

MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

A MAGYAR
GEOFIZIKUSOK
EGYESÜLETÉNEK
FOLYÓIRATA



JOURNAL OF THE
ASSOCIATION
OF HUNGARIAN
GEOPHYSICISTS

Az Elnökség döntése – Megszűnik a *Magyar Geofizika* nyomtatott változata

Földtani és Geofizikai Vándorgyűlés, 2022

A Shumann-rezonanciás mérések inverziójának a megbízhatósága

Nigériai kaland

Báró Eötvös Loránd szobrának koszorúzása
Geofizikushallgatók sikerei a 2022. évi ELTE TTK
Tudományos Diákköri Konferenciáin

Eötvös Loránd-park

Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia –
BKF 2023 – Első körlevél

In Memoriam

Dr. Szeidovitz Győzőné Woynárovich Zsuzsanna



MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

63. évfolyam (2022) 3. szám



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

TARTALOM • CONTENTS

SZERKESZTŐSÉGI ROVAT • EDITORIAL

- 129 Az Elnökség döntése – Megszűnik a *Magyar Geofizika* nyomtatott változata (Decision of the Presidency of AHG on terminating the printed version of the journal) – *Bodoky T.*

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

- 130 Földtani és Geofizikai Vándorgyűlés, 2022 (Geology and Geophysics Annual Meeting, 2022) – *Szerkesztőség*

TANULMÁNY • PAPER

- 131 A Schumann-rezonanciás mérések inverziójának a megbízhatósága (The reliability of the inversion of Schumann resonance measurements) – *Prácser E., Bozóki T.*

TUDOMÁNYTÖRTÉNET • SCIENCE HISTORY

- 141 Nigériai kaland – *Szabó Z.*

HÍREK • NEWS

- 149 Bárány Eötvös Loránd szobrának koszorúzása – *Pályi A.*
150 Geofizikushallgatók sikerei a 2022. évi ELTE TTK Tudományos Diákköri Konferenciáin – *Szijártó M.*
151 Eötvös Loránd-park – *Pályi A.*
152 Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia – BKF 2023 – Első körlevél

IN MEMORIAM

- 154 Dr. Szeidovitz Győzőné Woynárovich Zsuzsanna – *Bodoky T.*

MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

63. évfolyam (2022) 3. szám

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

Főszerkesztő • Editor-in-Chief

DR. BODOKY TAMÁS

E-mail: mageofedit@gmail.com

Szerkesztőbizottság • Editorial Board

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

DR. PETHŐ GÁBOR, DR. SZABÓ NORBERT PÉTER

Technikai szerkesztő • Technical Editor

HOCK GÁBOR

E-mail: mageoftechn@gmail.com



Lapunk e számának megjelenését a
Magyar Tudományos Akadémia
támogatja

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

Kiadja a Magyar Geofizikusok Egyesülete
A kiadásért felel: Kovács Attila Csaba

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

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

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

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

Az Elnökség döntése

Megszűnik a *Magyar Geofizika* nyomtatott változata

Tisztelt Kollégák!

A Magyar Geofizikusok Egyesületének Elnöksége a folyó év szeptember 27-én tartott ülésén megvizsgálta a *Magyar Geofizika* lap helyzetét, és arra a megállapításra jutott, hogy az emelkedő nyomdai költségek, a csökkenő példányszám és a szintén csökkenő, esetenként teljesen elmaradó támogatások mellett az Egyesület nem képes már a lapot jelenlegi formájában fenntartani.

A probléma megoldására több lehetőség is kínálkozott. A legegyszerűbb megoldás a lap megszüntetése lett volna. Ebben az esetben nekrológiába beírhattuk volna, hogy: „Élt 63 évet, most már nyugodjon békében!”

Szerencsére az Elnökség nem ezt a döntést hozta, hanem úgy határozott, hogy csak a lap *nyomtatott* változata

szűnik meg a 63. évfolyam 4. száma után, míg a lap *online* változatát megpróbáljuk életben tartani. Így elvben a lap tovább élhet, igaz, hogy már csak a világhálón.

Az azonban, hogy valóban tovább él-e a *Magyar Geofizika*, nem csupán az Egyesület lehetőségein múlik. Ez sokkal inkább attól függ, hogy a lap olvasói, tehát az Egyesület tagsága és a társtudományok képviselői mennyire érzik magukénak, mennyire tartják fontosnak, ugyanis egy lap addig él, ameddig írnak bele, ameddig érkeznek a cikkek.

Ne felejtsek tehát, az *utolsó nyomtatott száma* a lapnak az idei 4. szám lesz.

Jó szerencsét!

Bodoky Tamás
főszerkesztő

Földtani és Geofizikai Vándorgyűlés, 2022

Idén október 14-től 16-ig ismét sor került az Magyarhoni Földtani Társulatnak és a Magyar Geofizikusok Egyesületének már hagyományos, közös vándorgyűlésére „A jövő ösvényein” címmel. A Vándorgyűlésnek az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület új budapesti székháza adott otthont.

A Vándorgyűlés két plenáris előadással, *Tari Gábor* (ÖMV) vulkanit és vulkanoklasztit rezervoárokat globális példákban bemutató előadásával és *Holoda Attila* Európa energetikájának aktuális helyzetét tárgyaló előadásával indult. Ezt követően két napon át a 48 regisztrált résztvevő 24 színvonalas szakmai előadást hallgathatott meg.

A Vándorgyűlést szakmai kirándulás zárta, amelyen a szervezők a Dorogi- és a Zsámbéki-medence rendszeres földtani térképezésének legújabb eredményeit mutatták be.

A Vándorgyűlésen elhangzott előadások kivonatos anyaga, valamint a szakmai kirándulás részletes ismertetése egy igényesen szerkesztett kötetben jelent meg.

A Vándorgyűlés céljai, részletes programja és az ezzel kapcsolatos egyéb információk megtalálhatók a Magyarhoni Földtani Társulat Honlapján, a

foldtan.hu/hu/vandorgyules_2022

címen.

Újdonság, hogy a Vándorgyűlés mindkét napjáról videofelvétel is készült, így akit ez érdekel, utólag is részt vehet az előadásokon. A videofelvételek megtekintését mindenkinek, aki nem lehetett jelen, csak ajánlani tudjuk, mert komoly szakmai élményt jelentenek. A videofelvételek megtalálhatók a

<https://www.youtube.com/watch?v=xZpcnWssMNU>

és

<https://www.youtube.com/watch?v=HIG26fxHDVc>

címeken.

Szerkesztőség

A Schumann-rezonanciás mérések inverziójának a megbízhatósága

PRÁCSER E.[@], BOZÓKI T.

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

A villámlások által keltett elektromágneses teret a Föld számos helyén mérik az extrém alacsony frekvenciatartományban (<100 Hz). Ezeket a méréseket nevezzük Schumann-rezonanciás (SR) méréseknek. Az SR mérésekből a villámlások helyére és intenzitására inverziós algoritmussal adunk egy becslést. Az ebben a cikkben bemutatott inverzió a Jacobi-mátrix szinguláris értékek szerinti felbontásán (SVD) alapul, és bemutatunk néhány, az inverzió megbízhatóságára utaló mennyiséget. Az inverziót szintetikus adatokon teszteljük, és a kapott eredmények minőségét jellemző értékeket is elemezzük. A szintetikus tesztek igazolják, hogy a bemutatott minőségjellemző értékek hasznosak az inverzióval kapott eredmények megbízhatóságának a megítélésében. A tesztek egyik fontos eredménye, hogy az inverzió minőségét nem befolyásolja károsan, ha a villámlások feltételezett helyeit nem megfelelően választjuk meg.

Prácser, E., Bozóki, T.: The reliability of the inversion of Schumann resonance measurements

The electromagnetic field generated by lightning is measured at extremely low frequencies (<100 Hz) in many places on Earth. These measurements are called Schumann resonance (SR) measurements. From SR measurements the location and intensity of global lightning activity can be estimated by applying an inversion algorithm. In this paper, we present an inversion approach based on singular value decomposition (SVD) for this problem and we describe some quality features of the applied inversion technique. The inversion algorithm is tested on synthetic data and the reliability of the obtained results is examined based on the described quality features. Our synthetic tests confirm that the described quality features are very useful in determining the reliability of inversion results. An important conclusion from the synthetic tests is that the quality of the inversion is not adversely affected by incorrect assumptions about the location of the lightning sources.

Beérkezett: 2022. szeptember 28.; elfogadva: 2022. november 8.

1. Bevezetés

A villámlások által a Föld felszíne és az ionoszféra közötti hullámvezető térben keltett extrém alacsony frekvenciájú elektromágneses hullámok (ELF) terjedésével a szakirodalomban az 1950-es évek óta foglalkoznak (Madden, Thompson 1965, Nickolaenko 1997, Nickolaenko, Hayakawa 2014, Polk 1982, Schumann 1952). A Föld-ionoszféra hullámvezetőben az ilyen elektromágneses hullámok rezonanciafrekvenciáit Schumann-rezonanciáknak nevezik, amelyek az extrém alacsony frekvenciájú mérések spektru-

mainak a 8, 14, 21 stb. Hz-nél megjelenő csúcsainál figyelhetők meg (Price 2016). A Föld-ionoszféra hullámvezetőben egy villám hatását függőleges elektromos dipóllal modellezzük, a mágnesestérerősség-vektor merőleges a hullám terjedési irányára (Jackson 1975). Mivel az ELF alsó sávjában a villámok által keltett elektromágneses hullámok csillapodása rendkívül alacsony (kb. 0,5 dB/Mm) (Chapman és mtsai 1966), minden villám hatása megjelenik a Schumann-rezonanciás mérések adataiban. Ezen adatok vizsgálata hozzájárul a klimatológiai kutatásokhoz (Williams, Mareev 2014, Williams, Bozóki és mtsai 2021).

A Schumann-rezonanciával foglalkozó kutatásoknak már régóta célja, hogy a mérési adatokból inverzióval meghatározza a zivatar-tevékenységek helyét és intenzitását (Dyrda és mtsai 2014, Heckman és mtsai 1998, Nickolaenko, Hayakawa 2014, Prácser, Bozóki, Satori, Williams és mtsai 2019, Shvets 2001). Ezen a téren a múltban már számos kísérletet végeztek, de az eddigiek közül egyik sem jutott el a rutinszerű gyakorlati alkalmazásig. A geofizikai inverziós algoritmusok két fő részből állnak, azaz tartalmazzák az előremodellezést és az inverz feladat megoldását. Jelen esetben az előremodellezés megadja, hogy adott villámlások esetén milyen SR-adatokat mérnénk, az inverzió pedig a mért SR-adatok alapján becslést ad a villámlások eloszlására és intenzitására. Az inverziós programunkban alkalmazott előremodellezés alapjait a 2.1. alfejezetben foglaljuk össze, a Jacobi-mátrix szinguláris értékek szerinti felbontásán (SVD) alapuló inverziós módszert a 3. fejezet ismerteti. A 4. fejezetben szintetikus adatokon mutatjuk be az inverzió működését.

