rendezvény pénzügyi részét kezelte. Ezt a jövőben is hasonló módon kívánjuk intézni.

A másik kiegészítés, hogy az Egyesület könyvelője véglegesen nyugdíjba vonul 2023. december 31-ig. Így könyvelőváltás elébe nézünk. Találtunk egy könyvelő céget, ahol egyesületek, alapítványok könyvelésével is foglalkoznak, és elvállalták a továbbiakban az Egyesület könyvelését. Így remélhetjük, hogy zökkenőmentes lesz a váltás.

Ezután *Gombár László*, a Magyar Geofizikusokért Alapítvány kuratóriumi elnöke tartotta meg 2022. évi beszámolóját. Elmondta, hogy 2022-ben az Alapítvány Kuratóriumának összetétele nem változott. A kivetített diagramokon bemutatta, hogy sajnos, az Alapítvány bevétele 2022-ben gyakorlatilag nulla volt. Ami minimális bevételként látható, az a befektetett pénz kamata volt. Már a tavalyi közgyűlésen is láthattuk, hogy az Alapítvány leépülése



Gombár László, a Magyar Geofizikusokért Alapítvány kuratóriumi elnöke az alapítvány helyzetéről számol be

van folyamatban a támogatottság teljes hiánya miatt. Az Alapítvány a szenior-klubdelutánt még meg tudta rendezni 2022. június első napjaiban, szeniorkirándulás azonban már nem volt, igaz a kirándulás iránti érdeklődés is csökkent. Egy idős kollégát támogattak karácsony előtt. Támogatták még az Ifjú Szakemberek Ankétjának megrendezését. Sajnos a prognosztizált terveknek megfelelően alakultak a 2022. évi pénzügyi mutatói, vagyis az Alapítvány 868 000 forint negatívummal zárta az évet.

2023-ra a 2022-eshez hasonló pénzügyi tervet készítettek. Támogatják a fiataloknak rendezvényeken való részvételét, támogatják a hozzájuk forduló nehéz anyagi körülmények között élő nyugdíjas kollégákat, szenior-klubdelutánt szerveznek, valamint támogatják az Ifjú Szakemberek Ankétjának megrendezését. Már az idei évben történt, de támogattak egy, a törökországi földrengés áldozatait segítő segélyszervezetet is 50 ezer forinttal.

Amennyiben nem érkezik nagyobb összegű támogatás az Alapítvány számára, 2024. év végén az Alapítvány megszüntetésére kerülhet sor, mivel anyagi forrásai addigra elfogynak, így cél szerinti működése ellehetetlenül.

A kuratórium elnökét követően *Kaszás László* a Felügyelőbizottság elnöke beszélt a Magyar Geofizikusokért Alapítvány működéséről, illetve pénzügyi helyzetéről. Az FB is úgy látja, hogy az Alapítvány két éven belül meg fog szűnni. Korábban már elveszítette közhasznúsági státuszát, emiatt semmilyen támogatás nem várható, hiszen ez a támogatóknak már nem jelent előnyt. Mind az FB, mind az Alapítvány Kuratóriuma elfogadta a 2022. évi alapítványi beszámolót.

Kovács Attila Csaba elnök ezután szavazásra bocsátotta a Magyar Geofizikusokért Alapítvány kuratóriumának beszámolóját. A Közgyűlés a Magyar Geofizikusokért Alapítvány beszámolóját ellenszavazat és tartózkodás nélkül egyhangúan elfogadta.

Következő téma a tagdíj kérdése volt. *Kovács Attila Csaba* ismertette, hogy a Magyar Geofizikusok Egyesületében utoljára a kilencvenes években történt tagdíjemelés, ezért az Elnökség nevében javaslatot tett a tagdíjak emelésre. A Közgyűlés ellenszavazat nélkül, egy tartózkodással elfogadta, hogy 2024. január 1-jétől a Magyar Geofizikusok Egyesületében a tagdíj nyugdíjasoknak és tanulóknak évi 3000 Ft, az aktív keresőknek pedig évi 5000 Ft legyen.

A tagdíjjal kapcsolatos szavazás után *Bereczki László* általános titkár ismertette az Egyesület 2023. évi pénzügyi tervét. Kivetítette a tételesen látható, 2023-ra prognosztizált pénzügyi tervet. A 2023-as tervben az előző évekhez hasonló bevételekkel kalkulált az Elnökség, különösebb változásokat nem tervezett. 2023-ban nem lesz vándorgyűlés, így csak egyetlen rendezvénnyel számoltunk mind bevétel, mind kiadás terén: ez az Ifjú Szakemberek Ankétja, amely már le is zajlott. Itt a kiadás egy kicsit nagyobb összeggel szerepel a vártnál lényegesen több résztvevő miatt. A bevételi oldalon jelentős tétel a befektetések után járó kamat. Továbbra is takarékos gazdálkodást tervezünk, és ha ezt meg is tudjuk valósítani, akkor ismét pozitív pénzügyi mérleget zárhatunk majd 2023-ban.

A 2023-as pénzügyi terv alapján *Kaszás László* felügyelőbizottsági elnök szerint az Egyesület láthatóan felelős gazdálkodást folytat. A *Magyar Geofizika* című szaklap nyomdai előállításának megszüntetése nagyjából 700 ezer forint megtakarítást jelent, valamint kb. 5 millió forint bevételt eredményez az, hogy állampapírba fektették az Egyesület szabad forrásait. Az FB teljes mértékben egyetért azzal, hogy a fentiek alapján az Egyesület várhatóan 2023-ban is pozitív pénzügyi mérleget zár majd.

A Közgyűlés ezek után egyhangú szavazattal elfogadta a Magyar Geofizikusok Egyesületének 2023. évi pénzügyi tervét.

Az elnök következő napirendi pontként ismertette azt a javaslatot, miszerint szeretnék egy budapesti területi csoportot létrehozni. *Szongoth Gábor* tagtársunk már évek óta nehezményezi, hogy a jól működő vidéki területi csoportok mellett nem működik egy budapesti csoport is. Mivel a napirendi ponthoz nem volt javaslat vagy hozzászólás, ezért az elnök felkérte a Közgyűlést, hogy szavazzanak a budapesti területi csoport létrehozásáról. A Közgyűlés ellenszavazat és tartózkodás nélkül elfogadta a budapesti területi csoport megalakítását.

Ez követően az elnök ismertette a Jelölőbizottság javaslatát, hogy mely megújítandó egyesületi tisztségekre, kik a jelöltek 2023-ban. Alelnököt és általános titkárt kellett idén választani, a tisztségekre csak egy-egy jelölés érkezett.

Általános titkár posztra *Bereczki László*t jelöljük.

Alelnöki posztra *Breitner Dániel*t jelöljük.

A jelölteket mindenki ismeri, külön bemutatásukra nem volt szükség. A jelöltek és a szavazás módjának ismertetése után 20 perc szünet következett, amikor is mindenki leadhatta szavazatát.

Szünet után folytatódott a Közgyűlés.

Szabóné dr. Kilényi Éva elmondta, hogy egy, a geofizikán belül gravitációs mérésekkel foglalkozó nagy nevű geofizikusról, Szilárd Józsefről készül egy könyv, amely hamarosan meg is jelenik, és ezt szeretné a jelenlévők figyelmébe ajánlani különös tekintettel arra, hogy az Ifjú Szakemberek Ankétján az ELGA minden évben kiadja a Szilárd Józsefről elnevezett díjat.



Szarka László bejelenti az „Eötvös 175 Emlékév” megrendezését



Mód Gábor (b) fogadja Kovács Attila Csaba (j) elnök gratulációját a Tiszteleti Tagsághoz

Majd Szarka László számolt be arról, hogy báró Eötvös Loránd, a nagy magyar természettudós születésének 175. évfordulója alkalmából megrendezésre kerül az „Eötvös 175” Emlékév ünneppsorozat. A honlap címe, ahol minden tudnivalót megtalálnak evvel kapcsolatban az érdeklődők: www.eotvos175.hu

Szarka László beszámolóját követően Kovács Attila Csaba felkérte Horváth Laurát, hogy tartsa meg előadását, melyet az Ifjú Szakemberek Ankétján adott elő 2023. márciusában, és amellyel az ISZA közönségdíját nyerte el. Az előadás címe: „A newly discovered combustion metamorphic complex in the Miocene coal-bearing sedimentary units of Salgótarján Basin, Novohrad–Nógrád UNESCO Global Geopark”. Horváth Laura előadása után a díjak, kitüntetések átadása következett.

Tiszteleti tagságot idén Mód Gábor és Göncz Gábor kapott.

A Meskó Attila-díjat Molnár Bence kapta Molnár, B. Galsa, A. (2022): „Felszín alatti vízáramlás és hőtranszport sztohasztikus permeabilitású közegekben”, *Magyar Geofizika* 63/1, 22–33. cikkéért, míg a Csókás János-díjat Turainé Vurom Brigittának ítelték a Turai-Vurom, B., Dobróka, M.: „Determination of the quality factor of rocks using special ratio data”, *Új Eredmények a Műszaki Föld- és Környezettudományban*, 2022, 149–156. cikkéért.



Göncz Gábor (j) köszönetet mond a Tiszteleti Tagságnak

Itt köszönték meg Vida Erzsébetnek és Kopcsa Józsefnek két vidéki, területi csoportunk összekötőinek munkáját is. Majd átadták az ISZA díjait, és az elnök köszönetet mondott az Ifjú Szakemberek Ankétjának megszervezéséért Virók Andrásnak, Bereczki Lászlónak és Vári Tamás Zsoltnak.

A szavazás eredményét ezután Török István, a Szavazatszámoló Bizottság elnöke ismertette: Összesen 45 érvényes szavazat érkezett, ebből 44 szavazatot kapott Bereczki László az általános titkári és ugyancsak 44 szavazatot kapott Breitner Dániel az alelnöki tisztségre.

Kovács Attila Csaba megköszönte Zelei Gábor leköszönő alelnök áldozatos munkáját, és gratulált az új alelnöknek és az általános titkárnak a megválasztásukhoz, majd helyet cserélt a leköszönő jelenlegi elnök, Kovács Attila Csaba és a hivatalba lépő új elnök, Timár Gábor.

Timár Gábor elmondja, hogy véleménye szerint a Geofizikusok Egyesületének dolga a jövőben az, hogy az itt hallott tapasztalatokat átadja a fiataloknak, a jövő generációjának azért, hogy tovább vigyék a szakmát, a Magyar Geofizikusok Egyesületének tevékenységét és törekvéseit.

Végül az új elnök, Timár Gábor bezárja a közgyűlést, és a jelenlévők közösen eléneklik a Bányász himnuszt.

Hegedűsné Petró Erzsébet

Ifjú Szakemberek Ankétja – 2023

A Magyarhoni Földtani Társulat és a Magyar Geofizikusok Egyesülete Ifjúsági Bizottságainak szervezésében került megrendezésre 2023. március 31. – április 1-jén Nagybörzsönyben az Ifjú Szakemberek Ankétja (ISZA). Az ankéton 77 fő vett részt, ilyen nagy létszámú részvételre már régen nem volt példa.

36 szóbeli előadás hangzott el és 20 poszter előadás került bemutatásra. Az előadások a hagyományokhoz híven komoly felkészültségről tettek tanúbizonyságot, így a hat-tagú szakmai zsűrinek ismét nehéz dolga volt az egyesületi díjak odaítélésénél. Összesen 25 díj talált gazdára, hiszen a korábbi évekhez hasonlóan a rendezvény szponzorai is értékes díjakat ajánlottak fel, az általuk díjazásra érdemesnek tartott előadóknak.

A hattagú zsűri a következő szakemberekből állt: *Benkő Zolt* (ATOMKI, Debreceni Egyetem), *Dombrádi Endre* (TDE Services Kft.), *Gulyás Sándor* (Szegedi Tudományegyetem), *Sóron András* (MOL Nyrt.), *Szabó Norbert Péter* (Miskolci Egyetem), *Zahuczki Péter* (MOL Nyrt.).

A rendezvényt értékes díjak felajánlásával szponzorálta: MinGeo Kft., O&GD Central Kft., MS Energy Solutions Kft., Biocentrum Kft., Elgascar Környezettechnológiai Zrt., Geo-Log Kft., MOL Nyrt., Magyarhoni Földtani Társulat, az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány, a Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága, valamint idén kivételesen odaítéltünk egy MFT–MGE különdíjat is. Kiosztásra került egy „közönségdíj” és egy „első előadói díj” is a két rendező egyesület részéről, a szokásos díjak mellett (elméleti, gyakorlati és poszterkategóriában osztottunk ki I., II. és III. díjat).

Az ISZA díjazottjainak a névsora:

Elméleti kategória: 1. díj – *Németh Kolos*, 2. díj – *Váradi Kitti*, 3. díj – *Horváth Laura*

Gyakorlati kategória: 1. díj – *Baják Petra*, 2. díj – *Sipőcz Jázmin*, 3. díj – *Budai Soma*

Poszterkategória: 1. díj – *Kovács Ádám*, 2. díj – *Vári Tamás Zolt*, 3. díj – *Spráncz Tamás*

Első előadói díj: *Németh Kolos*

MFT-különdíj: *Spráncz Tamás*

MFT Ifjúsági Bizottság díja: *Román Zsófia*

Geo-Log Kft. különdíja: *Borsos Lilla*

MOL Nyrt. különdíja: *Hasan Atrash*

O&GD Central Kft. különdíja: *Hegedűs András*

MinGeo Kft. különdíja: *Halász Noémi*

MS Energy Solutions Kft. különdíja: *Markó Ábel*

Biocentrum Kft. különdíja: *Vatai Zsuzsanna*

Böckh Hugó-díj: *Salamon Botond*

Szilárd József-díj: *Moataz Mohamed*

Elgascar Környezettechnológiai Zrt. különdíja: *Mona Magshoudlou*

Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet különdíja: *Cziráki Kamilla*

SZTFH különdíja: *Balázs Boglárka*

Közönségdíj: *Horváth Laura*

MFT–MGE közös különdíja: *Stefán Boglárka*

Anyagilag a Magyar Geofizikusokért Alapítvány támogatja a rendezvényt, valamint pályázatot adtunk be a European Association of Geoscientists and Engineershez (EAGE), ahonnan 500 euró támogatást nyertünk el a rendezvényre.

Hegedűsné Petró Erzsébet



Az ISZA résztvevői Nagybörzsönyben



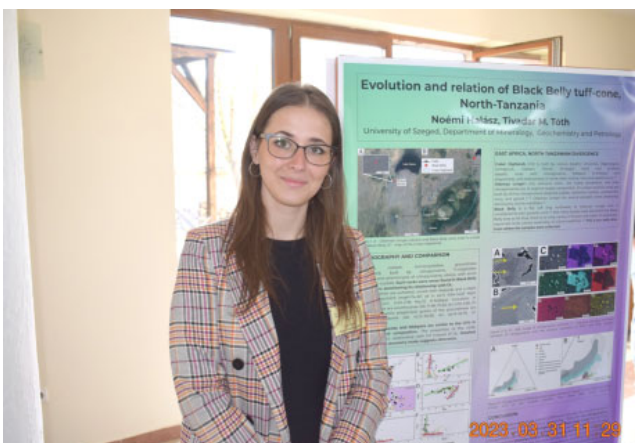
Az előadások helyszíne



Előadás az ISZA-n



Az előadások hallgatósága



Poszterbemutató



Poszterbemutató

A Darnó Deformációs Öv és a Paleogén-medence ÉK-i részmedencéinek egységes szerkezetföldtani értelmezése szeizmikus szelvények és fúrási adatok alapján

LŐRINCZ K., BAUER M., BERECKZI L., KEMÉNY M.

Szabályzott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SZTFH), Földtani Igazgatóság,
Ásványi Nyersanyagkutatási és Geofizikai Főosztály,
1145 Budapest, Columbus utca 17–23.
E-mail: katalin.lorincz@sztfh.hu

A Darnó Deformációs Övben és az Észak-magyarországi Paleogén-medence ÉK-i részének részmedencéiben: a Salgótarjáni-medencében, a Zagyva-árokban és az Etesi-árokban rendelkezésre álló szeizmikus szelvények alapján szerkezeti értelmezést hajtottunk végre földtani, mélyfúrási és erőtér geofizikai adatok integrálásával. Az értékelés során sikerült egy olyan egységes szerkezetföldtani modellt létrehozni, amely a részterületek egyedi fejlődéstörténetét is magyarázza.

Lőrincz, K., Bauer, M., Bereckzi, L., Kemény, M.: Structural interpretation of Darnó Deformation Belt and NE partial basins of Paleogene basin based on seismic and well data

Structural seismic interpretation was carried out with integration of available geological, drilling and geophysical data of gravity and magnetic measurements in Darnó Deformation Belt and the NE partial basins of Paleogene basin: Salgótarjáni Basin, Zagyva-trough and Etesi-trough. During the evaluation an integrated geological model was created for the whole area, which can explain the development history of the partial areas, too.

Beérkezett: 2023. február 28.; elfogadva: 2023. június 9.

1. Bevezetés

Az alulkutatottnak tekinthető Salgótarjáni-medencében a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságának jogelődje, a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat 2020-ban, két új szeizmikus vonalat mért közel 30 km összhosszúságban, elősegítve a mérési hálózat sűrűségének növekedését (Bauer, Lőrincz 2020). A mért szelvényeket – szerkezetföldtani szempontból – igyekeztünk beilleszteni a Salgótarjáni-medence környezetébe, amely tágabb értelemben az Észak-magyarországi Paleogén-medencét, szűkebb értelemben pedig a Salgótarjáni-medencével határos Zagyva-árkot, Etesi-árkot és a Darnó Deformációs Övet is jelenti. Az így meghatározott 1300 km² nagyságú vizsgálati területen 540 km összhosszúságú, 35 db refle-

xiós szeizmikus időszelvény egységes értelmezését végeztük el, a korábbi ismereteket is magába foglaló földtani, mélyfúrási és erőtér-geofizikai adatok figyelembevételével.

A komplex értelmezés végrehajtásakor hat meghatározó reflexiós időfelületet térképeztünk (1. táblázat, ld. 5.1. fejezet), amelyek segítségével az azonosított tektonikai elemeket koroltuk, és térképezés után a jellegüket és irányukat is meghatároztuk. Hét tektonikai fázist különböztettünk meg (2. táblázat, ld. 6. fejezet) egy olyan általunk feltételezett egységes szerkezetfejlődési folyamat részeként, amely az egyes részmedencékben és a Darnó Deformációs Övben fellelhető szerkezetföldtani jegyeket is magyarázza. A tektonikai fázisok megnevezésében alkalmazott „kora tardi” és „kora kiscelli” kifejezések ugyan nem használatosak kor

megjelölésre, de ezek segítségével tudtuk érzékeltetni a kora oligocén koron belüli időbeni felosztást. Az elnevezések az adott képződmények kialakulási idejére utalnak.

A térség mélyrehatóbb földtani megismerését nemcsak alapkutató szempontok, hanem ipari megközelítés is indokolja. A terület ugyanis szénhidrogén-kutatási szempontból perspektivikusabb a jelenlegi megkutatottságánál (Kovács et al. 2020). Erre utalnak a viszonylag korán felfedezett (és azóta már letermelt) szénhidrogén-lelőhelyek (Bükkszék, Fedémes) és a számtalan felszíni kőolajnyom is (Bükkszék, Recsk, Parád, Lahóca, Fedémes). Ráadásul a térségben a hagyományos szénhidrogén-lelőhelyek mellett a nem hagyományos előfordulások szerepe is jelentős (Bonz et al. 2012), és a hazai lehetőségekhez képest kedvezőbb mélységi, hőmérséklet- és nyomásviszonyok mellett a Tardi Agyag Formáció képviselőjében érett és szerves anyagban gazdag anyagközet ismert (Kovács et al. 2020). Az Etesi-árokban pedig a Kiscelli Agyagba települt néhány homokkőszintről bebizonyosodott, hogy nemcsak szénhidrogén-, de vízföldtani szempontból is tárolóközetként szolgálhat (Cserkész-Nagy, Szalay 2016).

2. Korábbi kutatások

Az Észak-magyarországi Paleogén-medence szénhidrogén-szempontú földtani vizsgálata a 19. századra nyúlik vissza. Ekkor fedezték fel a Recsk (Kitaibel 1829) és Parád (Tóth 1882) környéki szénhidrogén-előfordulásokat. Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) 1933 és 1937 közötti gravitációs mérésekkel történő továbbkutatása során szerkezeti boltozatokat mutatott ki.

A kutatási területen lévő Bükkszéken mélyült fúrás (Bsz-1) volt az első hazai kőolajtermelő kút. A területen, az alsó-oligocén Kiscelli Agyag Formáció turbidites homokkőrétegeiben és a vulkáni tufapadokban összesen két telítetlen kőolajtelep vált ismertté, amelyekre 56 fúrásat mélyítettek le. Ezekből 1940 májusáig összesen 10 000 tonna kőolajat termeltek ki (Kovács et al. 2020).

A Darnó-vonal elnevezést szintén Telegdi-Roth (1937) használta először „ama hegység szerkezeti öv megjelölésére, amely a Mátra-hegység K-i végétől indul ki, s a bükkí típusú alaphegység-képződményekből álló Darnó-hegy NyÉNy-i oldalát vágja el”.

A korabeli megfigyeléseket (Rozlozsnik 1935, Majzon 1940, Jaskó 1946, Schréter 1951) az évtizedekkel későbbi bükkszéki és fedémesi kutatási területeken történt szeizmikus kutatások (Szalay, Zelenka 1979, Albu et al. 1985, Braun et al. 1989, Petrovics, Szalay 1992) szintén megerősítették. Később, az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1986 és 1993 között geofizikai (geoelektromos, magnetotellurikus, szeizmikus refrakciós és reflexiós) méréseket végzett a Darnó Zóna környezetében a Központi Földtani Hivatal által indított „A Bükk-hegység és előterei komplex földtani előkutatási programja” keretében (Szalay 1998). Ennek a kutatásnak az eredményei sem cáfoltak rá a nagy elődök megállapításaira.

A térségben (Ózd környezetében) az első graviméteres méréseket a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (MÁELGI) végezte 1950–60 között, a járható utak mentén. Szabályos hálózatban csak 1992–93-as években készültek mérések. Az első mágneses méréseket szintén a MÁELGI végezte az 1950-es években.

A fedémesi éghetőgáz-előfordulást a Fedémes Fs-9 fúrással 1958-ban fedezték fel, amelynek tárolóközete alsó oligocén, kiscelli agyagmárgás homokkő (Kiscelli Agyag Formáció) (Völgyi et al. 1985). A Fedémes Fs-5 fúrásban 1616 és 1830 m között kőolajnyomokat találtak a Tardi és Kiscelli Agyagban (Körössy 2004).

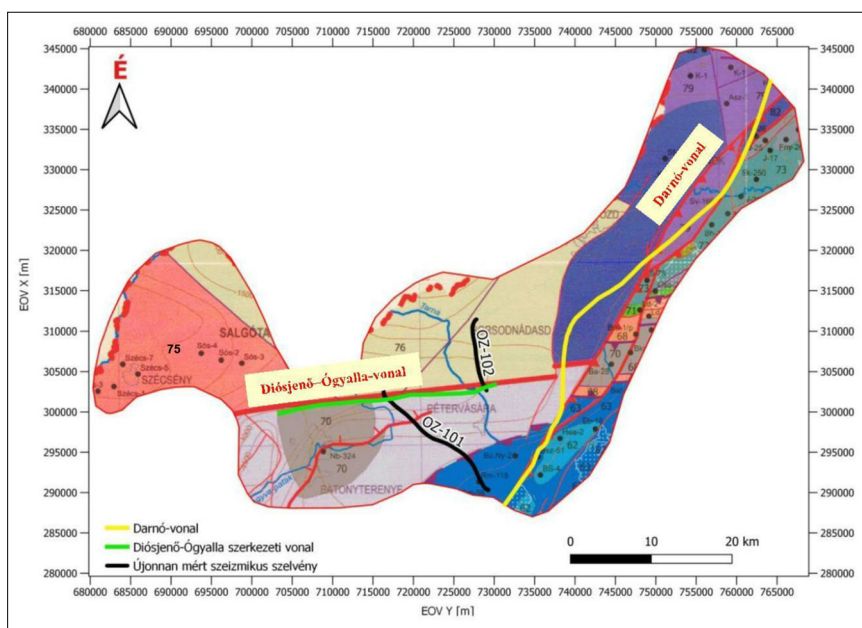
A MOL Magyar Olaj- és Gázipari Rt. 1992-től kezdett kutatási tevékenységet az Ózdi-medence területén (Hajdú et al. 1997), amelynek keretében gravitációs, mágneses, geoelektromos és szeizmikus reflexiós vizsgálatokat folytattak. Ebben az időszakban detektálták az Oz-1 – Oz-11 jelű szeizmikus reflexiós vonalakat. Kutatófúrás mélyítéséről a magas geológiai kockázat miatt lemondtak. A MOL 1999 és 2002 között Salgótarján, ill. 2004 és 2012 között Bátorterenyre területeken végzett tevékenysége (Kósa et al. 2003, Boncz et al. 2012) az Ózdi-medencét a Zagyva-árokval összefüggő térséget is érintette, ugyanis ekkor rögzítették a „Sal” nevű szeizmikus reflexiós szelvényeket a Zagyva-árok és az Etesi-árok területén.

Az MBFSZ jogelődje, a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet munkatársai 2015-ben a korábbi, országos léptékű térképeknél részletesebb felbontású prekainozoos medencealjazat-térképet készítettek a Salgótarján–Fedémes–Ózdi paleogén medencerészről az MFGI-ben elérhető szeizmikus, geoelektromos és gravitációs mérési alapadatok, archív részmedence-mélységtérképek és fúrási információk felhasználásával, újrafeldolgozásával és újraértelmezésével (Kovács et al. 2020).

3. A terület nagyszerkezeti helyzete

A fúrásos és geofizikai adatok alapján a terület prekainozoos aljzata három fő részre különül el, amelyeket két jelentős szerkezeti vonal: a Diósjenő–Ógyalla- és a Darnó-vonal határol el egymástól (1. ábra, Haas et al. 2010).

A Darnó-vonalig húzódó, közel Ny–K-i csapású, elsőrendű kainozoos eltolódás a Diósjenő–Ógyalla-vonal, amelynek É-i oldalán, az Alcapa-főegység nyugat-kárpáti egységeihez tartozó: Vepori-, Gömöri- és Aggtelek–Rudabányai-egység képződményei találhatóak. A vonaltól D-re az Alcapa főegység ausztróalpi egységeinek részét képező Dunántúli-középhegységi-egység helyezkedik el, amely (feltételezett) takaróként rá van tolvaa a tőle K-re található – a Közép-magyarországi-főegységhez tartozó – Bükk-egységre (Haas, Budai 2014). A vizsgálati terület K-i határvidékén, a Darnó-feltolódástól K-re eső részen a Bükk, az Upponyi- és Szendrői-hegység, valamint a Borsodi-medence aljzatának főleg a Darnó Zónába eső képződményei alkotják az alaphegységet (Püspöki, Szentpétery 2015).



1. ábra Magyarország pre-kainozoos földtani térképe a vizsgált területen (részlet, Haas et al. 2010). (Sárga és zöld színnel a Darnó-, és Diósjenő-Ógyalla-vonalak általunk azonosított nyomvonalait tüntettük fel.) *Jelmagyarázat:* 62: Jura bázisos magmatitok; 63: Középső-jura olisztosztróma-melanzs; 68: Nagyon kismélységi metamorf felső-perm–alsó-triász sekélytengeri mészkő, homokkő, márga; 69: Nagyon kismélységi metamorf újpaleozoos és mezozoos képződmények tagolás nélkül; 70: Nagyon kismélységi metamorf tengeri újpaleozoos képződmények; 71: Szenon tengeri konglomerátum; 73: Kismélységi metamorf devon–karbon medence fáciesű karbonátok; 75: Középső fokú polimetamorf komplexum (gneisz, csillámpala, amfibolit, zöldpala, fillonit); 76: Paleozoos és mezozoos képződmények tagolás nélkül; 79: Középső-triász karni sekélytengeri karbontátok; 82: Alsó-triász sekélytengeri homokkő, márga, mészkő; piros vonalak: szerkezeti elemek

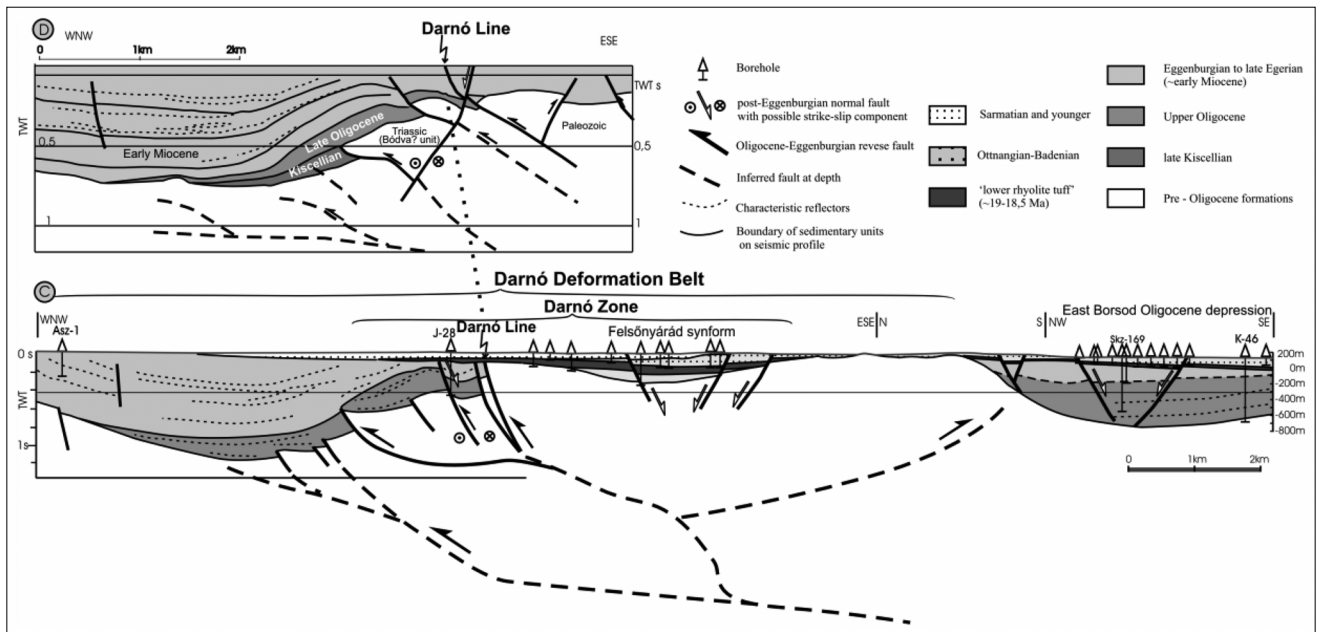
Figure 1 Pre-Cenozoic geological map of Hungary (detail, Haas et al. 2010). (Yellow and green lines represent the traces of Darnó- and Diósjenő-Ógyalla-lines, which were identified by us.) *Legend:* 62: Jurassic basic magmatites; 63: Middle Jurassic olistrostrome-melange; 68: Very low-grade metamorphic Upper Permian–Lower Triassic shallow marine limestones, sandstones, marl; 69: Very low-grade metamorphic Upper Paleozoic and Mesozoic formations in general; 70: Very low-grade metamorphic Upper Paleozoic marine formations; 71: Senonian marine conglomerate; 73: Low-grade metamorphic Devonian–Carboniferous basinal carbonates; 75: Medium-grade polymetamorphic complex; 76: Paleozoic and Mesozoic formations in general; 79: Middle Triassic–Carnian shallow marine carbonates; 82: Lower Triassic shallow marine sandstones, marls, limestones; red lines: structural elements

A Diósjenő–Ógyalla-vonal kinematikájáról a fedettsége miatt meglehetősen kevés ismerettel rendelkezünk (Haas, Budai 2014). A dél-szlovákiai felszíni vetőgeometriát kivetítve Fodor, Koroknai (2000) ferde balos-normál kinematikát tételezett fel a késő krétában a vonal mentén. E korai mozgást a paleogénben jobbos eltolódásos (Balla 1989, Bada et al. 1996) kinematika írta felül. Tari et al. (1993) szerint a vonal mentén az oligocénben déli vergenciájú, a kristályos aljzatot is érintő, nagy amplitúdójú feltolódás (*thick-skinned backthrust*) ment végbe. A középső miocén késői szakaszától balos jelleg feltételezhető. Alternatív megoldásként merült fel, hogy késő kréta lecsúszó síkokkal állhat kapcsolatban, illetve kelet felé (Salgótarján alatt) ilyen szerkezeti elemben folytatódik (Fodor, Koroknai 2000). A Diósjenő–Ógyalla-vonalat ezen a területen a Paleogén-medence északi határának is tekintik (Nagymarosy 1997).

A Darnó-vető északi irányban egészen a Rudabányai-hegységig folytatódik (Pantó 1956), ahol is a Rudabányai-hegység K-i, Ny-i esetleg mindkét peremén futva Dél-Szlovákiáig tart (Grill et al. 1984, Less et al. 1988, Szentpétery 1997, Vass 2002). A szerkezeti zóna a gravitációs Bouguer-anómália-térképen is tisztán felismerhető, a szeizmikus reflexiós szelvényeken is azonosítható (Szalay, Zelenka 1979,

Braun et al. 1989). Ezen adatok és fúrások alapján állítható, hogy a Darnó-vonal keletről határolja az Észak-magyarországi Paleogén-medence nagy mélységű almedencéjét (Báldi, Royden 1986). A Darnó-vető mentén a fúrások rátolódást igazoltak (Telegdi-Roth 1951), amennyiben a permio-triász képződmények alatt kiscelli üledékeket értek. A rátolódás kora kiscelli–ottnangi közötti lehet (~30–19 M év). Az Upponyi-hegység előterében a paleozoikum mezozoikumra, majd oligocénre tolódott (Schréter 1952). Ezt a kinematikát támasztják alá a terepi mérések (Fodor et al. 2005) és a szeizmikus szelvények értelmezése is (Sztanó, Tari 1993). Ugyanakkor több szerző (Jaskó (1946), Zelenka et al. (1983), Grill et al. (1984), Less et al. (1988) és Szentpétery (1997)) a vonal mentén oldaleltolódásos kinematikát állapított meg, 20–30 km-es balos elmozdulással. E balos mozgástípus Fodor et al. (2005) szerint az ottnangi – kora bádeni időintervallumban lehetett jellemző (~18–15 M év).

A térképen vonalként ábrázolt Darnó-vető létrehozó szerkezeti mozgások annak környezetét több 10 km széles zónában befolyásolták, amit jól mutat a 2. ábra (Fodor et al. 2005). A Darnó Deformációs Öv a legszélesebb sáv, amelyben ezek a hatások érvényesültek. Ez Ózdtól a Bük-kig húzódik (Haas, Budai 2014), és magában foglalja az



2. ábra Keresztszelvények a Darnó Deformációs Öv északi részén (Fodor et al. 2005). A „C” szelvényt – Braun et al. (1989) a Szuha-1 szelvényen történt értelmezése nyomán – Sztanó, Tari (1993) újraértelmezte, a „D” szelvényt Albu et al. (1985) nyomán módosított értelmezést tartalmaz. **Figure 2** Cross sections in the northern part of the Darnó Deformation Belt (Fodor et al. 2005). The „C” section based on interpretation of Szuha-1 line by Braun et al. (1989), which were reinterpreted by Sztanó, Tari (1993), the section „D” after Albu et al. (1985), modified

összes kainozoos ÉÉK-DDNy-i csapású szerkezeti elemet a Bükk-hegységtől nyugatra egészen a Darnó-vonalig, valamint azon túl, a fedémesi boltozatokig (Fodor et al. 2005 alapján). Ezen belül Fodor et al. (2005) megkülönbözteti a Darnó Zónát, és annak egyetlen elemét, a Darnó-vonalat (vagy Darnó-vetőt).

A vonal és a zóna szerkezeti szerepéről és az elmozdulás nagyságáról eltérőek a vélemények (Haas, Budai 2014), viszont jól ismert a Darnó-vonal miocén korú normál vetős felújulása a területen (Kovács et al. 2020, Schréter 1951 nyomán).

Az ELGI által korábban mért szeizmikus időszelvényeken a medencealjzat Darnó-vonal menti több lépcsőben bekövetkező emelkedését és a kapcsolódó ÉNy-i vergenciájú feltolódások sorát értelmezték. Az akkori kutatások alapján levont következtetés szerint a Darnó-vonal összetett működése több fázisban, többféle módon alakíthatta a Paleogén-medence keleti részének paleogén fejlődését és utólagos (neogén) szerkezeti átrendeződését, ill. a Darnó-vonal oligocén üledékképződésre gyakorolt hatása a szerkezeti öv északi folytatása mentén – a szeizmikus szelvények ismeretében – vitathatatlan (Albu et al. 1985, Braun et al. 1989, Petrovics, Szalay 1992, Kovács et al. 2015).

A Darnó Zóna területét érintő kainozoos feszültségtérrekonstrukciókhoz kapcsolódó terepi szerkezetföldtani mérések során a következő deformációs fázisokat sikerült azonosítani (Csontos 1988, Fodor et al. 2005): 1) NyÉNy-KDK kompresszió és erre merőleges húzás (késő eocén – eggenburgi – kora ottngangi), 2) ÉNy-DK-i kompresszió, 3) ÉÉNy-DDK-i kompresszió és erre merőleges húzás jelentős csapás menti elmozdulásokkal (kora ottngangi – kö-

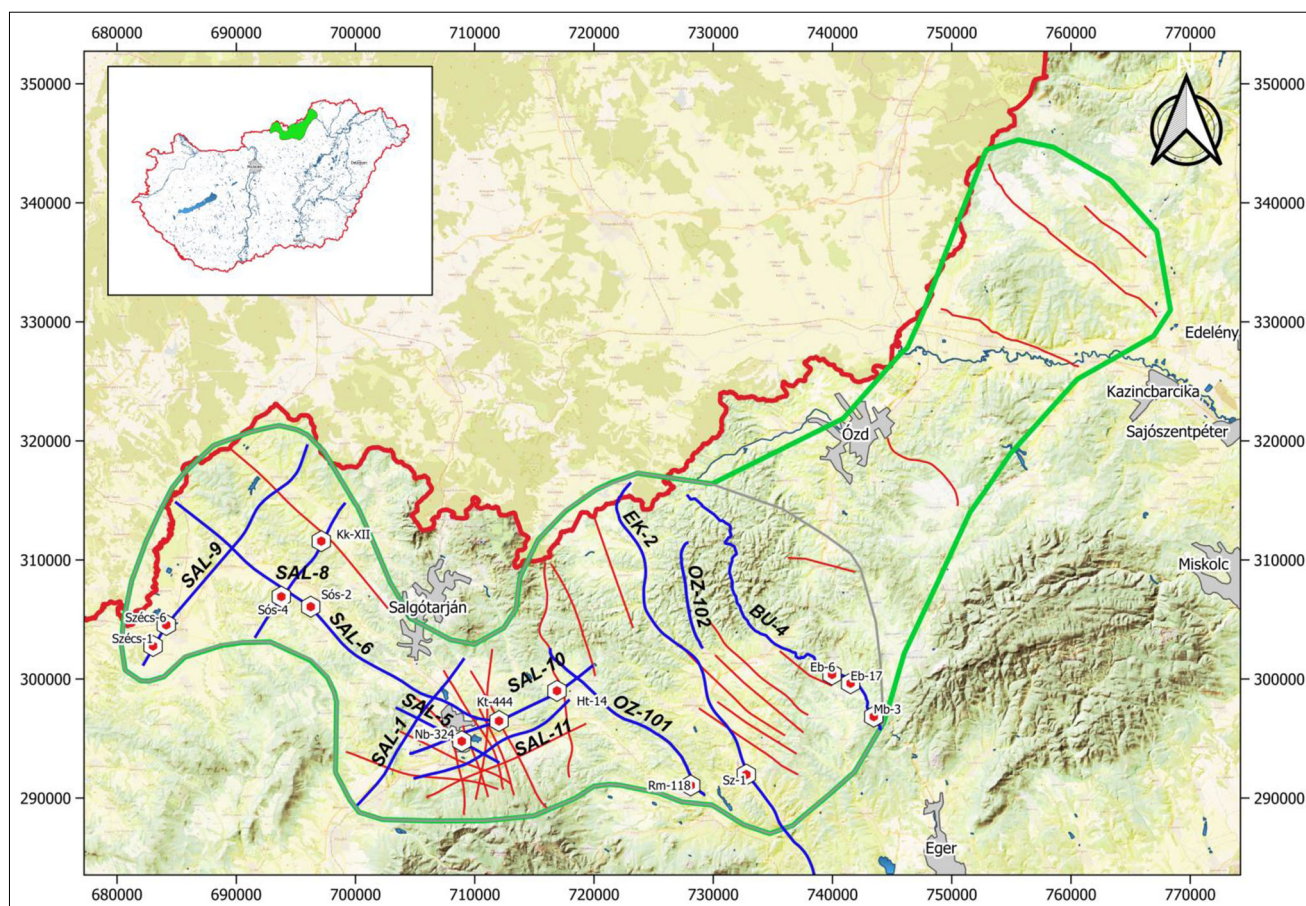
zepső badeni), 4) KDK-NyÉNy húzás, elsősorban ÉÉK-DDNy, illetve ÉK-DDNy-i csapású normál vetők kialakulásával (középső badeni).

A kutatási terület jelenlegi adottságait két eltérő medencefejlődési időszak, a paleogén – kora miocén Paleogén-medence és a késői kora miocéntől alakuló Pannon-medence szerkezetfejlődési eseményei alakították. A medence szénhidrogén-földtani potenciálja a Paleogén-medence szénhidrogén-rendszerének elemeire vezethető vissza, a medenceszerkezetet azonban jelentősen felülírták a neogén szerkezeti események (Fodor et al. 2005, Petrik et al. 2016, Beke et al. 2019).

4. A szeizmikus és fúrás adatrendszer

A vizsgált terület helyszínrajza (3. ábra) tartalmazza az értelmezett szeizmikus szelvények nyomvonalait, a bemutatott szelvényeket névvel ellátva és az azokra bevetített fúrásponthelyeit.

A terület szeizmikus megkutatottsági szintje nagyon különböző az egyes részterületeket tekintve. A keleti tartomány a legkevésbé megkutatott, ezért itt csak átnézetes értelmezést végeztünk, amelynek eredményében a pretercier aljzattérképet készítettük el a Darnó-vonal lefutásának pontosítása végett. Részletes, több horizontra kiterjedő értelmezést csak a szürke poligonon határolt kisebb területen hajtottunk végre. A szelvények eloszlása ezen a térrészen belül is egyenetlen. Az MBFSZ által 2020-ban detektált két szelvény (OZ-101 és OZ-102) a Salgótarjáni-medencében igyekezett enyhíteni a korábbi jelentős adathiányt.



3. ábra A kutatási terület helyszínrajza (a háttér műholdas domborzatábrázolás). *Jelmagyarázat:* piros vonalak: értelmezett szeizmikus szelvények nyomvonalai; kékkel kiemelt vonalak: bemutatott szeizmikus szelvények nyomvonalai; zöld poligon: átnézetesen értelmezett terület; szürke poligon a zöld poligonon belül: részletesen értelmezett területész; fekete körök piros pöttyökkel: a bemutatott szelvényeken szereplő fúrások pontjai

Figure 3 Basemap of the exploration area (the background shows satellite topography). *Legend:* red lines: interpreted seismic sections; blue lines: displayed seismic sections; green polygon: the area interpreted in overview; gray polygon inside the green one: the area interpreted in detail; black circles with red dots: locations of wells presented in displayed seismic lines

A szeizmikus reflexiós időszelvények (35 db) egyes csoportjai különböző megrendelők számára (MOL Rt., ELGI) és különböző időben lettek lemérve és feldolgozva (80-as évek végétől 2020 évig), különböző mérési és feldolgozási paraméterekkel. Ezért a szeizmikus értelmezés előkészítéseként a rendelkezésünkre álló szelvényhálózatot egységesíteniünk kellett. Így az összes szelvényt az újonnan mért két szeizmikus vonal (OZ-101 és O-102) – mint referenciavonal – +250 méteres vonatkoztatási szintjéhez igazítottuk.

A területen több száz fúrás található, amelyek eloszlása szintén egyenetlen mind a felszínen, mind mélység szerint. Többségük a Mátranovák környéki széntelepeket feltáró sekélyfúrás, amelyek többnyire a felső 300 méterben megálltak. Az ennél mélyebb fúrások száma sem csekély (333 db), amelyek jórészt szénhidrogén-kutató, ill. a recski ércesedést feltáró mélyfúrások. A szeizmikus értelmezés során felhasznált mélyfúrások rétegsoradatait az MBFSZ Geobank adatbázisa alapján vettük figyelembe.

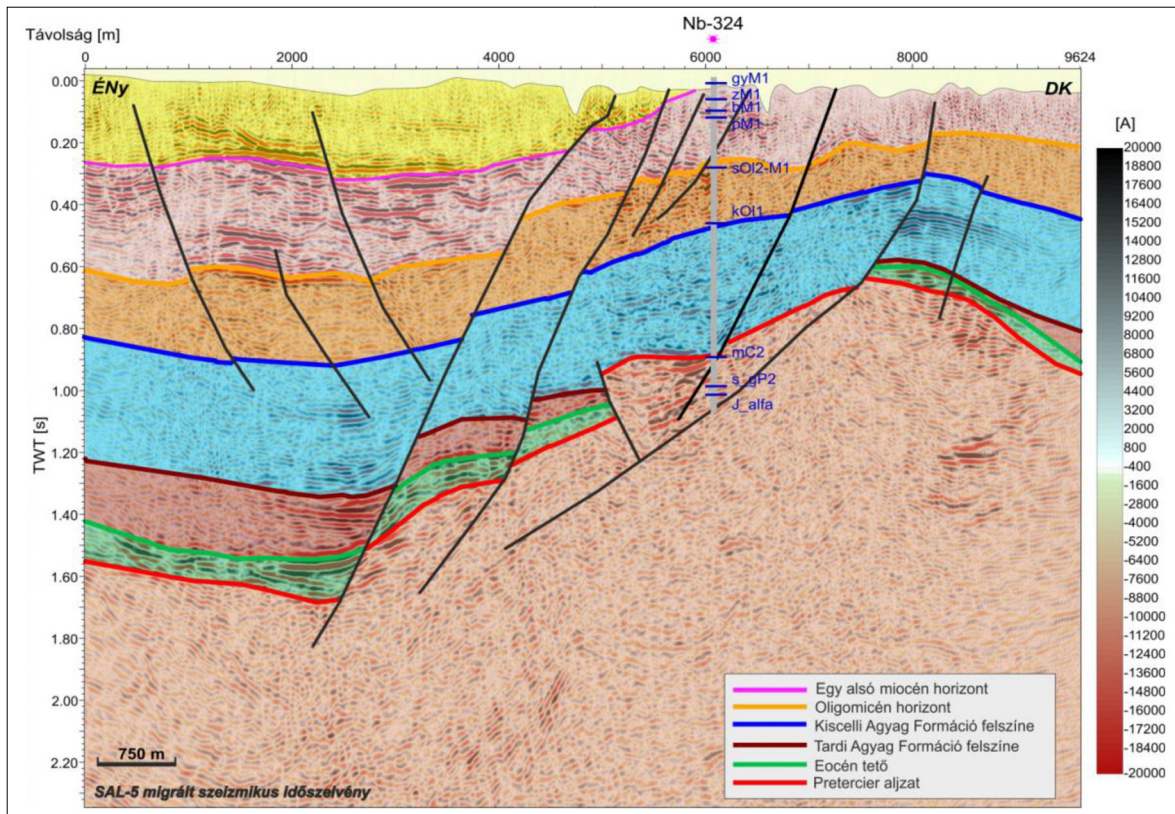
5. A szeizmikus értelmezés eredményei

5.1. Az értelmezett horizontok

A vizsgált területen 6 időfelületet azonosítottunk és térképeztünk a mélyfúrási adatok pontszerű ismereteinek kiterjesztésével a vonal menti szeizmikus időszelvények mentén. Ezt megelőzte a fúrások mélységadatainak időbe transzformálása és szelvényekbe történő bevetítése. Az értelmezett horizontok alulról fölfelé haladva a következők:

- Pretercier aljzat (piros)
- Eocén tető (világoszöld)
- Tardi Agyag felszíne (sötétbarna)
- Kiscelli Agyag felszíne (kék)
- Oligocén tetőt közelítő oligo-miocén horizont (sötét-sárga)
- Alsó miocén összetekken belül egy jellegzetes horizont (pink)

Az értelmezett horizontokat a 4. ábrán látható szeizmikus szelvényen mutatjuk be. Az ott feltüntetett Nb-324

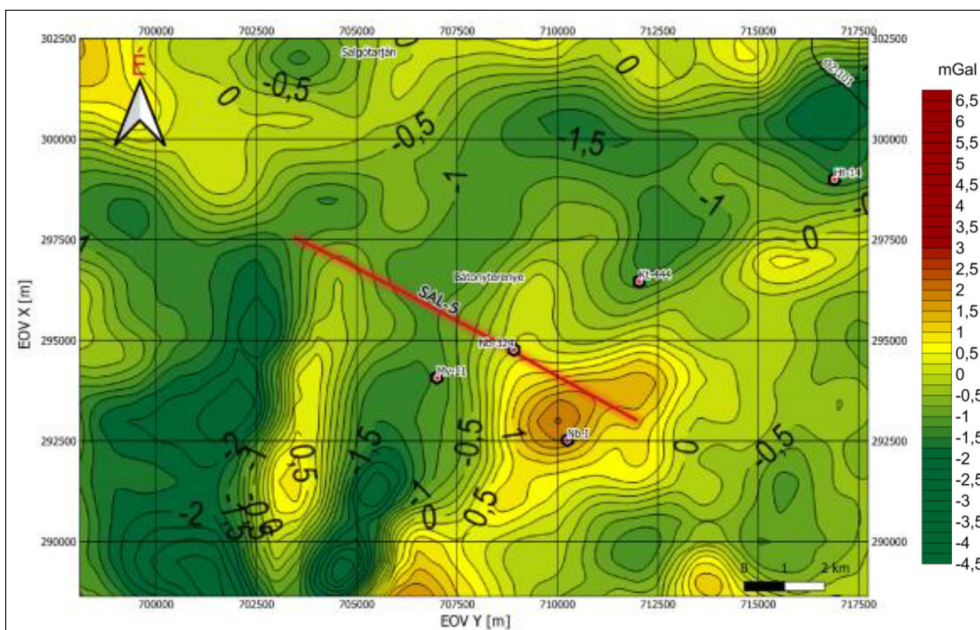


4. ábra | SAL-5 jelű szeizmikus időszelvény az Nb-324 jelű fúrással és az értelmezett horizontokkal (kétszeres idő, s). *Jelmagyarázat:* színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők

Figure 4 | Seismic time section: SAL-5 presented with Nb-324 projected well and interpreted horizons (TWT, s). *Legend:* colored lines: interpreted horizons; black lines: faults

mélyfúrás 4 térképezett horizontot harántolt, az eocén tetőt és a Tardi Agyag felszínét nem, mert ezek a képződmé-

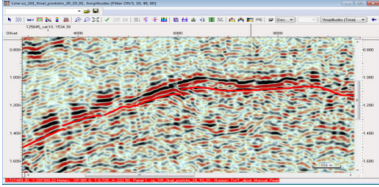
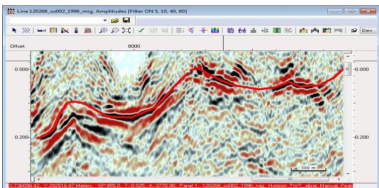
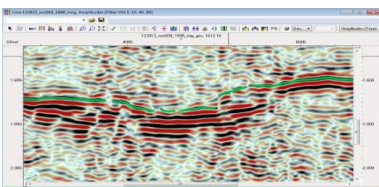
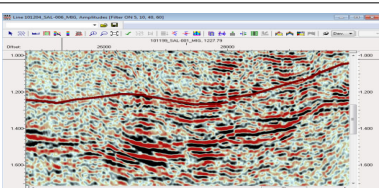
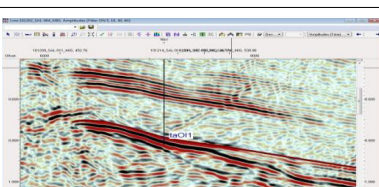
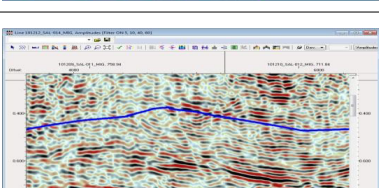
nyek ott kiékelődött helyzetben vannak. Az aljzatban feltárt inverz rétegsor (karbon, alatta perm és legalul jura)



5. ábra | Gravitációs szűrt Bouguer-anomália-térkép ($h = 1300$) (Kiss 2014). (Piros vonal: szelvény nyomvonala)

Figure 5 | Filtered Bouguer anomaly map ($h = 1300$) (Kiss 2014). (Red line: trace of section)

I. táblázat | Az értelmezett horizontok és az általuk elválasztott képződmények reflexiós tulajdonságai
Table 1 | Reflection patterns of formations and the interpreted horizons separating them

Összlet (tetőhorizont színe)	Reflexiós kép	Reflexiós tulajdonságok
Pretercier aljzat (piros)		Közepesen, gyengén reflektáló kaotikus belső szövet, amelynek a felszínét folyamatos reflexiókótegek alkotják, máshol eróziós diszkordanciafelületként jelentkezik.
Eocén képződmények (zöld)		Vulkáni képződményekre utaló nagy energiájú, alacsony frekvenciás jelek az aljzatban (több fúrás és a földi és légi mágneses térképek is igazolják a mágneses hatóként szereplő vulkanit meglétét).
Tardi Agyag Formáció (barna)		Kiüresedő vagy rövid jelcsomagokat tartalmazó szeizmikus kép, a felszíne folyamatos, máshol szakadozott reflexiókkal jellegzetes.
Kiscelli Agyag Formáció (kék)		Helyenként nagy amplitúdójú, alacsony frekvenciás jelcsomagok láthatóak, ezek betelepülő mészturbidittekhez köthetők (Kovács et al., 2020).
Felső oligocén összletek (sötétsárga)		Belseje reflexióhiányos képet mutat, amelyben néha nagy energiájú jelcsomagok találhatók, a teteje egyes helyeken rossz folytonosságú, máshol viszont jól követhető reflexiókkal azonosítható.
Alsó miocén, és azon belül egy horizont (pink)		Erős, de szakadozott reflexiós képet mutat, felszíne a Gyulakeszi Riolituffa, ill. a Salgótarjáni Barnaköszén Formációval azonosított nagy energiájú reflexiókhoz köthető. Felette markáns reflexiós kötegeket tartalmazó miocén összlet található (szelvényeken sárgával jelölve).

feltehetően takarós-rátolódásos szerkezetként értelmezhető, ezt viszont későbbi tektonikai folyamatok felülírhatták, amint ezt a szelvény értelmezése is tükrözi.

A szelvény nyomvonalát az 5. ábrán tüntettük fel. A vonal egy jelentős gravitációs ható felett húzódik (barna színnel jelölve), amelynek a térképen megjelenő anomáliáját a szelvény DK-i részén található, kiemelt helyzetű szerkezet magyarázza.

A szeizmikus szelvényeken megkülönböztetett képződmények-, és az azokat elválasztó határfelületek (vagyis az értelmezett horizontok) reflexiók jellemzőit, és a megjelenítés során használt színüket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

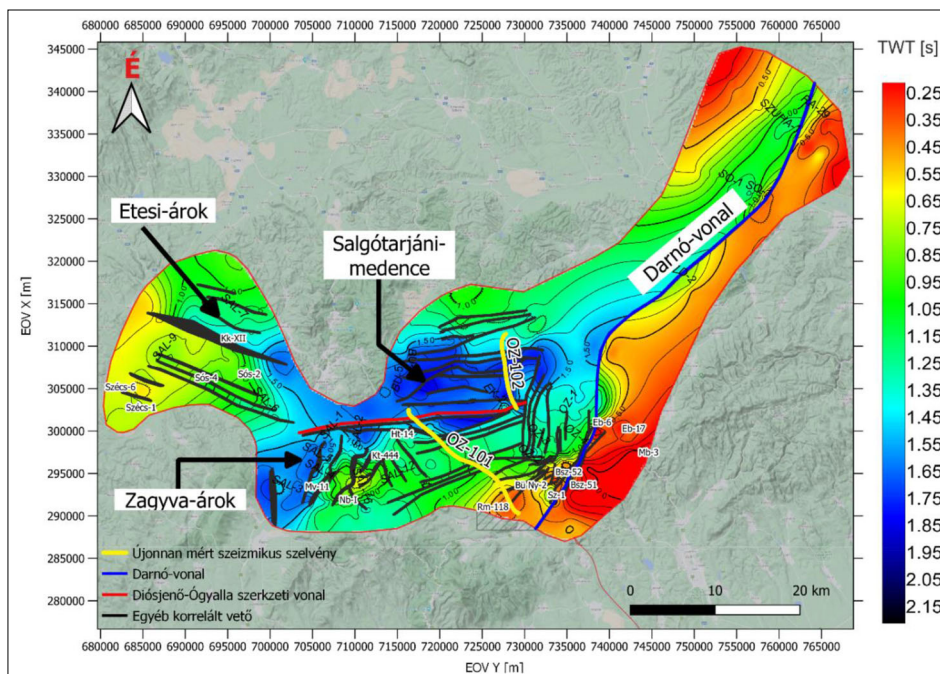
5.2. A terület általános szerkezeti képe

A szeizmikus értelmezés a 6. ábrán feltüntetett földtani alakulatok egységes értékelésének eredményét jeleníti meg. A 3. ábrán zöld poligonon jelölt nagyobb területen átnézetes értelmezést, azon belül a sötét poligonon jelzett kisebb térrészen pedig részletes értelmezést végeztünk. A 6. ábra az átnézetes értelmezés eredményeképpen készült pretercier aljzat időtérképét tartalmazza, ami az aljzat morfológiáját, és a jellegzetes szerkezeti irányokat mutatja meg nagy vonalakban. Ennek a tágabb területnek a vizsgálatát alapvetően a Darnó-vető (vagy vonal) ÉK felé történő lefutásának szeizmikus szelvényeken történő azonosítása indokolta. A Darnó-vetőt a DNy–ÉK irányú, vastag, sötétkék, enyhén hajlamosó vonal szemlélteti. A terü-

let közepén található, Ny–K-i csapású, pirossal jelölt vető a Diósjenő–Ógyalla-vonallal feleltethető meg. (A Magyarország prekainozoos földtani térképén (Haas et al. 2010) feltüntetett nyomvonalukkal való összevetés az 1. ábra segítségével tehető meg.)

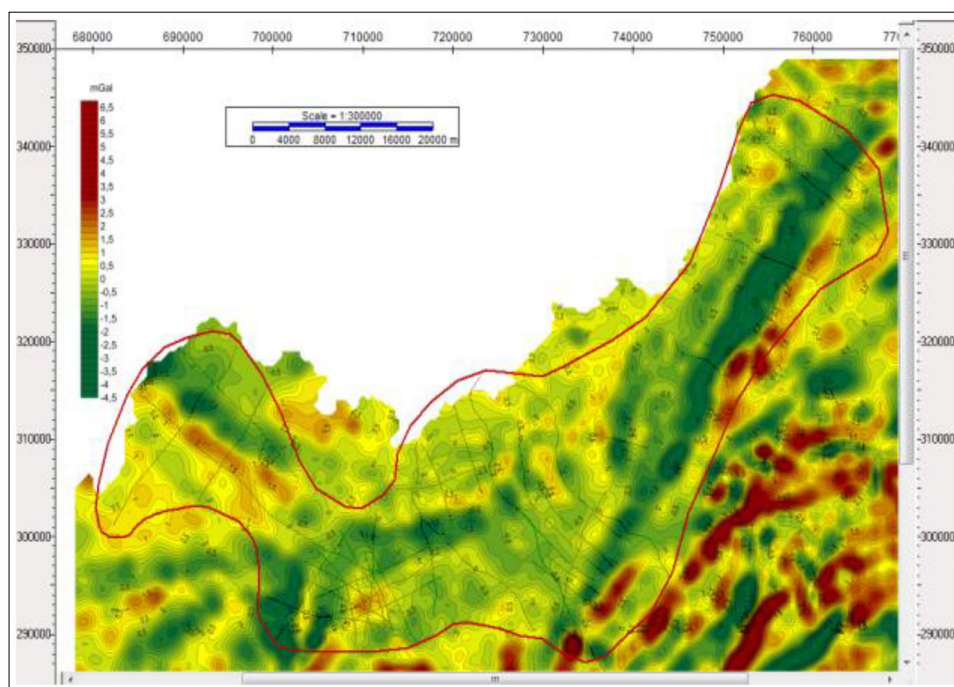
Az átnézetes pretercier aljzat térkép alapján (6. ábra) levonható következtetések a következők.

Az aljzat időmélysége (kétszeres idő: TWT) a teljes területen jelentős különbséget mutat: 0,2–2,2 s közötti időintervallumban mozog, ez 3000 m/s átlagsebességet feltételezve, 300–3300 méter közötti mélységtartományt jelent. Megállapítható, hogy az aljzat a Darnó-vonaltól keletre kiemelt helyzetben van, a vető nyugati oldalán pedig jelentős elvetéssel, mélyebbre kerül. Az elvetés mértéke szeizmikus kétszeres időben mérve TWT = 0,4–0,8 s, ez a korábbi átlagsebességgel számolva 600–1200 méter elvetési magasságot tesz ki. A terület mélységtartományára és a Darnó menti elvetési magasságra vonatkozó becsléseinket alátámasztja a Darnó-vonal és a Salgótarjáni-medence területeivel foglalkozó tanulmányban (Kovács et al. 2020) szereplő prekainozoos aljzattérkép is, amely szeizmikus mélységszelvények értelmezése alapján született, és hasonló morfológiát mutat. A Darnó-vonal menti nagy szintkülönbséget egy markáns, ÉNy irányú rátolódás okozza, amelyet a következőkben részletesen analizálunk. A terület legmélyebb része a térképen (6. ábra) sötétkék színekkel megjelenő Salgótarjáni-medence, amelyet Ny–K irányú szerkezeti vonalak szabdalnak. Ennek a mélyzónának a folytatása Ny felé az Etesi-árok,



6. ábra | A pretercier aljzat átnézetes szerkezeti időtérképe (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,1 s). Az alaptérkép: műholdas domborzatábrázolás. *Jelmagyarázat:* piros vastag vonal: Diósjenő–Ógyalla-vonal; sötétkék vastag vonal: Darnó-vonal; vastag fekete vonalak: vető metszések; vékony fekete vonalak: a térkép szintvonalai; sárga vonalak: új szeizmikus szelvények nyomvonala

Figure 6 | Structural sketch of the pre-Tertiary basement (TWT, contour interval: 0.1 s). The basemap shows satellite topography. *Legend:* red thick line: Diósjenő–Ógyalla-line; darkblue thick line: Darnó-line; thick black lines: fault cuts; thin black lines: contours of map; yellow lines: traces of new seismic profiles

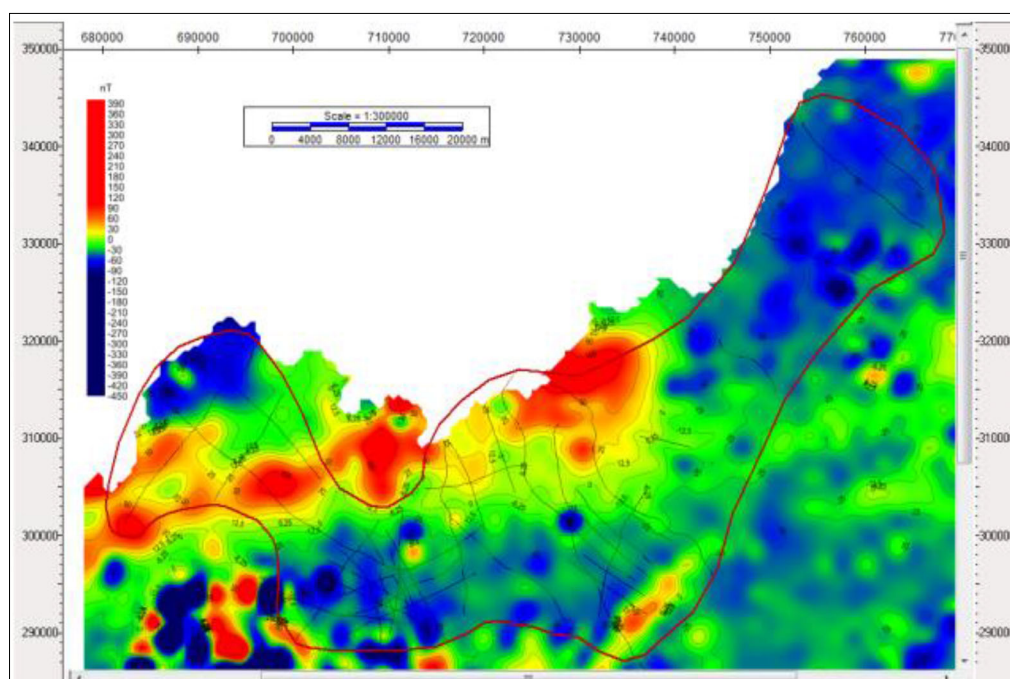


7. ábra | Gravitációs szűrt Bouguer-anomália-térkép ($h = 1300$) (Kiss 2014)

Figure 7 | Filtered Bouguer anomaly map ($h = 1300$) (Kiss 2014)

amely ezzel 20–25 fokos szöget bezáró, óramutató járásának megfelelő (CW) vetőcsapásirányokat mutat. A Salgótarjáni-medence és az Etesi-árok között található a Zagyva-árok, amelynek a kutatási területre eső része párhuzamos a tőle keletre húzódó, ÉK–DNy irányú vetőrendszerrel, ami az árkot ÉNy felé történő levetéssel létrehozta.

A pretercier aljzattérkép (6. ábra) alapján meghatározható szerkezeti irányok meglétét alátámasztja a 7. ábra 1300 m-es mélységre szűrt gravitációs Bouguer-anomália-térképén megfigyelhető irányítottság (Kiss 2014), amelyen a Diósjenő–Ógyalla- és a Darnó-vonal is a zölddel jelölt negatív anomáliásorokkal esnek egybe. A 8. ábra a területéről készült földi mágneses (ΔZ) térképet (Kiss,



8. ábra | Földi mágneses (ΔZ) térkép (Kiss, Gulyás 2006)

Figure 8 | Magnetic anomaly map (ΔZ) (Kiss, Gulyás 2006)

Gulyás 2006) tartalmazza, amelyen a Diósjenő–Ógyallónál a pozitív és negatív földi mágnesesség határa tehető (a hideg és a meleg színek határa jelöli ki).

A területen a részletes szerkezeti értelmezés alapján hét tektonikai fázist azonosítottunk, amelyeket az „Összefoglalás” fejezetben közölt 2. táblázatban (ld. 5.5. fejezet) összesítettünk, feltüntetve azok paramétereit (kor, jelleg, az elmozdulás iránya és a csapásirány). Ezek meghatározása az értelmezett szeizmikus szelvények és a vetőkkel szabdalta horizontokról készített térképek szerkezeti jellemzői alapján történt az irodalmi ismeretek figyelembevételével.

A következőkben az így azonosított hét tektonikai fázist és azok jellemzőit igyekszünk bemutatni, a 6. ábrán jelzett négy részterület szerkezeti felépítésének szeizmikus példákön keresztül történő ismertetésével. Ezek a részterületek a következők: 1. A Darnó-vonal és környezete (Darnó Deformációs Öv); 2. A Salgótarjáni-medence és a Diósjenő–Ógyalla-vonal; 3. Etesi-árok; 4. Zagyva-árok.

5.3. A részterületek szerkezeti felépítésének ismertetése a szeizmikus értelmezés tükrében

5.3.1. A Darnó-vonal és környezete

5.3.1.1. Darnó-vonal

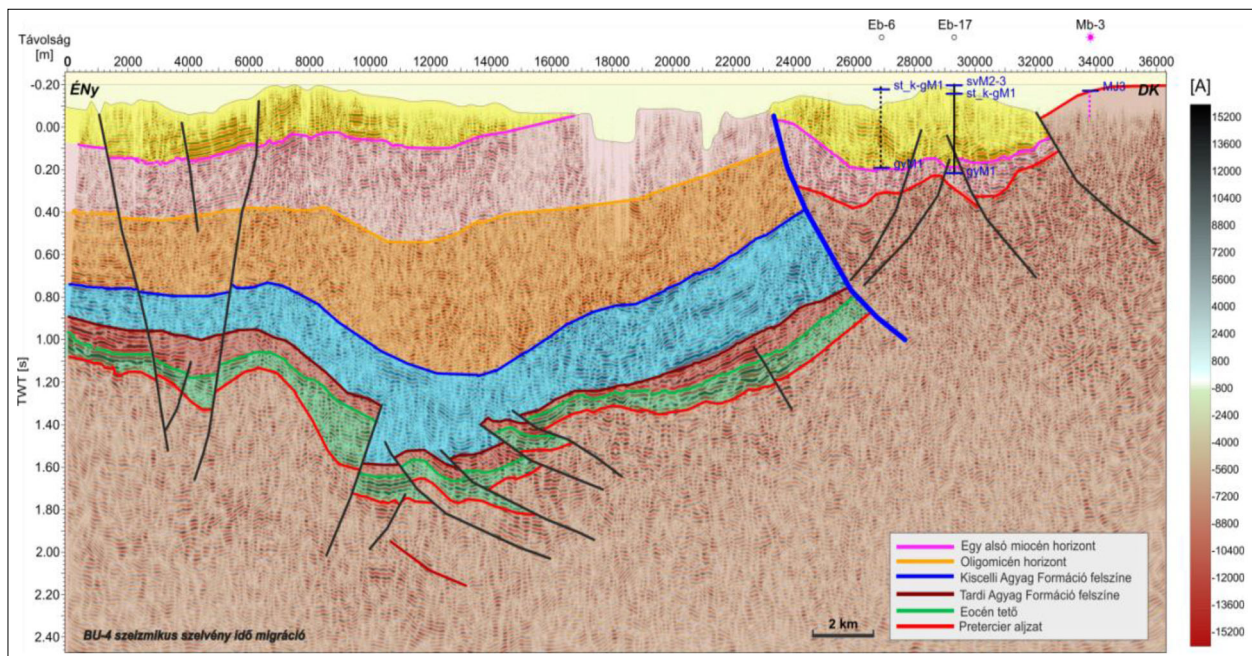
A Darnó-vonal és annak környezete a Darnó Deformációs Öv tipikus példája a többfázisú tektonizmus működésének, amit az alábbi szeizmikus példák jól illusztrálnak.

A BU-4 szeizmikus szelvény (9a. ábra) É–D irányban szeli át a területet, ezért átfogó képet ad a Darnó Deformációs Övről, sőt az attól északra található ellentétes dőlésű vetők helyzetéről is, és a Darnó-vonal menti – fúrási adatokkal is alátámasztott – jelentős rátolódást is szemlélteti.

A szelvény nyomvonalát a 3. és 9b. ábrán tüntettük fel.

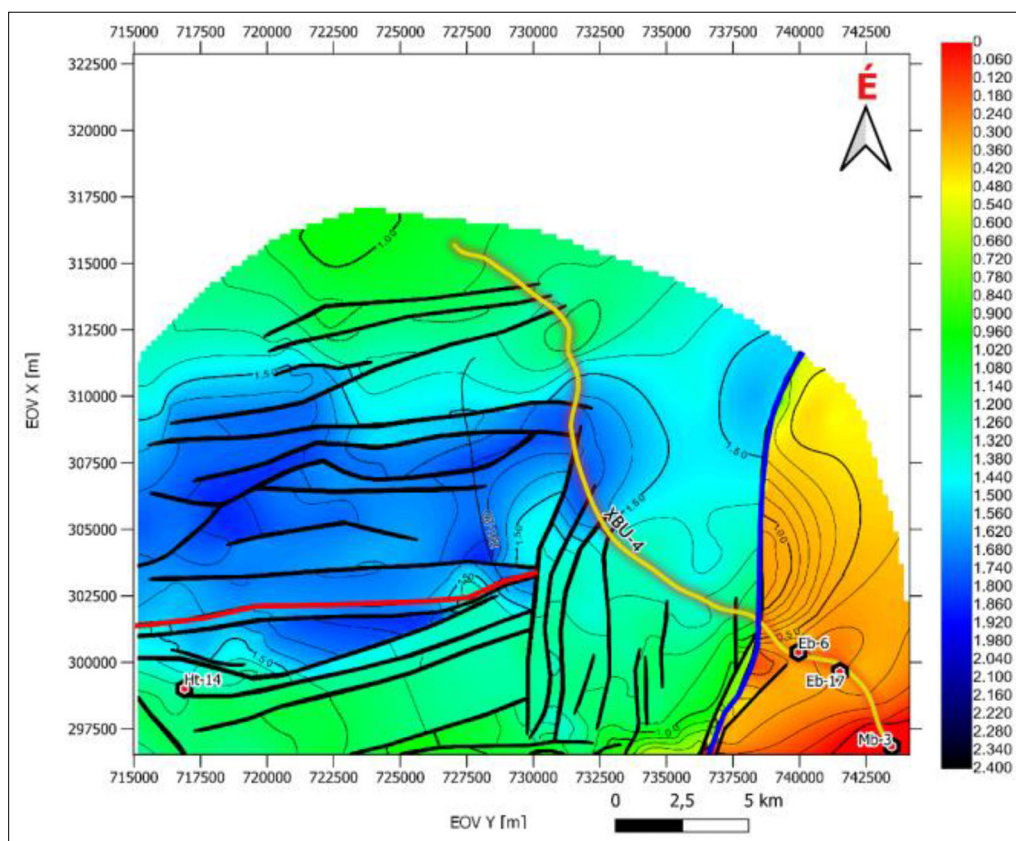
A szelvény a szerkezeti csapásirányokra merőlegesen fut, így a vetőket valós dőlésirányban mutatja meg. A szelvények közel 3-szoros túlmagasítása miatt viszont a vetők dőlésszöge a valóságban laposabb. A szelvény déli végében található Mb-3 fúrás 3 méter (MD) mélységben jelzi a jura Mónosbéli Formációt (a szeizmikus mérés jeltartománya feletti részen), ami azt jelenti, hogy ez a formáció itt gyakorlatilag a felszínen van. Az Eb-6 és Eb-17 fúrások pedig 413 méter és 453 méter (MD) mélységekben alsó miocén Gyulakeszi Riolitufa Formációt fúrtak (ehhez a formációtetőhöz kötöttük a legfelső horizont értelmezését, ld. 5.1. fejezet, 1. táblázat).

A Darnó-vonal két oldalán a szeizmikus kép jelentős eltérést mutat. Míg az északi, levetett részen a nagy amplitúdójú aljzati képződmények fölött egy kiüresedő, máshol pedig rétegzett üledékes összletre utaló szeizmikus képet látunk, addig a Darnó-vonaltól délre a nagy energiájú, kaotikus jelcsomagok dominálnak, aljzati és alsó miocén vulkanikus összletre jellemző reflexiókat mutatva. A különböző reflexiós tulajdonságú képződmények egymás mellé kerülése arra enged következtetni, hogy a Darnó-vonal mentén jelentős mozgások történhettek, amelyek során a pretercier aljzat rátolódott az oligocén képződményekre.



9a. ábra A Darnó-vonal és a hozzá kapcsolódó Darnó Deformációs Öv a BU-4 szeizmikus időszelvény alapján (kétszeres idő, s). *Jelmagyarázat:* színes vonalak: horizontok; fekete vonalak: vetők; vastag sötétkék vonal: Darnó-vonal; karika: aljzatot nem ért fúrás; csillag: aljzatot ért fúrás. *Megjegyzés:* A szelvényen látható ÉNy felé vergáló vetők tartoznak a Darnó Deformációs Övhöz, a tőle északra található, DK felé vergáló vetők a Salgótarjáni-medence részei

Figure 9a Darnó-line and the connected Darnó Deformation Belt demonstrated by BU-4 seismic time section (TWT, s). *Legend:* colored lines: interpreted horizons; black lines: faults; thick darkblue line: Darnó-line; black circle: well not penetrated the basement; star: well penetrated the basement



9b. ábra A BU-4 szeizmikus szelvény nyomvonala a pretercier aljzat szintvonalas időtérképén a Darnó Deformációs Övben és a Salgótarjáni-medencében – részlet (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,1s). *Jelmagyarázat:* sárga vastag vonal: szelvény nyomvonala, piros vastag vonal: Diósjenő–Ógyalla-vonal; sötétkék vastag vonal: Darnó-vonal; vastag fekete vonalak: vető metszések; vékony fekete vonalak: a térkép szintvonalai

Figure 9b Trace of BU-4 seismic section situated in Darnó Deformation Belt and Salgótarjáni basin presented in the time contour map of pre-Tertiary basement – detail (TWT, contour interval: 0.1 s). *Legend:* yellow thick line: trace of seismic section; red thick line: Doósjenő–Ógyalla-line; dark blue thick line: Darnó-line; thick black lines: fault cuts; thin black lines: contours

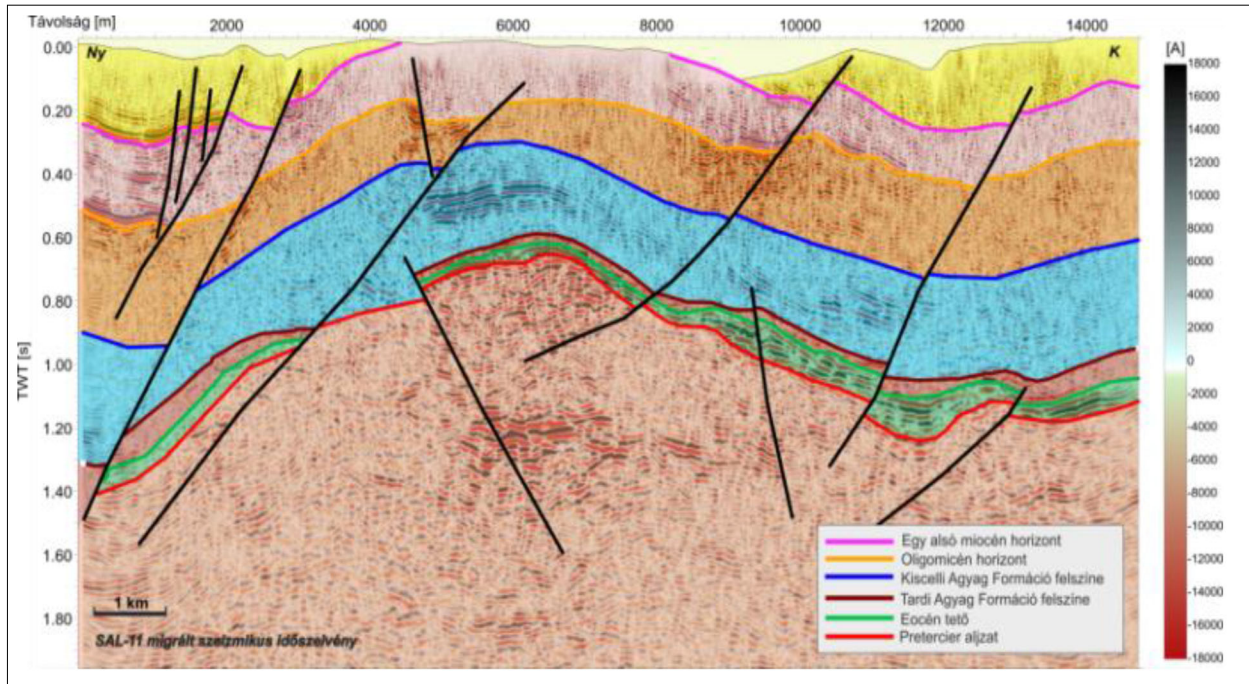
Ezt fúrési adatok is alátámasztják, ugyanis a Darnó-vonal mentén elhelyezkedő, a 6. ábrán feltüntetett Bsz-51 fúrás inverz rétegsort fúrt, amely szerint a jura korú Mónosbéli Formációba majdnem 600 méter vastag Kiscelli Agzag Formáció csípődött be. Ez pedig arra utal, hogy az aljzati rátolódás a kiscelli képződmények korával egyidős vagy annál fiatalabb. A szerkezeti zóna oligocén aktivitását az oligo-miocén üledéksorban megfigyelt gravitációs tömegmozgások is bizonyítják (Báldi, Sztanó 2000), ill. a szerkezeti vonal két oldalának eltérő oligocén kifejlődései és a kapcsolódó szekvenciasztratigráfiai értékelések (Sztanó, Tari 1993) szintén ezt támasztják alá (Kovács et al. 2015 alapján). A Darnó Zónában végzett felszíni szerkezetföldtani terepi mérések során Fodor et al. (2005), a 3. fejezetben ismertetett tektonikai fázisokon belül eggenburgi – kora ottngangi NyÉNy–KDK-i kompressziót, ill. kora ottngangi – középső bádeni ÉÉNy–DDK-i kompressziót is leírt a rá merőleges extenzió mellett, eszerint tehát egy kora miocén korú kompresszió is működött (jelen tanulmányban 5. tektonikai fázisként azonosítva).

Mindemellett a Bsz-51 fúrásban a jura fölött közvetlenül alsó miocén Zagyvapálfalvai Formáció található. Ez viszont azt jelzi, hogy a Darnó-vonal a kora miocénben vagy nem

sokkal az után extenziósan reaktiválódott, s az így létrejött süllyedés következtében keletkezett térrészbe rakódhattak le az alsó miocén összletek. A kutatástörténeti részben hivatkozott ismeretek is bizonyítják, hogy a Darnó-vonal a miocénben (Schréter 1951), és azon belül is a bádeni kezdetével normálvetős felújulást mutat (Fodor et al. 2005), amelyek a feltételezéseink szerinti 6. tektonikai fázis megnyilvánulásaival eshetnek egybe.

5.3.1.2. Darnó Deformációs Öv

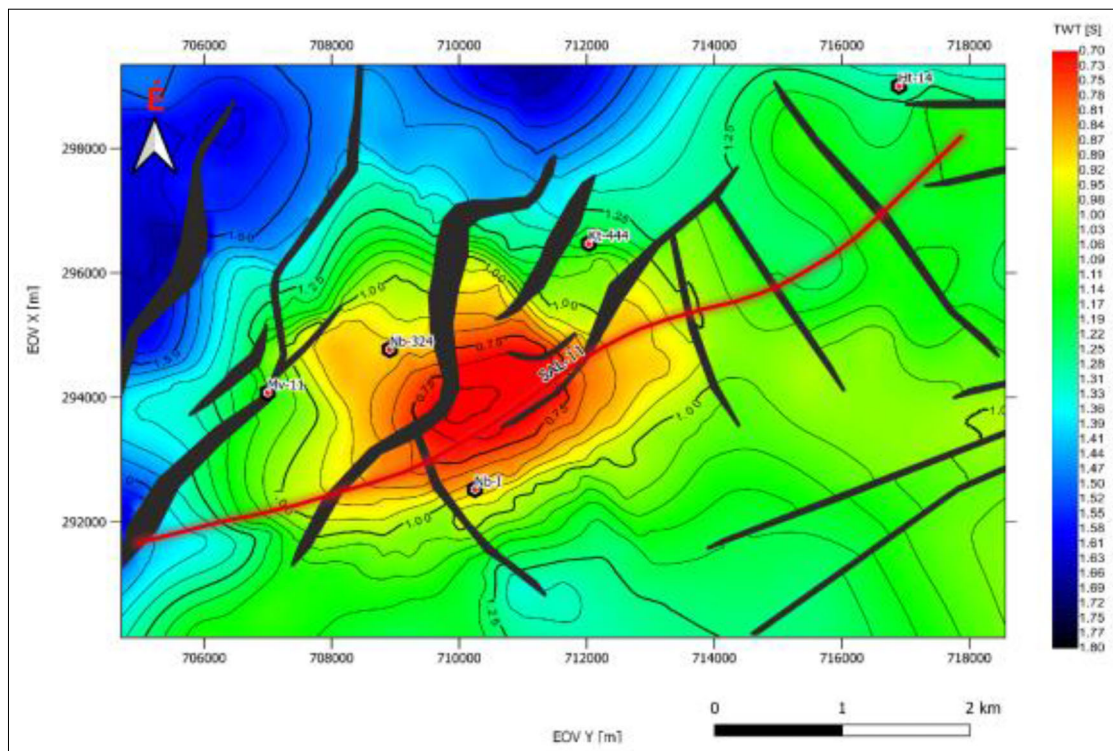
A Darnó Deformációs Öv (2. ábra) menti szerkezeti mozgásokat csak a felszín alatti felületekről készült térképek segítségével érthetjük meg. Ebben ugyanis – feltételezéseink szerint – az erőteljes és egyértelműen megnyilvánuló kompresszió mellett, oldaleltolódásos komponensek is szerepet játszhattak, azokat pedig csak függőleges szelvények mentén nem lehet azonosítani, legfeljebb néhány szerkezeti elem, ill. szelvénybeli kritérium utalhat az oldalirányú mozgásokra (pl. virágszerkezet, a vetők mentén különböző összletek kerülnek egymás mellé, ill. az elvetés nagysága a vető mentén hektikusan változik). Jelen esetben elsősorban térképi kritériumok alapján ismerhető fel az



10a. ábra | SAL-11 jelű szeizmikus időszelvény (kétszeres idő, s). *Jelmagyarázat:* színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők
 Figure 10a | Seismic time section: SAL-11 (TWT, s). *Legend:* colored lines: interpreted horizons; black lines: fault

oldaleltolódás, amelynek a tipikus geometriai elrendezése hívja fel a figyelmet meglétére és jellegére is. A Darnó menti térrészen egy kompresszióval társuló balos oldaleltolódásos

rendszer (transzpresszió) jegyei körvonalazódnak, ami feltehetően a kora kiscelliben volt a legaktívabb (3. fázis).



10b. ábra | A SAL-11 szelvény nyomvonala (pirossal jelezve) a pretercier aljzat időtérképén – részlet (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05s)
 Figure 10b | Trace of SAL-11 seismic line (marked with red line) presented in the time contour map of pre-Tertiary basement – detail (TWT, contour interval: 0.05 s)

Az oldaleltolódásos komponens bizonyításához a pretercier aljzatról készült átnézeti térképet (6. ábra) hívjuk segítségül. A térképen (6. ábra) a Darnó-vonal (vastag kék vonal) és a Diósjenő–Ógyalla-vonal (vastag piros vonal) közötti térrészen 3 jellegzetes vető csapásirányt látunk: egy É–D-it, egy ÉNy–DK-it és egy NyDNy–KÉK-it. Ha az É–D-i és ÉNy–DK-i irányokat tanulmányozzuk, akkor egy balos oldaleltolódásos rendszer képe rajzolódik ki előttünk, amely egy Darnó-vonallal párhuzamos, ÉÉK–DDNy irányú fő mozgási övezethez kapcsolódó törérendszer lehet. Ebben az esetben tehát, a Darnó-vonal ÉÉK–DDNy irányú fő mozgási zónájához kapcsolódóan kialakulnak a közel É–D irányú szintetikus vagy Riedel-irányok (Riedel 1929) és az ÉNy–DK irányú antitetikus vagy konjugált Riedel-irányok is. Az É–D irányú vetőkre példa a BU-4 szelvény közepén látható 4 rátolódásos vető (9a. ábra), amelyek kora a szeizmikus időszelvény tanúsága szerint kora kiscellinek feltételezhető. A konjugált Riedel-irányú, szintén kompressziós vetőkre pedig a SAL-11 szeizmikus időszelvényen (10a. ábra) találunk példákat (az aljzatot 4500, 9500, 11200 és 13000 méternél harántolva). Ezeknek a vetőknek a kora, amelyek a pretercier aljzatidőtérképen (10b. ábra) ÉNy–DK-i irányban jelennek meg, szintén kora kiscellire becsülhető a szelvénybeli képük alapján, kivéve a szelvényen keleti irányban az utolsó előtti vetőt, amely feltehetően neotektonikusan felújult.

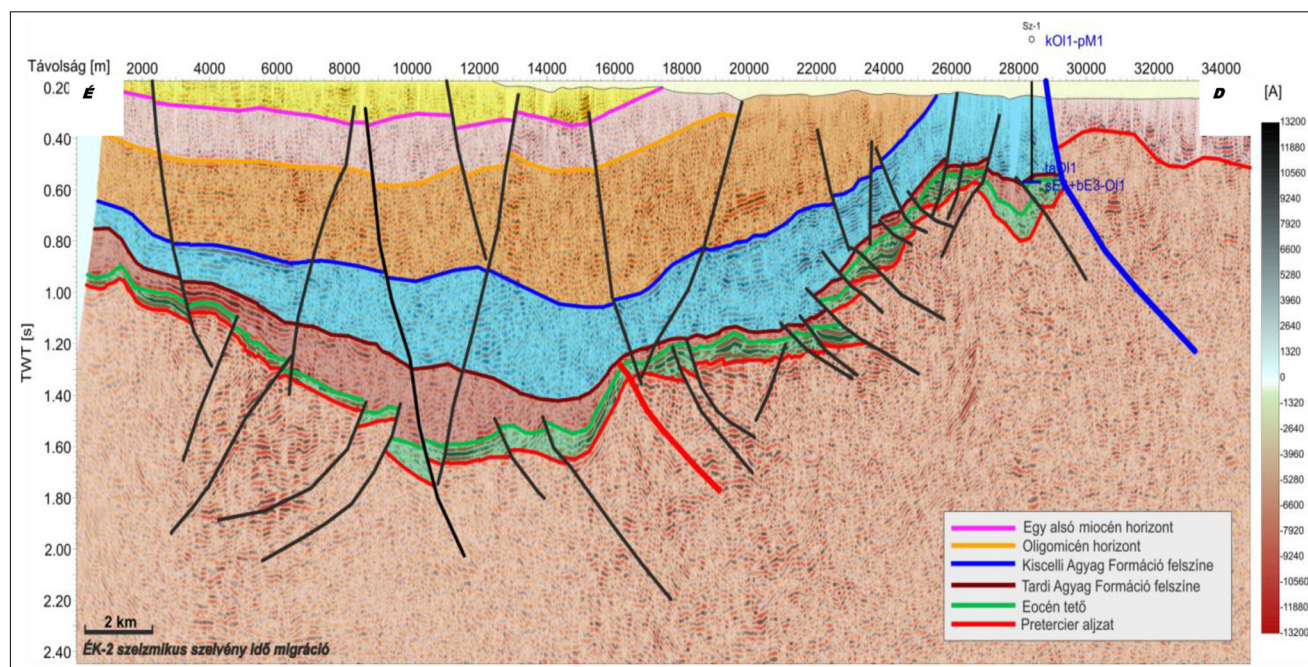
A feltételezett kora kiscelli kor egyik bizonyítéka a szeizmikus megjelenés. A szelvényeken (9a., 10a., 11. ábra) a tárgyalt vetők a Tardi Agyag tetőhorizontot még elmetszik, a felette lévő Kiscelli Agyag tetőhorizontot viszont

már nem. A horizontokról készült szerkezeti térképek összehasonlításával ugyanerre a következtetésre juthatunk, míg a Tardi Agyag tetőről készült térképen (17a. ábra) még megjelennek az említett irányú vetők a Darnó Deformációs Övben, addig a Kiscelli Agyag tetőtérképén (17b. ábra) már nem.

Mivel a Riedel-rendszernek tekinthető Darnó Deformációs Öv – szelvényeken és térképeken tanulmányozható vetőinek mint Riedel-alrendszereknek – kialakulása kora kiscellire tehető, így a fő zóna, vagyis maga a Darnó-vető menti, ÉÉK–DDNy irányú balos oldaleltolódás is kora kiscelli korúnak tekinthető.

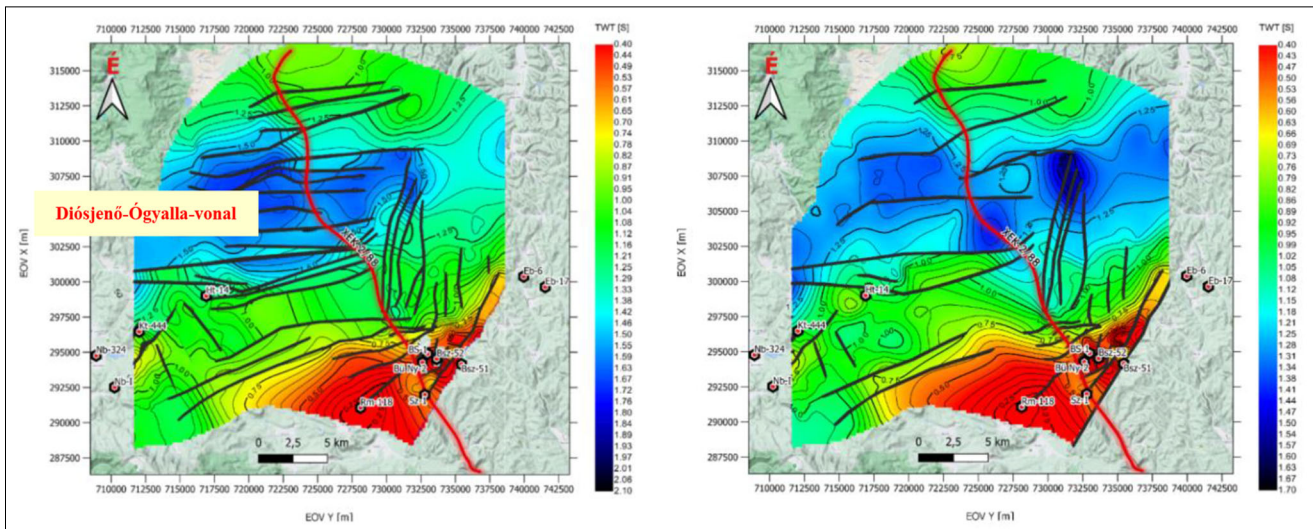
A Darnó menti oldaleltolódásos rendszer balos jellegét az is alátámasztja, hogy a Darnó-vonal keleti oldalán, a kanyarulatban egy süllyedék rajzolódik ki (6. ábra), amely balos oldaleltolódás esetén a vető balra kanyarodása mentén létrejövő ún. „pull apart” medencével azonosítható.