2. Az inverziós feladat áttekintése

2.1. Előremodellezés

A homogén vagy inhomogén Föld–ionoszféra hullámvezetőben terjedő elektromágneses hullámokat leíró képleteket a szakirodalom kimerítően tárgyalja (Nickolaenko, Hayakawa 2014, Prácser, Bozóki 2021), ezért most csak a legfontosabbakat mutatjuk be, ezek levezetése az idézett publikációkban megtalálható. A Madden és Thompson (Madden, Thompson 1965) által javasolt módszert alkalmazzuk, a távvezeték elméletéből ismert módon számítjuk az elektromágneses tér komponenseit, azaz a Föld felszínét egy kétdimenziós távvezetéknek tekintjük. A képleteket gömbkoordinátákkal adjuk meg. A Föld és az ionoszféra közötti $V(\theta, \phi)$ feszültség tetszőleges (θ', ϕ') forráskoordinátákra számítható numerikusan és analitikusan is (Kirillov és mtsai 1997, Prácser, Bozóki 2021). Az elektromágneses tér komponenseit megkapjuk a $V(\theta, \phi)$ feszültségből,

$$E_r(\theta, \phi) = \frac{V(\theta, \phi)}{h_c}, \quad (1a)$$

$$H_\theta(\theta, \phi) = -\frac{1}{RZ \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} V(\theta, \phi), \quad (1b)$$

$$H_\phi(\theta, \phi) = \frac{1}{RZ} \frac{\partial}{\partial \theta} V(\theta, \phi). \quad (1c)$$

ahol R a Föld sugara ($R = 6371$ km), h_c az ionoszféra komplex „elektromos” magassága és Z a földfelszínnek mint távvezetéknek az impedanciája. Ennek a távvezetéknek a jellemzőivel több cikk is foglalkozik (Kulak, Mlynarczyk 2013, Mushtak, Williams 2002, Pechony, Price 2004), az ezekben ismertetett komplex ionoszféramagasságokból számítható a Z impedancia. Abban az esetben, ha a forrás az Északi sarkon van ($\theta' = 0$), és az ionoszféra

magassága állandó, azaz a hullámvezető homogén, a V feszültséget a

$$V(\theta) = \frac{iM\nu(\nu+1)}{4\omega\epsilon R^2 \sin(\nu\pi)} P_\nu(-\cos\theta). \quad (2)$$

képlet adja meg, ahol i a képzetes egység, P_ν a Legendre-függvény, ω a körfrekvencia, $M = Ids$ a forrás – amely időtartományban egy áramimpulzus – momentuma és a dimenziómentes ν paraméter a

$$\nu(\nu+1) = R^2 \omega^2 \epsilon \mu \frac{h_l}{h_c} \quad (3)$$

képlettel számítható, ahol h_l az ionszféra komplex „mágneses” magassága (Polk 1982, Wait 1962). A (2) egyenlet értelmében V csak a forrás és az észlelés szögtávolságától függ. Ezért a gömbháromszögekre érvényes koszinusz-tétel alkalmazásával V tetszőleges forráskoordinátákra számítható (Prácser, Bozóki, Satori, Takátsy és mtsai 2020, Prácser, Bozóki 2021).

A Schumann-rezonanciás mérés az egyes villámlások által keltett inkoherens elektromágneses térértékek összege. A villámcsapások (másodpercenként, átlagosan kb. 50–100) egy kváziállandó „háttér” rezonanciateret okoznak, amelyben az egyes impulzusok hatása nem ismerhető fel. Ezért a „háttér” Schumann-rezonancia modellezésekor a Föld felületét elemi forrászónákra osztjuk, amelyik mindegyike egy M átlagmomentummal jellemezhető. A teljes elektromágneses teret az egyedi források spektrális energiasűrűségeinek az összegzésével kapjuk meg (Nickolaenko 1997). A spektrális energiasűrűség (PSD) mértékegysége:

$$[\text{PSD}(Ids)] = \frac{A^2 m^2}{\text{Hz}} = \frac{C^2 m^2}{s}. \quad (4)$$

Ez az érték jellemzi a zivatar-tevékenység mértékét a „háttér” Schumann-rezonancia-kutatás esetében (Dyrda és mtsai 2014, Heckman és mtsai 1998, Shvets és mtsai 2011). Ebből következik, hogy a modellezett elektromágneses térnek is a spektrális energiasűrűségét kell számítani, összegezve az egyes források hatását.

Az egyes frekvenciákon mért elektromágneses térkomponenseket minden obszervatóriumra együttesen az inverzió bemenő adatainak tekintjük. Ezeket egyetlen PSD-vektorba (\mathbf{d}) rendezzük. Egy mérés modellezése a

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} |G_{1,1}|^2 & |G_{1,2}|^2 & \cdots & |G_{1,m}|^2 \\ |G_{2,1}|^2 & |G_{2,2}|^2 & \cdots & |G_{2,m}|^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ |G_{n,1}|^2 & |G_{n,2}|^2 & \cdots & |G_{n,m}|^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} |S_1|^2 \\ |S_2|^2 \\ \vdots \\ |S_m|^2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

mátrix-vektor szorzást jelenti, ahol n a bemenő adatok száma, m a feltételezett forráshelyek száma és $|S_k|^2 = |M(\omega)|^2 = |Ids(\omega)|^2$. $G_{j,k}$ a k -adik egységnyi intenzitású forráshoz tartozó j -edik adat, amelyet az (1a)–(1c) képle-

tek határoznak meg a j -edik adat típusának (E_r, B_θ, B_ϕ), a frekvenciának és a mérés helyének megfelelően.

2.2. Az inverzió

A geofizikában az inverzió alkalmazásakor általában azt feltételezzük, hogy a forrás ismert, és a cél a modellparaméterek meghatározása. Az SR mérések inverziójánál fordított a helyzet. A modellparamétereket ismertnek tekintjük és a források intenzitásának a becslése a célunk. Ebben az esetben is megmaradunk az inverziós szakirodalom szóhasználatánál és az inverzió ismeretlenjeit paramétereknek nevezzük, de ezalatt a források intenzitását értjük. Az inverziós algoritmussal kétféleképpen adhatunk becslést a forrás paramétereire:

- a) A források koordinátáit és az intenzitásait is ismeretlennek tekintjük.
- b) Csak a források intenzitásait tekintjük ismeretleneknek, feltételezzük, hogy a helyük ismert.

A b) változatot tartjuk előnyösnek. Az inverzió stabilitásának a szempontjából ugyanis kedvező, ha csak egyfajta fizikai mennyiség (intenzitás) meghatározásáról van szó. Az előremodellezés két lépésre bontható. Az első lépés a $G_{j,k}$ értékek kiszámítása az (5) egyenletben, a második lépés pedig egy mátrix–vektor szorzás. A b) esetben az első lépést – amely nagy számítási idő igényű (homogén Föld–ionoszféra modell esetén kb. négyszerese a második lépésnek) – csak egyszer kell elvégezni. Mivel a második lépés számítási ideje rövid, az inverzió egy iterációs lépése csak minimális időt vesz igénybe. Ezzel szemben az a) esetben a $G_{j,k}$ értékeket, amelyek számítási időigénye nagy, minden egyes iterációs lépésben újra ki kell számítani. Továbbá ebben az esetben a források helyére egy meglehetősen jó becslést kell megadni kezdeti paraméterként annak érdekében, hogy az inverzió kellően jól határozza meg a keresett paramétereket. A b) esetben szintetikus adatokkal végzett tesztek igazolják, hogy ha sok lehetséges forráshelyet adunk meg, akkor az inverziós algoritmus azokhoz a helyekhez, ahol nincs forrás, 0-hoz közeli intenzitásokat rendel (Prácsér, Bozóki, Satori, Williams és mtsai 2019). Ezért annak ellenére, hogy a b) esetben a források koordinátáit ismertnek tekintjük, a nagyszámú feltételezett forrás alkalmazásával ezzel a módszerrel is becslést tudunk adni a valódi források helyére.

A b) esetben az előremodellezés lineáris (egy mátrix–vektor szorzás), ezért elméletileg egy lépésben is megkaphatnánk a kívánt intenzitásokat. A gyakorlatban viszont az adathibák (kalibráció, zaj) vagy a modellezés pontatlansága miatt előfordulhat, hogy negatív intenzitásértékeket kapunk, ami fizikailag elfogadhatatlan. Ezért célszerű az inverzió ismeretlenjeinek a logaritmusával számolni, ami kizárja, hogy negatív intenzitásokat kapjunk. Ebben az esetben viszont a feladat már nem lesz lineáris, ezért linearizált módszerrel iterációs alapon kell elvégezni az inverziót. Általában 120 iteráció elegendő az

inverzió alkalmazásakor. Mivel a $G_{j,k}$ értékeket – amelyek számítása időigényes – csak egyszer kell kiszámítani, hiszen azok értéke nem változik az iterációs lépések alkalmával, egy iteráció csak néhány másodpercet vesz igénybe egy közönséges személyi számítógépen. Ezért lehet az iterációk számát nagynak venni. Az inverziót regularizációval úgy lehet szabályozni, hogy egy iterációs lépés során a keresett paraméterek csak kismértékben változzanak. Ez stabil inverziót eredményez. A Schumann-rezonanciás mérések inverziója a Jacobi-mátrix szinguláris értékek szerinti felbontásán (SVD) alapul. A szakirodalomban található példa ennek a módszernek a geofizikai alkalmazására (Jupp, Vozoff 1975). A következő fejezetben áttekintjük az SVD-n alapuló inverzió alapjait, és megmutatjuk, hogy miként jellemezhető az inverzióval kapott paraméterek megbízhatósága.