A Darnó Deformációs Övben a vetők harmadik jellemző csapásiránya a már korábban is említett NyDNy–KÉK-i irány (6. ábra), amely nem illeszthető be a Riedel-rendszerbe. Ennek kialakulására a következő magyarázat adható. Egyrészt ezek a vetők mindegyike rátolódás, amely ÉNy–É felé vergál, ezt igazolja az ÉK-2 szelvény (11. ábra) középső-déli részén látható vetőrendszer képe azok térképi ábrázolásával összevetve (12a.,b. ábra). Másrészt ezek a vetők is kora kiscelli korúak (mert vagy metszik a tardi tetőt, vagy felfelé harapódzó vetőként deformitást okoznak abban), viszont csapásirányuk nem illeszkedik bele az említett balos rendszerbe. Ennek az lehet az oka, hogy a kora kiscelliben jellemző feszültségtér



11. ábra | SAL-11 jelű szeizmikus időszelvény (kétszeres idő, s). Jelmagyarázat: színes vonalak: értelmezett horizontok; A kutatási területet É–D irányban átszelő ÉK-2 szeizmikus időszelvény (kétszeres idő, s). Jelmagyarázat: fekete vonalak: vetők; vastag sötétkék vonal: Darnó-vonal; vastag piros vonal: Diósjenő–Ógyalla-vonal fekete vonalak: vetők

Figure 11 | Seismic time section: ÉK-2 crossing the exploration area in N–S direction (TWT, s). Legend: black lines: faults; thick darkblue line: Darnó-line; thick red line: Diósjenő–Ógyalla-line



12a. ábra Az ÉK-2 szelvény nyomvonala (piros vonallal jelölve) az eocén tető időtérképén a Darnó Deformációs Övben és a Salgótarjáni-medencében (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05s)
Figure 12a Trace of ÉK-2 seismic section (marked with red line) presented in the Top Eocene time contour map of Darnó Deformation Belt and Salgótarjáni basin (TWT, contour interval: 0.05 s)

12b. ábra Az ÉK-2 szelvény nyomvonala (piros vonallal jelölve) a Tardi Agyag tető időtérképén a Darnó Deformációs Övben és a Salgótarjáni-medencében (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05s)
Figure 12b Trace of ÉK-2 seismic section (marked with red line) presented in the time contour map of Top Tardi Clay of Darnó Deformation Belt and Salgótarjáni basin (TWT, contour interval: 0.05 s)

egy meglévő gyengeségi zónát újított fel. Ez a gyengeségi zóna az 1. tektonikai fázis: középső kréta alpi orogenezis ÉNy-É felé vergáló rátolódásainak a takaró frontja lehetett. Ez a gyengeségi zóna újulhatott fel a késő eocén – kora kiscelli (2. és 3. fázis) időszakában, amikor a feszültségtér kompressziós vektora közel ÉNy-DK irányú volt, mint ahogy ezt Fodor et al. (2005) terepi mérései is igazolják.

Ugyanez a kompressziós vektor – ahol nincs felújítható gyengeségi zóna, és a tágulásnak inkább van lehetősége oldalirányban megtörténnie, semmint felfelé – oldaleltolódást hoz létre. Egy ÉNy-DK irányú maximális főfeszültség (kompressziós vektor) és egy vízszintes síkban ható merőleges, vagyis ÉK-DNy irányú minimális főfeszültség (extenziós vektor) egy, a Darnó-vonallal párhuzamos ÉÉK-DDNy-i csapású zóna mentén éppen egy balos és ráadásul kompresszióval társuló, tehát transzpressziós oldaleltolódást tud létrehozni (azért érvényesül erőteljesebben a kompressziós hatás, mert az ÉNy-DK irányú kompressziós vektor a derékszöget közelítő szöget zár be az ÉÉK-DDNy csapásiránnyal).

Tehát a NyDNy-KÉK-i csapású rátolódások ugyanannak a feszültségtérnek a következményei lehetnek, mint a balos rendszer Riedel-irányú vetői, csak előbbi esetben egy meglévő gyengeségi zóna mentén történt a felújulás.

Fontos megjegyezni, hogy az általunk közölt szeizmikus értelmezés alapján kora kiscellinek adódó, kompresszióval társuló balos oldaleltolódás – a 3. tektonikai fázis – csak egy állomás lehetett a Darnó Deformációs Öv szerkezeti fejlődésében, hiszen ez a mozgás is korábbi tektonikai hatások által létrehozott gyengeségi zónák mentén mehetett végbe (1. fázis). Sőt, későbbi korokban is felújulhatott, amint erre a

Darnó-vonal értékelésekor kitértünk, az 5., és 6. fázisokra történő utalásokkal.

A teljes területen meghatározott hét tektonikai fázis mindegyike (részben vagy egészben) – nagy valószínűség szerint – a Darnó Deformációs Övben is érvényesült. Feltehető tehát, hogy a Darnó-vonal és környezete jelenlegi struktúráját egy többszörösen felújuló tektonikai rendszer hozta létre. Ezt támasztja alá Fodor et al. (1999) tanulmánya is, melyben egy Ny-K-i tengelyű, ismétlődő jobbos transzpressziót ír le az AICaPa egységen belül, az eocén – kora miocén (ottnangi) során. Elképzelhető, hogy a Darnó Öv menti balos transzpresszió ennek a nagy rendszernek volt egy antitetikus alrendszere.

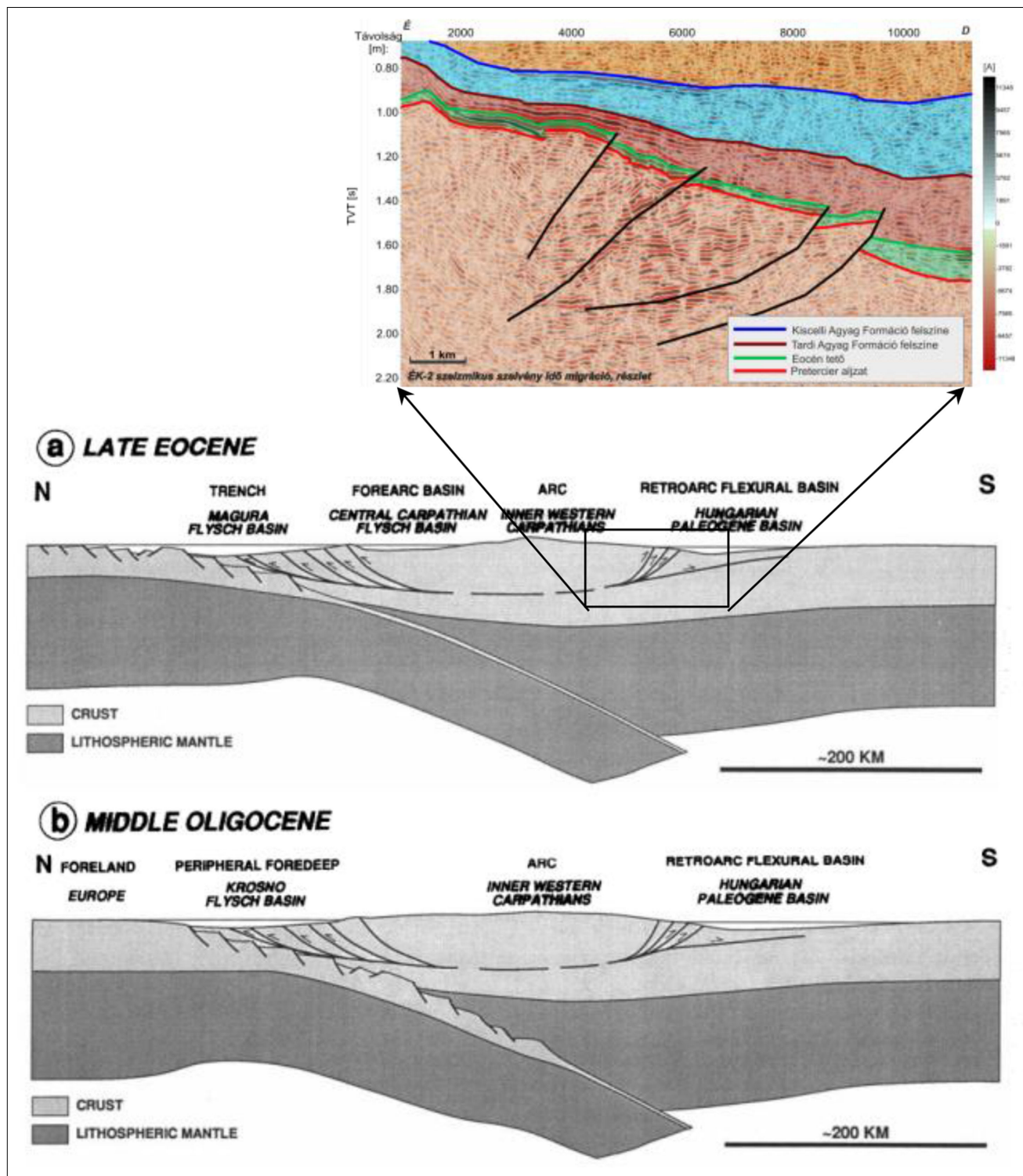
5.3.2. A Salgótarjáni-medence és a Diósjenő-Ógyalla-vonal

Az ÉK-2 szeizmikus szelvény (11. ábra) szintén keresztezi a Darnó Deformációs Övet, észak felé pedig feltárja a Salgótarjáni-medencét is, kifizva annak az északi peremére. A szelvény közepén látható piros rátolódás – amelyhez két fiatalabb vetőág is kapcsolódik – felel meg az 1. ábrán (Haas et al. 2010) zölddel, a 6. ábrán pirossal jelzett Diósjenő-Ógyalla-vonálnak. Ez a vetőhármassal a területen hosszasan végigkövethető Ny-K-i irányban. Értelmezésünk szerint a Diósjenő-Ógyalla-vonal egy É felé vergáló, középső-késő kréta rátolódás (1. fázis), későbbi (késő eocén – kora tardi, netán kora kiscelli) felújulása. Ettől északra megjelenik néhány hasonló jellegű és korú vető is (12a. ábra).

A vetők korolását az alábbi két megállapításra alapozzuk:

– Az ÉK-2 szelvény (11. ábra) közepén pirossal jelölt Diósjenő–Ógyalla-vetőtől délre van néhány É felé vergáló rátolódás, amely csak megközelíti a tardi tetőt, de azt nem metszi el, a vetők felett viszont kisebb redő látható a szeizmikus időhorizontban. Ezek a rátolódások

az ún. felfelé harapódzó vetők következményei lehetnek (*fault propagation folds*), s ezek kora annak ellenére kora kiscellinek minősíthető (3. fázis), hogy a tardi tetőhorizontot nem metszik el, abban csak deformitást okoznak (Héja Gábor szóbeli közlés).



13. ábra (alul) Tari et al. (1993) elvi szelvénye a Nyugati-Kárpátok kompressziós ívének fejlődéséről a késő eocénban (a) és a középső oligocénban (b); (felül) ÉK-2 szeizmikus szelvényrészlet, a D felé vergáló, kora tardi korú rátolódásokkal

Figure 13 (lower panel) Principal section demonstrating the development of Western Carpatian compressional arc during Late-Eocene (a) and Middle-Oligocene (b); (upper panel) ÉK-2 seismic section (detail) displaying the southward directed Early-Tardi thrusts

– A Diósjenő–Ógyalla-vonal késő eocén – kora tardi felújulására utal, hogy a pretercier aljzatterképen (6. ábra), és az eocén tetőtérképen (12a. ábra) is látható a nyomvonala (az utóbbin egy rövidebb szakasza). Bár a 12b. ábra tanúsága szerint a tardi tetőt már nem metszi, de az előző megjegyzés alapján egy kora kiscelli korú felújulás sem kizárt.

Az ÉK–2 szelvény (11. ábra) jól szemlélteti a Salgótarjáni-medence két oldalán található vetők ellentétes dőlését. Míg a Darnó Deformációs Öv vetői egyértelműen észak felé vergáló rátolódások, addig a medence északi oldalán délies rátolódású vetők jelennek meg, mint ahogy ez, a területet szeizmikus mélységszelvények alapján elemző részletes tanulmányból is kiderül (Kovács et al. 2020). A két vetőrendszer a medence legmélyebb zónájában találkozik, egy jóval fiatalabb tektonizmus virágszerkezetével elválasztva. Az ÉK–2 szelvény nyomvonalát két különböző reflexiós horizontról készült időtérképen is bemutatjuk (12a.,b. ábra) a vetőmetszések összehasonlítása végett. A Darnó Deformációs Övben az „Eocén tető időtérképe” (12a. ábra) szinte azonos képet mutat a „Tardi Agyag tető időtérképével” (12b. ábra), ami a vetők számát, és ÉÉK–DDNy irányú lefutását illeti. Északabbra, a Salgótarjáni-medencében viszont, főleg annak az északi peremén, jóval sűrűbb a Ny–K-i csapású vetők hálózata az eocén tetőről készült szeizmikus időtérképen (12a. ábra), a tardi tetőről készült térképpel (12b. ábra) összehasonlítva. Ez annak lehet a következménye, hogy míg a Darnó Deformációs Övben és a Salgótarjáni-medencében az eocén tetőt átmetszik a vetők a szeizmikus szelvény tanúsága szerint (11. ábra – ÉK–2 szelvény), addig a tardi tetőt már csak a Darnó Deformációs Övben szelik át, az északi részen viszont el sem éri azt, vagyis az északi részen feltehetően idősebbek a rátolódások. Az értelmezett időhorizontok kora alapján arra következtethetünk, hogy az északi perem rátolódásai késő eocén – kora tardi korúak (2. fázis), míg a déli peremen ennél fiatalabbak, kora kiscelliak lehetnek (3. fázis), (hiszen ott a tardi tető korában még működtek).

Felmerül a kérdés, hogy vajon mi okozhatta a Salgótarjáni-medence peremén ezt a jelentős, közel 180 fokos fordulást a vetők rátolódási irányában, amely – részben – korban is elkülönül egymástól?

A 13. ábra felső része az ÉK–2 szelvény északi szegmensének nagyított változatát tartalmazza, alatta pedig a Paleogén-medence fejlődési mechanizmusát szemléltető ábra szerepel Tari et al. (1993) alapján. Az említett tanulmány szerint a Paleogén-medence a Nyugati-Kárpátok hátterében, az Európai tábla déli irányú szubdukciójával egy időben kialakuló kompressziós, visszatörölődésos-rövidülési medence (*retroarc flexural basin*) modelljével írható le, mint ahogy arra a földtani áttekintés során is utaltunk.

Az ÉK–2 szelvényrészleten látható D felé vergáló kora tardi rátolódások erős hasonlóságot mutatnak a Tari et al. (1993) által közölt, a Paleogén-medence északi részén megjelenő, D-DK felé vergáló flexurális vetőkkel (13. ábra). A rátolódások Ny–K-i csapásiránya és a megfeleltethető

kor is azt sugallja, hogy a kutatási területen, a Salgótarjáni-medence északi peremén a fenti modell működik, amint erre már Püspöki, Szentpétery (2015) és Kovács et al. (2020) is rámutatott.

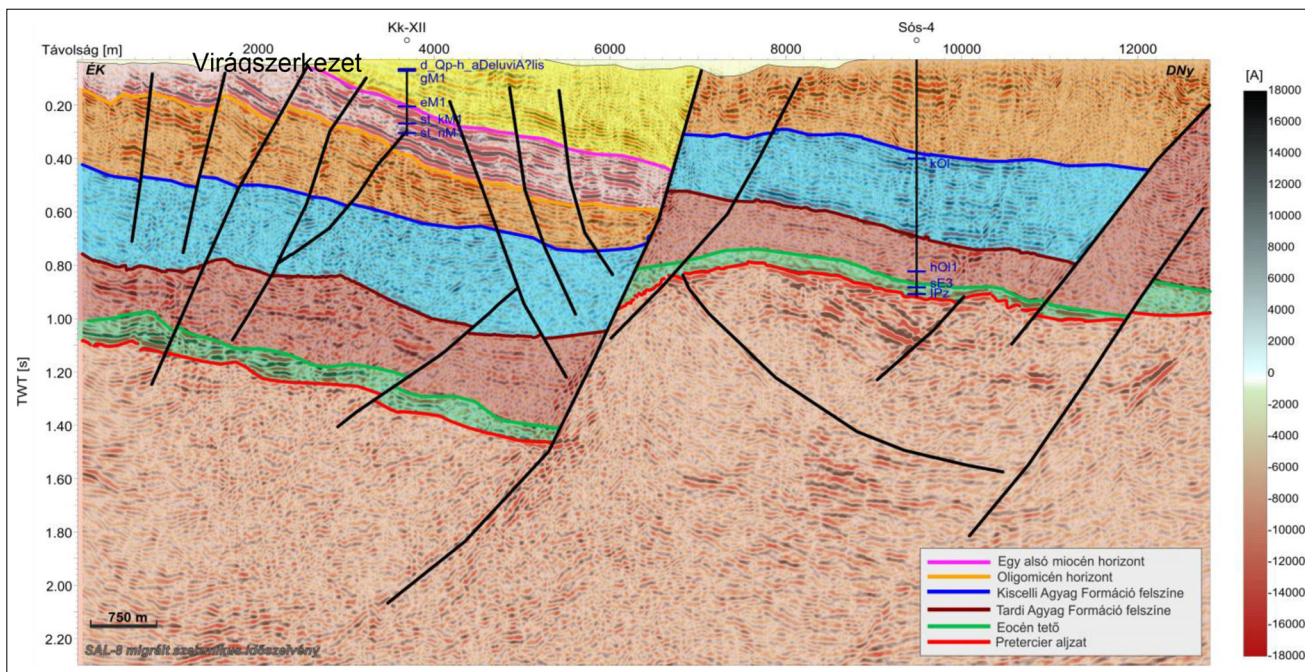
Más a helyzet a medence depocentrumában, a virágszerkezetként megjelenő fiatal vetőtől délre található térrészen, ahol minden rátolódás észak felé vergál (11. ábra – ÉK–2 szelvény). Itt a Darnó-rendszer a mérvadó, aminek tipikus jegyei elsősorban a Diósjenő–Ógyalla-vonaltól délre mutatkoznak meg.

5.3.3. Etesi-árok

Az Etesi-árok a kutatási terület ÉNy-i részén található, a térképeken a legszélesebb nyomvonalú, NyÉNy–KDK irányú vető által észak felé levetett térrészen (6., 16a.,b. ábra). A vető menti jelentős leszakadást jól szemlélteti a SAL–8 szelvény (14. ábra), amelynek a 16a. ábrán feltüntetett nyomvonala az árokra merőleges (a vető a szelvény közepén látható, a vízszintes skálán 7000 m-nél indulóan, ívelten halad lefelé). A SAL–8 szelvény (14. ábra) értelmezését két bevetített fúrás adatai támasztják alá, az egyik az árok részen mélyült Kk–XII fúrás, amelyik csak alsó miocén összeteket harántolt, és azokban is állt meg (ilyen az Egyházasegryi Formáció, amely a legfelső értelmezett horizont: a Salgótarjáni Barnaköszén Formáció fedője), a másik pedig az ároktól délre található Sós–4 fúrás, amely pretercier aljzatot ért. A Sós–4 fúrásban az aljzat kora paleozoos, felette eocént, arra vékonyan települő Hárshegyi Homokkővet és vastag Kiscelli Agyagot harántolt, viszont a Tardi Agyag hiányzik a fúrás rétegsorból. A fúrásleírás viszont a kiscelli aljában Tardi Agyagra utaló elmárgásodott képződmények jelenlétére is utal (Kovács Zsolt szóbeli közlése alapján), ráadásul a reflexiós képen is megfigyelhető egy jellegváltás a zölddel jelölt eocén tető és a kékekkel azonosított kiscelli tetőhorizontok közötti térrészen belül (14., 15. ábra). Ezért a Tardi Agyag tetőt, a szeizmikus jelleg alapján (1. táblázat) ezen a részterületen is értelmeztük.

A SAL–8 szelvény (14. ábra) közepén lévő nagy extenziós vetőtől délre egy észak felé vergáló takarós rátolódást látunk az aljzatban (1. tektonikai fázis), a szelvény északi részén pedig feltehetően egy oldaleltolódás virágszerkezetének ágai figyelhetők meg.

A SAL–8 jelű szelvény (14. ábra) – amelynek nyomvonala a 16a. ábrán látható – párhuzamos a SAL–9 jelű szelvényvel (15. ábra), amely az Etesi-árok peremvetőjét szintén dőlésirányban metszi (16b. ábra). Ezen a szelvényen is megjelennek az aljzatban É felé vergáló rátolódások (és azok ellenárai is), amelyek az 1. tektonikai fázis meglétére utalnak. A peremvető csapásirányával párhuzamosan több vető is átszeli a területet. Ilyenek a SAL–8 és SAL–9 szelvény É-i részén található vezetőzóna ágai, amelyek a SAL–9 szelvényen (15. ábra) egyértelműen egy gyökérszónában futnak össze (csapásuk párhuzamos a peremvetővel). Ezek a vetők egy virágszerkezet képét mutatják, ami oldaleltolódásos komponens meglétét jelzik. A

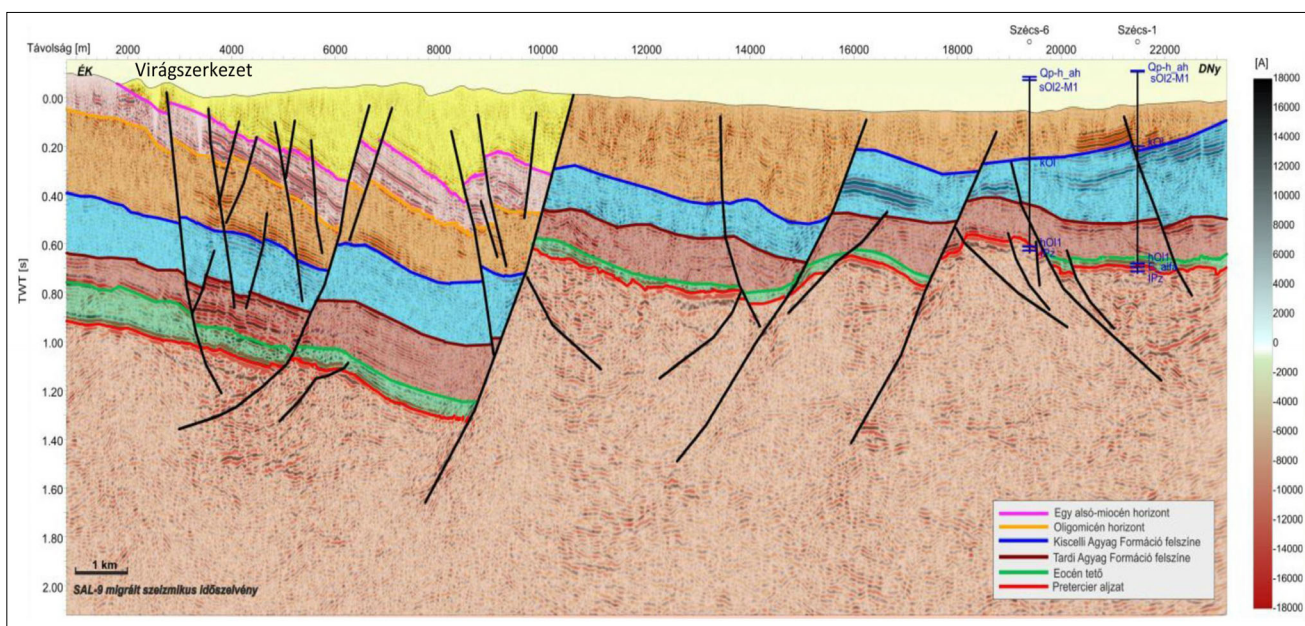


14. ábra | SAL-8 jelű szeizmikus időszelvény, amely az Etesi-árokra merőleges (kétszeres idő, s). *Jelmagyarázat:* színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők

Figure 14 | Seismic time section: SAL-8 (TWT, s), which is perpendicular to the strike direction of Etesi-Trough; *Legend:* colored lines: interpreted horizons; black lines: faults

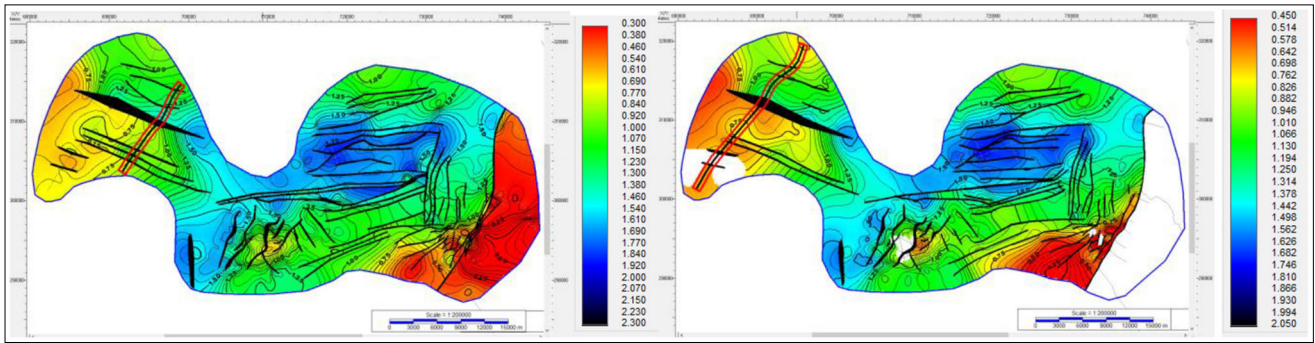
SAL-9 (15. ábra) szelvényen a virágszerkezeten belül kompressziós jelenségek is megfigyelhetők (sötét sárga színű oligo-miocén horizont és pink színű alsó miocén horizont a szelvény 2000–10000 m közötti szakaszán). Ez a kompresszió feltehetően az Etesi-árkot létrehozó extenzióal fiatalabb, feltételezésünk szerint kora miocén korú

(5. tektonikai fázis), de lehetséges, hogy a késő miocén inverzió is érezteti a hatását, amelynek nyomai az egész Kárpát-Pannon térségben ismertek (Horváth 1995) (7. tektonikai fázis). Az említett nagy peremvetőtől DNy-ra található, szintén NyÉNy–KDK-i csapású – a felszínen 16000 m-nél látható – vető is extenziós karakterrel je-



15. ábra | SAL-9 jelű szeizmikus időszelvény, amely az Etesi-árokra merőleges (kétszeres idő, s). *Jelmagyarázat:* színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők

Figure 15 | Seismic time section: SAL-9 (TWT, s), which is perpendicular to the strike direction of Etesi-Trough; *Legend:* colored lines: interpreted horizons; black lines: faults



16a. ábra A SAL-8 jelű szeizmikus szelvény nyomvonala (pirossal jelezve) a pretercier aljzat szerkezeti időtérképén (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05 s)

Figure 16a Trace of SAL-8 seismic profile (marked with red line) presented in the structural time contour map of pre-Tertiary basement (TWT, contour interval: 0.05 s)

16b. ábra A SAL-9 jelű szeizmikus szelvény nyomvonala (pirossal jelezve) az eocén tető szerkezeti időtérképén (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05 s)

Figure 16b Trace of SAL-9 seismic profile (marked with red line) presented in the structural time contour map of Top Eocene (TWT, contour interval: 0.05 s)

lentkezik (15. ábra), viszont a vető mentén az egymáshoz tartozó összletek vastagsága különféleképpen változik meg. Ez szintén oldaleltolódásra utal, vagyis valószínűleg a kettő kombinációjából adódóan egy transzzenziós jelenséggel van dolgunk (4. tektonikai fázis).

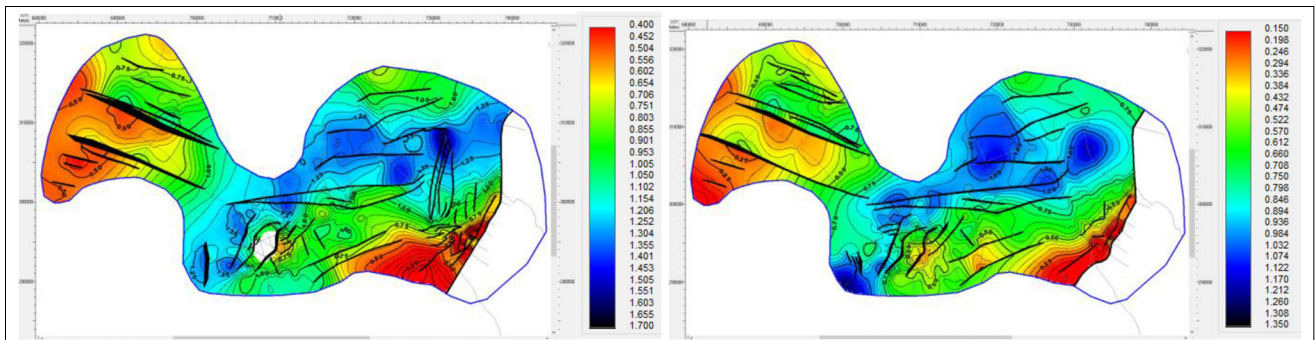
A SAL-9 szelvény (15. ábra) menti összleteket a Szécs-1 és -6 fúrások harántolták. Mindkettő pretercier aljzati paleozoikumot fúrt, de míg a Szécs-1-ben eocén andezitet találtak, addig a Szécs-6-ban az eocén hiányzik, mint ahogy ezt a 16b. ábra eocén tetőtérképe is szemlélteti. Minden bizonnyal itt az eocén kiékelődött (az ábrán fehér folt jelöli), amit a SAL-9 szelvényen látható szerkezeti kép is alátámaszt.

A 16a. ábrán látható pretercier aljzattérképet tanulmányozva megállapítható, hogy a terület keleti és középső részén a fő szerkezeti irányok közelítőleg É-D-i, Ny-K-i és ÉÉK-DDNy-iak, de az Etesi-árokban ettől markánsan eltérő, NyÉNy-KDK-i az uralkodó szerkezeti irány. Az Etesi-árok is extenziós medence csakúgy, mint a kutatási terület közepén található Zagyva-árok, amelynek a fő vetői viszont ÉÉK-DDNy, ill. ÉK-DNy irányúak (6. ábra). Ha azzal a feltételezéssel élünk, hogy a két árok egyidős –

amint azt a szeizmikus kép sugallja –, akkor nem találunk magyarázatot arra, hogy az ezeket létrehozó normál vetők csapásiránya miért közel merőleges egymásra, hiszen a feszültségtér minimális főfeszültsége azonos irányú tágu-lási zónákat tudott volna eredményezni azonos korokban. Mivel az Etesi-árok jelentős elvetési magasságokat mutat (500–700 ms közötti, ami $v = 3000$ m/s átlagsebességgel számolva 750–1050 métert jelent), ezért feltehetően nem értelmezhető transzfer vetőként (két extenziós medence közötti átlépésként). Így arra kell következtetnünk, hogy a két árok nem azonos korú. A továbbiakban megpróbáljuk tisztázni a két árok egymáshoz való viszonyát, helyeztük és korukat is tekintve.

Megvizsgálva – az alábbiakban – a területen értelmezett szerkezeti időtérképeket sorrendben felfelé haladva, egy Ny-K csapású, késő oligocén korú, jobbos eltolódás képe rajzolódik ki előttünk (4. tektonikai fázis). Ennek szemléltetésére bemutatjuk az eocén tető felett értelmezett még két horizontról, a tardi és a kiscelli tetőkről (17a.,b. ábra) készült időtérképeket is.

Az eocén tető időtérképe (16b. ábra) jelentős egyezést mutat a pretercier aljzatról készült időtérképpel (16a.

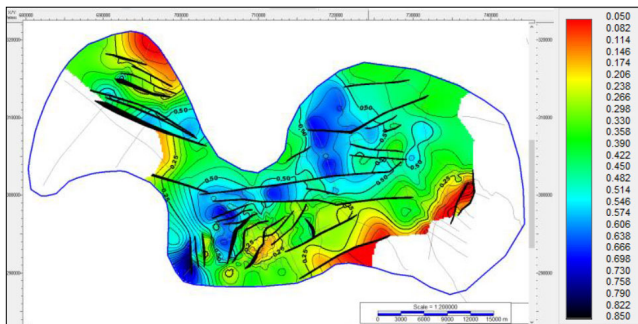


17a. ábra A Tardi Agyag tető szerkezeti időtérképe (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05 s)

Figure 17a Structural time contour map of Top Tardi Clay (TWT, contour interval: 0.05 s)

17b. ábra A Kiscelli Agyag tető szerkezeti időtérképe (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05 s)

Figure 17b Structural time contour map of Top Kiscelli Clay (TWT, contour interval: 0.05 s)



18. ábra | Az oligo-miocén horizont szerkezeti időtérképe (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05 s)
Figure 18 | Structural time contour map of the oligo-miocene horizon (TWT, contour interval: 0.05 s)

ábra), amit a szeizmikus szelvényeken látható kép is indokol, hiszen az eocén összletek az aljzattal párhuzamosan települnek néhány reflexiónyi vastagságban (a fúrással igazolt kiékelődési helyektől eltekintve). Felfelé haladva a tardi és különösen a kiscelli tetőtérképeken (17a.,b. ábra) viszont a terület ÉK-i részén található Salgótarjáni-medence szerkezeti képe szembeötlő változást mutat. Míg az aljzat (16a. ábra) és az eocén tetőidőtérképeken (16b. ábra) a Salgótarjáni-medence közel egységes elmélyülésként jelenik meg, addig a felette lévő horizontokban – a tardi tető (17a. ábra) és a kiscelli tető (17b. ábra) időtérképein – egyre jobban kettészakadó, ÉK–DNy-i irányítotttságot mutató mélyzóna-vonulatokat látunk. Ezek a mélyedések, egy Ny–K-i csapású jobbos oldaleltolódás, kulisszás megjelenésű (*en echelon*) szinklinálisaira emlékeztetnek.

A jobbos eltolódás kora a térképek alapján kiscellinél fiatalabb, hiszen a kiscelli tető térképén még érvényesült a

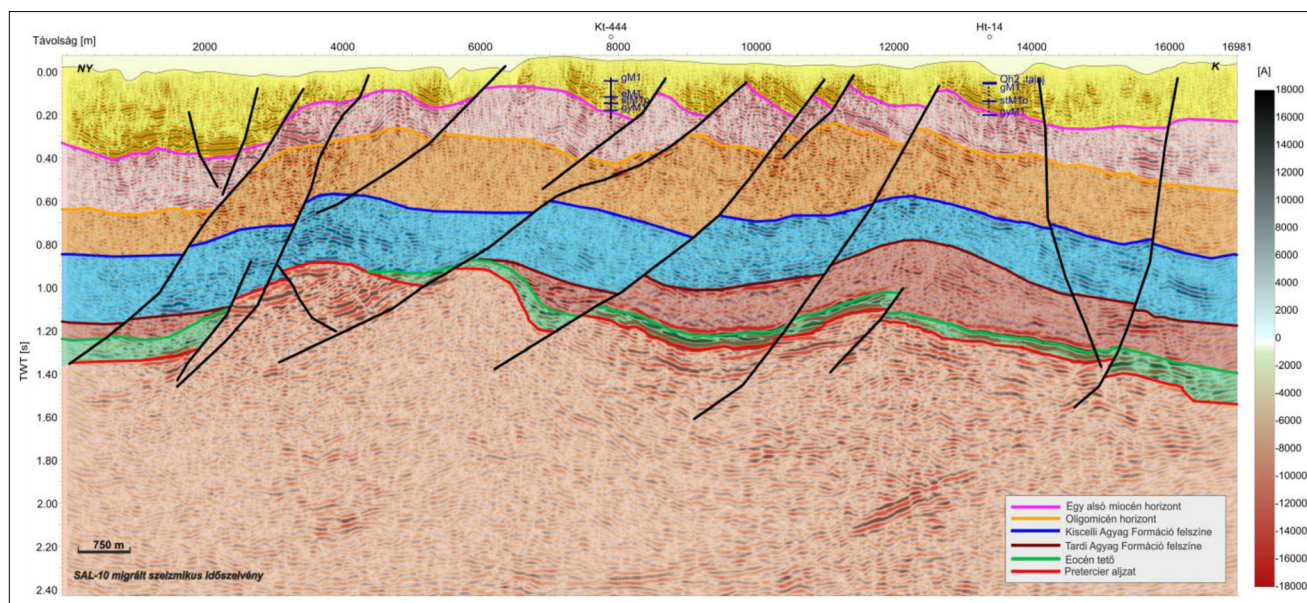
hatása, de a felette értelmezett oligo-miocén horizontról készült szerkezeti időtérképen (18. ábra) már nem látjuk ennek a nyomait. Ezen a térképen ugyanis valamilyen újabb hatás miatt a korábbi almedencék É–D irányban összeállnak, és egységes mélyületként jelentkeznek. Ebből arra következtethetünk, hogy a területen ható, Ny–K-i csapású jobbos oldaleltolódás kora az oligo-miocén horizont koránál idősebb, vagyis késő oligocén. (Az említett újabb hatás feltehetően a 7. tektonikai fázis, amelyet balos transzpresszióként értelmeztünk, és a következőkben részletezünk.)

Az Etesi-árok NyÉNy–KDK-i csapásiránya magyarázhatóvá válik a Ny–K csapású (késő oligocén korúnak becsült) jobbos transztenziós fázis feltételezésével, ugyanis ha a fő eltolódási zónában található egy elhajlás a Ny–K-i irányból a NyÉNy–KDK-i irány felé, és az eltolódás jobbos, akkor „pull apart” medence alakul ki a hajlat mentén, ami létrehozhatta az Etesi-árkot.

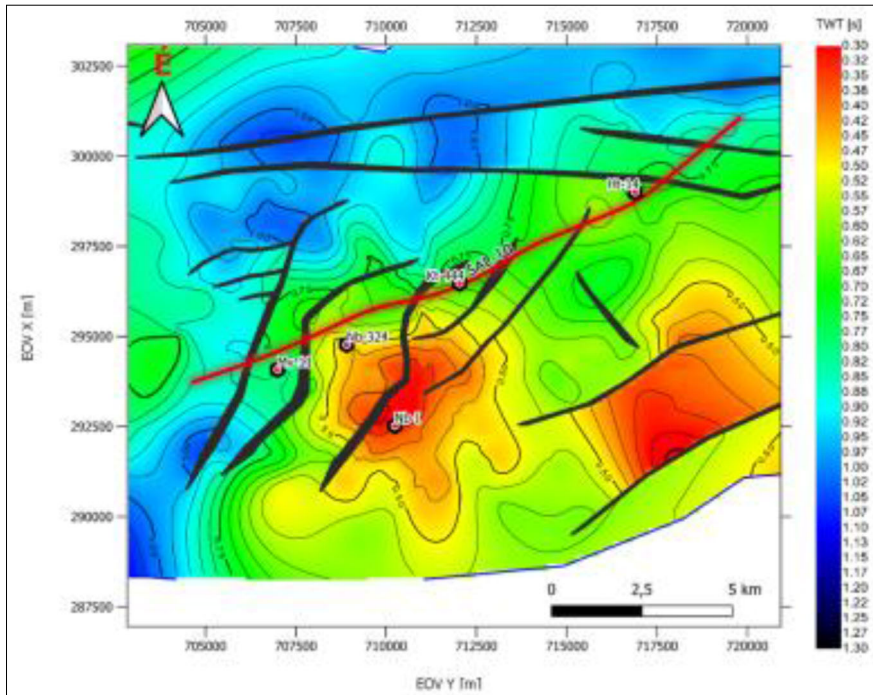
Ismerve a területtől délre húzódó, közel Ny–K csapású Balaton-vonal menti jelentős, késő oligocén – kora miocén korú jobbos oldaleltolódást (Kázmér, Kovács 1985, Balla, Dudko 1989, Csontos et al. 1992, Fodor et al. 1998), az is elképzelhető, hogy ennek a tektonikai fázisnak a megnyilvánulásával találkozunk a kutatási területen is.

5.3.4. Zagyva-árok

Az általunk vizsgált területen a Zagyva-árok északi része található (6. ábra). Az árok, egy ÉÉK–DDNy-csapású, extenzióval társuló vetőrendszer nyugat felé vetett oldalán jelenik meg az összes értelmezett felületen. Az alábbiakban bemutatott szelvénybeli és térképi jegyek arra



19a. ábra | A SAL–10 jelű szeizmikus időszelvény, amely a Zagyva-árok vetőrendszerét hegyesszögben metszi (kétszeres idő, s). *Jelmagyarázat:* színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők
Figure 19a | Seismic time section: SAL–10 (TWT, s) crossing the strike directed faults of Zagyva-trough with sharp angle; *Legend:* colored lines: interpreted horizons; black lines: faults



19b. ábra A SAL–10 szelvény nyomvonala (pirossal jelezve) a Kiscelli Agyag tető időtérképén – részlet (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05s)

Figure 19b Trace of SAL-10 seismic section (marked with red line) presented in the time contour map of Top Kiscelli Clay (TWT, contour interval: 0.05 s)

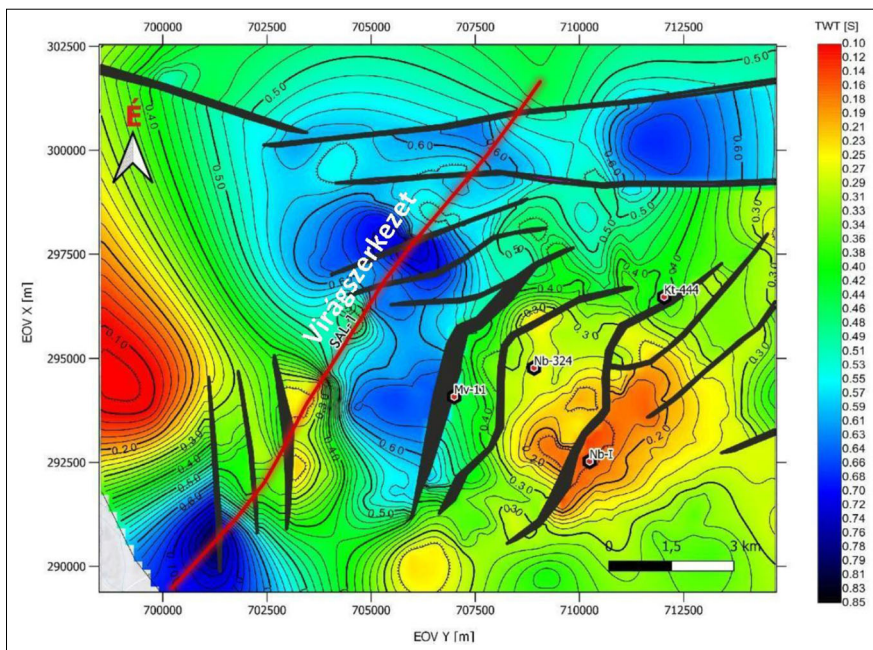
engednek következtetni – és egyben alátámasztják azokat a korábbi megállapításokat – melyek szerint a Zagyva-árkot a középső miocén extenzió mint a Pannon-medencét kialakító fő tektonikai esemény: szin-rift fázis (Horváth, Royden 1981) hozta létre, amely a vizsgált területre eső részen, véleményünk szerint, egy jobbos oldaleltolódással is kombinálódott (6. tektonikai fázis). Megjegyzendő, hogy Fodor (2010) a Zagyva-árok kialakulását az általa D10-zel jelölt késő szin-rift fázisra tette, amikor a riftesedés első szakaszához hasonló tágulós deformáció a középső miocén fiatalabb részében tovább folytatódott.

A térképezett vetőrendszerben 5 fő vetőt azonosítottunk, amelyek mindegyike NyÉNy felé dől, ahogy ezt a SAL–10 szelvény (19a. ábra) és a szelvény nyomvonalát feltüntető Kiscelli Agyag tető kétszeres időtérképe (19b. ábra) alapján megállapíthatjuk. (A szelvény keleti szélén látható, virágszerkezet formára emlékeztető vetőket feltehetően egy fiatal oldaleltolódás hozta létre.) A térképi nézet tanúsága szerint a szelvény nyomvonala a vetőket hegyes szögben metszi, ezért is látszanak a szelvényen lapos szögűeknek. A vetők mentén lefelé haladva az elvetés nem egyenletes, hanem meglehetősen hektikus elvetési magasságokat találunk, ez azt sugallja, hogy az extenzió oldaleltolódással társulva működhetett. A Zagyva-árokhoz kötődően Püspöki et al. (2014) szintén 5 normál vetőről tesz említést a Nógrádi-medencében végzett szerkezetföldtani vizsgálati alapján. A SAL–5 jelű szelvény (4. ábra) nyomvonala NyÉNy–KDK irányú (5. ábra) vagyis merőleges a normál vetők csapásirányára, így valós dőléssel képezi le azokat (eltekintve a szelvény túlmagasításától). A SAL–5 szelvényen (4. ábra) az oligo-miocén

(sötét sárga), és az alsó miocén (pink) horizontokban összszenyomósos jelenségek tapasztalhatók, amelyek kompressziós fázisok létrejöttére utalhatnak (feltevéseink szerinti 5. és 7. tektonikai fázisok).

A vetőrendszert legteljesebben az oligocén tetőről készült időtérkép mutatja meg (20. ábra), amelyen jól megfigyelhető az árok extenziós karaktere. A középső miocénben jellemző feszültségtér éppen egy ilyen, NyÉNy–KDK-i irányú extenzió működésének kedvezett, erre merőleges, ÉÉK–DDNy csapásirányú vetőket létrehozva (Fodor 2019).

Az extenzió a Zagyva-árokban feltehetően társult egy ÉÉK–DDNy-i csapású jobbos oldaleltolódással is, transzteniós elmozdulásokat előidézve. Az extenziós komponens egyértelműen látszik minden szelvényen, az oldaleltolódásra és annak jobbos jellegére pedig a vetők térképi megjelenése utal (20. ábra). A térképezett 5 fővető ÉÉK–DDNy-i csapásirányához mint fő eltolódási irányhoz kapcsolódik egy KÉK–NyDNy irányú alrendszer, amely konjugált Riedel-alrendszernek tekinthető. Ez a térképen a levetett részen jelenik meg (20. ábra), ahol a virágszerkezetet alkotó vető alágakhoz kötődően a szintvonalak balos értelemben mutatnak néhány km-es eltolódást, igazolva a főzóna jobbos jellegét (20. ábra) (a virágszerkezet szelvénybeni képe a SAL–1 szelvényt bemutató 21. ábra közepén látható). A középső miocén extenziót létrehozó feszültségtér óramutató járásának (CW) megfelelő kicsi elfordulása valóban eredményezhet a meglévő, ÉÉK–DDNy-i irányú gyengeségi zóna mentén egy jobbos értelmű transzteniót.

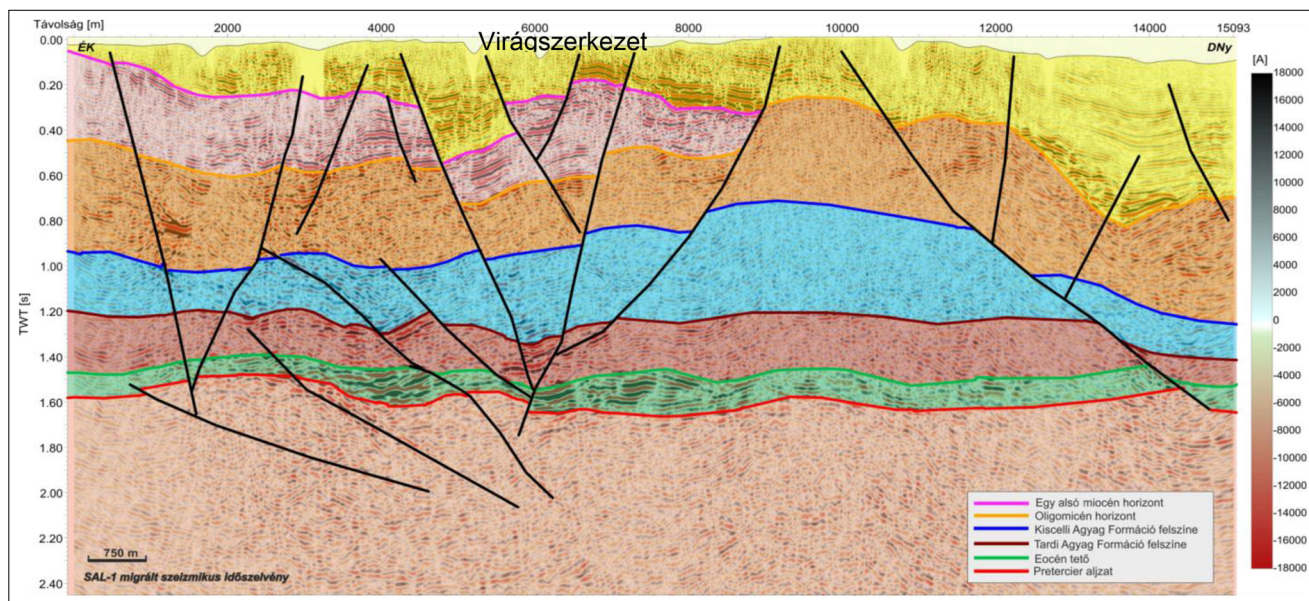


20. ábra Az oligocén tetőt közelítő oligo-miocén horizont szerkezeti időtérképe a Zagyva-árok északi részén (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,02 s), piros vonallal a SAL-1 szelvény (21. ábra) nyomvonalát jelöltük

Figure 20 Structural time contour map of an oligo-miocene horizon nearby the Top Oligocene situated in the northern part of Zagyva-trough (TWT, contour interval: 0.02 s), the trace of SAL-1 seismic profile (Figure 21) is indicated by red line

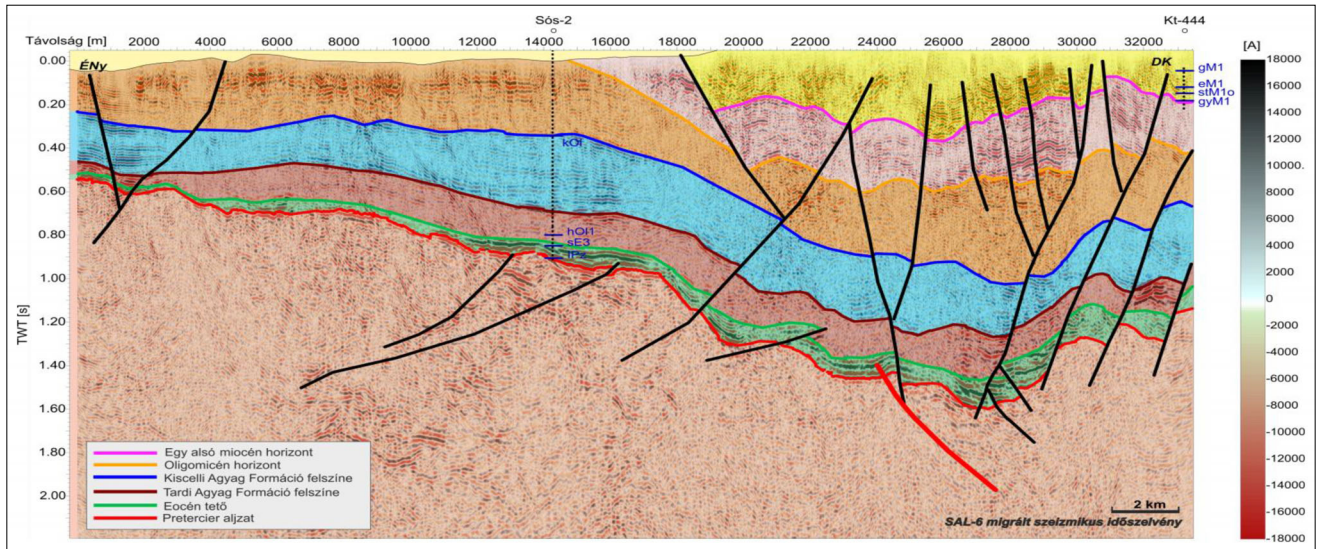
Az Etesi- és a Zagyva-árkokkal foglalkozó fejezetek összefoglalásaképpen bemutatunk egy olyan szeizmikus szelvényt, amely mindkét területet átszeli. A 22a. ábrán látható SAL-6 szeizmikus szelvény ÉNY-i része az Etesi-árokraól délre, a vető által még nem érintett, kiemelt részén húzódik (ill. a nagy peremvetőnek éppen a szélét metszi a szelvény eleje, ahol annak már alig van elvetése),

míg a DK-i vége a Zagyva-árkot keresztezi. A kettő között pedig ott található a Magyarország prekainozoos földtani térképén (Haas et al. 2010) (1. ábra) jelölt, általunk is meghatározott, Diósjenő-Ógyalla-vonal É felé vergáló rátolódása (a 22. ábrán piros vastag vonallal jelölve), a hozzá kapcsolódó jellegzetes, fiatal oldaleltolódásos vetőpárral együtt.



21. ábra SAL-1 szeizmikus időszelvény (kétszeres idő, s) (nyomvonala a 20. ábrán látható). *Jelmagyarázat:* színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők

Figure 21 Seismic time section: SAL-1 (TWT, s) (its trace is displayed in Figure 20). *Legend:* colored lines: interpreted horizons; black lines: faults

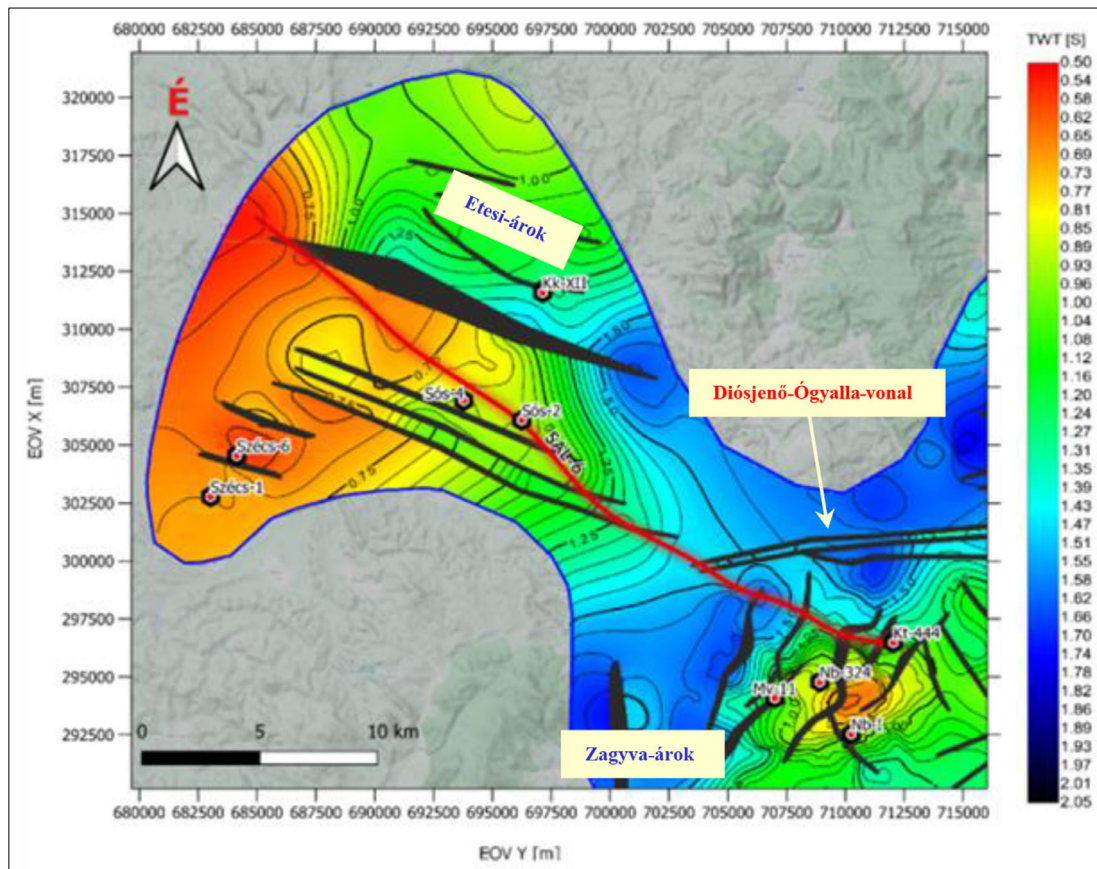


22a. ábra | SAL-6 jelű szeizmikus időszelvény (kétszeres idő, s). *Jelmagyarázat:* színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők, piros vastag vonal: Diósjenő-Ógyalla-vonal

Figure 22a | Seismic time section: SAL-6 (TWT, s). *Legend:* colored lines: interpreted horizons; black lines: faults; red thick line: Diósjenő-Ógyalla-line

Ez a szelvény egyértelműen igazolja a kompressziós (inverziós) komponens megjelenését. A SAL-6 szelvényen (22a. ábra) a 24000 m-nél induló vető minden értelmezett

horizontban kompressziós jellegű, míg ugyanez a vető a SAL-9 szelvényen (a 15. ábrán 16000 méternél) még extenziós karakterrel jelentkeznek. Ugyanígy a Zagyva-árok-



22b. ábra | A SAL-6 szelvény nyomvonala (pirossal jelezve) a pretercier aljzatidőtérképén – részlet (kétszeres idő, szintvonalköz: 0,05 s)

Figure 22b | Trace of SAL-6 seismic section (marked with red line) presented in the time contour map of pre-Tertiary basement – detail (TWT, contour interval: 0.05 s)

ban is kompressziós jelenségeket tapasztalunk az árkokat kialakító vetők mentén, a kiscelli tető és az afölött értelmezett horizontokban (SAL-5 jelű szelvény, 4. ábra), így az alsó miocénben is. Mivel az ennél fiatalabb képződmények leerodálódtak a területen, így a szeizmikus kép alapján nem tudjuk elkülöníteni, hogy a kora miocén 5. fázis, vagy a késő miocén 7. fázis okozta-e a kompressziós hatást. Nagy valószínűség szerint mindkettő működött, az 5. fázis a Darnó-vonal mentén bizonyított (Fodor et al. 2005), a 7. fázis igazolására pedig a következőkben a vastagságtérképek összehasonlítása alapján teszünk kísérletet.

A kutatási területen elvégzett részletes tektonikai analízis alapján az Etesi-árok és a Zagyva-árok fejlődéstörténetével kapcsolatban az alábbi következtetést lehet levonni. Míg az Etesi-árkot alapvetően a 4. fázis K-Ny csapásirányú, késő oligocén, jobbos transztenziója alakította ki, addig a Zagyva-árok a 6. fázisban, az ÉÉK-DDNy-i csapású, középső miocén extenzió (transztenzió) következtében jött létre. Így a Nógrádi-medence modellezésével foglalkozó Maros et al. (2015) jelentés, „Tektonikai megállapítások” fejezet 1. pontjában – a két árok egymáshoz viszonyított kialakulásával kapcsolatban – Püspöki Zoltán által megfogalmazott 4 lehetőség közül, a negyediket gondoljuk a legvalószínűbbnek, vagyis, hogy az Etesi-árok és a Zagyva-árok eltérő időben és eltérő feszültségtér hatására jött létre (úgy, hogy a Zagyva-árok a fiatalabb).

Szintén egy korábbi munka eredményére hivatkozva Kovács és Gyuricza (2015) jelentéséből idézzük a terület neogén medencefejlődésével kapcsolatos megállapításokat. „A Paleogén-medence vitatott kompressziós, illetve transzpressziós „pull apart” jellegű szerkezetfejlődésére a középső miocéntől a Pannon-medence extenziós jellegű szerkezeti eseménysora szuperponálódik. A kialakuló süllyedékek fő szerkezeti elemei az Etesi- és a Zagyva-árok. Jóllehet e fiatal szerkezeti árkok esetén alapvetően a neogén szerkezeti mozgásokra helyeződik a hangsúly, de a Zagyva-árok és a tőle kelere eső területek oligocén képződményei közötti eltérés oligocén szerkezeti eseményekre utal.”

Az idézett szöveg utolsó mondata a szerzők egy feltevését tartalmazza, amelyet jelen tanulmány igazolni látszik.

5.4. A terület szerkezetföldtani fejlődésének bemutatása vastagságtérképek (m) alapján

A vastagságtérképeket az alábbi összefüggés alapján állítottuk elő:

$$(TWT_{\text{alsó horizont}} - TWT_{\text{felső horizont}}) / 2v_{\text{int}} = \text{vastagság},$$

ahol

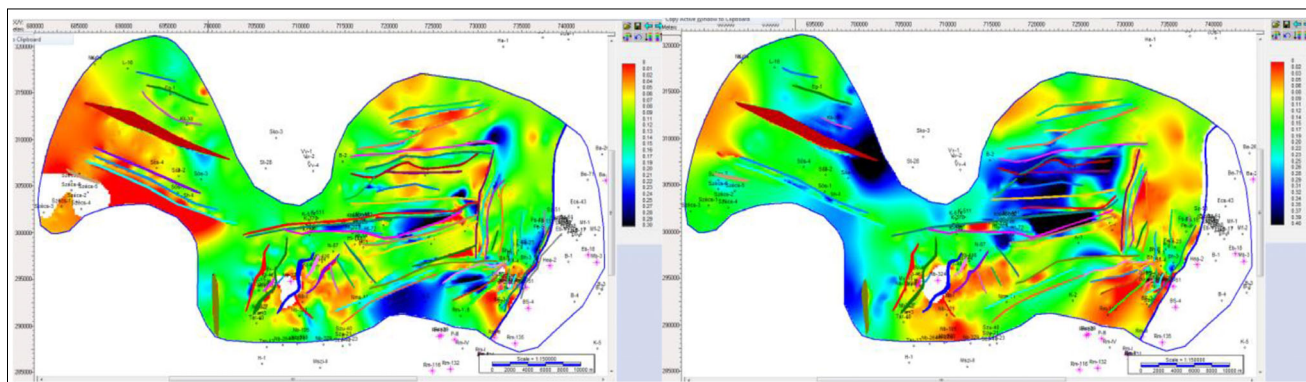
TWT_{horizont} – az adott felület időértékei kétszeres időben megadva (s),

v_{int} – intervallumsebesség, egy becsült sebességérték a két felület által közrefogott összletre.

A sebességek becslésekor figyelembe vettük, hogy felfelé haladva – a csökkenő kompaktió miatt – csökkennek az összletre jellemző intervallumsebességek is. A becsült intervallumsebességek a következők voltak. Az eocén rétegsorban: 4000 m/s, a Tardi Agyagban: 3800 m/s, a Kiscelli Agyagban: 3600 m/s, a felső oligocén rétegsorban: 3400 m/s és az alsó miocén rétegsorban: 3000 m/s.

A vastagságtérképek segítségünkre lehetnek a terület fejlődéstörténetének megismerésében. Ennek oka előállításuk folyamatában rejlik, ugyanis – amint az a fenti összefüggésből is kiderül – létrehozásuk első lépéseként az adott összletet alulról határoló időfelületből kivonjuk a felülről határoló időfelületet. Ez egyenértékű azzal, mint ha a felső felületre normálnánk az alsó határfelületet (vagyis annak az alsó felületre gyakorolt hatását elimináljuk). Ily módon a vastagságtérkép egyfajta paleo tetőtérképként is értékelhető, amely megmutatja, hogy az alsó felületnek milyen lehetett a morfológiája akkor, amikor a felső felület volt a felszínen, vagyis amikor még nem érintették azt a kialakulását követő tektonikai hatások.

Öt összlet vastagságtérképét mutatjuk be, melyeken a kék szín jelzi a nagy vastagságot (analog módon az időtér-

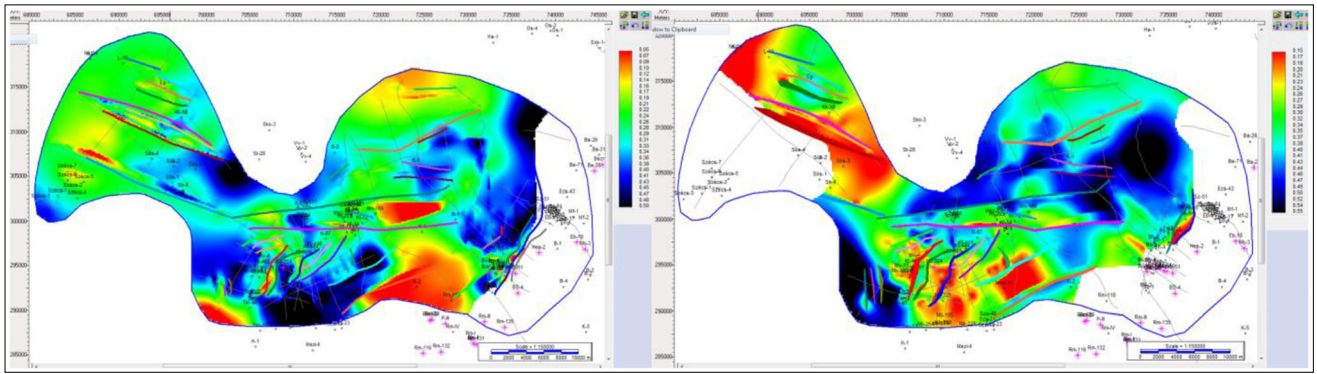


23a. ábra | Eocén vastagságtérkép (méter) (paleo-pretercier aljzat az eocén tető korában)

Figure 23a | Eocene thickness map (m) (paleo-pre-Tertiary basement in the age of top Eocene)

23b. ábra | Tardi Agyag vastagságtérkép (méter) (paleo-eocén tető a tardi tető korában)

Figure 23b | Thickness map of Tardi Clay (m) (top paleo-Eocene in the age of top Tardi)

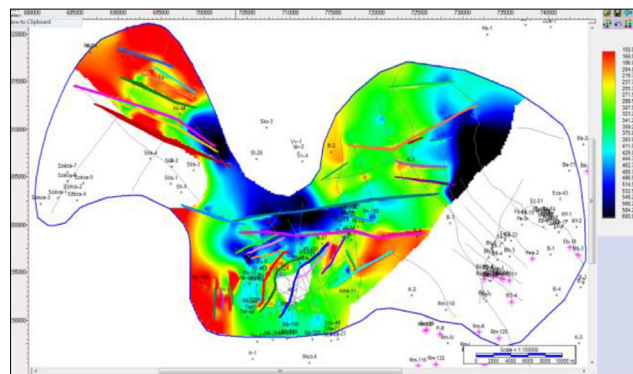


23c. ábra Kiscelli Agyag vastagságtérkép (méter) (paleo-tardi tető a kiscelli tető korában)

Figure 23c Thickness map of Kiscelli Clay (m) (top paleo-Tardi in the age of top Kiscelli)

23d. ábra Felső oligocén vastagságtérkép (méter) (paleo-kiscelli tető az oligocén tető korában)

Figure 23d Thickness map of Upper-Oligocene (m) (top paleo-Kiscelli in the age of top Oligocene)



23e. ábra Alsó miocén vastagságtérkép (méter) (paleo-oligocén tető az alsó miocén horizont korában)

Figure 23e Thickness map of Lower-Miocene (top paleo-Oligocene in the age of horizon Lower-Miocene)

23. ábra Öt egymás feletti összlet vastagságtérképe (méter), ahol a sötétkék szín jelzi a nagy vastagságot

Figure 23 Thickness map of five identified formations displayed from bottom to top, where the dark blue marks the thick parts of the formation

képekkel, ahol a feltöltődésre alkalmas mély zónákat jelöltük kékkel).

Az egyes térképek színezése nem egységes a skála kezdeti és végértékét tekintve. Igyekeztünk az adott térkép sajátosságait a legjobban kiemelni, s ez egy egységes intervallumon belül mozgó skálával nem lett volna lehetséges. Így a vastagságértékekre nézve a térképek összehasonlítása – abszolút értelemben véve – nem ad felvilágosítást, viszont nagyon is alkalmas arra, hogy az adott térképen belüli vastagságeloszlást vagy szerkezeti jellegeket meghatározzuk.

Az öt vastagságtérképet összehasonlítva (23a.–e. ábra) megállapíthatjuk, hogy az egyes összletek különböző helyeken jelennek meg nagy vastagságban. Míg az eocén gyakorlatilag sehol nem vastagszik ki számottevően, addig a Tardi Agyag a Salgótarjáni-medencében halmozódik fel, a Kiscelli Agyag pedig – a többi összlethez viszonyítva – sokkal több helyen mutat kivastagodást. Nemcsak a Salgótarjáni-medencében, hanem az Etesi-árok-

ban, a Zagyva-árokban és attól keletre, a kiemeltebb részekben is megjelenik a kiscelli agyag, de legszembetűnőbb, hogy a Darnó-vető előterében is jelentős vastagságot képvisel ellentétben a tardival. A felső oligocén képződmények szintén a Zagyva-árokban, a Salgótarjáni-medencében és a Darnó-vető előterében érnek el nagyobb vastagságot, míg az alsó miocén összletek az Etesi-árok és a Salgótarjáni-medence találkozásánál és a Salgótarjáni-medence keleti részén a legvastagabbak. *Egyfajta tendencia tűnik kirajzolódni, mintha a fiatalodás sorrendjében az összletek egyre keletebbre vastagodnának ki.* Korábbi tanulmányokból tudjuk, hogy a Paleogén-medence, számos rétegtani adattal alátámasztott sajátossága a depocentrum időben elhúzódó (középső eocéntől kora miocénig tartó), több szakaszban történő vándorlása ÉK felé (Tari et al. 1993, Kovács et al. 2020). *Feltehetően ennek az üledékképződési depocentrum-vándorlásnak a nyomait látjuk a kutatási területen is.*

A vastagságtérképeken a szerkezeti irányokban történő változás egyrészt alátámasztja néhány tektonikai fázisra vonatkozó feltételezésünket, másrészt új felismeréshez is vezet. Összehasonlítva a 23b.-d. ábrán lévő vastagságtérképeket (a tarditól felfelé a felső oligocénig haladva), azt látjuk, hogy míg a tardi egy egységes medencében (Salgótarjáni-medence) rakódott le azt egyenletesen kitöltve, addig a felső oligocén már egy kettészakadt, ÉK–DNy irányú almedencékre szabdalt sülyedékben halmozódott fel. Az irányítottág jobbos irányú, kulisszás (*en echelon*) elrendeződésű szinklinálisok létére utal, amint ezt az Etesiarok fejlődéstörténetét taglaló részben, a 4. fázis leírásánál is megállapítottuk.

A vastagságtérképek paleo tetőtérképként történő értelmezése alapján a fenti észrevételek úgy is megfogalmazhatók, hogy a paleo-eocén tető (23b. ábra) még egy egységes medence volt, amely a paleo-tardiban (23c. ábra) már változást mutat, a paleo-kiscelli tetőtérképen (23d. ábra) pedig megjelennek a jobbos eltolódásra utaló kulisszás almedencék. A paleo-tető- (vagy vastagság-) térképeken a kulisszás elrendeződés még karakterisztikusabban látszik, mint a tetőtérképeken (17a.,b. ábra), s ez megerősíti azt a feltevésünket, hogy a 4. fázis, egy Ny–K-i csapás mentén végbemenő jobbos oldaleltolódás lehetett.

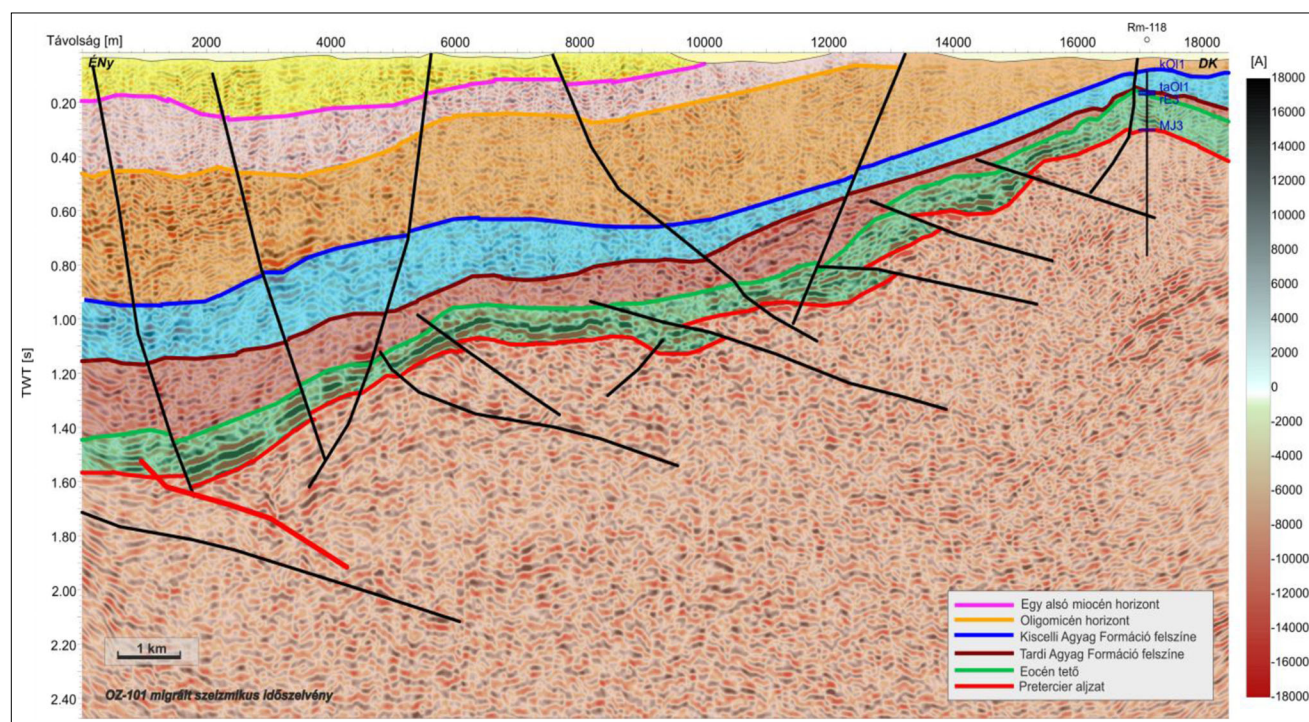
A 23e. ábra a térképezett alsó miocén összlet vastagságát mutatja, egyben a paleo-oligocén tető morfológiáját tükrözi. Az ábra középső részén, a sötétkéssel jelzett kivastagodó összletben, a Ny–K-i csapású vető mentén balos irányú eltolódás figyelhető meg. Ez arra utal, hogy a korábbi (késő oligocén) jobbos oldaleltolódásos rendszer

a kora miocén folyamán vagy azt követően balosra váltott, ugyanazon Ny–K-i csapás mentén. Tekintve, hogy a Kárpáti-ív mentén, az óramutató járásának megfelelő irányban, a kárpátitól a pliocén-kvarterig forgó orogén (kompressziós) vektor (Jiricek 1979) iránya a Ny–K-i csapás menti balos eltolódást csak ÉK-i helyzetbe jutva (késő miocénben) vagy azon túlfordulva tudja létrehozni, ezért feltételezhetjük, hogy a balos eltolódás kora késő-miocén (7. tektonikai fázis).

5.5. A 2020-ban mért két szeizmikus szelvény (OZ-101 és OZ-102) ismertetése

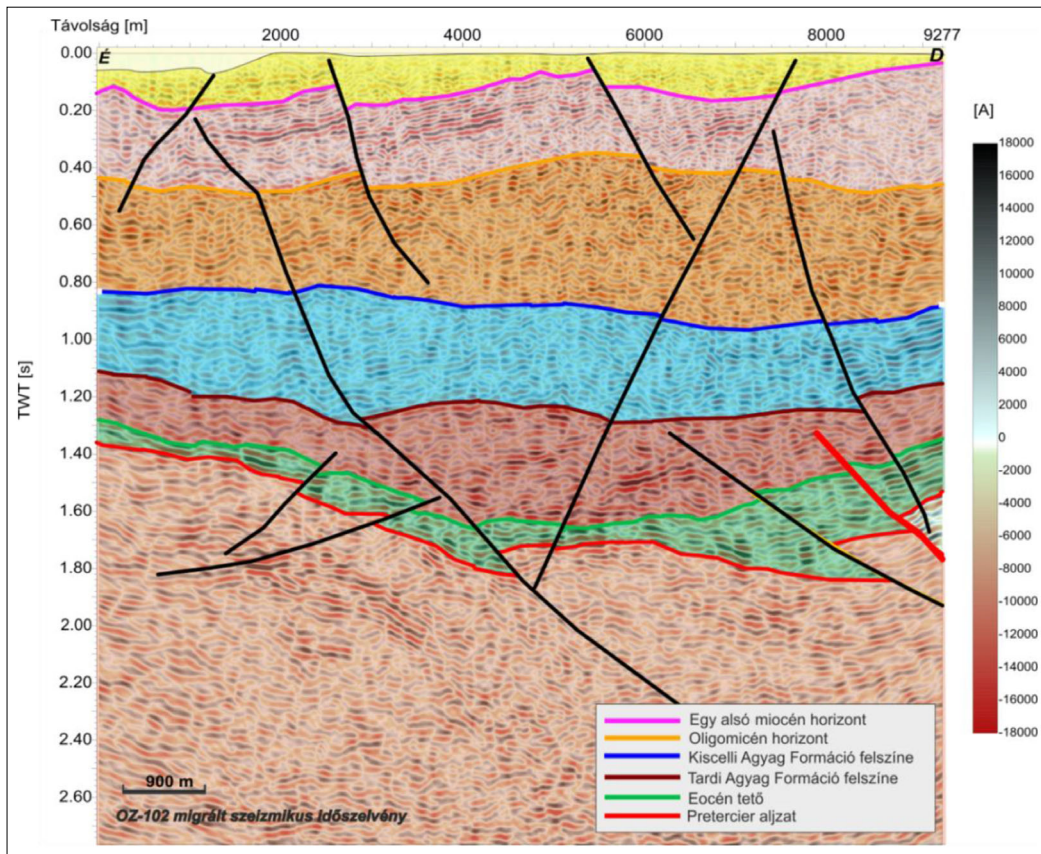
Az MBFSZ által 2020-ban lemért, közel 30 km összhosszúságú két reflexiós szeizmikus időszelvény vibrátoros jelgerjesztéssel készült, 10–100 Hz közötti sweep alkalmazásával, 7,5 méteres CDP-közellel és 2 ms-os mintavétellel (Bauer, Lőrincz 2020). A mérések nehéz terepi körülmények között folytak, a nyomvonalak dombok közötti völgyekben haladtak, az OZ-101 esetében dombtetőt is keresztezett. A vonalak menti tengerszint feletti magasságkülönbség mindkét szelvénynél meghaladja a 100 métert.

A reflexiós adatfeldolgozás a ProMAX (Landmark Graphics Corporation, 2001) programcsomaggal történt. A felszíni egyenetlenségek kiküszöbölését a szelvények mentén készült, kisrefrakciós mérések alapján számított statikus korrekció tette lehetővé, melynek segítségével a szeizmikus csatornák a tengerszint feletti 250 méteres vízszintes felületre (vonatkoztatási szintre) lettek korri-



24. ábra | OZ-101 szeizmikus időszelvény (kétszeres idő, s). Jelmagyarázat: színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők; piros vastag vonal: Diósjenő–Ógyalla-vonal

Figure 24 | Seismic time section: OZ-101 (TWT, s). Legend: colored lines: interpreted horizons; black lines: faults; red thick line: Diósjenő–Ógyalla-line



25. ábra Az OZ-102 szeizmikus időszelvény (kétszeres idő, s). Jelmagyarázat: színes vonalak: értelmezett horizontok; fekete vonalak: vetők; piros vastag vonal: Diósjenő-Ógyalla-vonal

Figure 25 Seismic time section: OZ-102 (TWT, s). Legend: colored lines: interpreted horizons; black lines: faults; red thick line: Diósjenő-Ógyalla-line

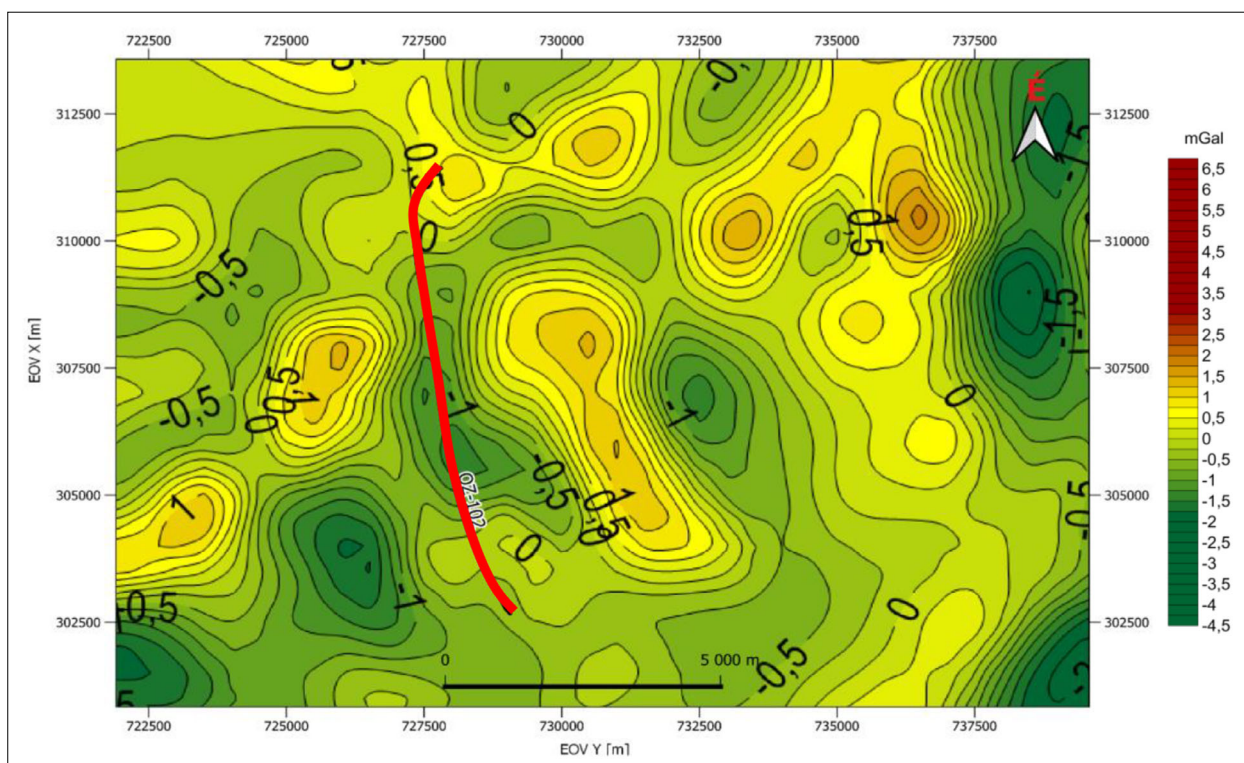
gálva. Mivel a dombsági-hegységi környezetben nagyon erős felszíni hullámok léptek fel, amelyek a visszaverődések miatt a teljes jeltartományt keresztelték, különleges zajeltávolító módszerekre volt szükség. Egyik ilyen a felszíni zavarhullám eltávolítása (a ProMAXban: Surface Wave Noise Attenuation), amely alacsony frekvenciájú csatornatömbök létrehozásával szűri a felszíni hullám keltette zajt. Ezenkívül használtunk levegő-hanghullám-eltávolítást (Air Blast Attenuation), amely bármilyen lineáris hullám, így a felszíni zavarhullám szűrésére is alkalmazható. A földtani rétegsorban haladó rugalmas hullámok gyors energiacsökkenésének ellensúlyozására automatikus erősítés szabályozást (AGC) végeztünk, majd a felbontóképesség növelése érdekében minimum fázisú jósló dekonvolúciót alkalmaztunk. A megmaradt felszíni hullámok fenti módszerekkel történő újbóli szűrése, majd a további szokásos feldolgozási lépések (sebességanalízis, normál kilépési korrekció (NMO), csatornák szerkesztése, automatikus statikus korrekció) végrehajtása után a csatornákat összegeztük (*stacking*), s végül az összegszelvényen, a Kirchhoff-féle időmigráció alkalmazását követően, F-X dekonvolúció és időben, ill. térben változó sávszűrés történt.

A szeizmikus szelvényeket a 24. és 25. ábrán, nyomvonalait pedig a pretercier aljzatról készült kétszeres időtérképen mutatjuk be (27. ábra). A szelvények az általunk

tárgyalt részterületek közül a Darnó Deformációs Övet és a Salgótarjáni-medencét keresztezik, a Diósjenő-Ógyalla-vonallal együtt (27. ábra).

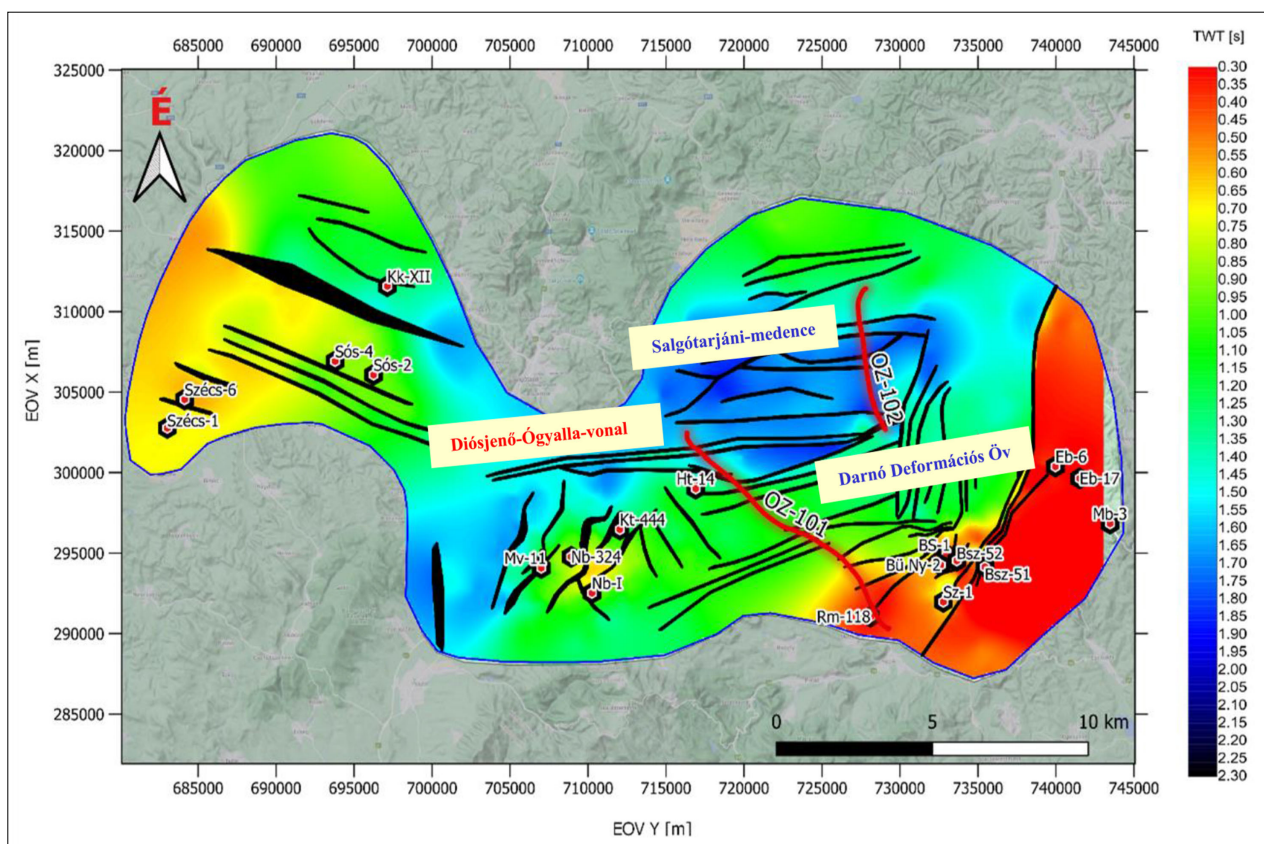
Az OZ-101 szelvény (24. ábra) a Darnó Deformációs Övben halad, abban alapvetően a KÉK-NyDNY irányú vetőket elmetesztve (27. ábra), amelyeket az 5.3.1.2. fejezetben részletesen elemeztünk. A szelvény északi vége – amint arra a 24. ábra is utal – feltárja a Ny-K-i csapású, jellegzetesen hosszú lefutású Diósjenő-Ógyalla-vonalat, amit irodalmi ismeretek alapján a 3. fejezetben, az ezzel kapcsolatos szeizmikus értelmezési eredményeket pedig az 5.3.2. fejezetben taglaltunk. A Diósjenő-Ógyalla-vonal északias rátolódással, a hozzá kapcsolódó fiatal oldaleltolódásra utaló virágszerkezettel együtt jelenik meg a szelvényen. Ettől délre a szelvény a Darnó Deformációs Övben azokat az É felé vergáló, NyDNY-KÉK-i csapású vetőket metszi, amelyek feltehetően egy alpi tektonizmus (1. fázis) által létrehozott gyengeségi zóna későbbi, ÉNy-i irányú – a Darnó Deformációs Övet is erőteljesen alakító – kompresszió hatására történt felújlásai (kora kiscelli – 3. fázis).

A szelvény közepén láthatunk egy másik fiatal vetőpárt is, szintén oldaleltolódásra utaló karakterrel. Korával kapcsolatban ugyanazt tudjuk megállapítani, mint a területen található összes, általunk fiatalnak nevezett vető esetében. Ez pedig a következő: mivel ezeket a vetőágakat a szeiz-



26. ábra | Gravitációs szűrt Bouguer-anomália-térkép ($h = 1300$) (Kiss 2014), ahol piros vonal jelöli a szelvény nyomvonalát

Figure 26 | Filtered Bouguer anomaly map ($h = 1300$) (Kiss 2014), the trace of OZ-102 seismic section is marked with red line



27. ábra | Az OZ-101 és OZ-102 szeizmikus szelvények nyomvonala (pirossal jelölve) a pretercier aljzat szerkezeti időtérképén (kétszeres idő, s)

Figure 26 | Traces of OZ-101 and OZ-102 seismic sections (marked with red line) in the structural sketch of pre-Tertiary basement (TWT, s)

mikus szelvények tetejéig lehet követni, így a legfelső térképezett horizont koránál, vagyis a kora miocénál biztosan fiatalabbak, de hogy mennyire, az a szeizmikus adathány miatt nem állapítható meg, legfeljebb a Paleogén-medence mélyebb részeivel kapcsolatos irodalmi ismereteink alapján következtethetünk arra, hogy akár *pliocén-kvarter* korúak is lehetnek.

Az OZ–102 szeizmikus szelvény (25. ábra), a pretercier aljzat szerkezeti időtérképén feltüntetett nyomvonal szerint (27. ábrán) Ny–K-i csapású vetőket metsz, a Diósjenő–Ógyalla-vonaltól északra húzódik, a déli vége pedig még éppen eléri azt. Szerkezeti helyzetét a szűrt Bouguer-anomália-térkép ($h = 1300$) (26. ábra) szemlélteti, mely szerint az OZ–102 vonal két gravitációs magaslat közötti völgyben húzódik, annak csapásirányával párhuzamosan, így a szelvény reflexiós oldalbeérkezéseket is tartalmazhat.

A szelvényen (25. ábra) látható kép arra utal, hogy ezek a vetők 3 különböző tektonikai fázis eredményei. A déli szélén találjuk a Diósjenő–Ógyalla-vonal északias aljzati rátolódását pirossal jelölve és egy hozzákapcsolódó fiatal vetőágot. (A Diósjenő–Ógyalla-vonalat részletesen taglaltuk a 3. és az 5.3.2. fejezetekben.) A szelvény északi részén D felé vergáló rátolódások jelennek meg, amelyek kialakulásával szintén az 5.3.2. fejezetben foglalkoztunk. Ezeket kora tardi korú (2. tektonikai fázis), Ny–K-i csapású, dél felé vergáló vetőkként írtuk le, Tari et al. (1993) nyomán flexurális rátolódásokként értelmezve. A szelvény közepén, annak legmélyebb részén egy fiatal oldaleltolódást látunk, amelynek korát – mint ahogy ezt az OZ–101 szelvény (24. ábra) ismertetésekor is megjegyeztük – a területen a középső miocén és annál fiatalabb üledékek hiányában nem lehet meghatározni, de az biztos, hogy az általunk térképezett legfelső, Gyulakeszi Riollittufa Formációhoz kötött – pink színű – alsó miocén horizontnál fiatalabb korúak. Ez a fiatal oldaleltolódás választja el a területen az északi és a déli irányba rátolódó Ny–K-i csapású vetők rendszerét. A két ellentétes dőlésű rendszert még teljesebben mutatja be az 5.3.2. fejezetben ismertetett ÉK–2 szelvény (11. ábra).

Az OZ–102 (25. ábra) szelvényt tanulmányozva szembeötlő, hogy az aljzat és a rátelepülő eocén összletek legmélyebb pontja a szelvény közepén található, a szelvény végpontjaiban ezek magasabb szerkezeti helyzetben vannak, amint erre a szűrt Bouguer-anomália-térkép (26. ábra) is utal. A barnával jelölt tardi tetőhorizontban viszont – és a felette lévőekben is rendre – kompressziós jegyeket lehet felfedezni. Ezek magyarázata az lehet, hogy a szelvény közepén észlelt vetők egy fiatal neotektonikus transzpressziós virágszerkezet ágait reprezentálják, vagyis a fiatal oldaleltolódás kompresszióval társult.