3. Linearizált inverzió a Jacobi-mátrix szinguláris értékek szerinti felbontásával

Az inverzió célja a paraméterek (forrásintenzitások) számítása a mérési adatokból. Sajnos olyan direkt algoritmus nem létezik, amely megadja ezeket a paramétereket a mérési adatokból. Ezért inverziós módszer alkalmazására van szükség. Adott kezdeti paraméterekből kiindulva az inverziós algoritmus az előremodellezést többször végrehajtva úgy módosítja a paramétereket, hogy az azokhoz tartozó elméleti adatok egyre közelebb kerüljenek a mért adatokhoz. Az előremodellezés tömör formában felírva:

$$\mathbf{f}(\mathbf{m}) = \mathbf{d}, \quad (6)$$

ahol az \mathbf{f} vektor–vektor függvény, az \mathbf{m} vektor tartalmazza a paramétereket, a \mathbf{d} vektor a számított adatokat. A \mathbf{d} adatvektor dimenziója n , az \mathbf{m} paramétervektoré m . Ebben a cikkben azt feltételezzük, hogy $n > m$. A cél az, hogy találjunk egy olyan \mathbf{m} vektort, amely minimalizálja az

$$\|\mathbf{f}(\mathbf{m}) - \mathbf{d}_0\| = \min. \quad (7)$$

L_2 normát. A \mathbf{d}_0 vektor tartalmazza a mérési adatokat. Ezt a minimalizálási feladatot iterációs algoritmussal oldjuk meg. Azt feltételezzük, hogy már van egy paramétervektor, és ezt egy $\Delta\mathbf{m}$ vektorral úgy módosítjuk, hogy a módosított $\mathbf{m} + \Delta\mathbf{m}$ vektorhoz tartozó számított adatok a lehető legközelebb legyenek a mért adatokhoz. Az iteráció egy lépése a

$$\|\mathcal{J}\Delta\mathbf{m} - \Delta\mathbf{d}\| = \min. \quad (8)$$

minimalizálása, ahol \mathcal{J} az \mathbf{f} Jacobi-mátrixa, amelyet érzékenységi mátrixnak is neveznek, és $\Delta\mathbf{d} = \mathbf{d}_0 - \mathbf{f}(\mathbf{m})$. \mathcal{J} az \mathbf{f} függvény ismeretében számítható, és az adatok paraméterek szerinti parciális deriváltjait tartalmazza. A Jacobi-mátrix szinguláris értékek szerinti felbontása (Lanczos 1961, Jackson 1972):

$$\mathcal{J} = \mathbf{U}\mathbf{\Lambda}\mathbf{V}^T,$$

ahol az \mathcal{U} mátrix az adattérbeli, a \mathcal{V} mátrix a paraméterterbeli sajátvektorokat tartalmazza. Az átlós Λ mátrix a λ_k sajátértékeket tartalmazza csökkenő sorrendben, T jelöli a transzponálást. Az \mathcal{U} és \mathcal{V} mátrixok k -adik oszlopát \mathbf{u}_k -val és \mathbf{v}_k -val jelöljük. Érvényesek az

$$\mathcal{U}^T \mathcal{U} = \mathcal{I}_n, \quad \mathcal{V}^T \mathcal{V} = \mathcal{I}_m \quad (9)$$

egyenlőségek, ahol \mathcal{I}_n és \mathcal{I}_m n -, illetve m -dimenziós egység mátrixok. A (8) egyenlet megoldása:

$$\Delta \mathbf{m} = \mathcal{V} \Lambda^{-1} \mathcal{U}^T \Delta \mathbf{d}. \quad (10)$$

A (10) egyenletben az \mathcal{U} és \mathcal{V} mátrixok nem tartalmazzák a 0 sajátértékű sajátvektorokat. A $\mathcal{V} \Lambda^{-1} \mathcal{U}^T$ mátrixot a Jacobi-mátrix általánosított vagy Lánczos-inverzének nevezik. Jelöljük p -vel a nem 0 sajátértékek számát és tegyük fel, hogy $p < m$! Legyen \mathbf{s} a 0 sajátértékű sajátvektoroknak egy tetszőleges lineáris kombinációja! Ekkor egy $\Delta \mathbf{m}_g = \Delta \mathbf{m} + \mathbf{s}$ vektor is megoldása a (8) egyenletnek. Ezért minden $\Delta \mathbf{m}_g$ vektor, amelyre teljesül a

$$\mathcal{V} \mathcal{V}^T \Delta \mathbf{m}_g = \Delta \mathbf{m} \quad (11)$$

egyenlet, megoldása a minimalizációs feladatnak. A $\Delta \mathbf{m}_g$ előtti $\mathcal{V} \mathcal{V}^T$ mátrix a felbontóképesség-mátrix, amelyet \mathcal{R} -rel jelölünk, és amely ideális esetben az egység mátrix. Ha \mathcal{R} nem az egység mátrix, akkor lesznek olyan paraméterek, amelyek külön-külön még elméletileg sem határozhatók meg, hanem csak azok lineáris kombinációja. Megmutatható, hogy amennyiben a hagyományos legkisebb négyzetek módszerén alapuló minimalizációs feladat megoldható, akkor annak a megoldása ekvivalens a (10) képlettel. Abban az esetben, amikor vannak szélsőségesen kicsi sajátértékek, ez képlet nem ad stabil megoldást. Csillapító tényező alkalmazására van szükség, ami azt jelenti, hogy a Λ^{-1} átlós mátrixban $1/\lambda_j$ -t a

$$\lambda_j / (\lambda_j^2 + \alpha) \quad (12)$$

képlettel helyettesítjük, ahol α a csillapító tényező, amelyet a Tyihonov által javasolt módszerrel számítunk (Tikhonov, Arsenin 1977, Prácser, Bozóki, Satori, Williams és mtsai 2019).

Az \mathbf{m} paramétervektor kovarianciamátrixa a Jacobi-mátrixból vagy annak az SVD felbontásában levő \mathcal{V} mátrixból számítható

$$\text{cov}(\mathbf{m}) = \sigma^2 (\mathcal{J}^T \mathcal{J})^{-1} = \sigma^2 \mathcal{V} \Lambda^{-2} \mathcal{V}^T, \quad (13)$$

feltételezve, hogy az egyes adatokat terhelő hibák függetlenek és azonos szórásúak. σ jelöli a Δd_i értékek szórását. Másképpen fogalmazva a $\Delta \mathbf{m}$ vektor kovarianciamátrixa $\sigma^2 \mathcal{I}_m$. Az \mathcal{R} felbontóképesség-mátrix is kifejezhető a \mathcal{V} mátrixszal

$$\mathcal{R} = \mathcal{V} \mathcal{V}^T. \quad (14)$$

Mind a (13), mind a (14) egyenlet tartalmazza a \mathcal{V} mátrixot. Közöttük az a fő különbség, hogy a (14) egyenlet nem tartalmazza a sajátértékeket.

Jelölje σ_k a k -adik paraméter szórását! Ez jó jellemzője a paraméter megbízhatóságának (Tarantola 2005)

$$\sigma_k = \sqrt{\text{cov}(m[k, k])}. \quad (15)$$

A paraméterek korrelációs mátrixa a kovarianciamátrixból számítható, amelynek egy eleme

$$\text{corr}(m[i, j]) = \frac{\text{cov}(m[i, j])}{\sqrt{\text{cov}(m[i, i]) \text{cov}(m[j, j])}}. \quad (16)$$

A kovariancia- és korrelációs mátrixok hasznos jellemzői az inverzió minőségének (Dobróka és mtsai 1991, Menke 1984). A kovarianciamátrix számítására a szakirodalomban gyakrabban használják a (13) egyenletben a Jacobi-mátrixot tartalmazó képletet. Ez ekvivalens az SVD komponenseit tartalmazó képlettel, amely valamennyi nem 0 sajátértéket tartalmazza. Ha a szélsőségesen kicsi sajátértékeket és a hozzájuk tartozó sajátvektorokat is figyelembe vesszük, akkor irreálisan nagy szórásértékeket kaphatunk (Jackson 1972), gyakran magának a paraméter értékének a többszörösét. Fontos megjegyezni, hogy a (13) képlet arra az esetre vonatkozik, amikor egy iterációs lépést csillapító tényező nélkül alkalmazunk. Ezért kétely merülhet fel a kovariancia- és korrelációs mátrixok megbízhatóságára vonatkozólag.

Egy paraméter szórását számíthatjuk a teljes kovarianciamátrix kiszámítása nélkül is,

$$\sigma_k = \sigma \sqrt{\sum_{i=1}^p \left(\frac{v_{k,i}}{\lambda_i} \right)^2}, \quad (17)$$

ahol $v_{k,i}$ a paraméterterbeli i -edik sajátvektor k -adik komponense és p a nem 0 sajátértékek száma. Ha a mért adatok száma lényegesen meghaladja az ismeretlen paraméterek számát ($n \gg m$), akkor általában $p = m$. A szélsőségesen kicsi sajátértékek esetére, amikor σ_k szélsőségesen nagy. Jackson (Jackson 1972) azt javasolja, hogy a sajátvektorok számát úgy kell korlátozni, hogy a szórásnégyzet ne legyen nagyobb egy t_k küszöbértéknél,

$$\sigma_k^2 = \sigma^2 \sum_{i=1}^{q_k} \left(\frac{v_{k,i}}{\lambda_i} \right)^2 < t_k, \quad (18)$$

ahol q_k a \mathcal{V} mátrixbeli \mathbf{v}_i sajátvektorok csökkentett száma. t_k értéke függ az inverziós modell tulajdonságaitól, értékét érdemes kisebbnek választani a paraméter várható abszolút értékénél. Egy másik lehetőség a szórás stabilizálása a csillapító tényező alkalmazása ((12), (17) képlet). Szintetikus adatokon végzett tesztszámítások azt mutatják, hogy ez az utóbbi módszer kedvezőbb, bár ennek az a hátránya, hogy az így számított szórás függ a csillapító tényezőtől.

A sajátértékek elemzése hasznos információt ad az inverzió minőségéről. A legfontosabb mennyiség a legnagyobb és a legkisebb sajátérték hányadosa, amely utal a paraméterek meghatározhatóságára. Három esetet különböztethetünk meg:

- a) $p < m$ azt jelenti, hogy lehetetlen valamennyi paramétert meghatározni. Ekkor az \mathcal{R} felbontóképeség-mátrix biztosan különbözik az egység-mátrixtól.
- b) $p = m$ és $\lambda_{\max}/\lambda_{\min} \gg 1$ azt jelenti, hogy elméletileg valamennyi paraméter meghatározható lenne, de az ekvivalencia miatt egyes paraméterek külön-külön nem határozhatók meg, csak a közöttük levő kapcsolatról kapunk információt.
- c) $p = m$ és a $\lambda_{\max}/\lambda_{\min}$ hányados nem túl nagy. Ebben az esetben valamennyi paraméter meghatározható, csupán az adatok hibája okozhatja a kapott paraméterek pontatlanságát.

Sajnos a gyakorlatban a kedvező c) eset ritkán fordul elő, különösen akkor, amikor az ismeretlen paraméterek száma nagy. A geofizikai inverziók alapján az a tapasztalat, hogy ha a

$$\lambda_{\max}/\lambda_{\min} < 10^4 \quad (19)$$

feltétel teljesül, akkor a valamennyi paraméter elfogadható pontossággal meghatározható. Természetesen ez a felső határ nem egy pontosan definiált érték, az ismeretlen paraméterek száma, azok eloszlása és a modell befolyásolhatja ezt az értéket.