6. Összegzés

A Darnó Deformációs Övben és az attól Ny-ra található Észak-magyarországi Paleogén-medence részmedencéiben: a Salgótarjáni-medencében, a Zagyva-árok északi

részében és az Etesi-árokban elvégzett szeizmikus szerkezeti értelmezés eredményeit foglaljuk össze. A területen fellelhető, különböző módszerekkel mért és feldolgozott, régi és új szeizmikus szelvények egységes értelmezése során létrehoztunk egy olyan szerkezetföldtani modellt, amely a teljes vizsgált területre egészében és annak részeire nézve is igyekszik megmagyarázni a szeizmikusan leképezett szerkezeti jelenségeket.

Vizsgálataink során a mélyfúrású és az erőtér-geofizikai adatokat is figyelembe véve, hat szeizmikus reflexiós időhorizontot térképeztünk (1. táblázat). A szeizmikus reflexiók – amelyekről tudjuk, hogy kváziizokrón felületek – réteghatárokkal vagy diszkordancia felületekkel esnek egybe. Ez utóbbiakat az üledékképződés hiánya vagy az erózió hozza létre, amelyek sok esetben tektonikai háterű vagy az által felerősített folyamatok, így a térképezett horizontok és a vetők kapcsolatrendszerének analízisa elvezethet a terület fejlődéstörténetének megismeréséhez, amire a tektonikai fázisok meghatározásával tettünk kísérletet. A vetők korolásában jelentős szerepe van annak, hogy megállapítsuk, melyik az a legfiatalabb szeizmikus horizont, amelyben még érvényesül az adott tektonikai elem hatása. A szerkezeti elemek jellegét pedig egyrészt szelvénybeni képük, másrészt térképi megjelenésük mutatja meg, csakúgy, mint a mozgás irányát (dőlésirány) és a vető térképi lefutását (csapásirány) is.

A szeizmikus horizontértelmezés és a vetőkkel szabdaltnak térképezett szintek vizsgálata alapján – figyelembe véve a területről az előzetes irodalmi ismereteket is – hét tektonikai fázist tudtunk azonosítani, amelyeket a 2. táblázatban foglaltunk össze. A tanulmányban egyenként vázoltuk az említett részterületek szerkezeti fejlődését, majd igyekeztünk egységes keretbe foglalni mindezt, a teljes területre levonható következtetésekkel. Ebben nagy segítségünkre voltak a térképezett összletek számított vastagságtérképei is, amelyek paleofelületek létrehozását teszik lehetővé. Ezek időbeni változása pedig gyakorlatilag a terület fejlődéstörténetét írja le.

A 2. táblázatban feltüntetett tektonikai fázisok ismérveit az alábbiakban foglaljuk össze.

A területen azonosítottunk néhány ÉNy-i vergenciájú rátolódást, amelyet a középső krétában az alpi orogenezis hozhatott létre (1. fázis). Ezek mint gyengeségi zónák gyakran későbbi felújulások kiindulási helyei, ezért az eredeti rátolódások nem térképezhetők. Nagy valószínűség szerint a számos ÉNy felé vergáló, kora kiscelli rátolódás is ennek a fázisnak a felújulása, mint ahogy arra a Darnó Deformációs Öv ismertetése során utaltunk.

A késő eocén – kora tardi kompressziót (2. fázis) a Salgótarjáni-medencében, már korábbi publikációkból is ismert (Püspöki, Szentpétery 2015, Kovács et al. 2020) déli vergenciájú rátolódások jelenítik meg, amelyek létrejötte megfeleltethető a Paleogén-medence kialakulására vonatkozó, a Nyugati-Kárpátok háterében az Európaitábla déli irányú szubdukciójával egy időben kialakuló kompressziós, visszatörölódásos-rövidüléssel medence (*retroarc flexural basin*) modelljével (Tari et al. 1993).

2. táblázat | A tektonikai fázisok és paramétereik összefoglalása
Table 2 | Summary of tectonic phases and their parameters

	Kor	Jelleg	Elmozdulás iránya	Csapásirány
1.	Középső kréta	takaróképződés	ÉNy, ill. ellenirányú rátolódások: DK felé	ÉK–DNy
2.	Késő eocén – kora tardi	Kompresszió (flexúrák)	D	Ny–K
3.	Kora kiscelli	transzpresszió, erős kompressziós jelleggel	balos, É–ÉNy irányú rátolódásokkal	ÉÉK–DDNy; É–D: Riedel- és ÉNy–DK: konjugált Riedel-alrendszerekkel
4.	Késő oligocén	transztenzió	jobbos	Ny–K, ill. a nyugati részen NyÉNy–KDK; a hajlás miatt „pull apart” kinyílás: Etesi-árok
5.	Kora miocén (ottnangi)	kompresszió	NyÉNy	ÉÉK–DDNy
6.	Középső miocén	extenzió, tarnsztenziós komponenssel	NyÉNy, jobbos eltolódással	ÉÉK–DDNy, amenti Riedel- és NyDNy–KÉK konjugált Riedel-alrendszerekkel
7.	Késő miocén	transzpresszió	balos	Ny–K

Megjegyzés: A „kora tardi” és a „kora kiscelli” kifejezések ugyan nem használatosak geológiai korok megjelölésére, de szemléletesen utalnak a megnevezett képződmény kialakulási idejére.

Más a helyzet a medence depocentrumában, ill. attól délre, ahol minden rátolódás észak felé vergál (Kovács et al. 2020) és amelynek a létrejötte már a Darnó Deformációs Öv menti mozgásokhoz kötődik. Ezek a vetők a tardi tető korában még működtek, a kiscelli tető korában pedig már nem (vö. 17a., b. ábra), ezért koruk kora kiscellire becsülhető (3. fázis).

Megállapítottuk, hogy az ellentétes irányú (északon dél felé, délen észak felé vergáló) rátolódásokat egy – a medence legmélyebb zónájában húzódó, hosszan követhető, a dőlésirányú szelvényeken virágszerkezet jelleget mutató – fiatal oldaleltolódás választja el egymástól (11. és 25. ábra). A Diósjenő–Ógyalla-vonalat is tipikus szeizmikus megjelenése alapján azonosítottuk: egy idősebb vetőhöz kapcsolódó két fiatalabb vetőág képezi le szisztematikusan (11., 22a. és 24. ábra). Értelmezésünk szerint az ábrákon pirossal jelölt Diósjenő–Ógyalla-vonal egy É felé vergáló, középső – késő kréta rátolódás (1. fázis) későbbi (késő eocén – kora tardi (2. fázis), netán kora kiscelli (3. fázis)) felújulása.

A Darnó-vonal menti térrészen, vagyis a Darnó Deformációs Övben (Fodor et al. 2005) minden bizonnyal a fővető, azaz a Darnó-vető menti mozgások voltak a meghatározóak. A fúrás adatok és a szeizmikus kép is azt támasztja alá, hogy a pretercier aljzat rátolódott az oligocén képződményekre. A Darnó-vető zónájában elhelyezkedő Bsz–51 fúrás inverz rétegsora szerint a jura korú Mónosbéli Formációba majdnem 600 méter vastag Kiscelli Agyag Formáció csípődött be, ami arra utal, hogy az aljzati rátolódás a kiscelli képződmények korával egyidős vagy annál fiatalabb.

Korábbi tanulmányok egy része a Darnó-vonal mentén oldaleltolódásos komponens meglétét is feltételezi (irodalmi hivatkozások a 3. fejezetben). Tanulmányunkban erre nézve erős bizonyíték lehet, hogy a Darnó Deformációs Övben, a kiscellinél idősebb térképezett felületekben a vetők geometriája – fizikai modellkísérleti eredményekkel (Riedel 1929) összevetve – balos oldaleltolódás meglétére utal. Mivel a Riedel-rendszernek tekinthető Darnó Deformációs Öv – szelvényeken és térképeken tanulmányozható vetőinek mint Riedel-alrendszereknek – kialakulása kora kiscellire tehető, így a fő zóna, vagyis maga a Darnó-vető menti balos oldaleltolódás is kora kiscelli korúnak tekinthető.

A Darnó-vetővel és környezetével kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy a részletesen bemutatott 3. tektonikai fázis csak egy állomás lehetett szerkezetfejlődésében, hiszen ez a mozgás korábbi tektonikai hatások által létrehozott gyengeségi zónák mentén mehetett végbe (1. fázis), és későbbi korokban is felújulhatott, amint erre a Darnó-vonal értékelésekor kitértünk az 5. (kora miocén kompresszió) és 6. (középső miocén extenzió) tektonikai fázisokra történő utalásokkal, irodalmi hivatkozások alapján (Schréter 1951, Fodor et al. 2005), ill. a fúrás adatok és szeizmikus adatok összevetése nyomán.

Korábbi ismereteken is alapuló feltételezéseink szerint tehát, a Darnó-vonal és környezete jelenlegi struktúráját egy többszörösen felújuló tektonikai rendszer hozta létre. Ezt sugallja Fodor et al. (1999) tanulmánya is, melyben egy Ny–K-i tengelyű, ismétlődő, jobbos transzpressziót ír le az AlCaPa egységen belül, az eocén – kora miocén (ottnangi) során. Elképzelhető, hogy a Darnó-vonal menti balos transzpresszió beilleszthető ebbe a rendszerbe mint

annak egy antitetikus alrendszer. Összességében valószínűsíthető, hogy a teljes területen meghatározott *hét tektonikai fázis* mindegyike (részben vagy egészben) a Darnó Deformációs Övben is érvényesült, s mint ilyen, érintette a Darnó-vonalat is.

Ki kell térnünk a Darnó Deformációs Övben található NyDNy–KÉK-i csapású rátolódásokra, amelyek véleményünk szerint ugyanannak a feszültségtérnek a következményei lehetnek, mint az ÉÉK–DDNy irányú (Darnó-vető menti) balos rendszer É–D és ÉNy–DK irányú Riedelvetői (transzpressziós vetőágai), csak előbbi esetben a mozgás csapásirányát a már korábban meglévő, közel DNy–ÉK (NyDNy–KÉK) irányú gyengeségi zóna, az *1. fázis* takarófrontjai determinálhatták. Megvizsgálva a területen értelmezett szerkezeti időtérképeket a fiatalodás sorrendjében haladva (*16a.*, *b.*, *17a.*, *b.* és *18. ábra*), a medencék Ny–K-i irányú vetők menti egyre erőteljesebb szétcsúsztatása alapján egy ennek megfelelő csapású (Ny–K-i), késő oligocén korú, jobbos eltolódás képe rajzolódik ki (*4. tektonikai fázis*). (A legnagyobb szétcsúsztatás a Ny–K-i csapású vetők mentén a kiscelli tetőtérképen látható, amely nem folytatódik tovább az oligo-miocén térképen, ebből adódik a késő oligocén kor feltételezése.)

Kérdés, hogy az egymáshoz sok szempontból hasonló Etesi- és Zagyva-árok csapása miért közel merőleges egymásra. Az említett késő oligocén korú, Ny–K-i irányú, jobbos transzpressziós elmozdulás (*4. fázis*) – amelyet ÉK–DNy irányú minimális főfeszültség (extenzió) és ÉNy–DK irányú maximális főfeszültség (kompresszió) megléte feltételez – erre is magyarázatot adhat. Ugyanis, ha a Ny–K-i fő eltolódási zóna elhajlik az Etesi-árok területén látható NyÉNy–KDK-i irány felé, és az eltolódás jobbos, akkor „pull apart” medence alakul ki a hajlat mentén, ami létrehozhatta az Etesi-árkot. A Zagyva-árok ellenben az ÉÉK–DDNy-i csapású, középső miocén extenzió következtében jöhetett létre NyÉNy–KDK-i irányú extenzió hatására, amikor a feszültségtér főfeszültségirányai az óramutató járásának megfelelően (CW) már tovább fordultak. A Zagyva-árok – vizsgált területre eső – északi részén a térképezett horizontok szerkezeti képe a középső miocén extenzió transzpressziós, jobbos oldaleltolódással való kombinálására utal (netán felújulásként, a főfeszültségek további, kismértékű CW értelmű elfordulásának esetleges következményeként).

A kutatási területen elvégzett részletes tektonikai analízis alapján az Etesi-árok és a Zagyva-árok fejlődéstörténetével kapcsolatban tehát azt a következtetést lehet levonni, hogy míg az Etesi-árkot alapvetően a *4. fázis* Ny–K-i csapásirányú, késő oligocén jobbos transzpressziója alakította ki, addig a Zagyva-árok a *6. fázisban* az ÉÉK–DDNy-i csapású, középső miocén extenzió (transzpresszió) következtében jöhetett létre.

A kora miocén képződményekben kompressziós jelenségeket figyelhetünk meg (pl. SAL–5, SAL–9, SAL–6 szelvények: *4.*, *15.* és *22a. ábra*). Mivel a kora miocénnél fiatalabb képződmények leerodálódtak a területen, ezért a szeizmikus kép alapján nem lehet eldönteni, hogy a kora miocén

5. fázis vagy a késő miocén *7. fázis* okozta-e a kompressziós hatást. Nagy valószínűség szerint mindkettő működött, hiszen az *5. fázis* (kora miocén kompresszió) a Darnó-vonal mentén bizonyított (Fodor et al. 2005), a *7. fázis* (késő miocén transzpresszió) igazolására pedig a vastagságtérképek összehasonlítása alapján tettünk kísérletet.

A vastagságtérképeket az adott összletre vonatkozó becült intervallumsebesség alkalmazásával a kétszeres időhorizontok egymásból történő kivonása után hoztuk létre (az alsó felületből vontuk ki a felsőt). Ez a művelet éppen azzal egyenértékű, mintha a felső felületet vízszintesnek képelnénk, és ahhoz viszonyítva vizsgálánánk az alsó felület morfológiáját. Ez tehát abban a „paleo időpillanatban” mutatja meg az alsó horizont felszínét, amikor a felső felület – kvázivízszintes horizontként – a felszínen volt. Ezért gondoljuk a vastagságtérképeket paleo tetőtérképeknek is egyben, amelyek segítségünkre lehetnek a terület fejlődéstörténetének megismerésében.

A fiatalodó paleofelületek egymásutániságát tanulmányozva megállapítható, hogy a paleo–eocén tető (*23b. ábra*) még egy egységes medence volt, amely a paleo–tardiban (*23c. ábra*) már változást mutat, a paleo–kiscelli tetőtérképen (*23d. ábra*) pedig megjelennek a jobbos eltolódásra utaló kulisszás almedencék. A paleo tető- (vagy vastagság-) térképeken a kulisszás elrendeződés még karakterisztikusabban látszik, mint a tetőtérképeken (*16.*, *17.* és *18. ábra*), ami megerősíti azt a feltevésünket, hogy a *4. fázis*, egy Ny–K-i csapás mentén végbemenő jobbos oldaleltolódás lehetett.

Ennél több is állítható, ha figyelembe vesszük az alsó miocén összlet vastagságát mutató *23e. ábrát*, amely egyben a paleo–oligocén tető morfológiáját tükrözi. Ezen a Salgótarjáni-medence északi részében egy Ny–K-i csapású vető menti, balos irányú eltolódás figyelhető meg, a sötétkékekkel jelzett kivastagodó összletekben. Ez arra utal, hogy a kora miocén folyamán vagy azt követően a korábbi (késő oligocén) jobbos oldaleltolódásos rendszer balosra váltott ugyanazon Ny–K-i csapás mentén. Tekintve, hogy a Kárpáti-ív mentén, az óramutató járásának megfelelő irányban, a kárpátitól a pliocén-kvarterig forgó orogén (kompressziós) vektor (Jiricek 1979) iránya a Ny–K-i csapás menti balos eltolódást csak ÉK-i helyzetbe jutva (késő miocénben) vagy azon túlfordulva tudja létrehozni, ezért a balos eltolódás késő miocén korúra datálható (*7. tektonikai fázis*).

A területen, az MBFSZ által 2020-ban lemért 2 új szelvény: OZ–101 (*24. ábra*) és OZ–102 (*25. ábra*) könnyen beilleszthető a vázolt tektonikai modellbe, megerősítve általuk a régebbi szelvények értelmezése alapján levont következtetéseket.

7. Konklúziók

Vizsgálataink igazolták a terület korábbi, hasonló tárgyú kutatási eredményeinek egy jelentős részét, néhány korábbi kérdésre pedig választ találtunk, és új megállapításokat is tettünk.

Észleléseink alátámasztják a Salgótarjáni-medence aljzatában és eocén képződményeiben megjelenő, dél felé irányuló rátalódások kialakulásával kapcsolatos korábbi feltevézéseket, miszerint azok egy visszatalódásos-rövidüléses flexurális medence kialakulása során jöhettek létre (Tari et al. 1993). A Diósjenő–Ógyalla szerkezeti vonal lefutásával kapcsolatban is megerősítő következtetésre jutottunk, hiszen az általunk térképezett vonal helyzete egyezést mutat a Magyarország prekainozoos földtani térképén (Haas et al. 2010) feltüntetettel. Értelmezésünk alapján viszont északi vergenciájú ez a vonal, amely késő eocén – kora tardi, esetleg kora kiscelli korúra becsülhető (ezek az elnevezések ugyan nem használatosak geológiai korok megjelölésére, de szemléletesen utalnak az adott képződmény kialakulási idejére.)

Igazolódott a Darnó-vonal többszörösen felújuló, többfázisú kialakulása is (Fodor et al. 2005), amely során – véleményünk szerint – egy kora kiscelli balos oldaleltolódásos rendszer volt a Darnó Deformációs Öv szerkezeti képét meghatározó fő tektonikai esemény. Ennek a fázisnak a meglétét részletesen bizonyítottuk a térképezett vetők és egy balos oldaleltolódást modellező fizikai kísérlet geometriájának összevetésével.

Új felismerésre jutottunk az Etesi-árok kialakulásával kapcsolatban. Ez az árok a szomszédos Zagyva-árokhoz nagyon hasonlóan tűnik, de annak lezökkenési irányával derékszöget bezáróan jöhetett létre, hiszen a peremvetők csapásiránya is egymásra merőleges. Már korábbi tanulmányok is foglalkoztak azzal a kérdéssel, hogy ez a két árok időben egymáshoz viszonyítva mikor és milyen feszültségtér hatására keletkezett (Püspöki, ld. Maros et al. 2015). Véleményünk szerint az Etesi-árok és a Zagyva-árok eltérő időben és eltérő feszültségtér hatására alakult ki, s úgy, hogy a Zagyva-árok a fiatalabb. Az Etesi-árok egy „pull apart” medencének tekinthető, amelyet egy késő oligocén, Ny–K-i csapásirányú, jobbos transztenziós mozgás hozhatott létre. A Zagyva-árokban a vizsgált területre eső részen pedig, a NyÉNy–KDK irányú, középső miocén extenzió egyértelmű megléte mellett, a vetők ÉÉK–DDNy-i csapása menti, jobbos transztenziós mozgás jegyei is megállapíthatók.

Egy másik korábbi felvetést, mely szerint „a Zagyva-árok és a tőle K-re eső területek oligocén képződményei közötti eltérés oligocén szerkezeti eseményekre utal” (Kovács, Gyuricza 2015), a késő oligocén korú tektonikai fázissal kapcsolatos elképzeléseink igazolni látszanak.

Egyfajta tendencia tűnik kirajzolódni a vastagságtérképek mint paleohorizontok – fiatalodás sorrendjében tett – vizsgálata alapján. Az látszik, hogy az összeteketések egyre keletebbre vastagodnak ki. Korábbi tanulmányokból tudjuk, hogy a Paleogén-medence számos rétegtani adattal alátámasztott sajátossága, a depocentrum időben elhúzódo (középső eocéntől kora miocénig tartó), több szakaszban történő vándorlása ÉK felé (Tari et al. 1993, Kovács et al. 2020). Feltehetően ennek az üledékképződési depo-

centrum-vándorlásnak a nyomait látjuk a kutatási területen is.

Köszönetnyilvánítás

Vizsgálataink az EHÁT/358-7/2020-ITM_SZERZ nyilván tartási számú támogatási szerződés „Információbővítés koncessziós területkijelölés elősegítése érdekében” című II. részfeladat keretén belül valósultak meg. Köszönettel tartozunk a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságának és jogelődjének, a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálatnak, hogy a szeizmikus kutatást és a cikk elkészítését lehetővé tették.

Köszönet illeti munkatársainkat, akik a terepi mérés tervezésében, annak kivitelezésében és az adatok feldolgozásában részt vettek, név szerint: Csabafi Róbert, Cserkész-Nagy Ágnes, Gúthy Tibor, Markos Gábor, Török István és Virók András. Hálával tartozunk Hegedűs Endre és Kovács Attila Csaba szakértői tevékenységéért is. Köszönjük szépen Galambos Csillának, hogy gondos munkájával segítette az ábrák elkészítésében és nagyon köszönjük Takács Ernőnek a cikk lektorálása során tett építő javaslatait.

A tanulmány szerzői

Lőrincz Katalin, Bauer Márton, Bereczki László, Kemény Márton.

Hivatkozások

- Albu I., Braun L., Szalay I. (1985): Az Aggtelek–Rudabányai-hegység geofizikai előkutatása. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1984. évi jelentése, Budapest, pp. 29–33.
- Bada G., Fodor L., Székely B., Timár G. (1996): Tertiary brittle faulting and stress field evolution in the Gerecse Mountains, northern Hungary. *Tectonophysics*, 255, 269–289.
- Balla Z. (1989): A Diósjenői diszlokációs öv újraértékelése. (Re-evaluation of the Diósjenő dislocation zone.) A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1987. évi jelentése, pp. 45–57. (In Hungarian with English abstract)
- Balla Z., Dudko A. (1989): Large-scale Tertiary strike-slip displacements recorded in the structure of the Transdanubian Range. *Geophysical Transactions*, 35, 3–64.
- Bauer M., Lőrincz K. (szerk.), Bauer M., Bereczki László, Csabafi Róbert, Cserkész-Nagy Ágnes, Galambos Csilla, Gúthy Tibor, Hegedűs Endre, Kemény Márton, Kiss János, Kovács Attila Csaba, Kovács Zsolt, Lőrincz K., Markos Gábor, Takács Ernő, Török István (2020): Információbővítés koncessziós területkijelölés elősegítése érdekében. Jelentés, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat pp. 1–167.
- Báldi T., Royden L. H. (1986): Mid-Tertiary Stratigraphy and Paleogeographic Evolution of Hungary. Akadémiai Kiadó, Budapest, 201 p.
- Báldi T., Sztanó O. (2000): Gravitációs tömegmozgások a Darnó zóna tengeri oligo-miocén üledékeiben: a Dubicsány–31 fúrás értékelése. *Földtani Közöny*, 130, 673–694.
- Beke B., Fodor L., Millar L., Petrik A. (2019): Deformation band formation as a function of progressive burial: Depth calibration and mechanism change in the Pannonian Basin (Hungary). *Marine and Petroleum Geology*, 105, 1–16.

- Boncz L., Sőreg V., Balázs E-né, Eszes I-né, Krusoczki T. Gy., Lux M., Pusztai J., Szabóné László A., Szászfai J., Tomcsányi T. (2012): Zárójelentés a 136. Bányaterenyre területen végzett szénhidrogén-kutatási tevékenységről. MOL Rt. Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, T.22518., p. 54.
- Braun L., Petrovics I., Szalay, I. (1989): A Szuha-völgye és a Darnó-öv reflexiók szerkezetkutatása. Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése az 1987. évről, Budapest, pp. 39–44.
- Cserkész-Nagy Á., Szalay I. (2016): Szécsény és környéke hévíz és CH szempontú geofizikai ismeretanyagának összeállítása és geofizikai szakvélemény elkészítése Szécsénytől az Etes-árokig. MFGI Kutatási jelentés p. 41.
- Csontos L. (1988): Structural analysis of the Uppony Mts. (in Hungarian). Manuscript, Eötvös University, Budapest
- Csontos L., Nagymarosy A., Horváth F., Kovács M. (1992): Tertiary evolution of the Intra-Carpathian area: A model. *Tectonophysics*, 208/1–3, 221–241.
- Fodor L. (2010): Mezozoos–kainozoos feszültségmezők és törésrendszerek a Pannon-medence ÉNy-i részén – módszertan és szerkezeti elemzés. Kézirat, Akadémiai doktori értekezés, 167 p.
- Fodor L. (2019): Results, problems and future tasks of palaeostress and fault-slip analyses in the Pannonian Basin: the Hungarian contribution. *Földtani Közlöny*, 149/4, 297–326.
- Fodor L., Csontos L., Bada G., Györfi I., Benkovics L. (1999): Tertiary tectonic evolution of the Pannonian Basin system and neighbouring orogens: A new synthesis of palaeostress data. In: Durand, B., Jolivet, L., Horváth, F., Séranne, M. (eds): *The Mediterranean basins: Tertiary extension within the Alpine orogen*. Geological Society, London, Special Publications 156, 295–334. <https://doi.org/10.1144/gsl.sp.1999.156.01.15>
- Fodor L., Jelen B., Márton E., Skaberne D., Čar J., Vrabec M. (1998): Miocene–Pliocene tectonic evolution of the Slovenian Periadriatic Fault: Implications for Alpine–Carpathian extrusion model. *Tectonics*, 17, 690–709.
- Fodor L., Koroknai B. (2000): Ductile deformation and revised lithostratigraphy of the Martonyi Subunit (Torna Unit, Rudabánya Mts.), Northeastern Hungary. *Geologica Carpathica*, 51/6, 355–369.
- Fodor L., Radócz Gy., Sztanó O., Koroknai B., Csontos L., Harangi Sz. (2005): Post-Conference Excursion: Tectonics, Sedimentation and Magmatism along the Darnó Zone. *GeoLines*, 19, 142–162.
- Grill J., Kovács S., Less Gy., Réti Zs., Róth L., Szentpétery I. (1984): Az Aggtelek–Rudabányai-hegység földtani felépítése és fejlődéstörténete. *Földtani Kutatás*, 27/4, 49–56.
- Haas J., Budai T. (szerk.) (2014): Magyarország prekainozoos medencealjzatának földtana. Magyarázó „Magyarország prekainozoos földtani térképéhez” (1:500 000). (Geology of the pre-Cenozoic basement of Hungary, Explanatory book of the pre-Cenozoic geological map of Hungary 1:500 000.) Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest, 71 p.
- Haas J., Budai T., Csontos L., Fodor L., Konrád Gy. (2010): Magyarország pre-kainozoos földtani térképe 1:500 000 (Pre-Cenozoic geological map of Hungary, 1:500 000). Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest.
- Hajdú J., Balázs E., Bujdosó I., Czeller I., Eszes I-né, Nagy Gy-né, Pápa A., Soós S., Szentgyörgyi K-né, Vadász Gy-né (1997): Zárójelentés a 26. Ózdi medence területén végzett szénhidrogén-kutatási tevékenységről. MOL Rt., Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, T.20133., 25 p.
- Horváth F. (1995): Phases of compression during the evolution of the Pannonian Basin and its bearing on hydrocarbon exploration. *Marine and Petroleum Geology*, 12/8, 837–844. [https://doi.org/10.1016/0264-8172\(95\)98851-u](https://doi.org/10.1016/0264-8172(95)98851-u)
- Horváth F., Royden L. (1981): Mechanism for the formation of the Intra-Carpathian Basins: A review. *Earth Evolution Sciences*, 3–4, 307–316.
- Jaskó S. (1946): A Darnó-vonal. Beszámoló a MÁFI Vitaüléseiről 7, Budapest, pp. 63–77.
- Jiricek R. (1979): Tectogenetic development of the Carpathian arc in the Oligocene and Neogene. In: Machel, M. (ed.), *Tectonic profiles through the West Carpathians*. G.U.D.S., Bratislava, pp. 205–214.
- Kázmér M., Kovács S. (1985): Permian–Paleogene paleogeography along the Eastern part of the Insubric–Periadriatic Lineament system: Evidence for continental escape of the Bakony-Drauzug Unit. *Acta Geologica Hungarica*, 28, 71–84.
- Kiss J. (2014): Magyarország Bouguer-anómália-térképének frekvenciatartománybeli vizsgálata és értelmezése. *Magyar Geofizika*, 55/4, 163–178.
- Kiss J., Gulyás Á. (2006): Magyarország mágneses ΔZ anomália térképe, M = 1:500 000. (Magnetic ΔZ anomaly map of Hungary, 1:500 000.) A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet kiadványa, Budapest.
- Kitaibel P. (1829): *Hydrographia Hungariae*. Edit J. Schuster I–II. Pest, pp. 162–204.
- Kovács Zs., Angyal J., Cserkész-Nagy Á., Gulyás Á., Guthy T., Kiss J., Lukácsy J., Kovács A. Cs., Prádkfalvi P., Püspöki Z., Szalay I., Szentpétery I., Vértesy L., Vad A., Vlasics P., Zilahi-Sebess L. (2015): A Salgótarján–Fedémes-Ózd paleogén-medencealjazat-térképének elkészítése szeizmikus mélységsvélvények és gravitációs mérési adatok felhasználásával. Kézirat, Zárójelentés, M2–8/2014 MBFH–MFGI együttműködés, MÁFBGA adattára, Budapest, 99 p.
- Kovács Zs., Gyuricza Gy. (szerk.), Barczikayné Szeiler R., Gál N., Gáspár E., Gulyás Á., Horváth Z., Jencsel H., Kerékgyártó T., Korbély B., Kovács G., Kovács Zs., Laczkóné Óri G., Lajtos S., Magincz J., Müller T., Németh A., Paszera Gy., Püspöki Z., Selmecei P., Szentpétery I., Szöcs T., Tolmács D., Tóth Gy., Ujháziné Kerék B., Varga R., Veres I., Végh H., Zilahi-Sebess L., Zsámbok I. (2015): Fedémes szénhidrogén-koncesszióra javasolt terület komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati jelentése. MBFH–MFGI–HOI–OVF, MBFSZ Bányászati, Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest, 269 p. <https://mbfsz.gov.hu/erzekenysegi-vizsgalat/fedemes>
- Kovács Zs., Cserkész-Nagy Á., Gulyás Á., Guthy T., Kiss J., Püspöki Z., Szentpétery I., Szalay I. (2020): A Salgótarjáni és Ózdi paleogén részmedence térképezése szeizmikus és gravitációs mérési adatok alapján, és az eredmények szénhidrogén-földtani vonatkozásai. *Földtani Közlöny*, 150/1, 103–128.
- Kósa L., Balázs E-né, Bartha A., Boncz L., Kovács A., Nagy Gy-né, Séllei Cs., Tóth L-né, Tóthné Medvei Zs., Török V-né (2003): Zárójelentés a 111. Salgótarján kutatási területen végzett szénhidrogén-kutatási tevékenységről. MOL Rt., Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, T.21124, 26 p.
- Kőrössy L. (2004): Az észak-magyarországi paleogén medence kőolaj- és földgázkutatásának földtani eredményei. *Általános Földtani Szemle*, 28, Budapest, 9–121.
- Less Gy., Grill J., Róth L., Szentpétery I., Gyuricza Gy. (1988): Az Aggtelek–Rudabányai-hegység földtani térképe 1:25 000. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.

- Majzon L. (1940): A bükkszéki mélyfúrások. A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve, 34/2, 275–386.
- Maros Gy. (szerk.) Bereczki L., Fűsi B., Kiss J., Markos G., Püspöki Z., Vértesy L. (2015): 6.1. Magyarország 1:500 000-es medence modellje – 3. A Nógrádi medence földtani geofizikai modellje. MFGI Jelentés.
- Pantó G. (1956): A rudabányai vasércvonalat földtani felépítése. A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve, 44/2, Budapest, 335–490.
- Petrik A., Beke B., Fodor L., Lukács R. (2016): Cenozoic structural evolution of the southwestern Bükk Mts. and the southern part of the Darnó Deformation Belt (NE Hungary). *Geologica Carpathica*, 67/1, 83–104. <https://doi.org/10.1515/geoca-2016-0005>
- Petrovics I., Szalay I. (1992): Reflexiós mérések az Ózd–Putnoki medencében. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1990. évi jelentése, Budapest, pp. 20–27.
- Püspöki Z., Hámorné Vidó M., Jencsel H., Lendvay P., Nagy A., Pálfi É., Paszera Gy. Ruzsnyák É., Vincellér D. (2014): 3/2014. Szénelőfordulások földtani és geofizikai adatrendszerének megalapozása. MFGI Jelentés, 57 p.
- Püspöki Z., Szentpétery I. (2015): A (Fedemes) terület földtani viszonyai. In: Kovács Zs., Gyuricza Gy (szerk.) (2015): Fedemes szénhidrogén-koncesszióra javasolt terület komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati jelentése. MBFH–MFGI–HOI–OVF, MBFSZ Bányászati, Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest, 269 p. <https://mbfsz.gov.hu/erzekenysegi-vizsgalat/fedemes>
- Riedel W. (1929): Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen. *Centralbl. f. Mineral. Geol. u. Pal., v.B*, p. 354–368.
- Schréter Z. (1951): Jelentés a további ásványolajfeltárások irányítása érdekében Bükkszék környékén végzett földtani vizsgálatokról. — A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1945–47. II, Budapest, 121–134.
- Schréter Z. (1952): Újabb földtani felvételek a sajtóvölgyi barnakőszén-medencében. (Nouvelles investigations géologiques dans le bassin de houille brune de la vallée du Sajó.) A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1949-ről, pp. 115–130. (In Hungarian with French abstract)
- Szalay I. (1998): Zárójelentés a Bükk hegység és előterei geofizikai kutatásáról 1986–1997. Kézirat, ELGI. Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, AD. 1679, p. 27.
- Szalay I., Zelenka T. (1979): A Darnó-vonal jelentősége Észak-Magyarország szerkezetfejlődésében. *Általános Földtani Szemle*, 13, 7–31.
- Szentpétery I. (1997): Sinistrial lateral displacement in the Aggtelek–Rudabánya Mts. (North Hungary) based on the facies distribution of Oligocene and Lower Miocene formations. *Acta Geologica Hungarica*, 40, 265–272.
- Sztanó O., Tari G. (1993): Early Miocene basin evolution in Northern Hungary: Tectonics and Eustasy. *Tectonophysics*, 226, 485–502. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(93\)90134-6](https://doi.org/10.1016/0040-1951(93)90134-6)
- Tari G., Báldi T. Báldi-Beke M. (1993): Paleogene retroarc flexural basin beneath the Neogene Pannonian Basin: A geodynamic model. *Tectonophysics*, 226, 433–455. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(93\)90131-3](https://doi.org/10.1016/0040-1951(93)90131-3)
- Tchalenko J. S. (1970): Similarities between shear zones of different magnitudes. *Geological Society of America Bulletin*, 81, 1625–1640.
- Telegdi-Roth K. (1937): Die neuesten Resultate der Petroleumschürfungen in Ungarn. *Festschr. Berg-Hüttenm. Jahrbuch Mot. Hochschule Leoben*, Wien, pp. 330–336.
- Telegdi-Roth K. (1951): A Bükkszéki ásványkutatás és termelés földtani tanulságai. Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve 40/2, Budapest, pp. 3–22.
- Tóth M. (1882): Magyarország ásványai. Budapest, 565 p.
- Vass D. (2002): Unique Cenozoic lithofacies in the northern part of the Darnó Fault Belt and its surroundings: An overview. *Acta Geologica Hungarica*, 45, 79–99.
- Völgyi L., Szerecz F., Hajdú D., Kurucz B., Mészáros L., Németh G., Földeák P.-né, Szentgyörgyi K.-né, Horváth R., Kovács Zs., Tormássyné Varga É., Dallos E.-né, Nagy M.-né, Szűcs L. (1985): Magyarország kőolaj- és földgázelőfordulásai 1935–1985. GEOS, Budapest, Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, ELGI AD.553, 1038 p.
- Zelenka T., Baksa Cs., Balla Z., Földessy J., Földessy-Jarányi K. (1983): The role of the Darnó Line in the basement structure of Northeast Hungary. *Geologický Zborník – Geologica Carpathica*, 34, 53–69.

Mágneses torzulások a magnetotellurikában

A klasszikus MT feldolgozási eljárások várható torzulásai mágneses közeg megjelenése esetén, 2D direkt modellezés eredményei extrém nagy mágneses permeabilitás esetén

KISS J.^{1,*}, SZARKA L.², PRÁCSEER E.²

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

²Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet (ELKH FI),
H-9400 Sopron, Csatkai E. u. 6–8.

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

Amint korábbi tanulmányok rámutattak arra, hogy a magnetotellurikus méréseknél az elektromos vezetőképesség mellett változóként megjelenik a mágneses permeabilitás is, amire a meglévő magnetotellurikus feldolgozási eszköztár nincs felkészítve. E tanulmányban kétdimenziós numerikus modell segítségével szemléltetjük, hogy az erősen mágneses közeg jelenléte a klasszikus magnetotellurikus feldolgozási formulák használata során milyen típusú torzulásokat okoz.

Kulcsszavak: magnetotellurika, elektromos vezetőképesség, mágneses permeabilitás, kétdimenziós modell

Kiss, J., Szarka, L., Prácser, E.: Magnetic distortions in magnetotellurics. Predictable distortions in classical processing MT procedures, in presence of a magnetic medium, based on 2D direct modeling results

As previous studies have pointed out, the existing set of tools for processing magnetotelluric data is not prepared for the fact that, in addition to electrical conductivity, magnetic permeability also appears as a variable in magnetotelluric measurements. In this study, we use a two-dimensional numerical model to illustrate the type of distortions caused by the presence of a strongly magnetic medium in using classical magnetotelluric processing formulas.

Keywords: magnetotellurics, electrical conductivity, magnetic permeability, two-dimensional numerical model

Beérkezett: 2023. március 29.; *elfogadva:* 2023. május 2.

Bevezetés

Több cikkben is elemeztük a mágneses közeg hatását a magnetotellurikus mérésekre, és megállapítottuk a lehetséges mágneses hatás következményeit. Először csak egydimenziós esetben (homogén féltér, horizontálisan rétegzett féltér esetén, Szarka et al. 2010, Kiss et al. 2010), később már kétdimenziós esetben is (Kiss et al. 2020, Kiss, Prácser 2021).

Kutatásaink a Curie-hőmérséklet tartományában megjelenő mágneses Hopkinson-effektus nagy behatolási mélységű magnetotellurikus elektromágneses mérésekre gyakorolt lehetséges hatásának (Kiss et al. 2005) vizsgálatával kezdődtek. Később – gyakorlati terepi mérési tapasztalataink (tranzien és magnetotellurikus) alapján – a felszínközeli mágneses testek lehetséges hatásának vizsgálata is bekerült a vizsgálati körbe (Kiss et al. 2020, Kiss, Prácser 2021).

A hatások elemzése céljából a valóságban tapasztalható mágnesezettségénél egy-két nagyságrenddel nagyobb értékeket alkalmaztunk. Ez valójában csak a Curie-hőmérséklet mélységében elfogadható, a felszíni mágneses testek esetén eltúlzottnak tűnik.¹⁾ Erre most is fel kell hívni a figyelmet, mert sokkal erősebb hatásokat mutatunk be felszínközeli, mint amelyeket a valóságban általában észlelhetünk. A mágnesezettség okozta hatások jellege, viselkedése azonban ugyanolyan lesz kicsi és nagy mágnesezettségi értékek esetén is, csak a torzulások mértéke

(amplitúdója) lesz különböző. Megőriztük tehát a nagy mágneses permeabilitás-értékeket a jelenségek pontos azonosítása és láthatóbbá tétele érdekében.

A korábbi cikkünkben (Kiss, Prácsr 2021) bemutatott modellezési eredményeket, szondázási görbéket és az E-polarizációs²⁾ látszólagos fajlagos ellenállás-értékeket frekvenciatartományban jelenítettük meg. (Az MT szondázási görbéket – a nagy mélységek irányában történő ritkuló mintázás és a fajlagos ellenállás általános változási trendje miatt – log-log skála mentén szokás ábrázolni.)

A mágneses határfelület által okozott korántsem egyszerű hatás E-polarizációban jól azonosíthatóan megjelent a látszólagos fajlagos ellenállás frekvenciafüggő ábrázolásában (Kiss, Prácsr 2021). Ezzel azonban csak azt bizonyítottuk, hogy a közeg elektromos vezetőképessége mellett a közeg mágneses tulajdonságait is érdemes figyelembe venni, mert határfelületek esetén a mágnesezettség és a mágneses tér megjelenése módosítja, torzítja az elektromos vezetőképesség változásaira fókuszáló értelmezési eredményeinket. Ráadásul csak az E-polarizációs eredményeket mutattuk be szelvény mentén, noha H-polarizációban³⁾ is jelentkezhet a mágneses közeg hatása, csak másképpen. Jelen cikkben ezt a hiányosságot pótoljuk.

Az MT mérések időtartományban történnek, majd az adatokat frekvenciatartományba transzformálják, a földtani értelmezésnél azonban már mélységtartományban kell megjeleníteni a származtatott eredményeket. Az idő-frekvencia átalakítás korrekt, egyértelmű eljárás, de a frekvencia-mélység transzformáció során már figyelembe kell venni az elektromágneses hullám terjedési sebességét, ami viszont nemcsak az elektromos vezetőképességtől, hanem a mágneses tulajdonságoktól is függ (Kiss et al. 2020). Hogy tisztán értsük, miről is van szó, érdemes megismételni a korábban megállapított egydimenziós törvényszerűségeket!

„A hatások összegzése *homogén féltér* esetén:

– Az elektromos vezetőképesség növekedése csökkenti az impedanciát, a skinmélységet és a hullámsebességet – ezt nevezzük vezetőképesség-hatásnak! (1)

– A mágneses permeabilitás növekedése növeli az impedanciát, viszont csökkenti a skinmélységet és a hullámsebességet – ezt nevezzük mágnesezettség-hatásnak!” (2)

(Kiss et al. 2010, Kiss et al. 2020)

„*Horizontálisan rétegzett modell* esetén:

A réteg két változó fizikai paramétere kizárja, hogy a közegek elektromos vezetőképessége, mágneses permeabilitása és a vastagsága külön-külön meghatározható legyen. Az inverzió során meghatározható:

– a relatív mágneses permeabilitás és a fajlagos ellenállás szorzata (3)

– a relatív mágneses permeabilitás és a rétegvastagság szorzata.” (4)

(Kiss et al. 2010)

Rijo (2003) cikkében az egydimenziós mágnesezettségi hatásokkal csak a „static shift” jelenség keretében foglalkozik (a periódusidő függvényében, log-log skála mentén),

nem vizsgálja a mágnesezettség hatását teljes egészében, azaz például eltemetett helyzetű vagy rétegszerű mágneses modelleket és azok mélységi hatását egy egyszerű modellben, például homogén féltérben elhelyezve.

A mágneses test mérete kicsi, 200 m vastag és 600 m széles 2D testről van szó. Az általa alkalmazott mágneses permeabilitásérték kicsi, emiatt a látszólagos fajlagos ellenállás-érték növekedése – mivel a test a felszínene van – csak „mágneses static shift”-ként jelenik meg, és a mágneses réteg vastagságának megnövekedése a periódusidőben történt megjelenítés miatt nem is látszik (pontosabban nem ismerhető fel egyértelműen). Pedig a fajlagos ellenállás és a vastagság növekedése is μ_r -szeresre nő (azaz a $\rho_2 = \rho_1 \mu_r$, illetve $h_2 = h_1 \mu_r$). A relatív kis méret miatt a határfelületi jelenségek megjelenésével, azok hatástávolságával is számolni kellene, továbbá az eredeti Rijo-féle modellkísérletben a mágneses test vezetőképessége is változott, ennek következtében az együttes hatásból nagyon nehéz a mágneses hatást szétválasztani. A Rijo-féle cikkben nincs definiálva a szelvény iránya, így a modell alapján meghatározható E-polarizáció (TE) és a H-polarizáció (TM) iránya sem egyértelmű!

A mi modellünkben az elektromos vezetőképesség szempontjából homogén féltérben extrém nagy mágneses permeabilitást és közel végtelen horizontális kiterjedésű 2D testet használtunk azért, hogy a hatás kizárólagosan és egyértelműen jelentkezzen.

Mivel most kétdimenziós direkt modellezési eredményeket fogunk elemezni, ezért az erre vonatkozó törvényszerűségeket is megismételjük olyan modellek esetében, ahol az elektromos vezetőképesség szempontjából a közeg homogén, a permittivitás (dielektromos állandó) vagy a mágneses permeabilitás értéke a határfelületen áthaladva viszont megváltozik.

„Az impedancia változásai *kétdimenziós modell* függőleges határfelülete esetén:

H-polarizációban:

$$Z_{yx} = [E_y (\epsilon_1 / \epsilon_2)] / H_x = (E_y / H_x) (\epsilon_1 / \epsilon_2) = Z_0 (\epsilon_1 / \epsilon_2), \quad (5)$$

ahol Z_0 az első közeg impedanciája.

A második közeg dielektromos permittivitásának megnövekedése impedanciacsökkenést, csökkenése impedancianövekedést okoz.

E-polarizációban:

$$Z_{xy} = E_x / [H_y (\mu_1 / \mu_2)] = (E_x / H_y) (\mu_2 / \mu_1) = Z_0 (\mu_2 / \mu_1), \quad (6)$$

ahol Z_0 az első közeg impedanciája.

A második közeg mágneses permeabilitásának növekedése impedancianövekedést, csökkenése impedanciacsökkenést okoz.”

(Kiss et al. 2020)

H- és E-polarizációban tehát eltérő módon jelentkezik a mágneses permeabilitás hatása. Ez viszont irányanizotrópiát jelent, illetve okoz a terepi mérések esetén. Erre fókuszáltunk az anizotrópia maximumok (*AniMax*) vizsgálata során (Kiss et al. 2020).

A klasszikus magnetotellurikus adatfeldolgozásban csak elektromos vezetőképesség-változást tételezzük fel, és az impedanciából a fajlagos ellenállást és az elektromágneses hullámsebességet arra az esetre számítjuk ki, amikor $\mu_r = 1$. Az elvégzett 2D direkt modellezés során azonban figyelembe vettük a közeg mágneses tulajdonságát is (Prácser 2010). Ennek viszont hatása lesz a klasszikus feldolgozás után megjelenített eredményekre, azaz a fajlagos ellenállás értékére, a hullámsebességre, a behatolási mélységre, és ebből adódóan a frekvencia-mélység konverzió is torzulást fog szenvedni. Ami azt jelenti, hogy a mágneses közeg megjelenése miatt a klasszikus magnetotellurikus paraméterek és paramétermeghatározások torzulnak, mivel az ismeretlen mágneszettségi paramétert figyelmen kívül hagyjuk.