A szórás számításával kapcsolatos – korábban már említett – problémák miatt érdemes egy másik, stabilabb minőségjellemzőt is keresni. Ebből a célból vegyük a felbontóképeség-mátrix megfelelő átlós elemét, amelynek az értéke minden esetben egy 0 és 1 közötti szám, és a szóráshoz hasonlóan egy egyszerű képlettel számítható,

$$r_k = \sum_{i=1}^p v_{k,i}^2. \quad (20)$$

Ha $p < m$, akkor biztosan lesznek olyan r_k értékek, amelyek 1-nél kisebbek, és ezzel egyértelműen jelzik a kevésbé megbízható paramétereket (a) eset). A c) esetben minden k -ra $r_k = 1$, ami azt jelenti, hogy mindegyik paraméterérték megbízható. A b) esetben is valamennyi paraméterre $r_k = 1$, de mivel ekkor szélsőségesen kis értékű sajátértékek is előfordulnak, ez nem fogadható el mint minőségi jellemző. Ezért a felbontóképeség-mátrix számításakor érdemes a sajátértékekkel súlyozni a sajátvektorokat. A módosított felbontóképeség-mátrix

$$\mathcal{R} = \frac{1}{\lambda_1} \mathcal{V} \Lambda \mathcal{V}^T, \quad (21)$$

ahol λ_1 a legnagyobb sajátérték. Ennek a mátrixnak az átlós elemei is a $[0, 1]$ intervallumba esnek, és jól jellemzik az inverzióval kapott paraméterek megbízhatóságát. Ezek az átlós elemek egy összeg formájában is számíthatók,

$$r_k = \sum_{i=1}^p \frac{\lambda_i}{\lambda_1} v_{k,i}^2. \quad (22)$$

Az r_k megbízhatósági értékek az SVD-n alapulnak és az előremodellezésnek mint vektor-vektor függvénynek a

tulajdonságaiból, valamint a mérés geometriájából adódnak. Lényegében csak a Jacobi-mátrixot használtuk fel a számítások során. A mért adatok és az azokat terhelő hibák csak közvetetten vannak hatással az r_k értékekre.

Hasonlítsuk össze a (17) és a (22) képleteket! Mindkét esetben a $v_{k,i}$ értékeket összegezzük, de különböző súlyokkal. A sajátérték negatív kitevővel szerepel a szórás és pozitívvá a megbízhatóságot jellemző r_k számításánál. A (22) képlettel definiált megbízhatósági jellemző hasonlóan minősít egy paramétert, mint a szórás reciproka. Az alkalmazása mellett az szól, hogy nem függ az adatokat terhelő hibáktól, továbbá a szórás számításakor feltételeztük, hogy az adatokat terhelő hibák függetlenek és megegyező szórásúak. Ez a gyakorlatban viszont általában nem teljesül, és a hibák szórását is gyakran csak becsülni tudjuk. Ezért célszerűbb az r_k értékek használata a szórások helyett.

4. Tesztek szintetikus adatokkal

A szintetikus adatokkal való tesztelést és az ismertetett minőségvizsgálatokat 6 mérési hellyel végeztük, a koordináták megfelelnek a HeartMath intézet (<https://www.heartmath.org/research/global-coherence>) mérési koordinátáinak. A földrajzi koordinátákat az 1. táblázat tartalmazza. A két mágneses komponens számítását a frekvenciáknak egy adott sorozatára.

1. táblázat | A HeartMath állomások földrajzi koordinátái a szintetikus adatok számításához
Table 1 | Geographical coordinates of the HeartMath stations used for synthetic testing

Azonosítók	Koordináták	
ALB	53,00° É	110,00° NY
BAI	55,50° É	23,70° K
BOU	37,20° É	122,10° NY
HLU	28,80° D	32,30° K
HOF	26,00° É	49,00° K
NOR	35,10° D	173,50° K

Öt szintetikus tesztet mutatunk be, a szintetikus adatok számítására érvényesek a következők:

- Három forrást alkalmazunk, állandó magasságú ionoszférával végezzük a modellezést, amint azt a 2.1. alfejezetben ismertettük. A három forrás megfelel a Föld azon részeinek, ahol a zivatartevékenység maximális (2. táblázat). Ezekre a forrásokra a továbbiakban mint „eredeti forrásokra” fogunk hivatkozni.
- A számított adatokhoz Gauss-eloszlású zajt adunk – 4% relatív hibával –, kivéve a 5. tesztet, ahol a zaj nagyságának a hatását vizsgáljuk. Ezeket az adatokat „mért spektrumnak” nevezzük.
- Az inverzió kezdeti paramétereinek minden feltételezett forráshelyhez egy kis intenzitásértéket rendelünk.

2. táblázat Forrásintenzitások ($C^2 km^2/s$) a szintetikus spektrum generálásához és az inverziós algoritmussal kapott forrásintenzitások

Table 2 The source intensities (in $C^2 km^2/s$) used to generated synthetic spectra and the source intensities reconstructed by the inversion algorithm

Koordináták	Eredeti	1. teszt	2. teszt	3. teszt	4. teszt
$0^\circ, 70^\circ NY$	3×10^4	$3,068 \times 10^4$	$3,045 \times 10^4$	$2,984 \times 10^4$	$2,783 \times 10^4$
$0^\circ, 20^\circ K$	6×10^4	$5,982 \times 10^4$	$5,984 \times 10^4$	$6,023 \times 10^4$	$5,967 \times 10^4$
$0^\circ, 110^\circ K$	3×10^4	$2,896 \times 10^4$	$2,949 \times 10^4$	$3,020 \times 10^4$	$3,225 \times 10^4$

Az első két tesztnél a paraméterek száma csak három, így a korrelációs mátrix alkalmas az inverzió megbízhatóságának a jellemzésére.

A 3., 4. és az 5. teszteknél a paraméterek száma lényegesen nagyobb (27), emiatt a korrelációs mátrix nehezen áttekinthető. Ezért ezeknél csak a sajátértékeket, a szórást és a megbízhatósági értékeket ((22) képlet) mutatjuk be és elemezzük. Az inverzió minőségének egy egyszerű jellemzője a mért és az invertált spektrumok illeszkedése. Ez valamennyi teszt estében jó minőségű inverzióra utal, ezért csak az első teszt esetén mutatjuk be.

4.1. 1. teszt

A Schumann-rezonanciás mérőállomásokon általában a mágneses térkomponenseket mérik. Ezért szintetikus mágnesspektrum-adatokat generálunk minden mérési helyre, és ezekre alkalmazzuk az inverziót. Ennél a teszt-nél feltételezzük, hogy a forrás helye ismert, és az inverziós algoritmus csak az intenzitásokat határozza meg. Az ezekhez az intenzitásokhoz tartozó spektrum jól illeszkedik a mért spektrumokhoz (1. ábra). Figyeljük meg, hogy az 1c ábrán a második rezonanciafrekvenciánál a mért

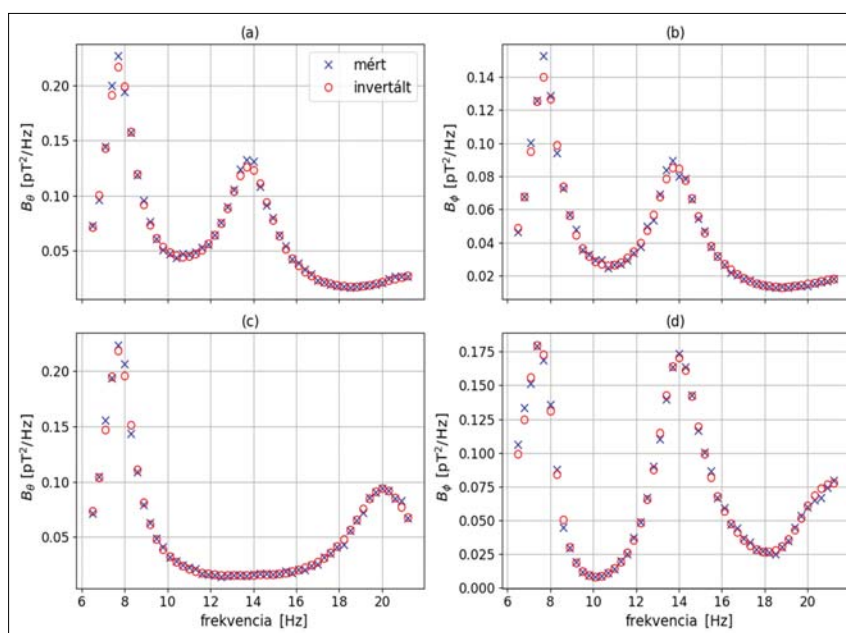
érték 0-hoz közeli, aminek az az oka, hogy a mérés 90° szögtávolságnyra van a forrásoktól. A legnagyobb és a legkisebb sajátérték hányadosa, amely az inverzió stabilitásának egy fontos jellemzője, $\lambda_1/\lambda_3 = 5,4876$. A 3 forrásintenzitás korrelációs mátrixa:

$$\begin{bmatrix} 1,00 & -0,11 & -0,73 \\ -0,11 & 1,00 & -0,21 \\ -0,73 & -0,21 & 1,00 \end{bmatrix}. \quad (23)$$

Az első és a harmadik forrás közötti viszonylag magas korrelációnak az az oka, hogy a Föld ellentétes oldalára esnek. Ezzel a jelenséggel a szakirodalomban már foglalkoztak (Nelson 1967). Az inverzióval meghatározott intenzitások közel esnek az eredetiekhez, amelyekkel a szintetikus adatokat generáltuk (2. táblázat). A legnagyobb és a legkisebb sajátérték hányadosa alapján az inverzióval kapott intenzitások megbízhatóak.

4.2. 2. teszt

A második teszt csak abban különbözik az elsőtől, hogy az inverzió az elektromos térkomponensekkel is számolt. Azt teszteltük, hogy ez javítja-e az inverzió minő-



1. ábra A mért és az invertált spektrumok illeszkedése az ALB (a, b) és a BAI (c, d) mérőállomásoknál
Figure 1 Fitting of measured and inverted spectra at ALB (a, b) and BAI (c, d) stations

ségét. Ennek a tesztnek az eredményét is a 2. táblázat tartalmazza. A legnagyobb és a legkisebb sajátérték hányadosa most $\lambda_1/\lambda_3 = 5,7287$, a három intenzitás korrelációs mátrixa:

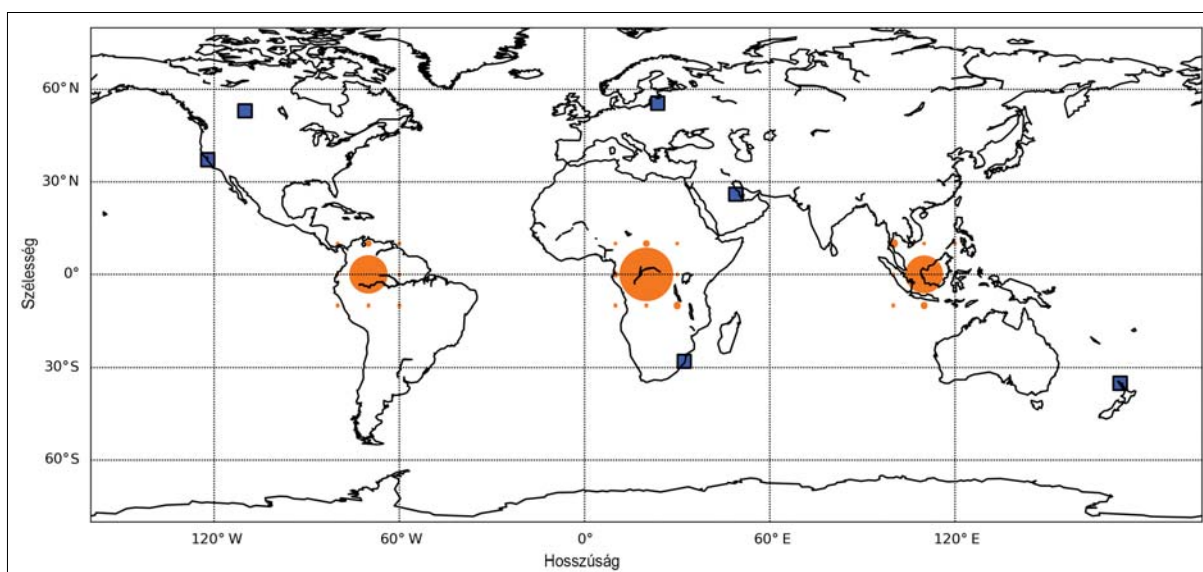
$$\begin{bmatrix} 1,00 & -0,12 & -0,73 \\ -0,12 & 1,00 & -0,23 \\ -0,73 & -0,23 & 1,00 \end{bmatrix}. \quad (24)$$

Megállapíthatjuk, hogy az első két teszt eredménye és statisztikai jellemzői között nincs szignifikáns eltérés. Ez azzal magyarázható, hogy a mágneses és az elektromos térkomponensek nem függetlenek egymástól, ezért az

elektromos méréseknek a mágneses mérésekkel való együttes alkalmazása nem növeli érdemben az adatrendszer információtartalmát.

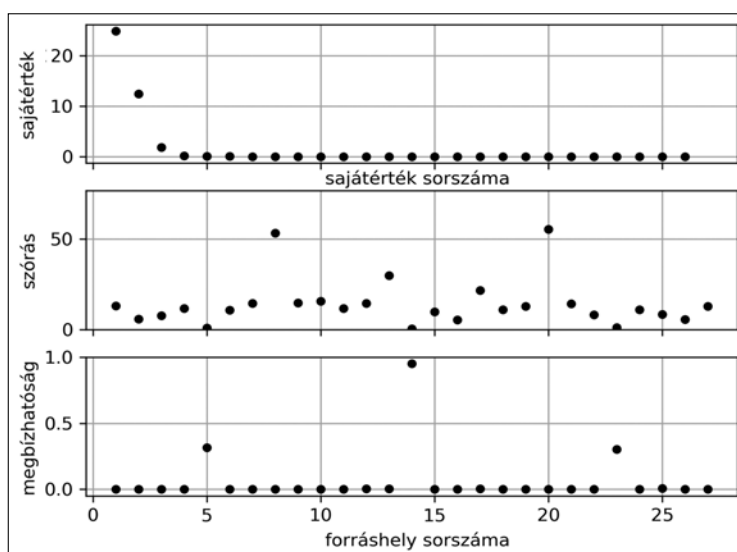
4.3. 3. teszt

Az inverzió gyakorlati alkalmazása során nem ismerjük a források pontos helyét. Ezért érdemes lényegesen több lehetséges forráshelyet feltételezni, mint amennyire számítottunk. Ennél a tesztnél az eredeti források környezetében 9 forráshellyel végezzük a számításokat. A 3×9 forrás úgy van elhelyezve, hogy mindegyik eredeti forrás környezetében egy 3×3 méretű rácsot veszünk fel 10 fokos rácsmé-



2. ábra A 3. teszttel meghatározott forrásintenzitások. A kék négyzetek jelölik az SR mérőállomásokat, a narancssárga körök a forrásokat. A körök méretei arányosak az intenzitásokkal

Figure 2 Source intensities determined in Test 3. Blue squares represent the SR stations and orange circles the sources. The size of the sources are proportional to their intensities



3. ábra A 3. teszthez tartozó SVD sajátértékek, az intenzitások szórásai és megbízhatóságai

Figure 3 Eigenvalues of the SVD, the standard deviation of the intensities and their reliability in Test 3

rettel úgy, hogy a középső az eredeti forráspozícióval eszen egybe. Az inverziós algoritmus így 27 helyhez rendelt intenzitásértékeket. A 2. ábrán feltüntetett intenzitásokból látszik, hogy elsősorban az eredeti forráshelyekhez tartozik magas intenzitásérték, a többi elhanyagolható. Ezek közel esnek az eredeti intenzitásértékekhez (2. táblázat).

A 27 forráshelyet sorba rendeztük, ezek közül az 5., 14. és a 23. sorszámú felel meg az eredeti forráshelynek. Az SVD sajátértékei, az inverzióval kapott intenzitások szórásai és megbízhatóságai láthatók a 3. ábrán. Az 5., 14. és 23. intenzitásadat megbízhatósága jónak tekinthető. Ezek éppen azok a pontok, amelyek megfelelnek az eredeti forráshelyeknek, a többi pont megbízhatósága 0-hoz közeli. Annak a két forrásintenzitásnak a megbízhatósága, amelyek a Föld ellentétes oldalára esnek, viszonylag kisebb. Ez összhangban van azzal, hogy ezek között az értékek között nagy a korreláció, amiről az 1. teszténél már volt szó. Tekintettel arra, hogy csak 3 sajátérték különbözik szignifikánsan 0-tól, a három legnagyobb intenzitás megbízhatóságát a $\lambda_1/\lambda_3 = 5,537$ is jól jellemzi. Ez az érték közel esik az előző két teszt megfelelő értékéhez. Levonhatjuk a következtetést, hogy amennyiben azokon a helyeken is feltételezünk forrásokat, ahol valójában nincs forrás, annak nincs zavaró hatása az inverzióra. Az algoritmus ezekhez a helyekhez elhanyagolhatóan kis intenzitásértékeket rendel.

4.4. 4. teszt

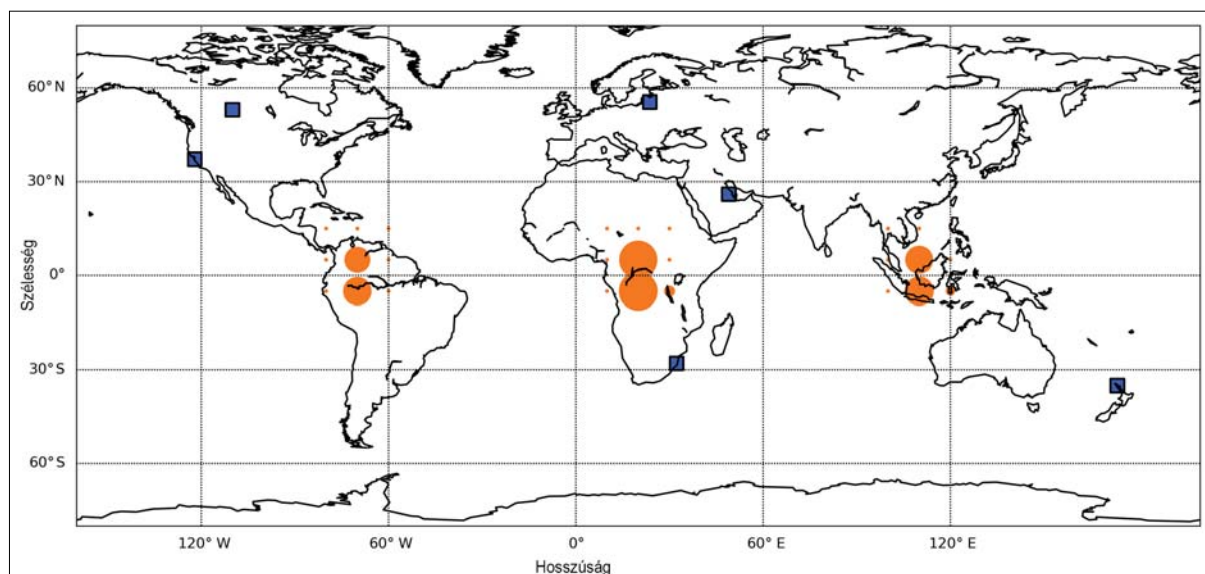
Ez a teszt csak abban különbözik a 3. tesztől, hogy a feltételezett forráshelyek 5 fokkal északabbra vannak. Ez azt jelenti, hogy a 3 eredeti forráshely két feltételezett forráshely közé esik. A valódi mérések esetén is ez a helyzet, mi-

vel valószínűtlen, hogy a források pont azon helyek valamelyikére esnek, amelyeket az inverzióval feltételezünk. A 4. ábrán látható, hogy az inverzió az intenzitásokat az eredeti forráshelyhez eső két közeli feltételezett forráshelyhez megosztva rendeli hozzá, a távolabbi forráshelyekhez lényegesen kisebb intenzitás tartozik. A forrásintenzitások összege azon a három helyen, ahol a földi zivartartevékenység koncentrálódik, közel esik az eredeti intenzitásokhoz (2. táblázat).

Ennél a teszténél 6 intenzitásérték megbízhatósága lényegesen jobb, mint a többi (5. ábra). A megfelelő forráshelyek sorszámai: 2., 5., 11., 14., 20. és 23. A 6 intenzitásértéknek az együttes megbízhatósága egy számmal is jellemezhető, mégpedig a $\lambda_1/\lambda_6 = 52,684$ hányadossal. Ez természetesen rosszabb érték, mint amelyet a 3. teszténél láttunk, de egy elfogadható inverzióra utal.

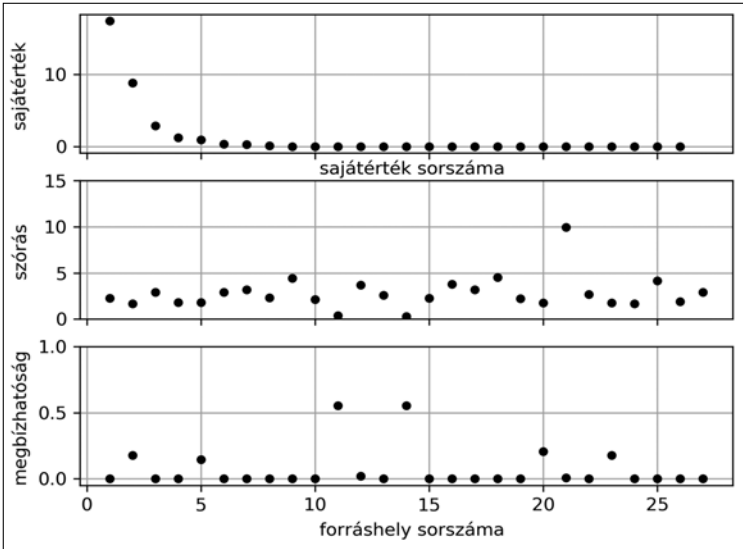
4.5. 5. teszt

Ez a teszt a 4. teszt további elemzése ugyanazokkal a feltételezett forrásokkal. A szintetikus adatokat különböző mértékű zajokkal terheltük (4%, 6%, 8% és 10% relatív zajokkal), ezeknek az inverzióra való hatását vizsgáltuk. A 3. táblázatból látszik, hogy az inverzióval számított intenzitások értékére a nagyobb zajoknak nincs számottevő hatása. A három fő zivartartevékenység környezetében a feltételezett forráshelyekhez tartozó intenzitásokat a 3. táblázatban összegeztük. A 6. ábrán láthatók a sajátértékek, az intenzitások szórásai és megbízhatósági értékei különböző relatív zajok esetén. A különböző zajoknak nincs nagy hatásuk ezekre a minőségjellemzőkre, csak azoknál a szórásértékeknél jelennek meg nagyobb különbségek, amelyek elenyészően kis intenzitásokhoz tartoznak. A megbízhatósági értékek mind a 4 különböző