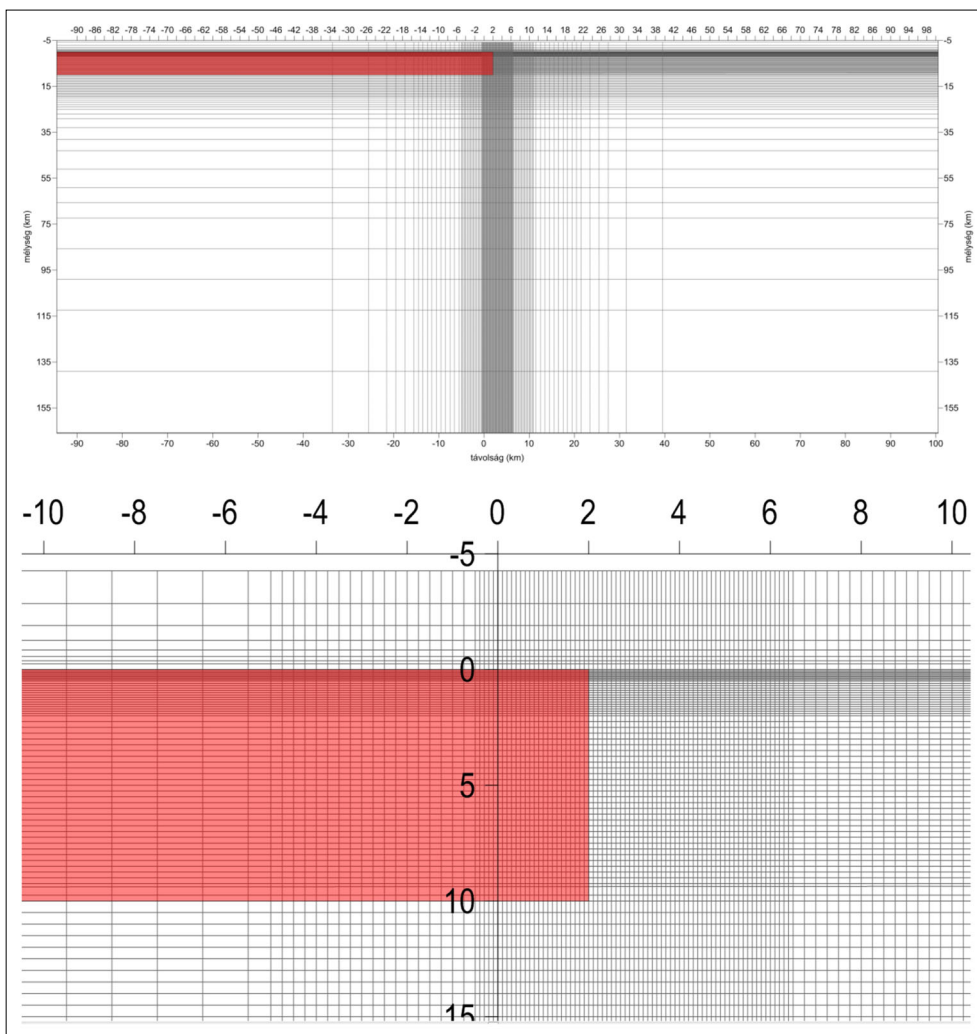
2D modellezés és eredményei

A 2D modellezés előtt el kellett készíteni a modellrácst, amelyet táblázatszerűen már korábban is közzétettünk

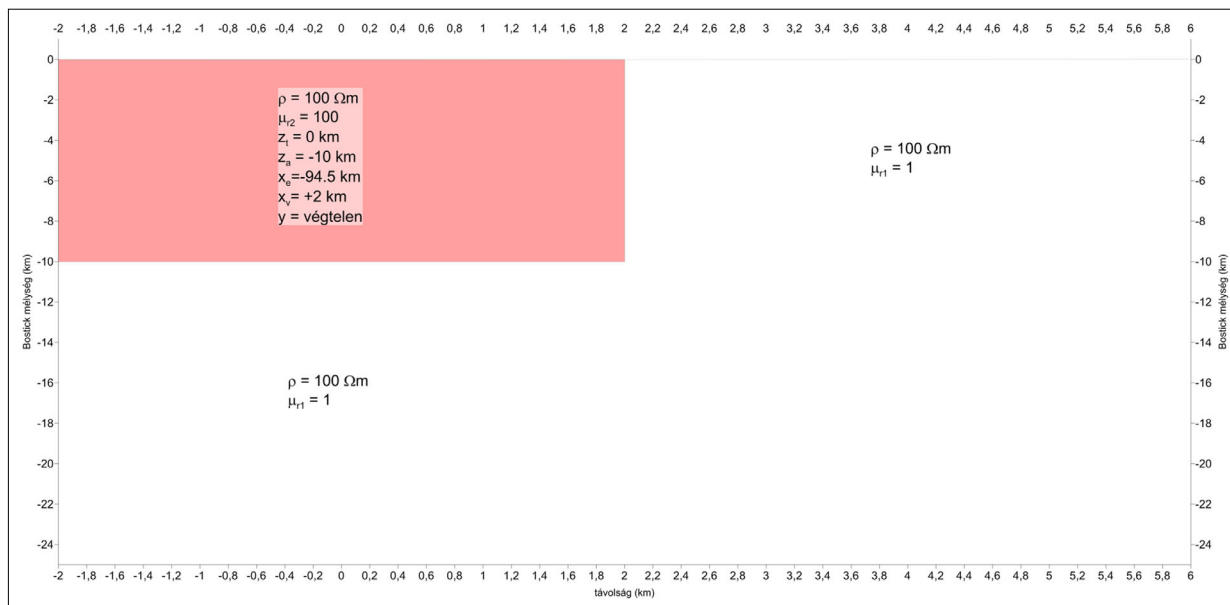
(Kiss, Prácser 2021). A rácst a homogén féltér modellen, az adott frekvenciatartományban inverzióval teszteltünk, az eredményeket korábbi cikkünk (Kiss, Prácser 2021) bemutatta. Ebben a kiindulási rácsmódban helyeztük el a mágneses testet, amely piros „félréteg”-ként jelenik meg (1. ábra). A piros terület összes rácshálóobjektumának (pixeljének) az elektromos (σ) és mágneses (μ_r) paramétereit grafikus úton állítottuk be (2. ábra) egy segédprogram segítségével.

A direkt modellezésnél ebből a mágneses modellből indultunk ki (1., 2. ábra). Az elektromos vezetőképesség szerint homogén modellben a felszínen megjelenik egy erősen mágneses test, és a direkt modellezési eredményeket vesszük szemügyre.

A 3. ábra a látszólagos fajlagos ellenállás távolság- és frekvenciafüggő metszetét láthatjuk E-polarizáció esetén, rajta a mágneses test határfelülete miatt megjelenő változásokat, anomáliákat. A 4. ábra a fázisszög távolság- és frekvenciafüggő változásait mutatja a szelvény mentén, E-polarizáció esetén. Mindkét ábrán jól látható az elektromos vezetőképesség szempontjából homogén féltérben



I. ábra | Inverziós modell $-100 \div +100$ km között (felül) és $-10 \div +10$ km között (alul) a mágneses modell (piros színnel) elhelyezkedésével
Figure 1 | Inversion model between $-10 \div +10$ km (above) and $-10 \div +10$ km (below) with the location of the magnetic model (in red)

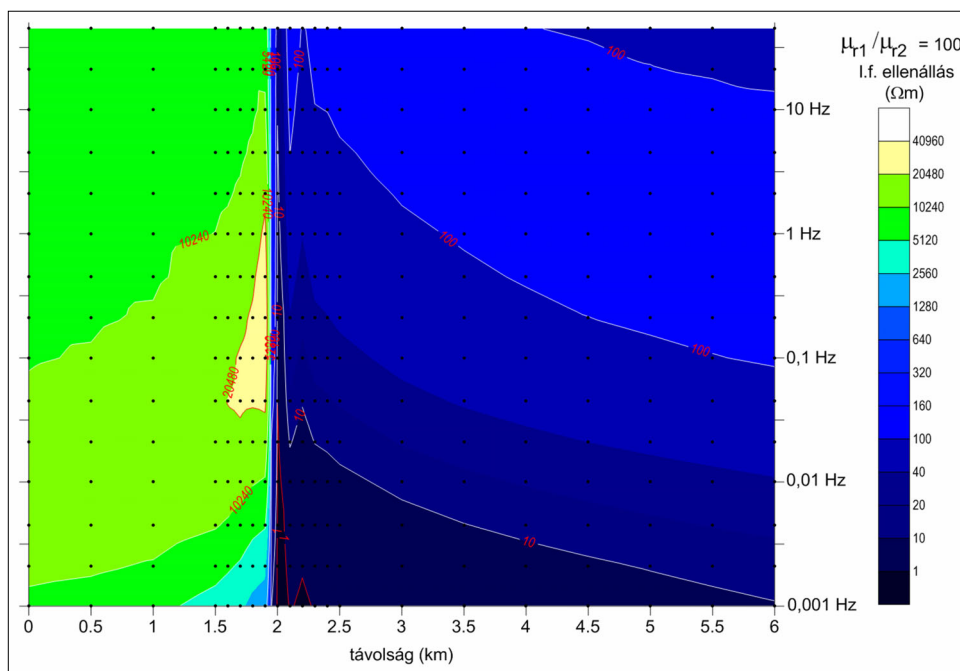


2. ábra Magnetotellurikus 2D direkt modellezés; a kiindulási mágneses modell (távolság–mélység). (Elektromos vezetőképesség szerint homogén modellben a felszínen megjelenik egy erősen mágneses test, a modellezés során 500 m-es állomástávolságot használtunk, amelyet a kontaktus közelében 100 m-re besűrítettünk; további részletek Kiss Pácser (2021) cikkében)

Figure 2 Magnetotelluric 2D direct modeling; the starting magnetic model (distance–depth). (In a homogeneous model, in electric sense, a strong magnetic body appears on the surface. In the modeling a station distance of 500 m was used, reduced to 100 m near the contact. For more details see Kiss, Pácser (2021))

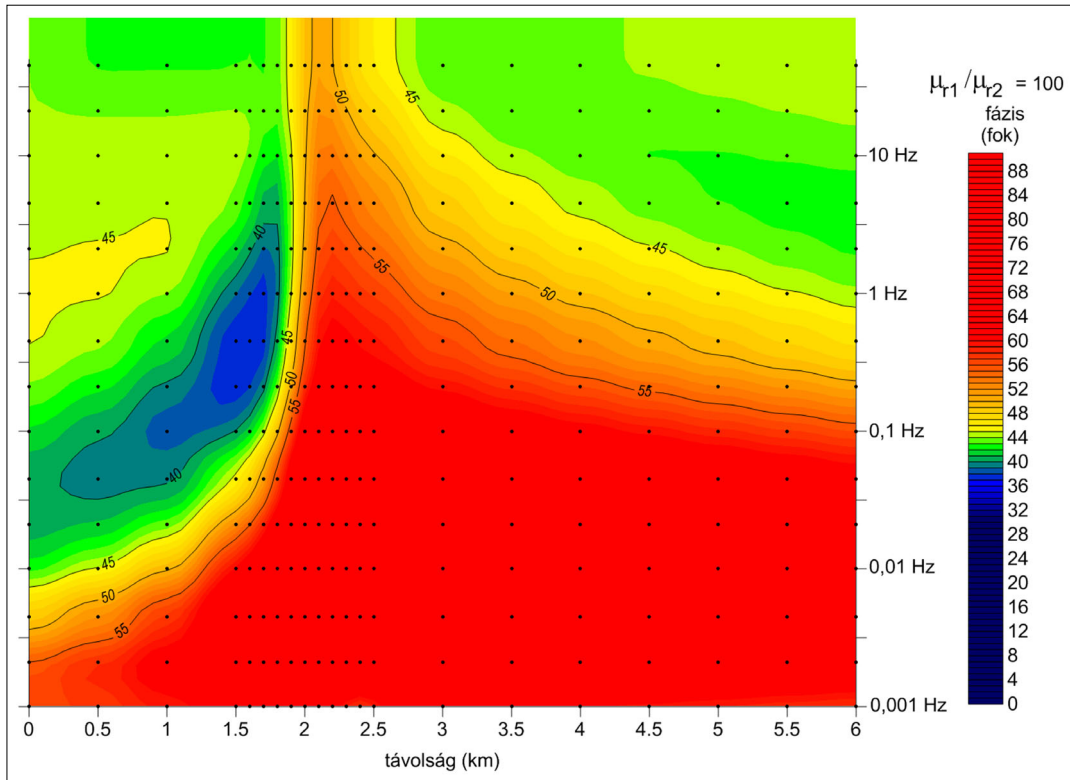
megjelenő mágneses test által okozott hatás. A 2021. évi cikkben csak a látszólagos fajlagosellenállás-értékekből készítettünk távolság–frekvencia szelvényt (3. ábra), pedig az egyedi szondázási görbék alapján jól látszott, hogy a fázis is hasonló torzulásokat mutat, mint amit a 4. ábra mutat.

Meg kell azonban vizsgálnunk a H-polarizációt is (5., 6. ábra), noha a határátmeneti feltételek alapján ott elvileg semmi furcsaságra nem számíthatunk, de a mágneses test a mágneses terével azonban ott van, és hatása nem zárható ki ebben a polarizációban sem.



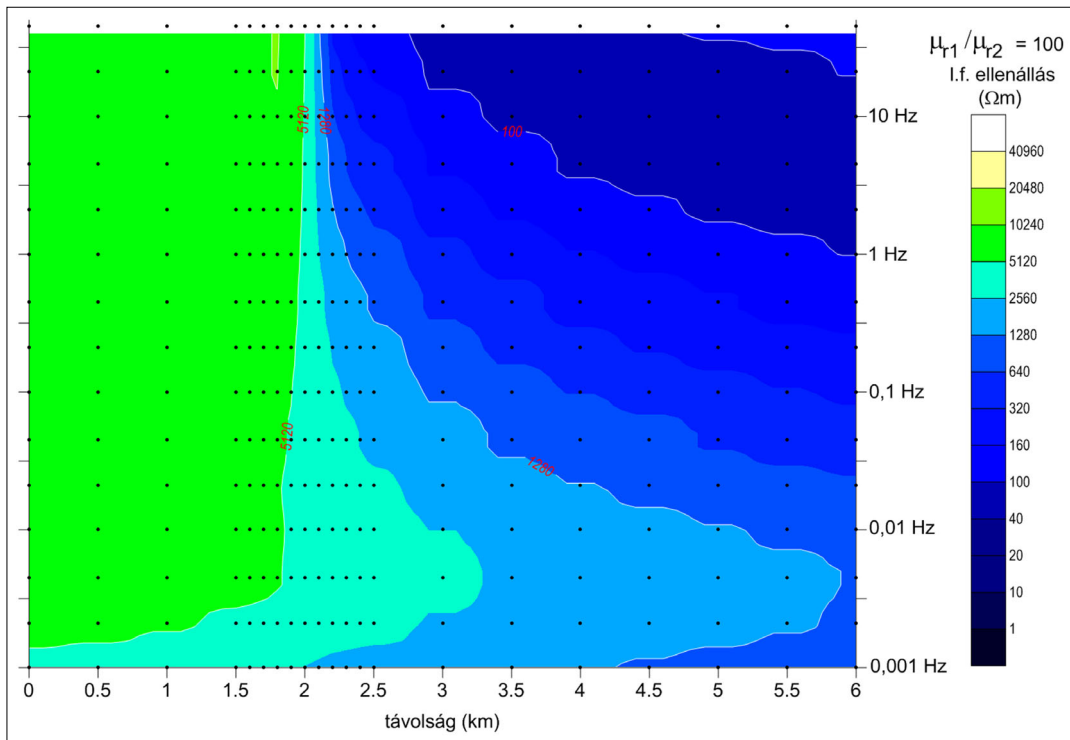
3. ábra A direkt modellezésből kapott E-polarizációs látszólagos fajlagosellenállás-szelvény (távolság–frekvencia). (A mintázást fekete pontok jelzik, amelyek a frekvencia szerint egységesen mintázzák meg a frekvenciateret.)

Figure 3 E-polarization apparent resistivity profile obtained from direct modeling (distance–frequency). (The sampling is indicated by black dots, showing a uniform frequency pattern in terms of the frequency.)



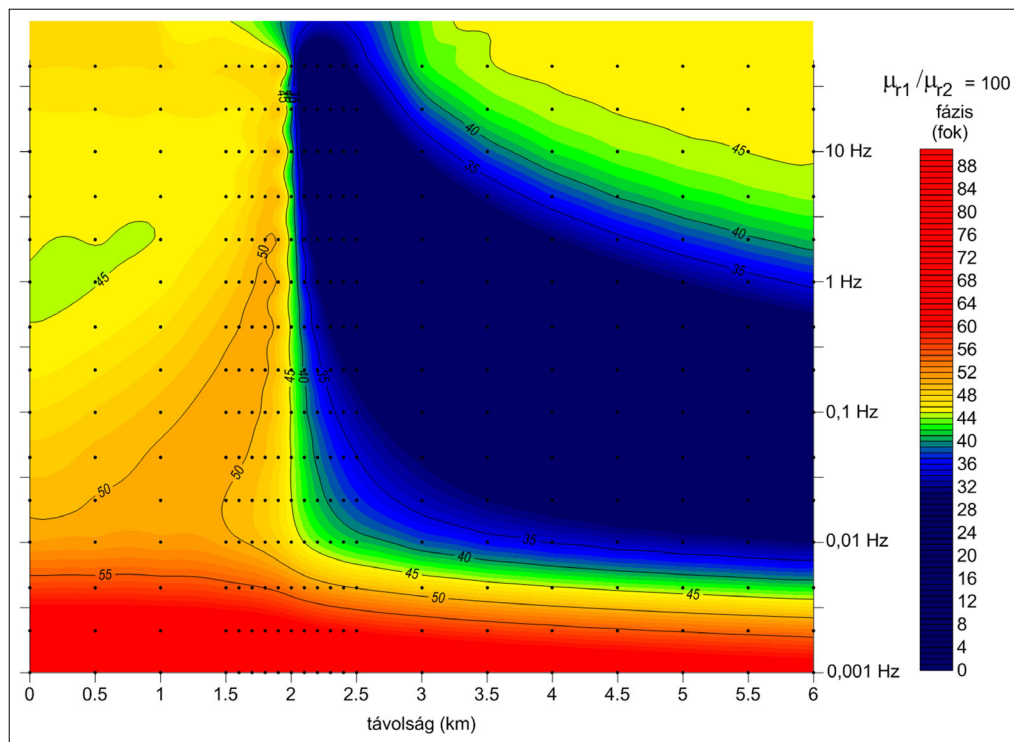
4. ábra A direkt modellezésből kapott E-polarizációs fázisszelvény (távolság–frekvencia). (A mintázást fekete pontok jelzik, amelyek a frekvencia szerint egységesen mintázzák meg a frekvenciateret.)

Figure 4 E-polarization phase profile obtained from direct modeling (distance–frequency). (The sampling is indicated by black dots, showing a uniform frequency pattern in terms of the frequency.)



5. ábra A direkt modellezésből kapott H-polarizációs látszólagos ellenállás-szelvény (távolság–frekvencia). (A mintázást fekete pontok jelzik, amelyek a frekvencia szerint egységesen mintázzák meg a frekvenciateret.)

Figure 5 The H-polarization apparent resistivity profile obtained from direct modeling (distance–frequency). (The sampling is indicated by black dots, showing a uniform frequency pattern in terms of the frequency.)



6. ábra A direkt modellezésből kapott H-polarizációs fázisszelvény (távolság–frekvencia). (A mintázást fekete pontok jelzik, amelyek a frekvencia szerint egységesen mintázzák meg a frekvenciateret.)

Figure 6 The H-polarization phase profile obtained from direct modeling (distance–frequency). (The sampling is indicated by black dots, showing a uniform frequency pattern in terms of the frequency.)

Ezekkel az ábrákkal csak azt elemeztük, hogy okozhat-e például a mágneses test látszólagos fajlagosellenállás-csökkenést? Látszott, hogy E-polarizációban a kontaktus mellett számolnunk kell ezzel a hatással. Később jött a felismerés, hogy a klasszikus frekvencia–mélység konverzióban (a Bostick-mélység⁴⁾ meghatározása) a mágneses hatás jelentős torzulásokat okoz a mélységértékekben.

Mélységi mintázás E- és H-polarizációban

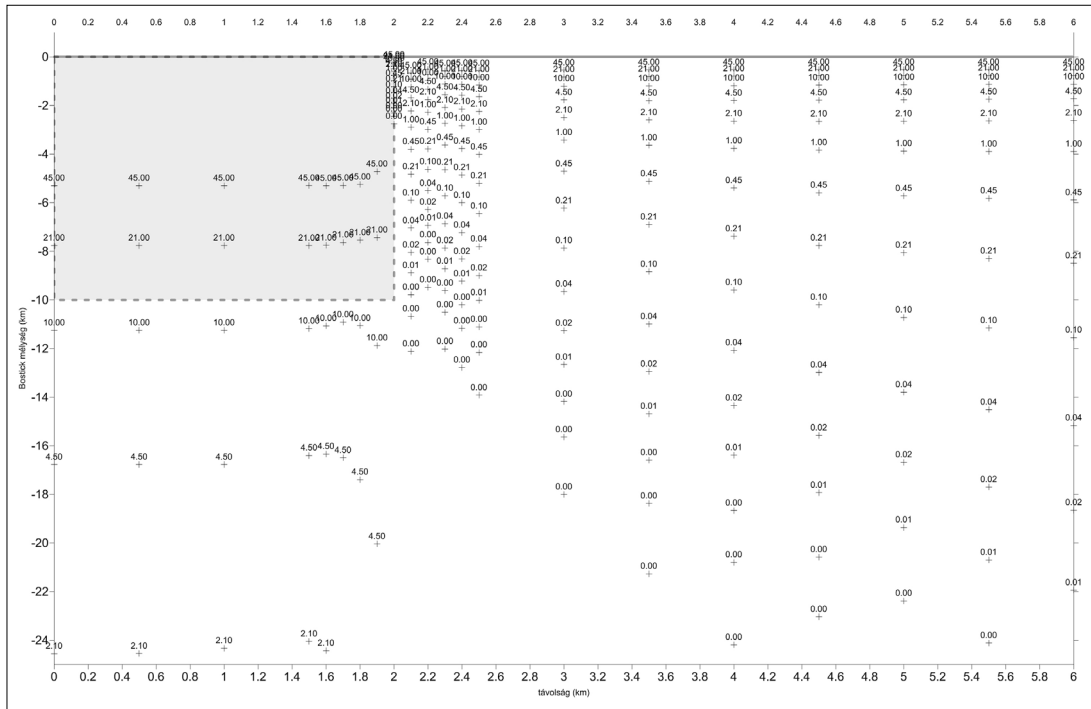
A mágneses test hatásának szemléltetése céljából megjelentettük az azonos frekvenciákon elvégzett szondázások mintázását a klasszikus képletek alapján, azaz adott fix frekvenciák esetén, adott fajlagos ellenállásra és adott mágneses permeabilitásra kiszámított Bostick-mélységekkel (7., 8. ábra).

A legnagyobb eltérés a két mintázási pontfelhő között az, hogy amíg E-polarizációban (7. ábra) ugrásszerű a hatása van a határfelületnek, addig H-polarizációban (8. ábra) folyamatos az átmenet – lásd az azonos mintavételi frekvenciák elhelyezkedését a határfelületnél! A szondázási pontok alatti mintázásokból látszik, hogy a legnagyobb frekvencián mért pontok mélységi helyzete más és más. Mivel a közeg elektromos szempontból homogén, így a hatás (a változó mélységek) csak a mágneses testnek köszönhetően áll elő.

Az egydimenziós modellezésből tudjuk, hogy az n -szeres mágnesespermeabilitás-növekedés n -szeres impedancia ($Z = [\omega\mu\rho]^{1/2}$), és ennek következtében fiktív látszólagos fajlagosellenállás⁵⁾-növekedést ($\rho_L = |Z^2|/[\omega\mu_0]^{1/2}$) okoz (3), ami az első réteg vastagságát is n -szeresre növeli (4). A (2) alapján tudjuk, hogy homogén féltér esetén a mágneses permeabilitás csökkenti a skinmélységet ($\delta_s = 2/[\omega\mu\rho]^{1/2}$), azaz a behatolási mélységet, amivel szintén számolni kell. A mágneses hatás tehát a fiktív fajlagos ellenállás miatt növeli a behatolási mélységet, de eközben a mágneses permeabilitás valódi hatása ellentétes, azaz csökkenti a skinmélységet, s ezen keresztül a hullámsebességet. Ezek pedig hatással lesznek a feldolgozási eredményekre is.

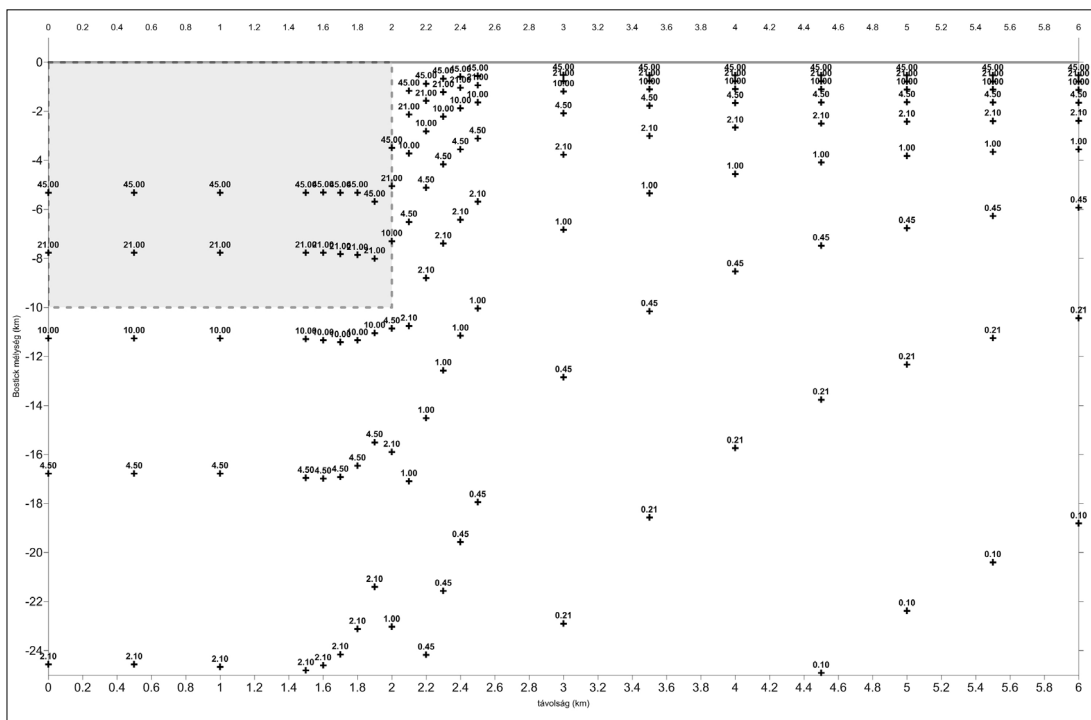
Látszik, hogy a szelvény végén, az első frekvencián megjelenő mintázások mélysége 225 m körüli, ezzel szemben a szelvény elején, ahol a mágneses test található, ott 5000 m lesz az első frekvencián megjelenő szondázási pont mélysége. Ennek az az oka, hogy (3) szerint a 100-szorosra megnövekedett mágneses permeabilitás növeli a számolt impedanciát ($Z = 100Z_0$), ami a látszólagos fajlagos ellenállás értékét is megnöveli ($\rho = 100\rho_0$), ez viszont a rétegvastagságra is hatással van ($h_1 = 100h_0$). Tudjuk viszont, hogy a mágneses permeabilitás csökkenti a skinmélységet, így az első mintázások közötti mélységkülönbség nem n -szeres lesz, hanem annál kisebb.

A két közeg határa között, közvetlenül a kontaktuson, $x = 2$ vkm-nél a szondázási görbe összes mintázása a felső

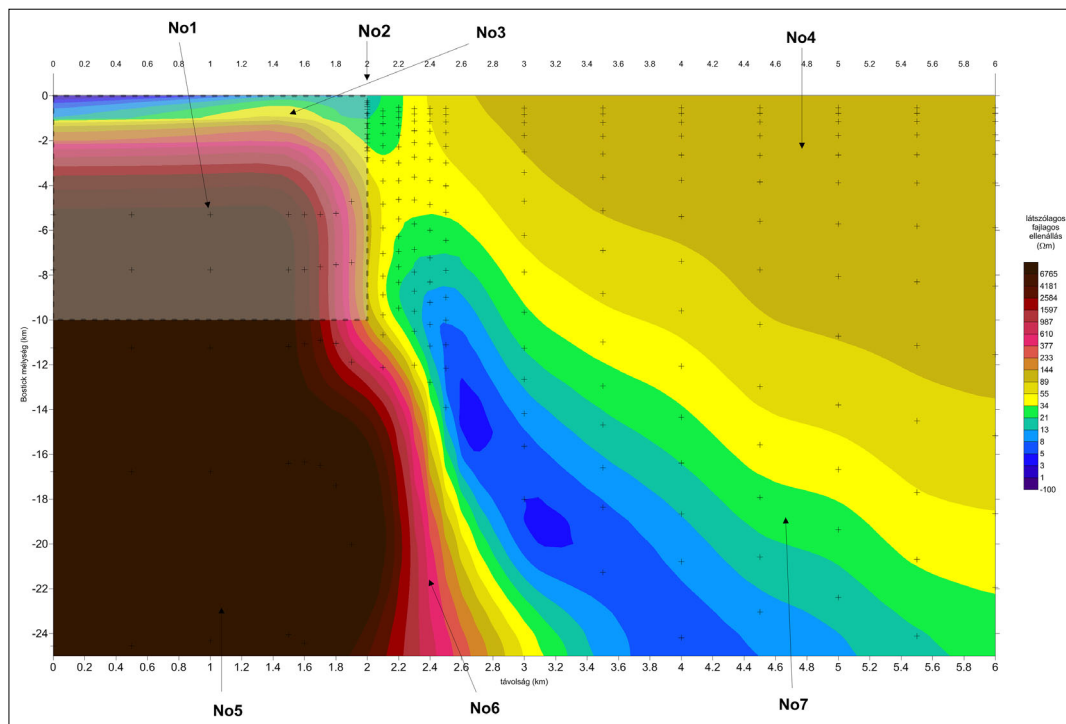


7. ábra A direkt modellezésből kapott mintázások E-polarizációban, a frekvencia értékével, Bostick-mélység szerinti megjelenítésben. (A behatolási mélységet a modell, illetve annak paraméterei határozzák meg.)
 Figure 7 The patterns obtained from samplings in E-polarization direct modeling, with the frequency values, displayed in terms of the Bostick depth. (The penetration depth is determined by the model and its parameters.)

0,25–3,0 km tartományban jelenik meg („szupravezető” (0, 2 és 4 vk) is szemléltetjük a frekvencia és a mélység hatást mutatta, 7. ábra). Ezt egyedi szondázási görbéken | függvényében a Függelékben.



8. ábra A direkt modellezésből kapott mintázások H-polarizációban, a frekvencia értékével, Bostick-mélység szerinti megjelenítésben. (A behatolási mélységet a modell, illetve annak paraméterei határozzák meg.)
 Figure 8 The patterns obtained from samplings in H-polarization direct modeling, with the frequency values, displayed in terms of the Bostick depth. (The penetration depth is determined by the model and its parameters.)



9. ábra | A direkt modellezésből kapott látszólagos fajlagosellenállás–mélység metszet E-polarizációban (távolság–mélység szelvény, No1–No7 torzulások)

Figure 9 | Apparent resistivity versus depth cross section, obtained from E-polarization. Direct modeling (distance–depth profile, distortions No1–No7)

A szelvény tisztán elektromos tartományában a 0,5–35 km mélységek között, a mágneses test tartományában az 5,0–1000,0 km-es mélységek között vannak a mintázások. Ebből is látszik, hogy milyen komplex hatást idéz elő a mágneses test, a mágnesesanómália-tér megjelenése a klasszikus MT E-polarizációs feldolgozásában.

A frekvenciatartományban szabályos és egységes mintázás a mélységtartományban – a frekvencia–mélység transzformáció és a mágneses test hatása miatt – jelentősen megváltozik. A mágneses test környezetében a szabályos mintázás helyett egy torzult és szabálytalan mintázás alakul ki, ami megnehezíti az adatok további feldolgozását, megjelenítését és földtani interpretációját.

H-polarizációban egyszerűbb a helyzet: a szelvény két szélét, ha kellően távol lennének, akkor felfoghatnánk homogén féltereknek. A szelvény vége ρ fajlagos ellenállású, míg az elejének, ahol a közeg mágneses, ott nem ρ , hanem $\mu_r \rho$ -szeres, azaz $(\mu_r \rho)$ virtuális fajlagos ellenállású lesz (3), és a behatolási mélység is μ_r -szeresre nő (4). Ahogy közeledünk a határfelülethez, úgy megy át folyamatosan az egyik típusra jellemző eloszlásból a másik típusnak megfelelő fajlagosellenállás-eloszlásba. Ez jól követhető a mintázási képekből (7., 8. ábra).

A behatolási mélység (mintázás) vizsgálata után érdemes megnézni a mágneses közeg hatását a mért (modellezett) látszólagos fajlagosellenállás- és fázisparaméterekre a szelvény függőleges síkjában.

A 9. ábra mutatja a kiszámított látszólagos ellenállásokból interpolált ellenállás–mélység metszetet, a 10. ábra

pedig, a fázisértékek mélységmetszetét E-polarizáció esetén. Átlátszó formában a mágneses testet is megjelenítettük.

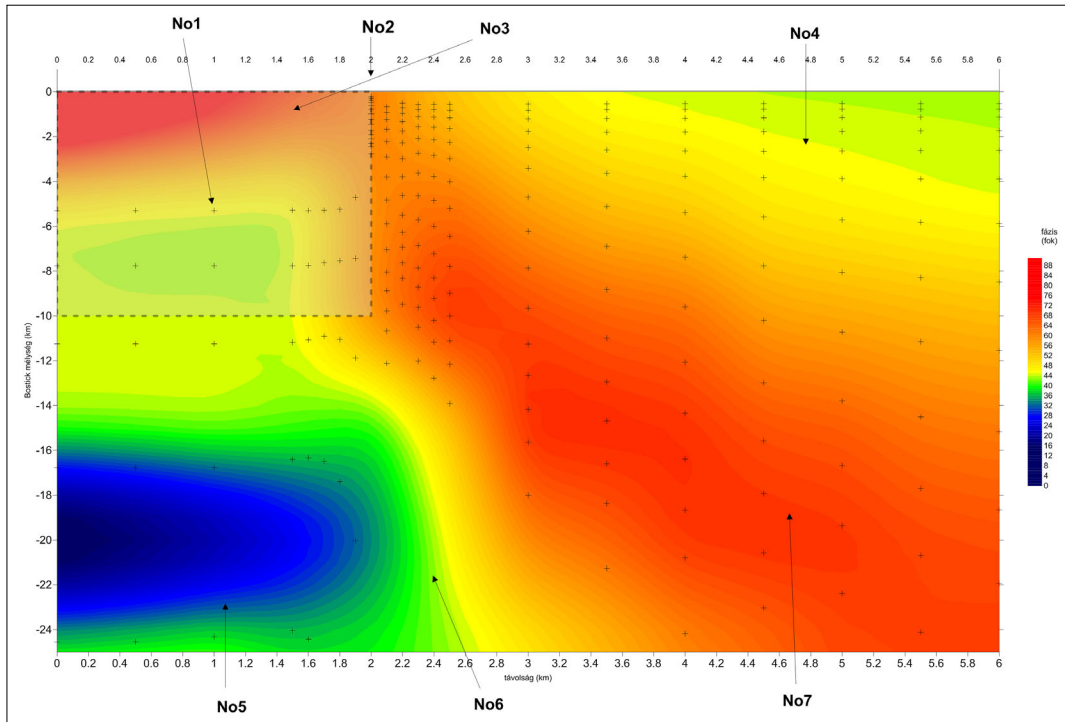
A mágneses hatás miatt bekövetkező szabálytalan mintázás miatt több probléma/hiba is előjön, amit a látszólagos fajlagos ellenállás mélységmetszeten (9. ábra) mutatunk be, de jelöljük azokat a többi mélységmetszeten is.

Megjegyzések:

No1) A mágnesezettség megjelenése miatt megnövekedett látszólagos fajlagos ellenállás megnöveli a Bostick-mélységet, az első minta sokkal mélyebben jelentkezik, ahogy ezt a mintázások vizsgálatánál is megállapítottuk.

No2) A kontaktus felett kétoldalú torzulás van a mintázásban, ebben a pontban az összes mintavétel látszólag a felső 3 km-es mélységtartományra koncentrálódik. Ez minden szempontból anomális, mondhatnánk irreális hatás, mert sem az elektromos közeg, sem pedig a mágneses és elektromos közeg ezt nem indokolja. Ez egyértelműen a határfelület (vagy kontaktus) extrém hatása. Az interpolálás ezt a kiugró hatást elkeni, gyakorlatilag nem látszik.

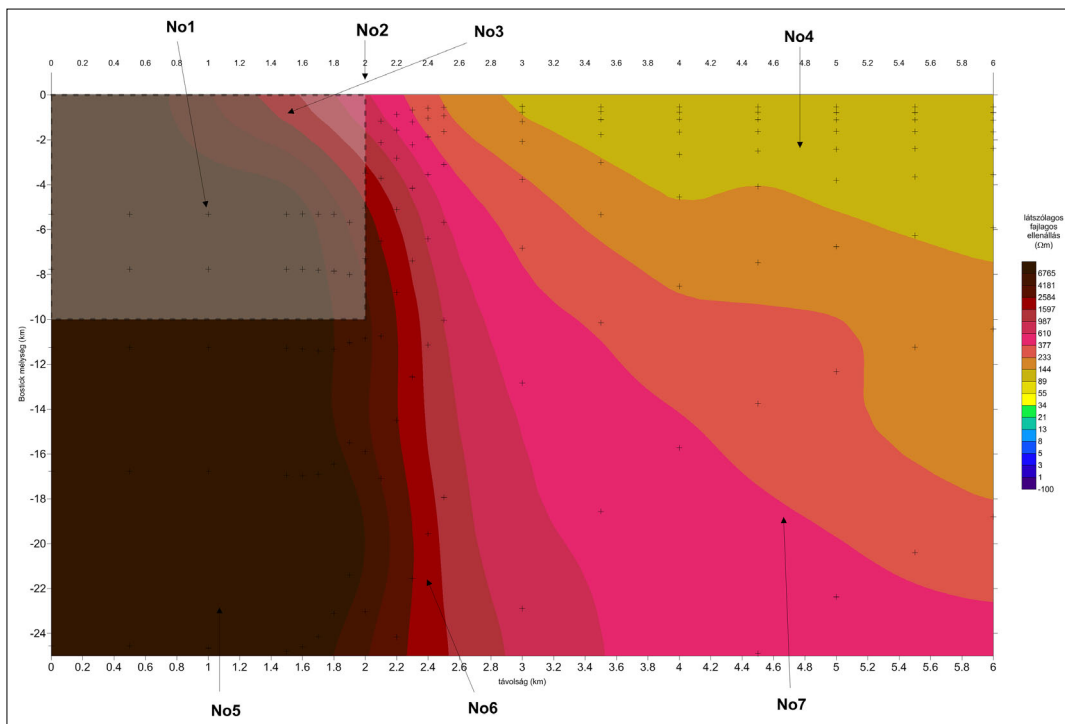
No3) Adathiány miatt interpolációs álanomáliák mutatkoznak a mágneses test tetején. Nincs mintavételi pont (azaz adat) az interpoláláshoz, így nem valós értékeket tükröz. A dolog azonban elgondolkodtató, mert ez azt is jelentheti, hogy egy eltemetett



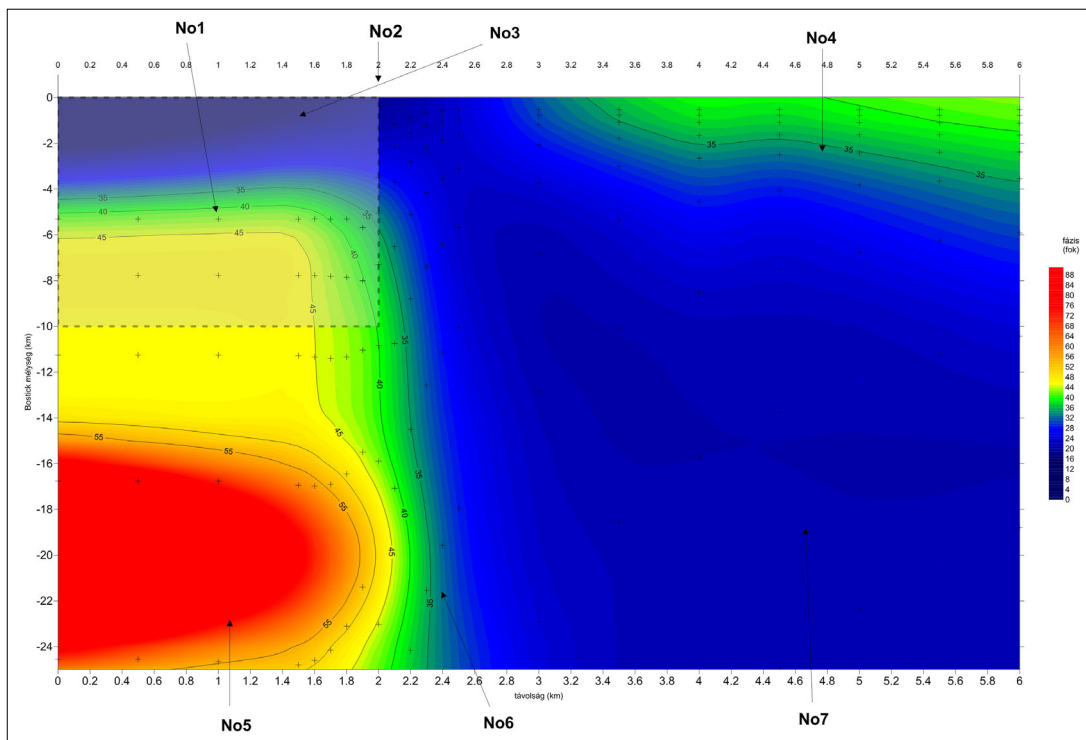
10. ábra | A direkt modellezésből kapott fázis–mélység metszet E-polarizációban (távolság–mélység szelvény, No1–No7 torzulások)
 Figure 10 | Phase versus depth cross section, obtained from E-polarization direct modeling (distance–depth profile, distortions No1–No7)

mágneses ható tetején ehhez hasonló kontakthatás várható. amelyet mintavételezéssel szerencsés eset-

ben ki tudunk mérni, de az is lehet, hogy simán „átugrunk” rajta anélkül, hogy észlelnénk.



11. ábra | A direkt modellezésből kapott látszólagos fajlagosellenállás–mélységmetszet H-polarizációban (távolság–mélység szelvény, No1–No7 torzulások)
 Figure 11 | Apparent resistivity versus depth cross section, obtained from H-polarization direct modeling (distance–depth profile, distortions No1–No7)

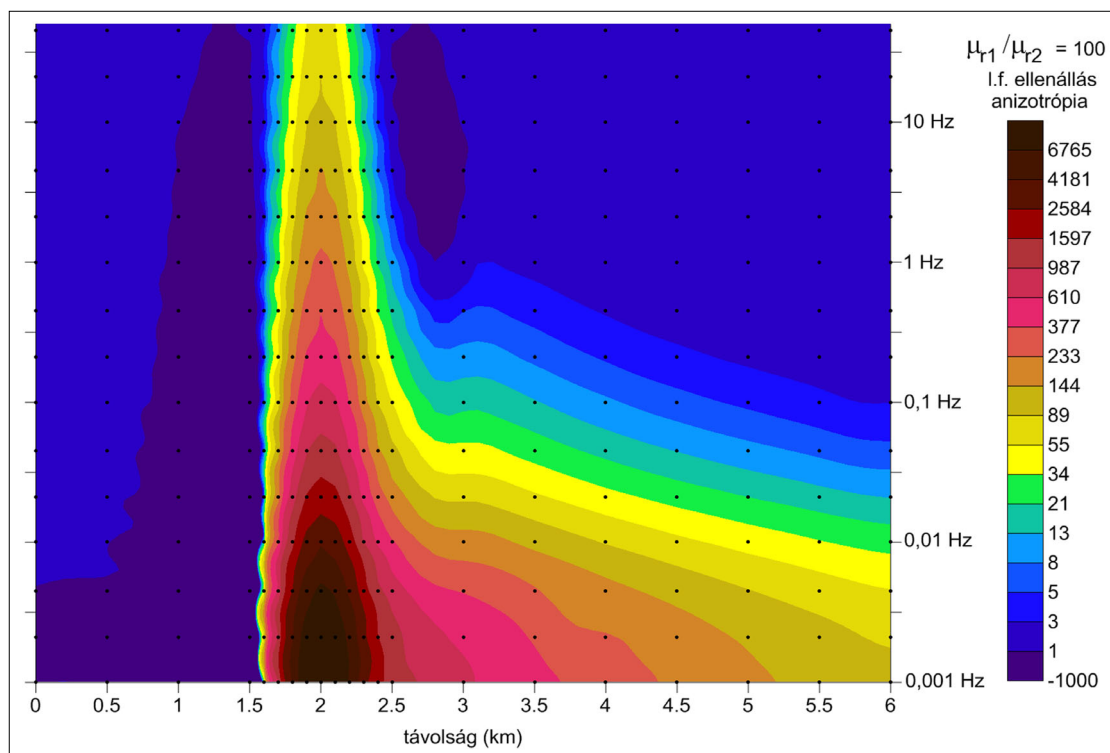


12. ábra | A direkt modellezésből kapott fázis–mélység metszet H-polarizációban (távolság–mélység szelvény, No1–No7 torzulások)

Figure 12 | Phase versus depth cross section, obtained from H-polarization direct modeling (distance–depth profile, distortions No1–No7)

No4) A mágnesezettség nélküli közeg látszólagos fajlagos-ellenállás-értéke, ha kellően eltávolodunk, megfelel a

közeg elektromos vezetőképességének (ami megnyugtató).



13. ábra | Látszólagos fajlagosellenállás-anizotrópia a frekvenciatartományban (távolság–frekvencia szelvény)

Figure 13 | Apparent resistivity anisotropy in the frequency range (distance–frequency profile)

- No5) A mágneses fedő miatt a közeg látszólagos fajlagosellenállás-értéke nem áll vissza a valódi elektromos vezetőképesség értékére, vagy – mivel a szondázások behatolási mélysége jelentősen megnő („minta-hiány”), amely változást az elektromos paraméterek nem indokolnának – a közeg valódi fizikai paraméterértéke csak jóval később áll vissza.
- No6) Nagyobb mélységben a kontaktus környezetében adathiány miatt interpolációs álanomáliák alakulhatnak ki, mivel nincs mintavételi pont.
- No7) A mágnesezettség oldalirányú hatása miatt a mélységgel arányosan csökken a látszólagos fajlagos ellenállás értéke a homogén közegben is, és a kontaktustól eredeztethetően egy ferde, jól vezető zóna (9. ábra, kék sáv) alakul ki (a kontaktus oldalhatása). Távolodva a határfelülettől a zóna egyre mélyebben jelentkezik. A távolság és a mélység korrelál, de nem azonos, mivel az elektromos közegben a mágneses paraméter hatása egyre kevésbé játszik szerepet.

A fenti megjegyzések jelentős része E-polarizációban a fázis mélységmetszetére is igazak.

H-polarizációban az átmenet a paraméterszelvény alapján is folyamatos (10. ábra). Szembetűnő, hogy a mágneses közeg alatt az ellenállás látszólag nem áll be a mágnesezettség nélküli homogén féltér értékére – valójában valószínűleg beáll, csak sokkal mélyebben, méghozzá a mágneses hatásra bekövetkező rétegvastagodás miatt.

Ilyen szempontból úgy tűnik, hogy a fázis (12. ábra) sokkal érzékenyebben reagál. A mágneses test alatt megje-

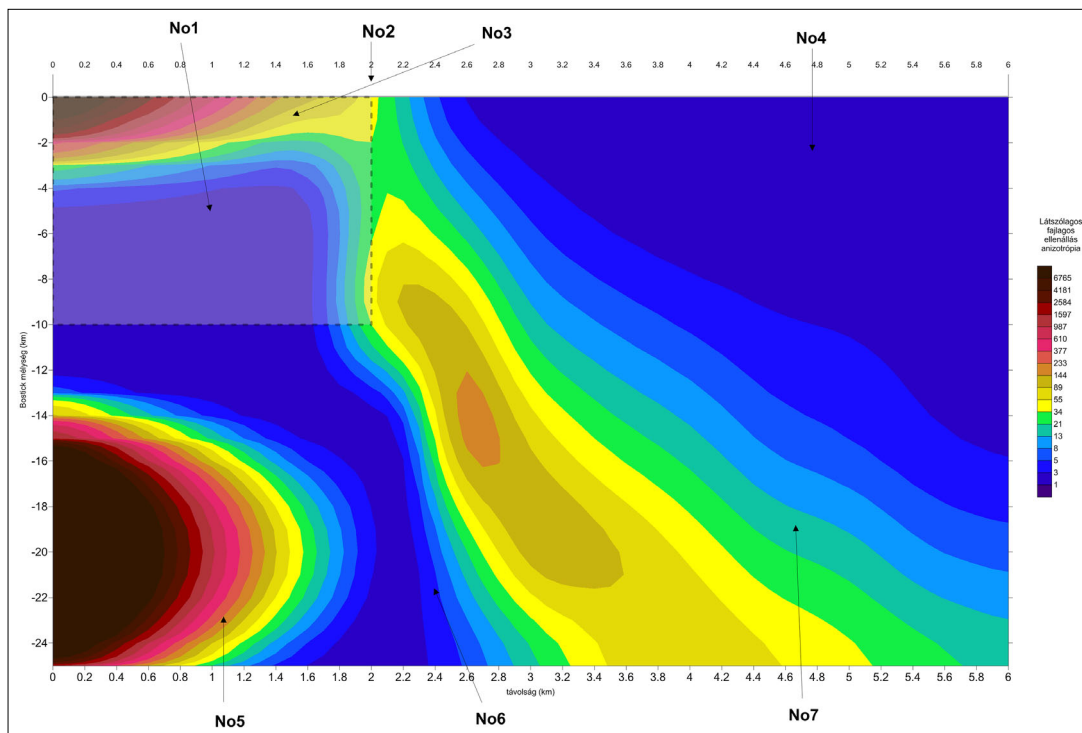
lenő 45 foknál nagyobb fázisértékek a fajlagos ellenállás mélységgel való csökkenését jelzik. A szelvény végén a mélységgel arányosan, 45 fok alá csökkenő fázisértékek a fajlagos ellenállás növekedését jelzik, azaz minél mélyebben vizsgálódunk, oldalhatásként annál jobban érezni a mágneses közeget. Ez törvényszerűen megjelenik, ha mágneses közeg esik a magnetotellurikus mérések vonalába.

A különböző polarizációk esetén az anizotrópia meghatározására két lehetőség adódik: az egyik frekvenciatartományban (az azonos frekvenciák mentén), a másik tértartományban (az azonos mélységek mentén).

A 13. ábra mutatja az azonos frekvenciák alapján számított látszólagos fajlagos ellenállás anizotrópiáját a modellszelvény mentén. Az anizotrópia értéke a vertikális határfelülettől távol 10 alatti, de a mágneses testen kívül, a határfelület mentén nagyságrendekkel megnövekedett anizotrópiaértéket azonosíthatunk. Ez a fajta rendellenesség a kis frekvenciák irányában egyre nagyobb távolságokra kiterjed.

Itt a mintázás szabályos, ritkuló rács szerint történik, amit egyszerű kezelni. Amikor azonban áttérünk tértartományba, akkor már a szabálytalan mintázás és a nagyobb adat nélküli foltok miatt vagy csak egy durva rácsba lehet interpolálni az adatokat, vagy számolnunk kell álanomáliák kialakulásával (No3 és No5 pont).

A 14. ábra mutatja az azonos mélységek alapján meghatározott látszólagos fajlagos ellenállás anizotrópiáját a modellszelvény mentén. Ez azért érdekes, mert a különböző polarizációkban a mágneses közeg a behatolási mélységre is hatással van, ezért az azonos frekvenciájú mintázások



14. ábra | Látszólagos fajlagosellenállás-anizotrópia tértartományban (távolság–frekvencia szelvény)

Figure 14 | Apparent resistivity anisotropy in space domain (distance–frequency profile)

eltérő mélységekre vonatkoznak. Ebben az esetben tehát az E- és H-polarizációban elkészült rácsok adatai alapján tudjuk meghatározni az azonos mélységek látszólagos fajlagos ellenállás értékét és a két polarizáció közötti anizotrópiát. Adódik tehát, hogy itt egy másfajta – a 13. ábra frekvenciatartományú ábrázolásától eltérő – anizotrópia-eloszlásképet fogunk kapni.

Joggal merül fel a kérdés, hogy vajon a klasszikus két-dimenziós inverzió (E-, H- és közös inverzió) során a mágneses közeg hatása hasonló torzulásokat fog eredményezni?

A 14. ábra No3 pontjában jelzett torzulás (anizotrópia) egyértelműen interpolálásból származik (lásd 9. ábra), és a No5 anomália is ilyen szempontból gyanús – a nagyon ritka mintázás miatt álanomáliák jelennek meg. Nem lehet azonban mesterséges hatásnak kezelni a kontaktustól ferdén lefelé húzódó anizotrópiamaximumot, mert itt egy sűrűbben mintázott térrészről van szó. A No3 és No5 pontok környéki torzulásoktól meg lehet szabadulni, de a kontaktus mellett megjelenő anizotrópia egy mérési pontokkal (valós adatokkal) is alátámasztott hatás.

Összegzés

A magnetotellurikus méréseknél megjelenhet az elektromos vezetőképesség mellett egy másik, ismeretlen közegjellemző is, a mágneses permeabilitás. Ez az anomális mágneses vektortér és az elektromágneses vektortér bonyolult kölcsönhatását eredményezi, amire a meglévő feldolgozási eszköztárunk nincs felkészítve.

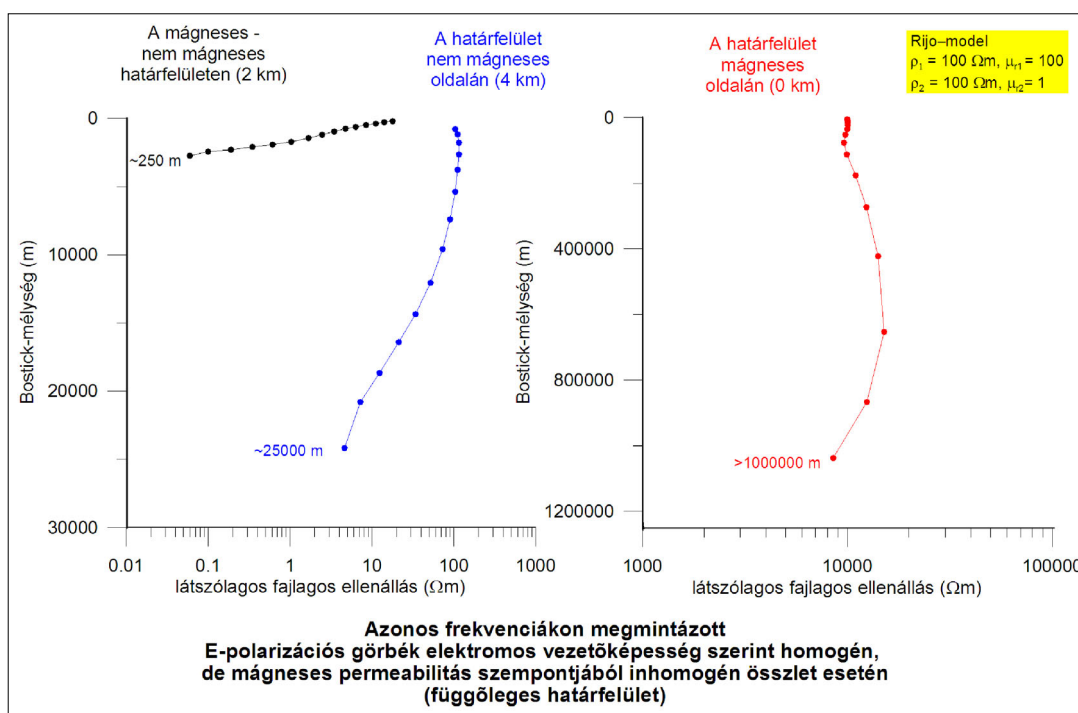
Jó lenne ezektől a hatásoktól megszabadulni, de mivel sem a mágneses közeg geometriájáról, sem a mágnesszettség eloszlásáról, illetve annak nagyságáról nem tudunk, így nem is tudjuk figyelembe venni azokat.

A cikk annak szemléltetése céljából készült, hogy milyen torzulásokkal kell számolni a mágneses közeg megjelenése esetén a magnetotellurikus méréseknél, a klasszikus feldolgozási formulák használata során. A homogén feltételekben elhelyezett extrém mágnesszettségű test modelljén keresztül láthatjuk a mágneses paramétertől származó hatásokat, torzulásokat „kendőzetlenül”.

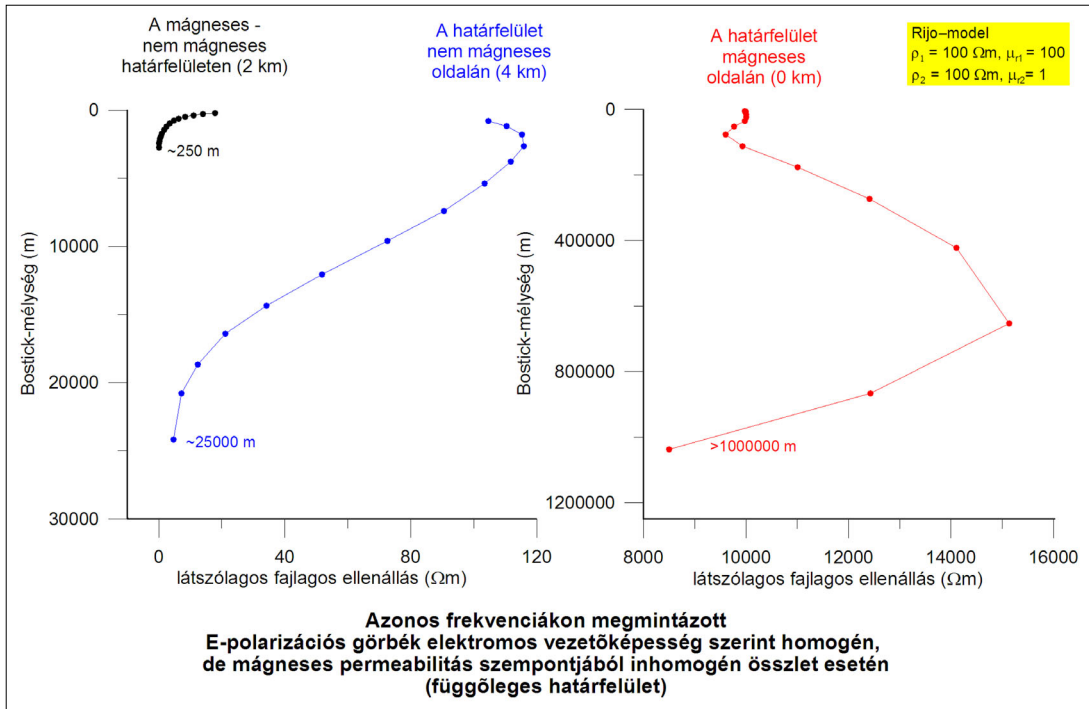
Függelék: Egyedi szondázási görbék a határfelület 2 km-es környezetében

A Rijo-modell (2. ábra) felett kapott 2D magnetotellurikus modellezési eredményeket itt érdemes újra elővenni és a fontosabb szondázási pontok egyedi görbéit megvizsgálni.

A mágneses határfelület (drasztikus átmenet) környezetében a szondázásokat külön-külön is megjelenítettük, mert a fajlagosellenállás-mélységmetszetben a szabálytalan mintázásból és a bizonytalan interpolálási paraméter meg-



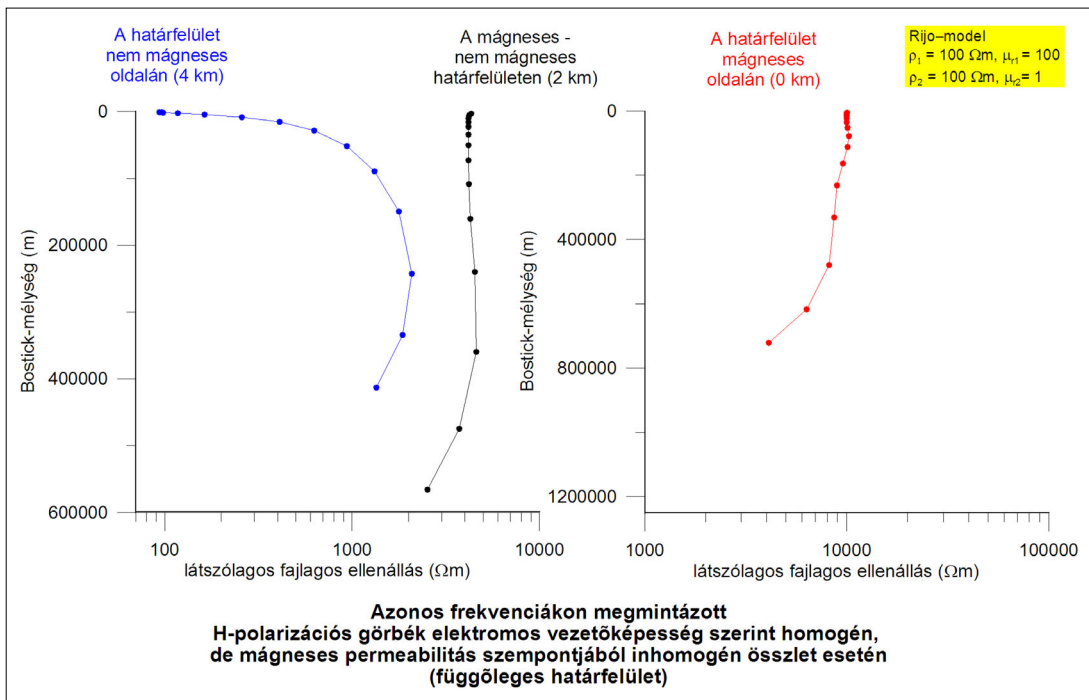
15. ábra Homogén vezetőképességű összetételben egy erősen mágneses test hatása a határfelület előtt, a határfelületen és a határfelület után E-polarizációban (logaritmusikus x tengely mentén, modell: 2. ábra)
Figure 15 Effect of a strongly magnetic body in a homogeneous conductivity ensemble before, at and after the interface in E-polarization (along the logarithmic x axis, model: Fig. 2)



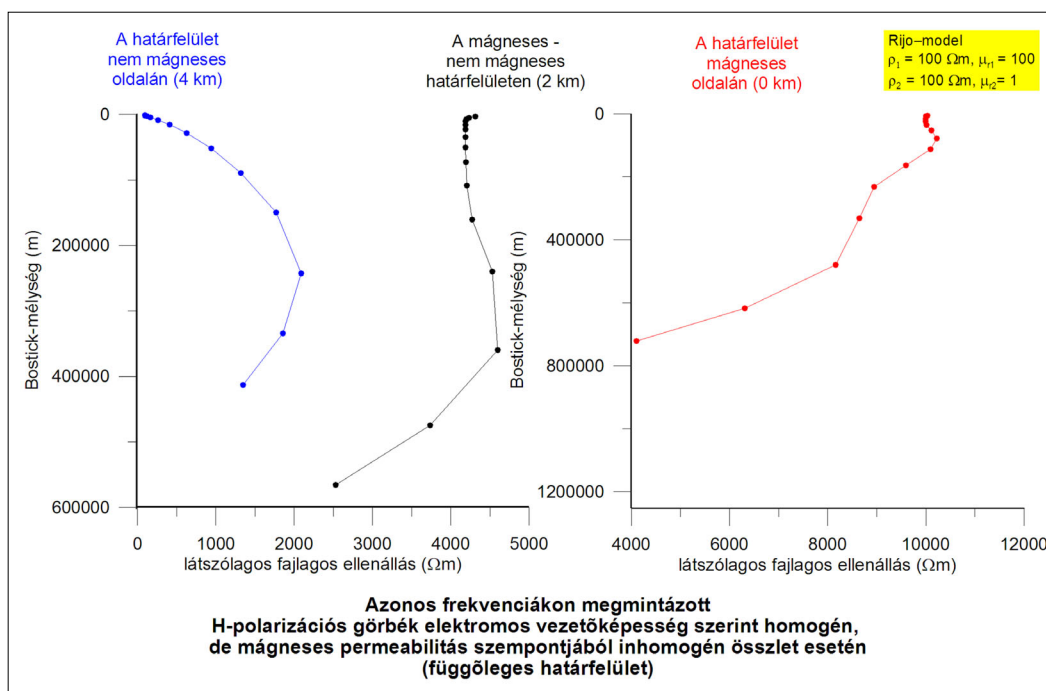
16. ábra Homogén vezetőképességű összetételben egy erősen mágneses test hatása a határfelület előtt, a határfelületen és a határfelület után E-polarizációban (lineáris x tengely mentén, modell: 2. ábra)
Figure 16 Effect of a strongly magnetic body in a homogeneous conductivity ensemble before, at and after the interface in E-polarization (along the linear x axis, model: Fig. 2)

választásból adódóan csak robusztusan jelennek meg a változások.

Tulajdonképpen azokat az egyedi görbéket emeltünk ki, amelyeket Kiss és Prácsr (2021) publikációjában egyszer



17. ábra Homogén vezetőképességű összetételben egy erősen mágneses test hatása a határfelület előtt, a határfelületen és a határfelület után H-polarizációban (logaritmusos x tengely mentén, modell: 2. ábra)
Figure 17 The effect of a strongly magnetic body in a homogeneous conductivity ensemble, before, at and after the interface in H-polarization (along the logarithmic x axis, model: Fig. 2)



18. ábra Homogén vezetőképességű összletben egy erősen mágneses test hatása a határfelület előtt, a határfelületen és a határfelület után H-polarizációban (lineáris x tengely mentén, modell: 2. ábra)

Figure 18 The effect of a strongly magnetic body in a homogeneous conductivity ensemble, before, at and after the interface in H-polarization (along the logarithmic x axis, model: Fig. 2)

már közzétettünk, akkor több görbével összevont formában bemutatva. Itt most a határfelület (2 vkm), valamint annak két oldalán, 2 km távolságban lévő „félterek” szondázási görbéit mutatjuk be logaritmikus (15., 17. ábra) és lineáris fajlagosellenállás-skála mentén (16., 18. ábra).

Ezeken tudjuk legjobban felmérni a mágnesezettség által okozott hatásokat. Itt ismét meg kell jegyeznünk, hogy nagyon nagy relatív mágnesepermeabilitás-értékkel dolgoztunk, amelyek a természetben valószínűleg nem léteznek, de a torzulások jellegének megértéséhez erre feltétlen szükség volt.

Az ábrákról röviden a következő olvasható le:

E-polarizáció (15., 16. ábra):

- Közeledve a mágneses testhez, annak hatása látszólagos fajlagosellenállás-csökkenést idéz elő, 4 vkm-nél a kezdő 100 Ωm -ról a behatolás (közeledés) növekedésével $\sim 5 \Omega\text{m}$ -re csökken le a látszólagos fajlagos ellenállás.
- A mágneses test felett a kezdő ellenállás értéke 10 000 Ωm ($\rho_1 \mu_{r1} = 100 \times 100$), majd a mélységgel először kicsit nő, majd elkezdi csökkeni $\sim 8500 \Omega\text{m}$ -ig.
- A határfelületen drasztikus a hatás, 20 Ωm -ról 0,1 Ωm alá csökken a látszólagos fajlagos ellenállás.

H-polarizáció (17., 18. ábra):

- Közeledve a mágneses testhez, annak hatása látszólagos fajlagosellenállás-növekedést idéz elő, 100 Ωm -ról 2000 Ωm -ig nő az ellenállás.

- A mágneses test felett a kezdő ellenállás értéke 10 000 Ωm ($\rho_1 \mu_{r1} = 100 \times 100$), majd a mélységgel kezd csökkeni $\sim 4000 \Omega\text{m}$ -ig.
- A határfelületen 4000 Ωm -ról 2500 Ωm -ig csökken a látszólagos fajlagos ellenállás.

A mágneses permeabilitás okozta változások a határfelület környékén meglehetősen változatosak és drasztikusak. A mafikus földtani képződmények⁶⁾ jelenléte durva változásokat idéz elő a magnetotellurikus elektromágneses forrásterben, amit csak a fajlagos ellenállás változásokkal leírni hibás földtani értelmezésekhez vezet.

A tanulmány szerzői

Kiss János, Szarka László, Prácer Ernő

Jegyzet

- ¹⁾ A nagy Königsberger-arányú, azaz erős remanens mágnesezettségű képződményeknél várható!
- ²⁾ E-polarizáció (TE) — az elektromos vezetés (télerősség) iránya — szerkezeti csapásiránnyal azonos
- ³⁾ H-polarizáció (TM) — a mágneses télerősség iránya — szerkezeti csapásirányra merőleges
- ⁴⁾ Bostick-mélység: $H_{\text{Bostick}} = [\rho_a / (\omega \mu_0)]^{1/2}$, ahol
 ρ_a — a látszólagos fajlagos ellenállás,
 ω — a körfrekvencia,
 μ_0 — a mágneses permeabilitás.

- ⁵⁾ Fiktív látszólagos fajlagos ellenállás – értsd, nem valódi látszólagos fajlagosellenállás-érték, amely csak az elektromos paramétertől függ, hanem a μ, ρ szorzattól, azaz az elektromos és mágneses paramétereiktől függő érték.
- ⁶⁾ *Mafikus képződmények*: bázisos metamorfitek, és bázisos magmás képződmények, különös tekintettel az erős remanens mágnesezettségű anyagokra, ez főleg a fiatal vulkanitok jellemzője.

Hivatkozások

Kiss J., Prácser E. (2021): Kétdimenziós magnetotellurikus modellezés – irányanizotrópiából származó hatások vizsgálata. Magyar Geofizika, 62/1, 43–60.

- Kiss J., Prácser E., Szarka L., Ádám A. (2010): Mágneses fázisátalakulás és a magnetotellurika. Magyar Geofizika, 51/2, 1–15.
- Kiss J., Szarka L., Prácser E. (2005): Second order magnetic phase transition in the Earth. Geophysical Research Letters, 32, L24310. DOI: 10.1029/2005GL024199
- Kiss J., Zilahi-Sebess L., Rádi K. (2020): MT mérési adatok nem hagyományos feldolgozása („AniMax” – anizotrópiamaximumok és analitikus fajlagos ellenállás). Magyar Geofizika, 61/3, 101–122.
- Prácser E. (2010): A mágneses permeabilitás meghatározása inverzióval. Magyar Geofizika, 51/4, 175–184.
- Szarka L., Kiss J., Prácser E., Ádám A. (2010): The magnetic phase transition and geophysical crustal anomalies. Chinese Journal of Geophysics, 53/3, 612–621. DOI: 10.3969/j.isnn.0001-5733.2010.03.015

Feljegyzés

A szférák harmóniájáról, geofizikusoknak

SZARKA L. Cs.

Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet (ELKH FI),
H-9400 Sopron, Csatkai E. u. 6–8.
E-mail: szarka@ggki.hu

Egy bolygóegyüttállás alkalmából adott Timár Gábor-interjú kapcsán a szerző javasolja áttekinteni a bolygómozgások rövidebb távon is mérhető jelenségeit, amelyek kevésbé ismertek, de ugyanúgy hozzájárulhatnak a földi éghajlatváltozáshoz, mint más, előtérbe tolt tényezők. Nem kizárt, hogy a Naprendszer bolygóinak mozgása nemcsak a földpályaelemek széles periódusstartománybeli módosításán keresztül, hanem a napműködés befolyásolása által is hozzájárulhat az éghajlatváltozáshoz.

Kulcsszavak: bolygóegyüttállás, éghajlatváltozás, baricentrum, naptevékenység

Comments – Szarka, L. Cs.: On the harmony of the spheres, for geophysicists

In connection with an interview of Gábor Timár, given on the occasion of a planetary conjunction, the author gives a short summary about measurable phenomena of short-term planetary movements. They are little known, but may contribute to global climate change as well as some highlighted factors. It is not excluded that the movements of the planets of the solar system may contribute to climate change not only by changing the orbital elements of the Earth over a wide range of time, but also by influencing solar activity.

Keywords: planetary coincidence, climate change, Barycenter, solar activity

Beérkezett: 2023. március 23.; *elfogadva:* 2023. március 23.

Bevezetés

Timár Gáborral, az ELTE TTK geofizikai és űrtudományi tanszékvezetőjével *Bolygórandevú – A Jupiter mint jégkorszak-generátor* címmel érdekes interjút közölt 2023. március 8-án a Magyar Nemzet.hu (Bertók 2023a). Az írás a március 11-i Lugas mellékletben is megjelent (Bertók 2023b). A beszélgetésre az alkalmat a Vénusz és a Jupiter 2023. március eleji „különleges” együttállása adta.

Az interjúban földi éghajlatváltozás is előkerült. Timár Gábor a lehetséges földi jövőt a forró vénuszi légkör képzetével festette le, majd a „rövid távú” (a több tízezer évnél rövidebb periódusidejű) éghajlatváltozásban kizárta a Naprendszer bolygóinak esetleges szerepét. Mivel a földi éghajlatváltozás okát illetően mindkét megjegyzés alkalmas egy túlzottan leegyszerűsítő szemlélet terjesztésére, válaszcikket írtam. Arra hivatkozva, hogy a napilap léptékével mérve az írás „túlságosan szakmai jellegű”, írásomat nem hozták le.

Reakciócikkemben a bolygóegyüttállással kapcsolatos megjegyzést szerettem volna kiegészíteni, amely így szólt: „A két bolygó mozgásának a remélt szerencsén túl ugyanakkor természettudományosan leírható hatása is van, mégpedig a Föld hosszú távú klímaváltozására. Arra a

negyvenezer éves ciklusokban ismétlődő klímaváltozásra gondolok, amelyekről mint jégkorszak-periódusokról szoktunk beszélni. ... A mostani klímaváltozás sebességében és intenzitásában messze kilóg ebből a csillagászati időtávban mérhető és kiszámítható rendszerből, ezért nyilvánvaló, hogy egészen más okokra vezethető vissza.” Véleményem szerint a bolygómozgásoknak nem csak csillagászati időtávban vannak mérhető megnyilvánulásai.

Amiről kevés szó esik

Íme néhány kevésbé ismert jelenség (a *Magyar Geofizika* olvasóközönsége számára némileg kibővítve és megfelelő irodalmi hivatkozásokkal is ellátva):

1. A számítástechnika fejlődésének köszönhetően Milankovics és Bacsák óta bizonyosságot nyert, hogy a több tízezer éves léptékű földpályaelem-változásokra rövidebb periódusidejű (évszázados, évtizedes, néhány éves, egy éven belüli, sőt annál is rövidebb) oszcillációk rakódnak rá (Cionco, Soon 2017; ismertető cikkek: Szarka 2020, Szarka et al. 2020). A gyorsabb lefolyású (pl. a néhány évtizedes) pályaelem-változásoknak szintén van kiszámítható éghajlat-alakító hatása (amely a

- klasszikus Milankovics-elmélethez képest a rövidebb időtartam miatt csekélyebb, de létezik). E tényező Short-Term Orbital Forcing (STOF) néven ismert.
2. A Föld saját tengelye körüli forgását jellemző térbeli vektor (az ún. szögsebességvektor) nagysága és iránya az idő függvényében örökösen változik. (Nemcsak égimechanikai, hanem egyéb külső és belső – pl. földtömeg-átrendeződési – hatások miatt is. És nem csak földtörténeti léptékben, ld. Varga, Fodor 2021). A szögsebesség például napjainkban nő, kb. 1972 óta, szakaszosan. A trendváltozásokkor (pl. 1995–1996, majd 2015 után, ld. Vinos 2022, Viterito 2022), de egyik napról a másikra is hirtelen képes ide-oda változtatni. (A Föld 86 400 másodpernyi forgásidejéhez képest néhány tized milliszekundummal.) A szilárd Föld rezdülése és az Andok meredek falába beleütköző pihekönnyű légtömeg áramlása közötti kölcsönhatást az impulzusnyomaték megmaradási tétele írja le (Völgyesi 2013a, 2013b, Szarka 2021a, 2021b).
 3. Miután a Naprendszer tömegéhez a bolygók (a nagybolygók, mindenekelett a Jupiter) is adnak némi hozzájárulást, a Naprendszer tömegközéppontja (a baricentrum) nem a Nap középpontjában tartózkodik, hanem szüntelenül spirálozik a Nap körül. A tömegközéppont nagyon sokszor a Napon kívülre esik; 2023-ban például a középponttól csaknem kétszeres Nap-sugárnyi távolságra. Barcza Szabolcs geofizikus-csillagász számításai szerint a Jupiter Föld–Nap távolságra kifejtett hatása a kb. 1360 W/m^2 -nyi napbesugárzásban (Total Solar Irradiance, TSI) nagyjából 30 W/m^2 -nyi kváziperiodikus változást jelent (Barcza 2020, Szarka 2021b).
 4. Johann Rudolf Wolf (a Wolf-féle napfolt-relatívszám megalkotója) kézenfekvőnek találta, hogy „a napfoltgyakoriság ingadozásai a Vénusz, a Föld, a Jupiter és a Szaturnusz hatásaitól függenek” (Wolf 1859). Később aztán úgy gondolták, hogy a naptevékenység változásait kizárólag a Nap belső mechanizmusai szabályozzák. Újabban megint egyre gyakrabban lehet olvasni arról, hogy a Nap működési ritmusát mégiscsak befolyásolják a nagybolygók (elsősorban a Jupiter és a Szaturnusz). A bolygók árapályereje bár gyenge, de a Nap dinamójának bolygómozgásokhoz való hangolódására számos erősítési mechanizmus kínálkozik lehetséges magyarázatként. A *Pattern Recognition in Physics* című folyóirat naprendszer-fizikai lapszáma 2013-ban az efféle kérdések között a földi éghajlatra vonatkozó következményekkel is foglalkozott. A lapszám szerkesztője, Nils-Axel Mörner svéd kutató (Rónai András negyedidőszak-kutató barátja) maga is írt cikket (Mörner 2013). A publikációkat heves viták övezték. Aztán példátlan megtorlás következett: egy tollvonással megszüntették magát a folyóiratot (PRP 2013).
 5. A *Pattern Recognition in Physics* betiltására okot adó lapszám szerzői közül többen ma is publikálnak vezető tudományos lapokban. Nicola Scafetta nápolyi fizikus például számszerűen kimutatta, hogy a Naprendszer bolygómozgásainak jellemző időperiódusai hajlamosak épp

azon periódusértékek köré csoportosulni, amelyek egy az egyben megfelelnek a jellegzetes (11 éves és hosszabb) napciklusoknak (Scafetta, Bianchini 2022). A *naptevékenység változékonyságának bolygóelméleti áttekintése és jelentősége az éghajlati oszcillációk megértésében* című előadásukra 2023 áprilisában, az Európai Földtudományi Unió (EGU) idei bécsi konferenciáján kerül sor (Bianchini, Scafetta 2023). Ebben sikeres naptevékenységi előrejelzéseket is bemutatnak. Scafetta rámutatott, hogy a bolygók napműködési hatását tagadó egyik cáfolatban azért nem látszik összhang a bolygómozgások és a napciklusok között, mert a cáfolatban egyszerű körpályák alapján végezték számítását, holott a bolygópályák elliptikusak (Scafetta 2023).

Scafetta és Bianchini (2023) ábrái közérthető formában szemléltetik a Nap mozgását és a jellemző perióduseloszlásokat. Cionco és szerzőtársai (2021, 2023) pedig a részletes spektrumelemzési adataikat táblázatos formában adják meg; utóbbit Scafettáék cáfolataként írták.

Ami teljesen elfelejtődött

Abból kiindulva, hogy a keringő bolygórendszereket gyakran önszerveződő és/vagy harmonikus kapcsolatok jellemzik, Scafettáék egy zeneelméleti egyenletet átiráltak a Naprendszer bolygóinak pályaatmérő-arányaira. A levezetésből Püthagorász (Pitagorasz) hangskálájának megfelelő arányok jöttek ki (Scafetta, Bianchini 2023). A gondolat persze nem új: magától a görög tudóstól származik. „A természet megértésének kulcsa a harmónia s a harmónia a számszerűség. A természet számokkal megérthető, és minden harmónia: A dolgok lényege a szám!” Ezt adta Püthagorász szájába – *A szférák harmóniája* című, színpadra szánt tanulmányában – Kövesligethy Radó (1862–1934) geofizikus, a magyar szeizmológia megteremtője (Kövesligethy 1908, Szabados 2011).

Záró gondolatok

Hetente jelennek meg hasonlóan izgalmas publikációk. Alátámasztásaként annak, hogy a természetet csupán töredékesen ismerjük; csak annyit tudhatunk, hogy a természeti törvények terén rend van.

Helytelennek tartom, hogy a mai világban a sajtó és a tudománykommunikáció a „különleges” bolygóegyüttállásokat vásári látványosságként mutogatja, hiszen az interjú után alig két hét elteltével újból szórakoztatnak efféle „különlegességgel” (Turistamagazin 2023). Nagyobb baj azonban, hogy a klímatudományban tovább terjed a fél-tudás. Miközben nagyon valószínű, hogy jelenkori éghajlatváltozást – sok minden más mellett – maga a Naprendszer is mozgatja: a földpályaelemek állandó módosítgatásával, a nagybolygók napműködésre, sőt esetleg a geodinamikára (vulkanizmusra, földrengésekre, gázfeláramlásokra) gyakorolt hatásával. Legalább nekünk, geofizikusoknak jó lenne nyitottnak maradnunk.

A cikk szerzője: Szarka László Csaba

Hivatkozások

- Amaya D. J., Jacox M. G., Alexander M. A. et al. (2023): Bottom marine heatwaves along the continental shelves of North America. *Nat. Commun.*, 14, 1038. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36567-0>
- Barcza Sz. (2020): Estimations for the secular oscillation of the Sun-Earth distance (tervezet, kézirat). https://epss.hu/wp-content/uploads/2021/04/Barcza2020b_17m_dsuea.pdf
- Bertók T. L. (2023a): Bolygórandevú – A Jupiter mint jégkorszak-generátor. *MagyarNemzet.hu*, 2023. március 8. <https://magyarnemzet.hu/lugas-rovat/2023/03/bolygorandevu-a-jupiter-mint-jegkorszakgenerator>
- Bertók T. L. (2023b): Bolygórandevú. *Magyar Nemzet*, Lugas 2023. március 11.
- Bianchini A., Scafetta N. (2023): An overview of the planetary theory of solar activity variability and its importance for understanding climate oscillations. In: *EGU General Assembly 2023*, Vienna, Austria, 24–28. Apr. 2023, EGU23-4472. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-4472>
- Cionco R. G., Soon W. W.-H. (2017): Short-term orbital forcing: A quasi-review and a reappraisal of realistic boundary conditions for climate modeling. *Earth-Science Reviews* 166, 206–222. <https://arxiv.org/pdf/1612.08380.pdf>
- Cionco R. G., Kudryavtsev S. M., Soon W. (2021): Possible origin of some periodicities detected in solar-terrestrial studies: Earth's orbital movements. *Earth and Space Science*, 8/8. DOI: 10.1029/2021EA001805.
- Cionco R. G., Kudryavtsev S. M., Soon W. (2023): Tidal forcing on the Sun and the 11-year solar activity cycle. *Solar Physics* (in print) <https://arxiv.org/abs/2304.14168>
- IERS (2023): <https://www.iers.org/IERS/EN/DataProducts/data.html>
- Kövesligethy R. (1908): A szférák harmóniája. Megjelent: Egy fejezet a művelődés történetéből alcímmel, *Ponticulus Hungaricus* 2005, 9, 1.
- MCSE (2023): <https://www.mcse.hu/egyesulet/eszlelesi-ajanel/egi-kalendarium-2022-marcius-2/>
- Mörner N.-A. (2013): Planetary beat and solar terrestrial responses. *Pattern Recognition in Physics*, 1, 107–116. DOI: 10.5194/prp-1-107-2013
- PRP (2013): <https://www.pattern-recognition-in-physics.net/>
- Scafetta N., Bianchini A. (2022): The planetary theory of solar activity variability: A review. *Front. Astron. Space Sci.*, 9, 937930. DOI: 10.3389/fspas.2022.937930.
- Scafetta N. (2023): Comment on “Tidally Synchronized Solar Dynamo: A Rebuttal” by Nataf (*Solar Phys.*, 297, 107, 2022). *Sol. Phys.*, 298, 24. <https://doi.org/10.1007/s11207-023-02118-5>
- Szabados L. (szerk. 2011): Kövesligethy Radó és az asztrofizika kezdetei Magyarországon. *Konkoly Observatory of the Hungarian Academy of Sciences, Monographs*, 8, 6–50.
- Szarka L. (2020): Titokfejtők. *Természet Világa*, 151, 361–365. http://real.mtak.hu/111995/1/361-365_milankovic.pdf
- Szarka L., Soon W. W.-H., Cionco R. G. (2021): How the astronomical aspects of climate science were settled? On the Milankovitch and Bacsák anniversaries, with lessons for today. *Advances in Space Research*, 67/1, 700–707. ISSN 0273-1177.
- Szarka L. (2021a): Klímatudomány és földfizika. *Magyar Geofizika*, 62/1, 7–26. <https://docplayer.hu/225053197-Magyar-geofizika-hungarian-geophysics-62-evfolyam-2021-1-szam.html>
- Szarka L. (2021b): Az Ég hajlatán: Barcza Szabolcs (1944–2021) munkásságának éghajlatkutató fejezete. *Magyar Geofizika*, 62/4, 234–242.
- Turistamagazin (2023): Négyes bolygóegyüttállás lesz látható. <https://www.turistamagazin.hu/hir/negy-es-bolygoegyuttallas-lesz-lathato>
- Varga P., Krumm F. W., Doglioni C., Grafarend E. W., Panza G., Riguzzi F., Schreider A. A., Sneeuw N. (2012): Did a change in tectonic regime occur between the Phanerozoic and earlier Epochs? *Rend. Fis. Acc. Lincei*, 23, 139–148. DOI: 10.1007/s12210-012-0172-6.
- Varga P., Fodor Cs. (2021): About the energy and age of the plate tectonics. *Terra Nova*, 33, 332–338. DOI: 10.1111/ter.12518.
- Vinós J. (2022): *Climate of the Past, Present and Future. A Scientific Debate*. 2nd ed. Critical Science Press Madrid.
- Viterito A. (2022): An important inflection point in recent geophysical history. *Int. J. Environ. Sci. Nat. Res.*, 29, 5. DOI: 10.19080/IJESNR.2022.29.556271.
- Völgyesi L. (2013a): A Föld precessziós mozgása. *Fizikai Szemle*, 5, 152–156. https://epa.oszk.hu/00300/00342/00272/pdf/EPA00342_FizSzem_2013_05_152-156.pdf
- Völgyesi L. (2013b): A Föld precessziós mozgása. *Fizikai Szemle*, 6, 187–193. <http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz1306/VolgyesiLajos.pdf>
- Wolf R. (1859). Extract of a letter to Mr. Carrington. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 19, 85–86.

Alexander von Humboldt és a földmágnesség mai szemmel

KOSZTA B.

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

Alexander von Humboldt a modern fizikai földrajz atyjának is tekinthető, aki a geofizikán belül a földmágnesség vizsgálatában ért el jelentős eredményeket. Írásomban ezt tekintem át történeti időrendben. Humboldt már bányaellenőrként is találkozott a földmágnességgel, amely később egyre fontosabb szerepet töltött be kutatásai során. A témán belül mindennel foglalkozott, ő vezette be a folyamatos, párhuzamos méréseket, mellyel mérőállomáshálózatot hozott létre. A földmágnességen belül statisztikai alapon jelentős eredményeket is elért: ő mutatta ki az inklináció és a totáltér erőssége között fennálló összefüggést. Ezt az eredményét ő maga is a legjelentősebbek közé sorolta.

Kosztá, B.: Alexander von Humboldt and geomagnetism today

Alexander von Humboldt can also be considered the father of modern physical geography, who achieved significant results in the study of earth magnetism within geophysics. In my article, I review this in historical chronological order. Humboldt already encountered geomagnetism as a mine inspector, which later played an increasingly important role in his research. He dealt with all aspects of the topic, he introduced the continuous, simultaneous measurements, with which he created a network of measuring stations. Within the geomagnetism, he also achieved significant results on a statistical basis: he showed the correlation between the inclination and the strength of the total field. He himself classified this result as one of the most significant.

1. Humboldt első találkozása a földmágnességgel

Alexander von Humboldt német polihisztor, természettudós 1769-ben gazdag porosz nemesi családba született. Ez meghatározta későbbi életét is, hiszen örökölt vagyonának jó részét a természettudományra, természettudományi kutatásokra költötte. Nem házasodott meg, hogy teljes egészében a tudománynak szentelhesse az életét.

Eleinte magántanárok útján, később számos német egyetemen szerezte meg az ehhez szükséges ismereteit. Különböző előadásokat hallgatott, majd 1789-ben a Göttingeni Egyetemen a geológia tudománya felé fordult. Itt jelent meg első műve is *Mineralische Beobachtungen über einige Basalte am Rheim* (Ásványtani megfigyelések néhány Rajna menti bazalton) címmel (Rupke, 2008).

Tanulmányai után a Fichtel-hegységben kezdett el a freiberger bányában bányaellenőrként dolgozni. Itt találkozott először a földmágnesség jelenségével, mikor egy szerpentinitömb dőlését akarta megmérni, és a várthoz képest szokatlanul nagy eltérést tapasztalt. Ez egy helyi mágneses anomáliára utalt, amelyet Humboldt villámcsapással magyarázott. Ez azért is érdekes, mert ekkoriban még nem volt bizonyított az elektromosság és a mágnesség kapcsolata (Korte, Mendea 2019). A valóságban ezt a jelenséget litoszférikus mágneses mező okozza, de ez így is egy nagyon figyelemre méltó és elgondolkodtató hipotézis a 18. század végén. Ezután, a következő években hasonló je-

lenségeket tapasztalt a Salzburg régió bányáiban is (Malin, Barraclough 1991).

2. Az 1799–1804-es dél- és közép-amerikai expedíció

2.1. A felfedezőút általános eredményei

Bányaellenőri tevékenysége után az örökölt vagyona jóvoltából Párizsba ment, amely akkor a tudományos élet központja volt, mivel ott dolgozott például Laplace és Lagrange is. Itt készült fel a nagy dél- és közép-amerikai útjára, amelyre Aimé Bonpland francia botanikus társaságában vállalkozott. Franciaországon és Spanyolországon keresztül jutottak el a mai Venezuela területén található Cumana-ba, ahonnan később bejárták Dél-Amerika belsőbb részeit, különösen az Amazonas-medencét. A kutatóexpedíció során az „új kontinens” teljes természeti megismerése volt a céljuk, ennek során a földmágneses mérések mellett számos botanikai, geográfiai, geológiai és népességföldrajzi felmérést, kutatást is végeztek. Eredményeiket számos esetben róluk nevezte el az utókor – például a Humboldt-ról elnevezett állatfajok esetében –, de hozzá kapcsolódik a Dél-Amerika nyugati partjainál húzódó Humboldt-áramlás elnevezése is.

Az ötéves utazás során számos tudománytörténeti eredményt értek el, például felfedezték az Orinoco és az Amazonas közötti átfolyást, a Cassiquiare-t, jártak a

Chimborazo oldalán, amelyet akkor a legmagasabb hegynek gondoltak, valamint felfedezték a hideg tengeráramlást Peru partjainál, amelyet először izotermás térképeken ábrázoltak.

2.2. A felfedezőit földmágneses eredményei

A földmágneses méréseket ekkor Humboldt leginkább az inklináció és a relatív erősség területén végezte. Már a ter-

vezetnél hosszabbra sikerült európai úton is végzett földmágneses méréseket, de nem ezek váltak igazán jelentőssé. A Kanári-szigetéről Cumanáig tartó hajójút során 12 jó minőségű mérést tudott elvégezni a Borda által továbbfejlesztett, minden addiginál jobb inklinációmérővel (1. ábra). Ebből a 12 mérésből már statisztikai következtetéseket tudott levonni.

Műszerében a függőleges tengely mentén tetszőlegesen tudott mozogni a tű, amely így beállhatott az inklináció szögére. A közepén rögzített tű egy kör alakú skalázott egységen mutatta a pontos szöget.

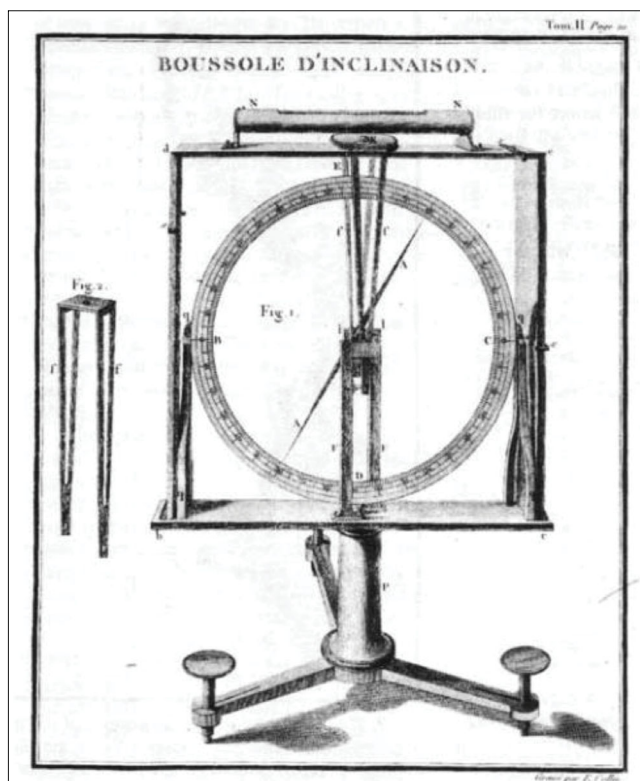
A relatív térerősséget egy függőleges tű adott idő alatti oszcillációinak száma alapján határozta meg. Abszolút erősséget nem tudott mérni, ez csak Carl Friedrich Gauss 1830-as matematikai modellje után vált lehetővé (Malin, Barraclough 1991). Addig csak az erő nagyságának és a periódusidő négyzetének a fordított arányosságát ismerték. A földmágneses erő, F meghatározása a tű oszcillációjának periódusidejéből, T -ből (1) alapján:

$$F = k^2/T^2, \tag{1}$$

ahol k egy adott konstans, melyet Gauss határozott meg 1830-ban (Malin, Barraclough 1991). (In Eqn. (1), the geomagnetic force is determined from the period time of the needle oscillation, k is a given constant defined by Gauss in 1830 (Malin, Barraclough 1991)).