4. ábra A 4. tesztel meghatározott forrásintenzitások. A kék négyzetek jelölik az SR mérőállomásokat, a narancssárga körök a forrásokat. A körök méretei arányosak az intenzitásokkal

Figure 4 Source intensities determined in Test 4. Blue squares represent the SR stations and orange circles the sources. The size of the sources are proportional to their intensities



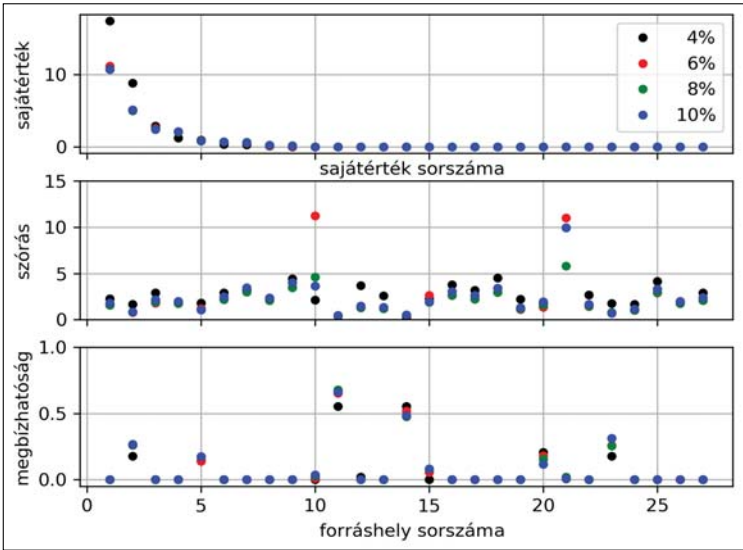
5. ábra A 4. teszthez tartozó SVD sajátértékek, az intenzitások szórásai és megbízhatóságai
Figure 5 Eigenvalues of the SVD, the standard deviation of the intensities and their reliability in Test 4.

zajjal terhelt adatokkal elvégzett inverziónál ugyanazokat az intenzitásértékeket mutatják megbízhatónak. Ez a bemutatott minőségjellemzők stabilitását és az inverzió zajra való kis érzékenységét mutatja. Megjegyzendő, hogy en-

nek az is az oka, hogy az inverzió esetünkben túlhatározott, azaz az adatok száma lényegesen meghaladja a meghatározandó paraméterek számát.

3. táblázat Különböző generált zajjal terhelt szintetikus spektrumadatokból inverzióval számított forrásintenzitások ($C^2 km^2/s$) az 5. tesztnél
Table 3 The source intensities (in $C^2 km^2/s$) used to generated synthetic data and the source intensities reconstructed by the inversion algorithm in Test 5 for different relative errors

Koordináták	Eredeti	4%	6%	8%	10%
0°, 70° NY	3×10^4	$2,783 \times 10^4$	$2,655 \times 10^4$	$2,742 \times 10^4$	$2,748 \times 10^4$
0°, 20° K	6×10^4	$5,967 \times 10^4$	$5,893 \times 10^4$	$5,792 \times 10^4$	$5,793 \times 10^4$
0°, 110° K	3×10^4	$3,225 \times 10^4$	$3,106 \times 10^4$	$2,998 \times 10^4$	$2,909 \times 10^4$



6. ábra Az SVD sajátértékei, az intenzitások szórásai és megbízhatóságai az 5. tesztnél különböző relatív hibákkal
Figure 6 Eigenvalues of the SVD, the standard deviation of intensities and their reliability in Test 5 for different relative errors

5. Összefoglalás

Ebben a tanulmányban a Schumann-rezonanciás mérések inverziójának egy lehetséges módját mutattuk be. Az inverzió egy iterációs lépése a Jacobi-mátrix szinguláris értékek szerinti felbontásán alapul, amely lehetővé teszi a kapott értékek megbízhatóságának a becslését. Ezért részletesen ismertettük az SVD módszeren alapuló fontosabb minőségjellemzőket. Ezeket szintetikus adatokon elvégzett inverziókon mutattuk be. Láthattuk, hogy az inverzió minőségére nincs káros hatással, ha olyan helyeken is feltetelezünk forrást, ahol valójában nincsen. Ezekhez a helyekhez az inverzió egy elhanyagolhatóan kis intenzitásértéket rendel. Megmutattuk, hogy ha a mágneses adatokhoz hozzávesszük az elektromos adatokat, ez nem javítja érdemben az inverzió minőségét. Az inverziós algoritmus ismertett minőségjellemzői (a mért és a számított adatok illeszkedése, a legnagyobb és a legkisebb sajátértékek hányadosa, a paraméterek szórása, a korrelációs mátrix és a megbízhatósági paraméter) a jövőben hasznosak lehetnek a valódi mérések inverziójának az értelmezésekor.

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal – NKFIH K138824 sz. projektje támogatta.

A tanulmány szerzői

Prácser Ernő, Bozóki Tamás

Hivatkozások

- Chapman F. W., Jones D. L., Todd J. D. W., Chalinor R. A. (1966): Observations on the propagation constants of the Earth-ionosphere waveguide in the frequency band 8 c/s to 16c/s. *Radio Sci.*, 1/11, 1273–12872.
- Dobróka M., Gyulai Á., Ormos T., Csókás J., Dresen L. (1991): Joint inversion of seismic and geoelectric data recorded in an underground coal mine. *Geophysical Prospecting*, 39, 643–665.
- Dyrda M., Kulak A., Mlynarczyk J., Ostrowski M., Kubisz J., Michalec A., Nieckarz Z. (2014): Application of the Schumann resonance spectral decomposition in characterizing the main African thunderstorm center. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119/23, 13.338–13.349.
- Heckman S. J., Williams E., Boldi B. (1998): Total global lightning inferred for Schumann resonance measurements. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 103/D24, 31775–31779.
- Jackson D. D. (1972): Interpretation of inaccurate, insufficient and inconsistent data. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 28/2, 97–109. <https://doi.org/10.1111/j.1365/246X.1972.tb06115.x>.
- Jackson J. D. (1975). *Classical Electrodynamics*. Second ed., Wiley, New York.
- Jupp D. L. B., Vozoff K. (1975): Stable iterative methods for the inversion of geophysical data. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 42, 957–976.
- Kirillov V. V., Kopeikin V. N., Mushtak V. K. (1997): ELF electromagnetic waves in the Earth-ionosphere waveguide channel. *Geomagnetism and Aeronomy*, 37/3, 341–345.
- Kulak A., Mlynarczyk J. (2013): ELF electromagnetic waves in the Earth-Ionosphere waveguide. *IEEE Trans. Antennas and Propagations*, 61/4.
- Lanczos C. (1961): *Linear Differential Operators*. D. Van Nostrand Company, Limited.
- Madden T., Thompson W (1965): Low-frequency electromagnetic oscillation of the earth-ionosphere cavity. *Reviews of Geophysics*, 3/2, 211–254.
- Menke W. (1984): *Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory*. Academic Press, Inc.
- Mushtak V. C., Williams E. R (2002): ELF propagation parameters for uniform models of the Earth-ionosphere waveguide. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 64, 1989–2001.
- Nelson P. H. (1967): *Ionospheric Perturbations and Schumann Resonance Data*. Dissz. Massachusetts Institute of Technology.
- Nickolaenko A., Hayakawa M. (2014): *Schumann Resonance for Tyros*. Springer, Japan.
- Nickolaenko A. P. (1997): Modern aspects of Schumann resonance studies. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 59/7, 805–816.
- Pechony O., Price C. (2004): Schumann resonance parameters calculated with a partially uniform knee model on Earth, Venus, Mars, and Titan. *Radio Sci.*, 39. DOI: 10.1029/2004RS003056.
- Polk C. (1982): *Handbook of Atmospherics*. CRC Press, Boca Ration.
- Prácser E., Bozóki T. (2021): Schumann-rezonancia-mérések modellezése inhomogén hullámvezetőre. *Magyar Geofizika*, 62/2, 95–104.
- Prácser E., Bozóki T., Satori G., Takátsy J., Williams E., Guha A. (2020): Two approaches for modeling ELF wave propagation in the Earth-ionosphere cavity with day-night asymmetry. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 1–1. ISSN: 1558-2221. DOI: 10.1109/TAP.2020.3044669.
- Prácser E., Bozóki T., Satori G., Williams E., Guha A., Yu H. (2019): Reconstruction of global lightning activity based on Schumann resonance measurements: Model description and synthetic tests. *Radio Sci.*, 54/3, 254–267.
- Price C. (2016): ELF electromagnetic waves from lightning: The Schumann resonances. *Atmosphere*, 7/9.
- Schumann W. O. (1952): Über die Dämpfung der elektromagnetischen Eigenschwingungen des Systems Erde-Luft-Ionosphäre. *Zeitschrift für Naturforschung A*, 7/3–4, 250–252.
- Shvets A. (2001): A technique for reconstruction of global lightning distance profile from background Schumann resonance signal. *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, 63/10, 1061–1074.
- Shvets A., Hayakawa M., Sekiguchi M., Ando Y. (2011): Reconstruction of the global lightning distribution from ELF electromagnetic background signals. *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, 71/12, 1405–1412.
- Tarantola A. (2005): *Inverse Problem Theory and Methods for Model Parameter Estimation*. Society for Industrial és Applied Mathematics, Philadelphia.
- Tikhonov A. N., Arsenin V. Y. (1977): *Solution of Ill-posed Problems*. Washington: Winston & Sons.
- Wait J. R. (1962): *Electromagnetic Waves in Stratified Media*. Pergamon Press, Ltd.
- Williams E., Bozóki T., Satori G., Price C., Steinbach P., Guha A., Liu Y., Beggan C. D., Neska M., Boldi R., Atkinson M. (2021): Evolution of global lightning in the transition from cold to warm phase preceding two super El Niño events. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 126/3, e2020JD033526. <https://doi.org/10.1029/2020JD033526>.
- Williams E., Mareev E. (2014): Recent progress on the global electrical circuit. *Atmos. Res.*, 135–136, 208–227.

Nigériai kaland

SZABÓ Z.

Előzmények

Miután a Kínai–Magyar Geofizikai Expedícióban töltött két és fél éves kiküldetésem lejártakor hazajöttünk Kínából (1959. február 20.), azt tapasztaltuk, hogy az Intézet nem fogadott kitörő lelkesedéssel bennünket. Azt tervezték, hogy engem egy szeizmikus csoport kitűzőjeként, feleségemet, Évát pedig ugyanabban a csoportban számológént alkalmaznak. Mindkét beosztás messze alatta volt képességeinknek és képzettségünknek, nem beszélve elképzeléseinkről, hiszen Éva már önálló kiértékelőként, én pedig gyakorlatilag csoportvezetőként dolgoztam Kínában. A terv szerencsére rövidesen dugába dőlt, részben annak köszönhetően, hogy engem Szilárd József, a gravitációs osztály vezetője nem engedett át a szeizmikus osztályra, Éva pedig anyai örömök elé nézett. Az első vész ugyan elmúlt, de fizetésünk messze elmaradt várakozásunktól. Miután novemberben beköltöztünk a kínai expedícióban megtagarított pénzünkkel vásárolt lakásunkba, és fizetni kellett az OTP-részleteket, a legszigorúbb takarékoság mellett is éppen hogy megéltünk. Ez a szűkösség keltette fel bennünk a vágyat, hogy újra külföldi munkát keressünk. Felvetődött egy lehetőség az NDK-ban (az ifjabbak kedvéért: Német Demokratikus Köztársaság), ahová a kőolajosok szerveztek egy expedíciót és kértek embert az Intézettől. Hamarosan kiderült, hogy kettőnkön kívül két olyan embert kívántak kiküldeni, akik társaságába, pláne főnöksége alá nem kívántunk tartozni.

Idővel mindkettőnk helyzete javult, főképpen a szakmai, valamennyire az anyagi is, de már a tehetetlenség vitte tovább külföldi álláskeresési ügyeinket. Legkomolyabbnak egy ghanai állás mutatkozott, de egy rövid ideig ott dolgozó geokémikus kolléga ajánlására jelentkeztem egy nigériai állásra is. Meglepő gyorsasággal reagáltak egy londoni interjúra való meghívással. Mint kiderült, ügyem átcsatornázódott a TESCO égisze alá, további sorsom már a TESCO és a nigériai tárgyalófél között dőlt el.

Itt néhány szót kell szólnom a TESCO-ról, amely nem tévesztendő össze a mai áruházláncsal! Az úgynevezett fejlődő országok és Magyarország közötti kapcsolatok fejlesztése és ápolása céljából alapított Technical and Scientific Cooperation nevű állami külkereskedelmi vállalat feladata volt magyar szakemberek kiküldésével a szocialista világhoz édesgetni (értsd a Szovjetunió befolyása alá vonni) a „harmadik világ” néven emlegetett, „el nem kötelezett országok” csoportját. Többnyire állami segítségnyújtás keretében mentek ki a szakemberek, mint Nigéria estében is. A kiküldöttek itthon a TESCO-val kötöttek szerződést és TESCO-fizetést kaptak (alapfizetés + családi pótlék: fe-

leség 30%, gyerek 15%). A kiküldetés helyszínén, esetünkben Nigériában, pedig szerződést kötöttek helyi fizetésért a fogadó ország illetékes állami szervével. A helyi fizetés szinte minden esetben kevesebb volt, mint egy kétgyermekes család TESCO-fizetése, de pl. egy agglagény már befizető volt. Én, miután feleségem is dolgozott (ő megúsza a TESCO-szerződést), szintén a kevés befizetők közé tartoztam.

Nigériában a politikai zűrzavar miatt elmenekült, főleg angol szakemberek által hagyott szakemberhiányt kellett a magyaroknak betölteni Észak-Nigéria szövetségi államában. 1967 őszén kilenc magyar mérnököt és egy orvost sikerült a TESCO-nak „exportálnia”. Ennek a kampánynak a keretében 1967 nyarán, Széll György hidrogeológussal együtt, kiutaztunk Londonba, ami önmagában remek esemény volt az akkori hazai bezártság közepette. Ezután megint csönd, majd egyszerre, derült égből villámcsapásként a megjött az állásajánlat. Éva lelkesedés nélkül ment bele az utazásba (ekkorra már a szeizmikus osztály legizgalmasabb fejlesztési témáját vezette), én pedig az összevont gravitációs mágneses osztály vezetője voltam, de egyszerűen nem volt visszakozás, 1967. december elején utaznunk kellett.

Néhány szó Nigériáról

A brit gyarmatbirodalom kiépülése során kezdetben a mai Nigéria déli, a tengerparthoz közelebb eső részeit gyarmatosították, 1914-ben Dél és Észak egyesítésével nyerte el a terület a „Nigéria gyarmat” rangot. A közigazgatást angol mintára szervezték meg, és angol közalkalmazottak látták el a feladatokat. Érdekes módon – szemben Kelet-Afrikával – angol telepesek nem jelentek meg, de az angol szervezeti felépítés tartósabbnak bizonyult, mint a gyarmati státusz, túlélte az 1960-ban elnyert függetlenséget, és még nekünk is volt szerencsénk megtapasztalni azt. Az új független Nigéria Kelet, Nyugat és Észak-Nigéria szövetségi államaként alakult meg, tükrözve É-Nigéria népessége többségének muszlim vallását, valamint a két legnépesebb, keresztény vallású¹ etnikum, a yorubák nyugati és az ibók keleti területi többségét. A terület hihetetlenül vegyes etnikumának megfelelően a szövetségi államok száma hamarosan növekedni kezdett: kiérkezésünkkor Észak-Nigéria már hat részre oszlott. Azóta ez a szám tovább gyarapodott: jelenleg 36 szövetségi állam plusz a főváros alkot önálló egységet.

¹ Ez természetesen csak a városlakókra vonatkozik. A bozótban élő törzsek természeti hiedelmeit a civilizáció nem érintette.

Az etnikai különbségek oly mértékűek, amelyet nehéz elképzelni. Nemcsak nyelvük különbözik, de külső megjelenésük, kultúrájuk, hitviláguk stb. A nyelvi tarkaságnak köszönhetően a hivatalos nyelv az angol maradt, az oktatás már az általános iskolákban is angolul folyik. Erre jó példa, hogy a székhelyünk, Kaduna külterületén létesített ún. „minimum safety prison” fegyencei is angolul társalogtak egymással.² Mivel a déli vidékek népessége korábban találkozott a nyugati kultúrával, ott lényegesen magasabb a képzettség színvonala. Északon manapság is vannak vidékek, ahol az iskoláskorú gyerekeknek kevesebb mint 10%-a jár iskolába. Ennek megfelelően az angolok a közhivatalokban főleg ibókat alkalmaztak, ezáltal létrehozva északon is egy ibó elitet, kiváltva az északiak ellen-szenvét, sőt gyűlöletét az ibókkal szemben. Ugyanakkor a hagyományos uralkodó réteget a helyi hausza-fulani népesség adta, sőt a sokotoi szultánt tették meg Észak-Nigéria elnökévé.

1966-ban a feszültségek véres eseményekhez vezettek. Az ibók által szervezett katonai puccs során Kadunában megölték Ahmadu Bello elnököt, viszonzásul a helyi népesség, a rendfenntartó szervezetek csendes hozzájárulásával, pogromot indított az ibók ellen, becslések szerint 30 000 ibót meggyilkolva. Az ibók elmenekültek, és hamarosan bejelentették, kiválnak a szövetségi államból Odumegwu Ojukwu alezredes vezetésével megalakítva a független Biafrát. A szövetségi állam nem ismerte el Biafrát, és hamarosan háborút indított ellene. A Biafra kiválása elleni drasztikus fellépést nem utolsó sorban a biafrai partszakaszon nem sokkal korábban felfedezett jelentős tengeri kőolaj- és gáztartalékok motiválták. A polgárháború közel három évig tartott iszonyatos szenvedést okozva a blokád alá vett ibóknak. A biafraiak a 31 hónapig tartó

elszánt küzdelem után feltétel nélkül letették a fegyvert a központi kormány előtt, ezzel a Biafrai Köztársaság 1970. január 12-én megszűnt létezni.

Ebbe a polgárháborús országba mentünk mi ki 6, ill. 8 éves kislányainkkal 1967 decemberében. Sokan örültek tartottak minket, de Kaduna távol esett a harci cselekmények színterétől, csak a közvilágítás megszüntetése (elsötétítés címén, amelyet a háború lezárása után se állítottak helyre) és néhány gazdasági intézkedés (pl. importtilalom gépkocsikra) érintett bennünket.

Mire kiérkeztünk, Észak-Nigéria szövetségi állam hat államra szakadt, Kaduna a North-Central State fővárosa lett. Ez kellemetlenül érintette a magyar mérnökök többségét, mert szétesztették őket az új államokba, ahol teljes felkészületlenség fogadta őket amelle, hogy Kaduna kb. 700 m tenger feletti magasságának köszönhetően környezeténél lényegesen kellemesebb klímáját is nélkülözniük kellett.

A Geological Survey of Nigeria

Bár a Geological Survey föderális szervezatként a Lagosban működő Ministry of Mines and Power alá tartozott, a Geological Survey alapításától fogva Észak-Nigériában kadunai központtal működött. Kiérkezésem idején a Surveyt igazgatóhelyettesi besorolásban (Deputy director: DD) egy angol geológus vezette, és kb. 10 főnyi külföldi szakember mellett volt néhány yoruba törzsbeli geológusa is. A yorubáknál általában rangidősebb, kb. 10 főnyi ibo geológus-geofizikus társaság a polgárháború miatt az akkori Biafrába menekült.

Nigéria földtanáról annyit meg kell említenem, hogy gyakorlatilag a teljes terület ősi szekundér gránit, amelyet „undifferentiated basement complex” néven jelöl a földtani térkép. Egyedül északkeleten, a Sokotoi medencében található mészkő, valamint a Niger és mellékfolyója, a Benue völgyében fiatal üledék. A Niger hatalmas deltát építve ömlik az Atlanti óceánba. A süllyedő partvidéken és sلفen felhalmozódó üledék szolgáltatja Nigéria legfőbb kincsét, a kőolajat és földgázt.

Feladatomban az addig csak ad hoc vízkutatással foglalkozó geofizikai tevékenység kibővítése volt. Konkrétan ÉNy



Nigéria jelenlegi szövetségi államai (36 + a főváros). Az induló három állam a Nigertől Ny-ra, ill. K-re eső Nyugat-, ill. Kelet-Nigéria és a Niger-Benue folyóktól É-ra eső Észak-Nigéria volt

² Ezt tapasztalatból állíthatom, hiszen a börtöngazdaságba jártunk zöldséget vásárolni.