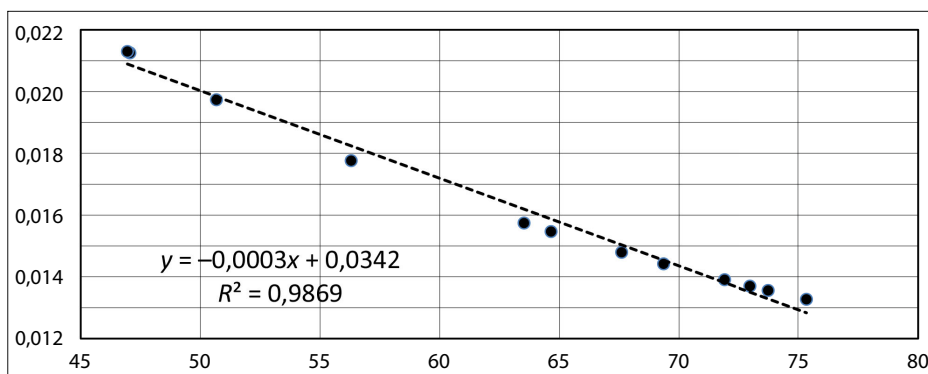
Az inklináció alapján mágneses szélességet definiált, és ebből a mágneses egyenlítőt, ahol az inklináció 0° . Ezekből a mérésekből Humboldt azt a következtetést vonta le, hogy az inklináció növekedésével általánosságban nő a relatív erősség is (2. ábra). Itt megemlíti Humboldt, hogy a pontos mágneses mérés mellé elegendően pontos földrajzi koordinátát is kell mérni, ami határozott kihívást okozott a tengeren (Humboldt, Bonpland 1822).

Az inklináció méréséhez új, a relatív erősségen alapuló mérési módszert dolgozott ki, mivel alacsony mágneses szélességeken az inklinációs tű leolvasása komoly hibákhoz vezethet. Ezért ott a függőleges és a horizontális relatív erősség arányából határozta meg az inklinációs szöget. Ez



1. ábra E.P.E: de Rossel inklinációmérője. Ezt dolgozta át és műszakilag javította Borda. A javított műszert használta Humboldt (Forrás: Courtillet, Le Mouel, 2007)

Figure 1 E.P.E: de Rossel's inclinometer. It was reworked and technically improved by Borda. The improved instrument was used by Humboldt (Source: Courtillet, Le Mouel, 2007)



2. ábra A totális erővel egyenesen arányos érték ($1/s^2$ -ben) és az inklináció ($^\circ$) közti összefüggés (Forrás: Humboldt, Bonpland 1822)

Figure 2 Relationship between the value directly proportional to the total force (in $1/s^2$) and the inclination ($^\circ$). (Source: Humboldt, Bonpland 1822)

gyakorlatilag az iránytangens meghatározását jelentette. Ezzel nagyon alacsony mágneses szélességeken, a mágneses egyenlítő környékén is lehetett inklinációs szöveget mérni.

Ekkoriban még Humboldt nem foglalkozott komolyabban a deklináció mérésével, mivel az akkori eszköztára nem tette lehetővé a tudományos kutatáshoz elegendően pontos méréseket. Csupán néhány helyen, tájékoztatás céljából közölt deklinációs adatokat. A felfedezőútjai során kereste a mágneses egyenlítőt, melyet Dél-Amerikában több helyen is meghatározott, például a Chimborazo oldalán, valamint az Amazonas-medencében is. Ebben a térségben található a Dél-Atlanti-óceánon a mágneses minimum, ahol a legkisebb a földmágneses tér intenzitása.

3. A mágneses mérőállomások

Az expedícióról visszatérve Humboldt Párizsban telepedett le, ahonnan csak majd 1826-ban tér vissza hazájába, Poroszországba, azon belül Berlinbe. Ekkoriban a földmágnességen belül új témát választott: a napi, gyors változásokat vizsgálta. Ehhez eleinte Gay-Lussac társaságában 24 órás méréseket végzett, általában óránkénti, fél óránkénti gyakorisággal. Olaszországban észlelték a mágneses mező megfigyelhető napi periódusát is (éjszaka és nappal különbségei) (Humboldt, Bonpland 1822). Kimutatták továbbá az Alpok kismértékű módosító hatását a helyi mágneses mezőre. Ilyenkor deklinációt, inklinációt, relatív erősséget és horizontális komponens is mértek, hogy a legteljesebb képet kapják a földmágneses mezőről. Már ekkor dokumentált hirtelen változásokat, melyeket „magnetische Stürme”-nak, azaz mágneses viharoknak nevezett el. A tudomány máig a Humboldt által adott nevet használja erre a jelenségre, melyet az északi régióban sarki fény követ.

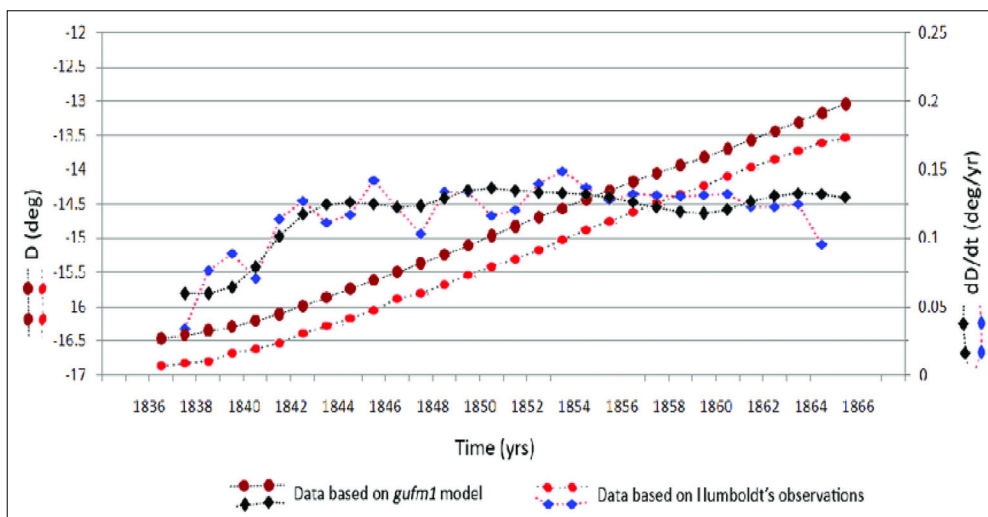
3.1. A mágneses mérőállomás és a műszer

Humboldt a mágneses mező hosszú távú folyamatos megfigyelésén gondolkodott, amihez mérőállomást kellett létrehozni. Ilyet Párizsban, Greenwichben és Berlinben építettek először, ahol arra törekedtek, hogy a valós mágneses mezőt torzító mesterséges (épített) hatásokat kiküszöböljék. Ezért ezeket az épületeket teljesen egészében fából kellett létrehozni. Az illesztésekhez nem mágnesezhető fémeket (rezt) használtak (Kellner 1959). Figyeltek arra is, hogy állandó hőmérséklet és páratartalom legyen, hogy ezek se befolyásolhassák a mérés eredményét. Fontos volt, hogy a környék se legyen hatással a mérésekre, ami szintén elég jól sikerült.

A mérésekhez Humboldt mágneses teleszkópot használt, de 1828-tól a Berlinben felállított obszervatóriumában már Gambey mágneses teledoitjával végezte a méréseket, amely kettős tácsövvel nagyobb pontosságot eredményezett. A beosztása milliméteres volt, és egy egység 22"-nek felelt meg. A műszer nagy előnye volt, hogy az optikai beállításoknak köszönhetően 0,1 mm pontossággal le lehetett olvasni az eltérést a kezdeti állapothoz képest a teodoliton, ami $\pm 2''$ szögelfordulás pontosságot eredményezett a torziós szálon, és így a valóságban is (Kellner 1959). Ezek Gauss fejlesztéseinek voltak köszönhetőek. Ily módon lehetővé vált továbbá az, hogy a megfigyelőnek ne kelljen nagyon közel mennie a műszerhez, ami befolyásolta volna a mérést.

3.2. A mérőállomások pontossága

A leolvasásnál rögzíteni kellett a mágneses adat mellett a hőmérsékletet, a páratartalmat, a szélirányt és az esetleges csapadékot is (Kellner 1959), mivel ezek mind befolyásol-



3. ábra Humboldt Berlinben mért deklinációs adatai és a matematikai modell által számított adatok. A grafikon mutatja a mért adatokat és azok változását, azaz az előző függvény differenciáhányados függvényét. (Forrás: Manda, Korte 2010)

Figure 3 Humboldt's declination data measured in Berlin and the data calculated by the mathematical model. The graph shows the measured data and their variation, i.e. the difference quotient function of the previous function (Source: Manda, Korte 2010)

ták a mérést. Ha a meteorológiai tényezők nagyon kirívóak voltak, a mérés értékelhetetlen volt. Ezt szemlélteti egy kutatás is, mely során vizsgálták Humboldt eredményeit és a matematikailag visszszámolt akkori mágneses mező adatait (Mandea, Korte 2010).

A grafikon adataiból megfigyelhető, hogy a vizsgált 30 éves időtartamon belül szinte végig állandó, 0.5°-os deklínációkülönbség figyelhető meg, míg a változásokat mutató görbe szinte párhuzamosan halad (3. ábra). Ennek oka vélhetően valamilyen szisztematikus hiba, melyet a mérési környezet, a mérőház és a mérőműszer hibájának összessége okoz. Feltételezhetően a környező épületek és az emberi tevékenység miatt jelent meg ez az eltérés.

3.3. A mérőállomás-hálózat gondolata és az első lépések

Humboldt hamar rájött, hogy egy-egy önmagában álló mágneses mérőállomás nem képes teljes képet nyújtani, hiszen a mágneses viharok is a földrajzi helyzettől függően máshogy hatnak, így nehéz ezeket teljesen megérteni. Ezért Humboldt nemzetközi mérőállomás-hálózatot igyekezett létrehozni, mely kiterjed az egész világra, és a párhuzamos, azonos módszerű méréseknek köszönhetően a földmágneses mező összehasonlíthatóvá válna ezáltal az egész Földön. Ez a feladat a 19. század első felének politikai, katonai helyzetében nem volt könnyű feladat, hiszen a mágneses adat nagyon fontos volt a tájékozódás szempontjából, így szinte mindig titkosan kezelték azt.

Először Francis Arago párizsi mágneses obszervatóriumában végzett párhuzamos méréseket a greenwichi mágneses mérőállomással, mely így a párhuzamos mágneses mérések prototípusának tekinthető. Ehhez csatlakozott Humboldt első oroszországi útja után Berlin, Kazany és Freiberg is, ahol a földfelszín alatt mértek, ami egy újabb perspektívát nyújtott. Ennek segítségével vizsgálhatták, hogyan befolyásolja a földfelszín a földmágneses méréseket, hiszen a mérőállomás a föld mélyén helyezkedett el. E mérések eredménye a földmágneses modellhez is hozzájárult, mivel jelentős eltérések nem voltak tapasztalhatóak, kizárhatták azt, hogy konkrétan a felszínen helyezkedik el a földmágnességet befolyásoló tényező. Továbbá, a tengerszint feletti magassággal kapcsolatos összefüggések kezdeti méréseire is jó lehetőséget biztosított ez a bányában felállított állomás.

Humboldt második oroszországi útja után – mely során Szibéria és Közép-Ázsia nagy részét is bejárta – további 11 orosz állomás csatlakozott a párhuzamos mérésekhez, valamint Pekingben is létesítettek mágneses egy obszervatóriumot. Ezáltal Eurázsia nagy részét lefedő hálózat jött létre (Malin, Barraclough 1991, Korte, Mendea 2019).

3.4. A „Humboldt Verein” és a „Göttingen Magnetische Verein”

Humboldt 1829-es oroszországi expedíciója után az orosz cár segítségével jelentős mérőállomás-hálózat alakult ki.

Ezekben az obszervatóriumokban ugyanakkor azonos módszerrel és eljárással történt az adatrögzítés, így összehasonlíthatóak voltak a mérések. Ekkor már körülbelül 20 állomás gyűjtötte folyamatosan az adatokat. Ezt nevezte Humboldt „Verein”-nek, azaz egyesületnek.

Az adatok összegyűjtését és statisztikai kiértékelését Humboldt vállalta magára. Ebben viszont az aktuális politika helyzet miatt nem volt annyira sikeres. Csúpan a kezdeti adatokat tudta kiadni 1829-ben és 1830-ban, később Kupffer adta ki az orosz állomások adatait részleteiben. A többi adatnak viszont sajnos nyoma veszett, így nem nevezhető teljesen sikeresnek a kezdeményezés (Malin, Barraclough 1991). Végül ez fektette le a mérőállomás-hálózatok alapjait, melyek még a mai napig működnek a Földön.

Később a Göttingeni Egyetem két tudósa is érdeklődni kezdett a földmágnesség iránt. Carl Friedrich Gauss (1777–1855) és Wilhelm Eduard Weber (1804–1891) vették át a mágneses mérőállomás-hálózat működtetését. Innentől lehet Humboldt egyesületét „Göttingen Magnetische Verein”-nek nevezni. Gaussnak sikerült az 1836 és 1841 közötti adatokat összegyűjteni és kiadni „Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins” címmel, több évben is (Gauss, Weber 1837, 1840).

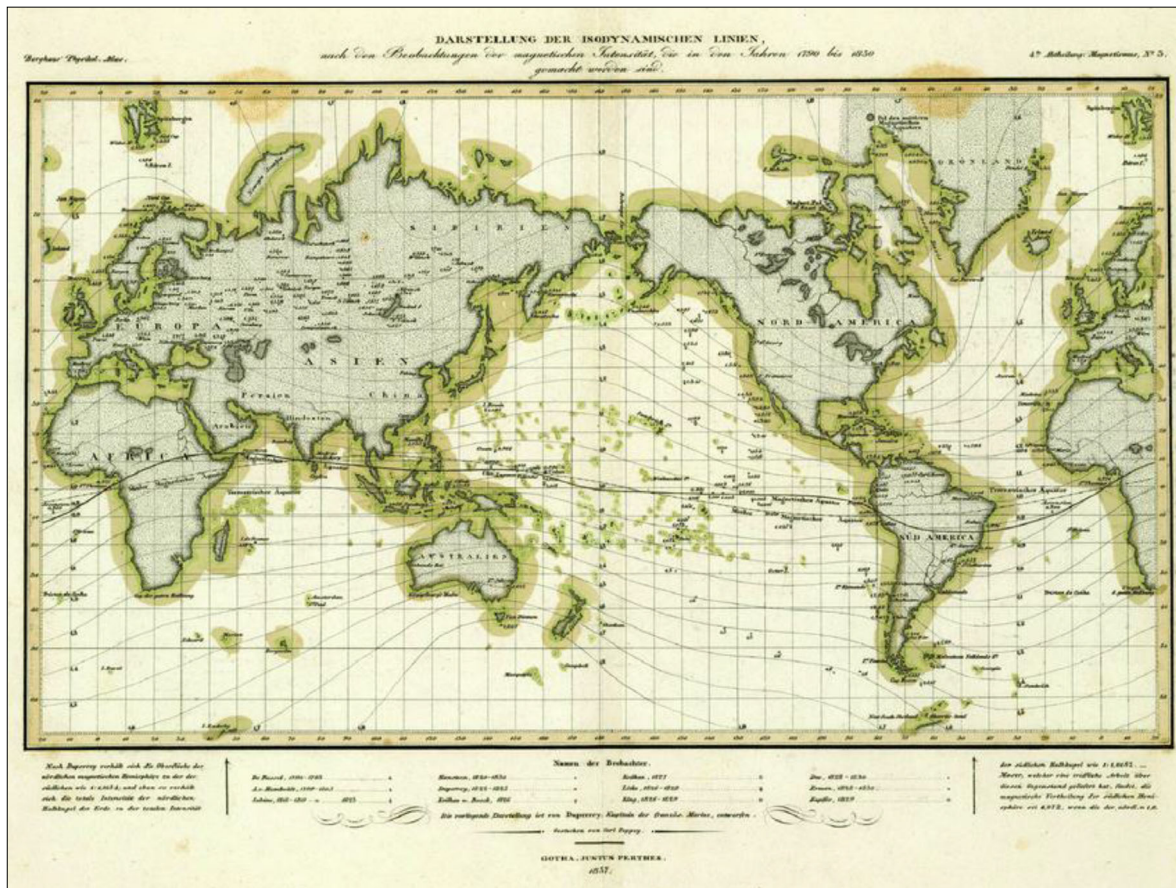
3.5. Humboldt és a Royal Society

Humboldt átlátta, hogy az eddigi mérőállomások ugyan csak Euráziában helyezkednek el, azonban azt elég jó arányban fedik le. Fontosnak érezte, hogy az Egyenlítő környékéről és a déli félgömből is álljanak rendelkezésre adatok, mivel ezáltal lehetne teljes képet alkotni. Ezt a legegyszerűbben a Brit Birodalom és így a Royal Society közbenjárásával lehetett elérni, minthogy a brit gyarmatok lefedték a Föld déli féltékének egészét. Ezért levelet írt a sussexi hercegnek, aki akkor a Királyi Társaság elnöki posztját is betöltötte, melyben kérte, hogy a britek is csatlakozzanak a nemzetközi földmágneses együttműködéshez (Malin, Barraclough 1991).

A Királyi Társaság által üzemeltetett mérőállomásokon a brit hadsereg katonái végeztek méréseket, és ezeket Edward Sabine (1788–1883) irányította, akinek a mágnesesség iránti érdeklődését Humboldt szintén jelentősen befolyásolta. Ő is publikálta e mérések eredményeit. Emellett Edward Sabine még statisztikai alapú földmágneses megfigyelést is tett. Észrevette, hogy van összefüggés a napfoltok és a mágneses viharok száma között, így rájött a naptevékenység fontos szerepére a mágneses mező gyors változásai eredményeként (Malin, Barraclough 1991).

4. Humboldt mágneses térképei

A Humboldt által létrehozott mérőállomás-hálózat a világ jelentős részéről nyújtott mágneses adatokat, ami lehetővé tette, hogy pontos, az egész világra kiterjedő mágneses térképek készüljenek mind a totáltér, mind pedig az inkliná-



4. ábra | Az 1837-ben megjelent totáltérerősség izovonalas térképe. Relatív egységeket (Humboldt-egységeket) ábrázol (Forrás: Manda, Korte 2010)

Figure 4 | Isolated map of total space strength published in 1837. It shows relative units (Humboldt-units) (Source: Manda, Korte 2010)

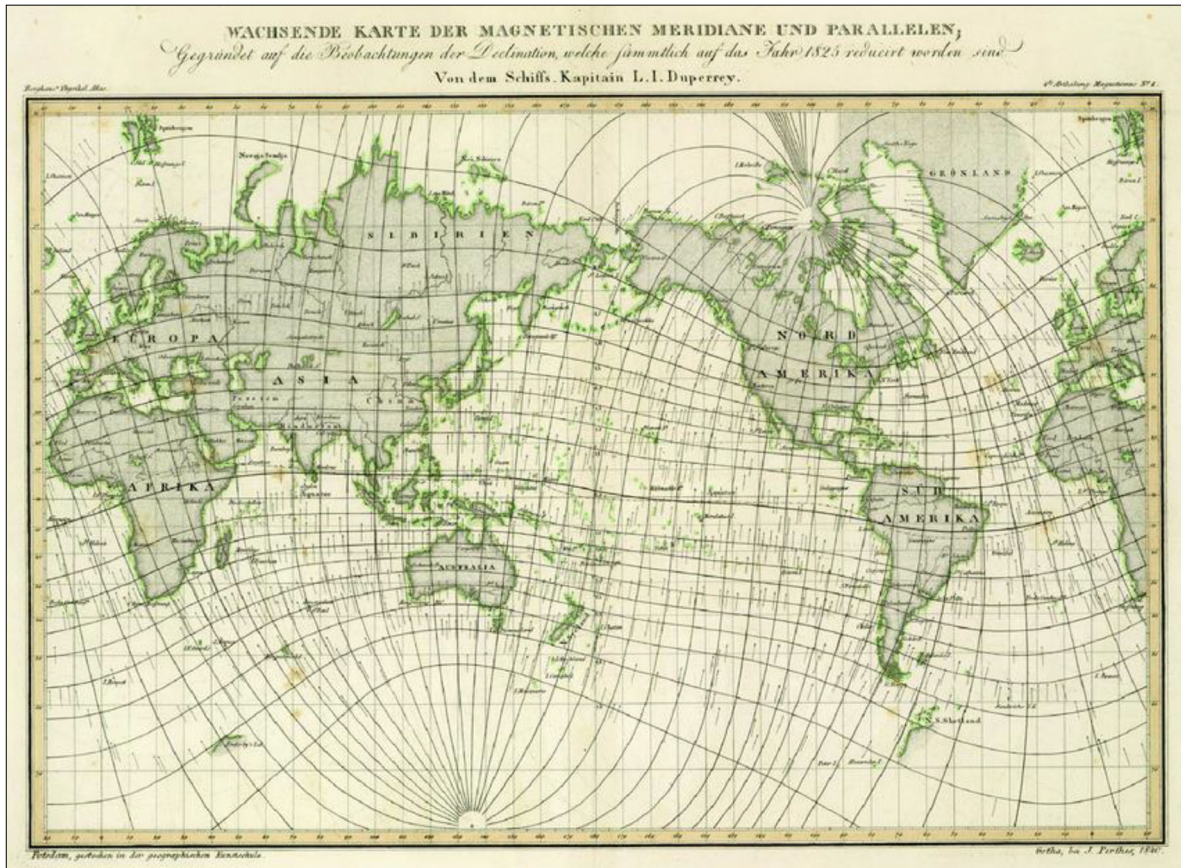
ció és a deklináció bemutatásáról. Ezek a földmágneses kutatásait összefoglaló, szemléltető térképek Gothában jelentek meg 1837-ben, 1840-ben, és 1841-ben a Berghaus kiadónál (Manda, Korte 2010). A térképek közös jelentősége, hogy kora kifejezetten fejlett és pontos alkotásainak számítottak. Egy 2010-es kutatás során megvizsgálták ezek pontosságát (Manda, Korte 2010). Matematikai modell segítségével visszszámolták a szekuláris változást, és ez alapján hasonlították össze a Humboldt korabeli térképeken tapasztaltakkal. A visszszámolás pontosságát növelte a 19. század elejétől hirtelen nagymértékben megnövekedő mágneses adatmennyiség, melyekkel a modellt korrigálni lehetett. Az adatok egy 1510-ig visszamenő adatbázisból érhetőek el, mely tartalmazza az azóta történt deklináció-, inklináció- és totáltéréréseket egészen a 20. század közepéig (Jonkers, et al. 2003).

Először a totáltérkép jelent meg, melyen 1790 és 1830 között mért adatok szerepelnek, ami meglehetősen tág időtartam a mágneses mérések esetén, hiszen ez idő alatt már a szekuláris változás értékei is jelentékenyek lehetnek, melyeket korrigálni, egy időpontra kell átszámítani. Ez a térkép csak relatív totál térerősséget ábrázol, mivel ekkor még nem volt meg az abszolút értékekhez szükséges matematikai modell. Az ábrázoláshoz arányosi-

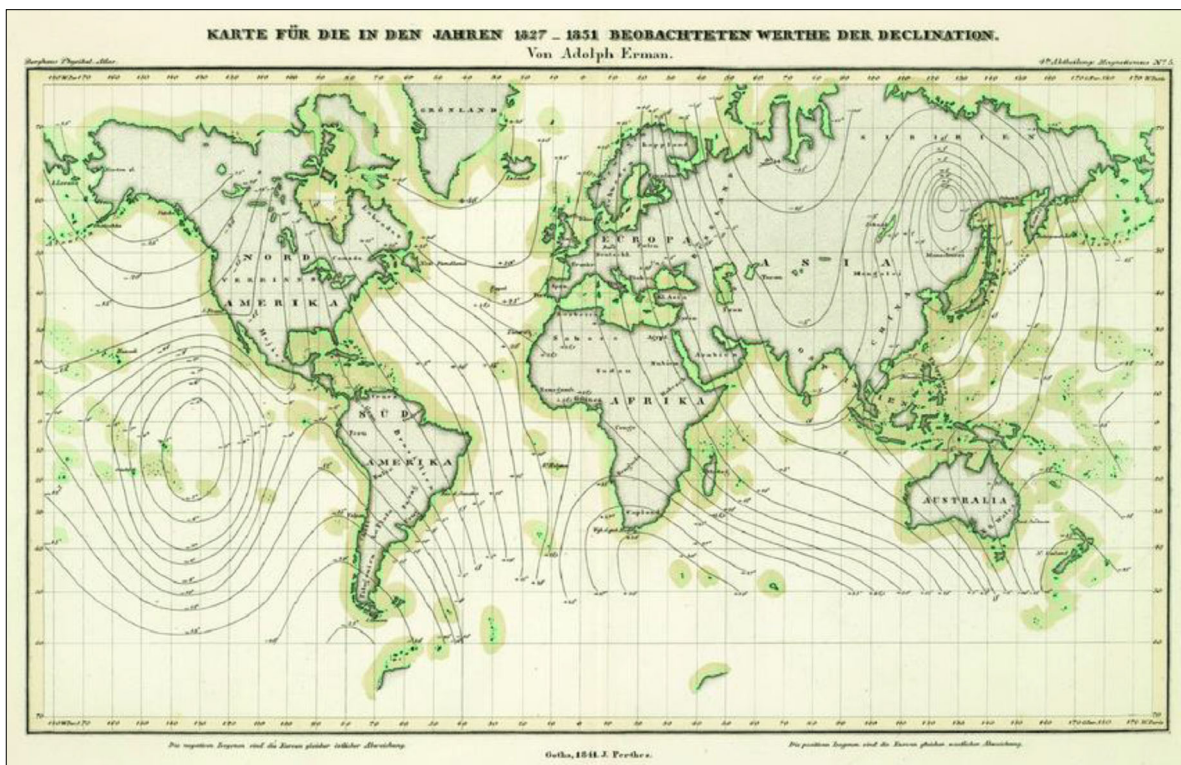
tás és egy egység bevezetése szükséges volt, hogy informatív, összehasonlítható elemzések, térképek készülhessenek. Ezt az egységet tiszteletből Humboldt-egységnek (Hu) nevezték el később, amely (későbbi méréseknek köszönhetően) megegyezik 34 941 nT-val. A térkép minimumot mutat a dél-atlanti térségben, illetve maximumot Kanada és Szibéria területén (4. ábra). A térkép kiemeli továbbá a mágneses egyenlítőt, amelynek környékén jelennek meg a minimális értékek (és amelyen 0° az inklináció). Ezek az aktuális kutatások alapján akkoriban helytálló információk voltak (Manda, Korte 2010), azaz a visszszámított modellel jelentős egyezést mutatnak.

Az inklinációtérképen – mivel a mágneses szélesség az inklinációval van definiálva – látható Humboldt legnagyobb mágneses felfedezése: a mágneses szélesség és a földrajzi szélesség közti közelítő összefüggés. Viszonylag pontosan ábrázolja a mágneses sarkokat, a mágneses egyenlítőt (melyet vastagon is kiemeli). Érdekes és szokatlan mágneses hosszúságoknak az ábrázolása, melyek a mágneses pólusokból indulnak ki, és végig merőlegesek a mágneses szélességekre, ezáltal kvázi az inklináció gradiensirányát adják meg.

A deklinációtérkép volt talán a tájékozódásban a legfontosabb, így annak volt a legtöbb gyakorlati haszna. A 19.



5. ábra | 1840-es mágneses szélesség- és hosszúságtérkép (Forrás: Manda, Korte 2010)
 Figure 5 | Magnetic latitude and longitude map published in 1840 (Source: Manda, Korte 2010)



6. ábra | 1841-es deklinációtérkép (Forrás: Mande, Korte 2010)
 Figure 6 | Declination map published in 1841 (Source: Mande, Korte 2010)

században leginkább hajózott világot alaposan ábrázolja izogonokkal, viszont a sarkok környékén nem jelez semmit, vélhetően azért, mert kevesebb és megbízhatatlanabb adat állt onnan rendelkezésre, valamint ott sokkal nagyobb és gyorsabb eltérések lehetnek a mágneses pólusok közelsége miatt. A térképen előjelesen vannak ábrázolva a szögek melyek a nyugatias (pozitív) és a keleties (negatív) deklinációt jelzik.

A térkép pontosságának ellenőrzésekor érdemes az agonális (0° -os deklinációs) vonalakat megnézni. Ezekből kettő figyelhető meg: az egyik Észak- és Dél-Amerika keleti részén fut végig, a másik pedig Kelet-Európán, majd egy távol-keleti kanyarulat után Ausztrálián fut végig. Itt a Kínán és Japánon átfutó 0° -os izogonnánál jelentősebb eltérés tapasztalható a számított értékekhez képest (Mandea, Korte 2010).

Összességében kijelenthető, hogy Humboldt a korszak elvárásait, pontosságát meghaladó mágneses térképeket készített, melyek a saját korukban megállták a helyüket, de ma már kurióznak számítanak.

5. Humboldt jelentősége

Alexander von Humboldt a mai napig az egyik leginkább tisztelt természetföldrajzi szakember, akinek a kutatásai szinte minden területre kiterjedtek, átfogó már-már polihisztori munka jellemezte. Ebben az írásban a geofizikához legjobban kapcsolódó földmágneses kutatásait, munkáit tekintettük át, egyéb munkáiról csak rövid említés esett. Tiszteletét az utókor is megőrizte például azzal, hogy róla nevezte el a relatív mágnesesotáltér-mérésekhez használatos egységet.

Születésének és halálának kerek évfordulóin rendszerint komoly, akár egész éves megemlékezéssorozatot szentelnek Humboldt emlékére. Legutóbb például 2019-ben – születésének 250. évfordulójára – szeptember 14-ét az International Biogeography Society Nemzetközi Humboldt-napnak nyilvánította.

Ugyanakkor fontos megemlíteni, hogy a berlini Humboldt Egyetemet (Humboldt Universität zu Berlin) nem ő, hanem a bátyja, Wilhelm von Humboldt alapította. Ma-

napság viszont az egyetem a két Humboldt-testvér nevét közösen viseli, ezzel emléket állítva mind a két férfinak.

Készült a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-6 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával.



A cikk szerzője: Koszta Benedek

Hivatkozások

- Courtillet V., Le Mouël J.-L. (2007): The study of Earth's magnetism (1269–1950): A foundation by Peregrinus and subsequent development of geomagnetism and paleomagnetism. *Reviews of Geophysics*, 45/3. <https://doi.org/10.1029/2006RG000198>
- Gauss C. F., Weber W. (1837): *Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1836*. Leipzig
- de Humboldt A., Bonpland A. (1822): *Personal Narrative of Travels to the Equinoctial Regions of the New Continent, during the Years of 1799–1804*. Vol. I–II, London.
- Gauss C. F., Weber W. (1840): *Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1839*. Leipzig
- Kellner L. (1959): Alexander von Humboldt and the organization of international collaboration in geophysical research. *Contemporary Physics*, 1/1, 35–48.
- Korte M., Mandea M. (2019): Geomagnetism: From Alexander von Humboldt to current challenges. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20/8, 3801–3820.
- Malin S. R. C., Barraclough D. R. (1991): Humboldt and the Earth's magnetic field. *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 32/3, 279–293.
- Mandea M., Korte M. (2010): Alexander von Humboldt's charts of the Earth's magnetic field: An assessment based on modern models. *History of Geo- and Space Sciences*, 1, 63–76.
- Rupke N. A. (2008): *Alexander von Humboldt: A metabiography*. The University of Chicago Press, Chicago.
- T. Jonkers A. R., Jackson A., Murray A. (2003): Four centuries of geomagnetic data from historical records. *Reviews of Geophysics*, 41/2. <https://doi.org/10.1029/2002RG000115>

Hozzászólás a *Magyar Geofizika* 63. évfolyamának 4. számában közölt „Uránkutatás Iránban” című cikkéhez

Tisztelt Kollégák, dr. Mileji-Salamon Batur a következő levéllel kereste meg Szerkesztőségünket, levelét az alábbiakban szó szerint közöljük.

Letter to Editor-in-Chief
Attn: Dr. Tamas Bodoky

Allow me to continue in Hungarian, in order to other interested people can also read it.

A *Magyar Geofizika* 63. évfolyam (2022) 4. számban közölt Jegyzet

*Uránkutatás Iránban (az ELGI 1991–92. évi expedíciói)
Uranium exploration in Iran (Expeditions of ELGI in
1991–92)*

felébresztette emlékeimet.

Már elegendően idős vagyok ahhoz, hogy bármely kiadvány pontatlanságáért szóljak. Azonban az ELGI-ben eltöltött éveim erkölcsileg is kötelez, hogy minden külföldi szolgálatom tisztességes teljesítése, az események *pontos leírását* tartalmazza.

A történeti hűség szerint a szóban forgó project valójában a TESCO külkereskedelmi vállalat kezdeményezésére indult (külkereskedelmi tevékenységet az ELGI nem folytathatott). Az akkori TESCO állandó kiküldött, *Jónás Csaba* (ma is élő tanú) hívta ki a magyar delegációt a tárgyalásokra. NIKEX részéről *dr. Vaskor László*, az ELGI részéről *dr. Salamon Batur* utazott ki 1991. májusában Teheránba. Az iráni Atomic Energy Organization of Iran (AEOI) Exploration Unit vezetőjével, *Sulejmani* úrral és szakmai testületével folytattak tárgyalást. A NIKEX kiküldött szerepe volt a pénzügyi (LC) és ICOTerms feltételekben a megállapodás, az ELGI kiküldött feladata volt a feladat megismerése, a szakmai igények felmérése és az ajánlott geofizikai lyukszelvényező berendezés ismertetése és elfogadtatása. Ezek a tárgyalások több napon át folytak az AEOI helységeiben, és néha nehéz viták után, eredményesen zárultak. A szerződések létrejöttek.

Az iráni fél tájékoztatót, hogy a kijelölt Saghandi területen már dolgoznak kínai geológusok, felszíni mérésekkel és a fúrás adatok feldolgozásával vannak előzetes becsléseik az urántartalomról. Ezeket kellene hitelesen felül-

vizsgálni fúrólukbéli mérésekkel. A ismertett MOLE berendezésekre kikötésük volt a „brand new” állapot. Ez komoly problémát jelentett a leszállításkor Isfahanban történt vámolás során (DDU paritással).

Dr. Salamon Batur az expedíció lebonyolítására, kapcsolattartások, adminisztrációs ügyintézés (pl. a sugárforrások problémái) előkészítésére 1991. szeptember 10-én előre utazott. A közvetlen szakmai irányítás *Szongoth Gábor* feladata volt. A teljes ELGI-csapat 1991. szeptember 11-én este érkezett Teheránba. A nagy távolságok, utazások, elszállásolások és szállítási nehézségek miatt, a tényleges mérési munkák a Shagandi területen késedelemmel kezdődtek. Az első fúrásban a szelvényezés szeptember 26-án 15:00-kor történt. Az ELGI szakmai csapat jól dolgozott, az iráni kollégák készségesen segítettek a helyszíni problémákban. A terepi munkáról készült Final Report leadása után végül a csapat december 11-én hazarepült. Aztán még néhány napig Teheránban tartott a végelszámolás Nikex-AEOI LC alapon. Az AEOI szakemberei rendszeresen felügyelték és elismerték az ELGI-kollégák munkáját. A napi értekezleteken megbeszélések és kiértékelések egyeztetése angolul folytak, a kínai részről egy kínai-angol tolmáccsal, magyar részről *dr. Salamon Batur* közreműködésével. Az iráni geológusok, geofizikusok, még a technikusok is beszéltek angolul.

Záró megjegyzések: A MOLE terepen floppylemezekre rögzített anyagait az ELGI-ben számítógépes teljes feldolgozásra hazahozták. Az iráni fél soha nem kért titoktartási kötelezettséget. A most publikált *Jegyzet* 2023. január 24-én zárul, az 1992. évben történekről semmit nem ír.

Összességében eredményes vállalkozás volt, a Magyar Geofizika jó hírét vitték Iránba.

Tisztelettel,

Dr. Mileji-Salamon Batur

Az Eötvös Loránd parkban felállított ismertető táblák

Mint már erről korábban is beszámoltunk, a Normafánál, az egykori Hotel Olimpia helyén új parkot alakítottak ki, amelyet neves fizikusunkról, Eötvös Lorándról neveztek el. Az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány (ELGA) a parkban

két táblát helyezett el, ezeken röviden ismertetik a parknak nevet adó tudóst.

*Pályi András*nak, az ELGA kuratóriumi elnökének kérésére itt is bemutatjuk a kihelyezett táblákat.

Szerkesztőség

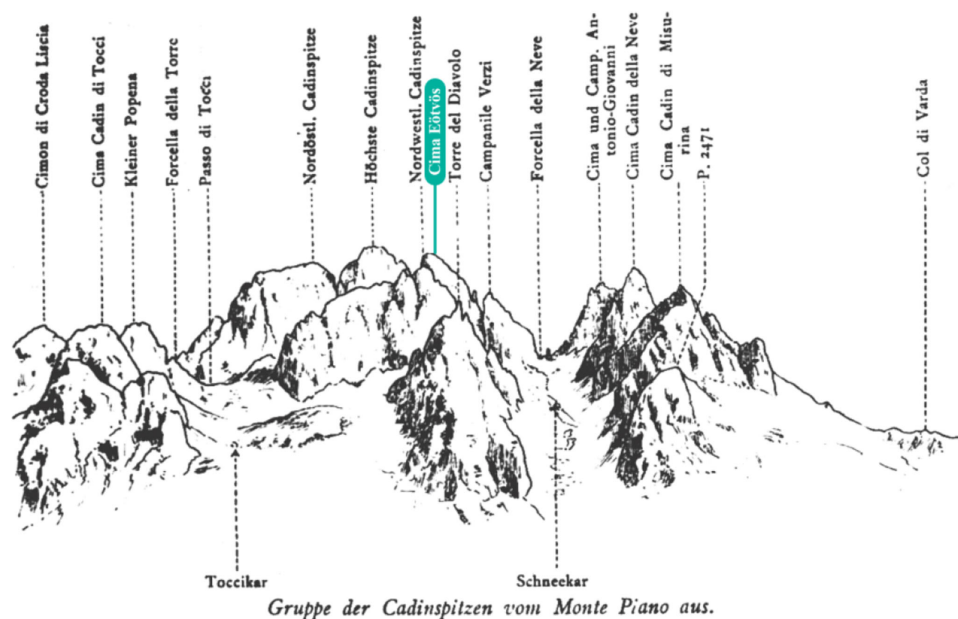


bárá Eötvös Loránd (1848–1919)

A Svábhegy szülötte, világhírű természettudós, a róla elnevezett torzós inga feltalálója, a nyersanyagkutató geofizika megteremtője, Einstein relativitáselméletének kísérleti megalapozója. Korának jeles közéleti szereplője. Nemzetközi hírű hegymászó, a kárpát-medencei turizmus egyik úttörője.



Eötvös-inga (1889)



Eötvös-csúcs (Cima Eötvös) 2837 m

Hegymászó teljesítményének nemzetközi elismeréseként még életében róla nevezték el a dél-tiroli Dolomitok Cadin csoportjának második legmagasabb csúcsát.

„Nekem ez az ezerarcú Cadin örökszép gyönyörűségem”

(Eötvös Loránd)

„Feljutni a hegy tetejére hordszéken vagy fogaskerekű vasúton még nem turista érdek, de magasba kapaszkodni, legyőzve minden akadályt, mely az emelkedésnek útjában áll, legyőzve különösen a testnek kényelmet szerető tunyaságát, ez már turistához méltó dolog. Megszeretni magát az utat és annak fáradalmait, erre tanít a turistaság, mikor nem azt jutalmazza öntudatos megelégedéssel, aki sok helyen megfordult, hanem azt, aki sok és fáradságos utat futott be.”

(Eötvös Loránd)

Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány, alapítva 1990-ben az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet által, melyet 1907-ben maga a világhírű tudós hozott létre, és önállóan működött folyamatosan 2012-ig ezen a néven.



HEGYVIDÉKI
ÖNKORMÁNYZAT



Errátum

Tisztelt Kollégák!

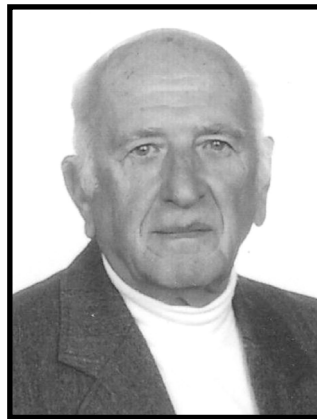
Előző számunkban *dr. Baráth István*ról, elhunyt kollégánkról mint aranyokleveles geofizikusmérnökről emlékeztünk

meg, holott mint ahogy erre *dr. Deres János* kolléga figyelmeztetett, Pista már gyémántokleveles geofizikusmérnök volt. Megköszönve a helyreigazítást, elnézést kérünk ezért a figyelmetlenségünkért.

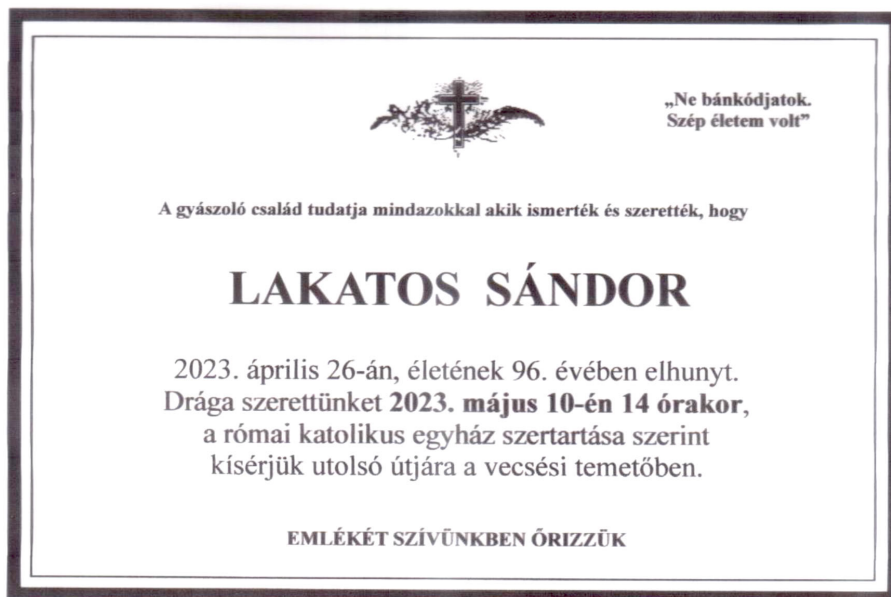
Szerkesztőség

* * *

Lakatos Sándor, a Magyar Geofizikusok Egyesületének alapító tagja 1927 – 2023



Lakatos Sándor
1927 – 2023



Szigü Temetkezés Kft.

Lantos Miklós

1938 – 2023



Lantos Miklós
1938 – 2023

S adtok-e, kiskorom
erdői, majd megint nyugalmat,
hogyha jövök haza megpihenni?

Johann Christian Friedrich Hölderlin



Mély fájdalommal tudatjuk mindazokkal, akik ismerték és szerették, hogy

Lantos Miklós
2023. május 31-én, 84 éves korában végleg megpihent.

Feltámadás reményében 2023. június 23-án 16 órakor, a római katolikus egyház szertartása szerint, szentmisével egybekötve helyezük örök nyugalomra a kelenföldi Szent Cellért plébánia altemplomában.
(1115 Budapest, Bartók Béla út 149.)

A gyászoló család kérése, hogy a búcsúzóik csak egy szál virággal róják le kegyeletüket.

Emléke legyen áldott!

E-mail cím: lzt.zoltan@gmail.com, lapelevel@gmail.com

* * *

Tisztelt Kollégák! Tisztelt Tagtársaink!

A *Magyar Geofizika* mindenkori szerkesztőbizottsága szeretne mindig tisztelettel adózni kollégáink, tagtársaink munkásságának, eredményeink, ehhez azonban ismeretekre van szükségünk. Ezért tisztelettel kérjük tagtársainkat – elsősorban azokat, akik mögött már hosszú szakmai élet van –, hogy állítsák össze életük mérföldköveit, írják le fontosnak tartott szakmai és egyéb eredményeiket.

Hosszú életünk folyamán mindnyájan számtalan önéletrajzot írtunk, a legutóbbiakat talán éppen az arany-, illetve gyémántdiplománk kapcsán. Ha ezeket az önéletrajzokat egyúttal az Egyesületnek is megküldené, az egy-szer majd egy későbbi szerkesztőség munkáját nagyban segíthetné a méltó tiszteletadásban.

Őszintén remélve, hogy kérésünkkel nem botránkoztat meg Önöket, tisztelettel kívánunk jó egészséget mindnyájuknak.

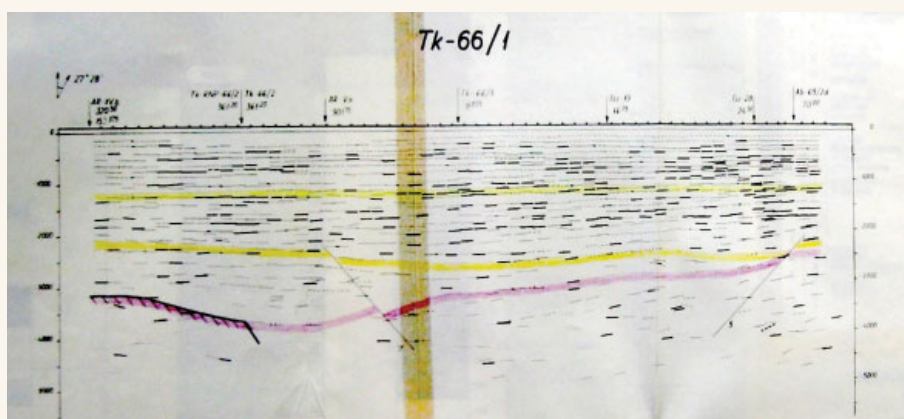
Szerkesztőbizottság

Tiszakécske – 1966

Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet I/1-es szeizmikus csoportjának tiszakécskei irodájában folyik a szeizmogramok feldolgozása



A szeizmikus feldolgozás manuálisan történt, mert számítógépek még nem voltak. Szabó László (balról) geodétamérnök (rehabilitálása után honvéd alezredes) és a csoport vezetője a már kiértékelt szeizmogramokat nézik át újra. Az asztalon a hétvégék legfontosabb irodalma, a vasúti menetrend (mert magánautók sem igen voltak ekkor)



Munkájuk eredménye a kézzel szerkesztett szeizmikus reflexiós szelvény

MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

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

E-mail: postmaster@mageof.t-online.hu; Honlap: www.mageofegy.hu