A Geological Survey főépülete Kadunában

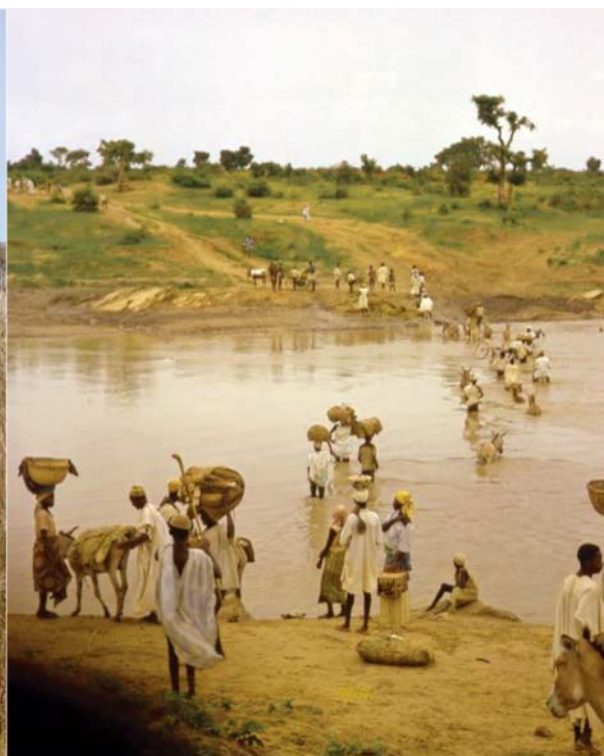


Egy állítólag 800 éves függőhíd mellett és alatt jól láthatók a hatalmas gránitsziklák

Nigériában, UNESCO-támogatás keretében, egy kanadai cég által légi mágnesesen és részben légi elektromágneses módszerrel feltérképezett 16 000 négyzetmérföldnyi terület földi részletező ércgeofizikai kutatását kellett megszerveznem. (A mérést nem fejezték be, a politikai zűrzavar elől elmenekültek, féltve nagy értékű felszerelésüket.) Össze kellett állítanom a műszer- és szakember-

igényt, gondoskodnom kellett az érckutatómérések megszervezéséről, a nigériai személyzet betanításáról és a mérések ellenőrzéséről.

A benyújtott szakember- és műszerigénynek azonban mindössze csekély töredékét biztosították, így meglehetősen korlátozott kapacitással kellett megkezdennem a terepi munkát. Elsősorban olyan anomáliák megkutatására töre-



Kitűzés kiszáradó elefántfüben a száraz évszak kezdetén. Amikor megjönnek az esők, az utak néhol víz alá kerülnek, de ez nem nagyon izgatja az úton levőket



Geoelektromos szondázás az esős évszakban, fuláni pásztorok élénk figyelme közepette

kedtem, ahol a mágneses és elektromágneses anomáliák korrelációt mutattak. A földi méréseket mágneses, természetespotenciál-, ellenállás-, földi elektromágneses mérésekkel, a későbbiekben változó frekvenciás gerjesztett potenciál módszerekkel végeztük. A mérések során kiderült azonban, hogy az elektromágneses anomáliák szinte kivétel nélkül vagy a felszíni lateritsapkák, vagy a gránitban előforduló, mállott, agyagos kitöltésű töréses zónák hatását tükrözték.

A kutatás során sikerült Birnin Gwari (North Central State) környékén nagy kiterjedésű vaskvarcit-előfordulást kimutatni, melyet grafit-előfordulás kísér. Rishi környékén (North Eastern State) a primeron-előfordulás nyomozása és fejtése során rézércnyomokra bukkantak. Tekintettel arra, hogy ez volt az első ilyen jellegű ércesedés Nigériában, az illetékesek nagy érdeklődést tanúsítottak irányában. Feladatuk kaptam, hogy dolgozzak ki megfelelő geofizikai eljárást az érces zónák kimutatására. A természetespotenciál-mérések csak gyenge anomáliákat adtak. Az ellenállásmérés a területet részben borító alluvium miatt nem adott egyértelmű eredményeket, ugyan csak reménytelennek ígérkezett a mágneses módszer, mivel a gránit anyakőzet szuszceptibilitása nagyobb intervallumban változott, mint az ércesedés szuszceptibilitása. A gerjesztettpotenciál-mérések viszont igen biztató eredményeket adtak, melyek alapján sikerült feltehetően ércben gazdag zónákat kijelölni.

Ezenfelül sikerült még néhány földtani szempontból érdekesnek mutató anomáliát kijelölni a North Western State területén, melyeknek fúrásos megkutatására, kapacitás hiányában, kiküldetésem lejártáig nem került sor. A Wikipédia Nigéria bányászatát taglaló részében az ón mellett titánt és kolumbitot említ. Ez utóbbiból az űr-

kutatásban használt nióbbiumot nyernek ki, amelyet teljes egészében az Egyesült Államok vásárol fel. Érdekes volna megtudni, hogy ezen lelőhelyek egyike vagy másika kapcsolódik-e az én kutatási eredményeimhez.

Az érckutató tevékenység mellett időnként vízkutatói céllal geoelektromos szondázásokat is végeztem. A vízkutatói feladatok tervezését és végrehajtását nagyban megkönnyítette a területről rendelkezésre álló légi fényképek előzetes földtani értelmezése. Észak-Nigéria vízkérdésekkel küzd. A probléma megoldására sok, de szervezetlen kísérlet történik. Különböző magántársaságok foglalkoznak a kérdéssel, de földtani-geofizikai vonatkozásban meglehetősen amatőr (varázssvesszős) színvonalon. A Surveybe befutó vízkutatói igényeket kapacitáshiányra hivatkozva többnyire elfektették, csak azokkal foglalkoztak, melyeket valamilyen helyi hatalmasság, vagy a hadsereg sürgetett.

1969 júliusában az angol igazgatóhelyettes nyugalmába vonulásával nagyarányú nigerianizálás kezdődött, ami meglehetősen nagyfokú féhérelenességben, a yorubák helyezkedésében és pozícióba helyezésében nyilvánult meg. Mire 1970 közepén a rangidősebb ibról geológusok visszajöttek, már minden vezető posztot yorubák töltöttek be.

Eközben az egyetemek kezdték kibocsátani a fiatal nigeriai geológusokat (évente kb. 15–20 főt). Erre alapozva a Survey vezetői a fehér szakemberek kizárásával nagyarányú fejlesztési tervet dolgoztak ki, ami papíron nagyon impozáns, a valóságban azonban a szakmai hozzá nem értés, a helytelen tervezés és az elszórt intézkedések, valamint a használható szakemberek hiánya következtében silalmas eredménnyel járt.

A nigerianizálás és az ezzel összefüggő törzsi vetélkedés eredménye az lett, hogy a helybeliek körében amúgy sem

magas munkamorál a nullára csökkent, és az intézmény szakmai szempontból tökéletesen lezüllött. A hosszú helyi gyakorlattal rendelkező külföldiek túlnyomó többsége nem újította meg szerződését, távozásuk betölthetetlen űrt hagyott hátra. Távozásom után a Survey létszáma: 2 magyar, 2 indiai, 1 lengyel és 1 olasz (szerződése lejártáig) szakember mellett kb. 45 főnyi nigériai geológus-geofizikus volt.

1971 februárjától kezdődően a helyzet csak bonyolódott azzal, hogy a fejlődő országok megsegítését célzó program keretében, nagy létszámú szovjet geofizikus és geológus expedíció kezdte meg felvonulását. Céljuk a Szovjetunió által felajánlott és megvalósítandó, vas- és acélmű üzemeltetéséhez szükséges vasérc- és kőszéntelepek felkutatása volt.

Az oroszokkal kapcsolatos események felidézéséhez haza írt leveleinkből idézek. Az első említés 1970. december 8-ról datálódik: „Mulatságos, hogy otthon olyan hírek keringenek, miszerint az oroszok létesítenek egy földtani intézetet itt. Kíváncsi vagyok, hogy mikor fognak megérkezni. A szerződést már többször is kölcsönösen aláírták, de mégis állandóan húzódik az ügy. Mi várjuk őket, mert reméljük, hogy révükön talán kicsit értelmesebb munkához jutunk. Valószínűleg elhelyezési problémák miatt nem jönnek, elég komoly igényeik vannak. Itt pedig egyelőre semmiféle szállást és irodát nem tudnak nekik nyújtani. E célból egy csomó kihelyezett részleget terveztek különböző városokban, és az itt lógó tömeg helyi geológust kihelyezték. Viszont azokban a városokban még annyira sincs szállás és iroda, mint itt, sőt kocsit se tudnak nekik adni, így egyszerűen itt maradtak. Most időnként felszólítást kapnak, hogy egy héten belül foglalják el új munkakörüket, de természetesen mindenki marad.”

1971. február 2-án érkezett meg végre az első orosz bizottság: „...a geológiai miniszter egyik helyettese, egy geofizikus és egy tolmács. Olowu (a nigériai DD) pont 1 órákor indult el, hogy bemutassa őket a senior staffnak, de senkit sem talált a helyén, mert mindenki ebédelni ment. Egyedül Széll Gyurival találkozott, aki viszont az ő engedélye nélkül jött Kadunába, ezért természetesen rögtön megfegyelmezte. Az összes többi expatriotot összehívta 3 órára, hogy minket is kioktasson. Előre megbeszéltük, hogy nem hagyjuk veszni az ebédidőnket, és miután látta, hogy nem ijedünk meg tőle, mindjárt összéb is húzta magát. Abban egyeztünk meg, hogy javaslatot fogunk kidolgozni egy kompromisszumos megoldásra. Végül minden maradt a régi-iben.”

Másnap sikerült a bemutatás, számomra egy igen mulatságos epizóddal: mikor a mosolygós, semmitmondó társalgás után távoztak az irodámból, a geofizikus hátrafordult és felemelt, ökölbe szorított kézzel mondta: „szabadság!”³ Jóval később derült ki, hogy Müller Pál kollégiumi szobatársa volt.

Február 16-án azután meg is érkeztek az első fecskék: „Tegnap megérkezett az első csoport, hatan, ebből két nő,

³ Régi kommunista üdvözlés, amit a 60-as, 70-es években már senki nem használt.

de még nem láttuk őket. Tegnap ketten belátogattak a Surveybe, de nem hordták körül őket bemutatni. Minket az érdekel a legjobban, hogy nekünk mi közünk lesz hozzájuk, bevonnak-e minket is a munkába. Ennek örülnénk, mert értelmesebben lehetne eltölteni hátralevő hónapjainkat, másrésztől viszont félok, hogy kiküldenek velük terepre (helybéli ugyanis nem megy ki hosszabb időre a bushba).”

Következő héten aztán megtapasztaltuk a szovjet börtönség elképzelhetetlen mértékét: „Múlt levelemben már beszámoltam az oroszok érkezéséről. Csodálatos fordulatot vett az ügy: mivel szerződésükben ki van kötve, hogy csak nigériaiakkal lehet kapcsolatuk, be se mutatták őket nekünk. Kaptak egy buszt, csoportosan jönnek-mennek, és a szobájuk ajtaját is gondosan becsukják, nehogy kikémleljük titkaikat. A lengyel kolléga bement a szállodába, hogy megismerkedjen velük, de nem értették meg őt (vagy inkább nem akarták). Egyedül egy lengyel fogorvossal barátkoztak össze, akivel minden este együtt vodkáznak a Hamdalában.⁴ Ha ez kell nekik, megkaphatják, mi nagyon jól megvoltunk eddig is nélkülük. Kíváncsian várjuk, mikor mennek terepre, mert már most nagyon szenvednek a melegtől, pedig mi még fel se veszünk. Az ember nem tudott ilyen mérvű korlátoltságot feltételezni tanult emberekről, de holtig tanul az ember.” ... „Hamarosan érkezik egy újabb adag orosz, és két repülőgépet is hoznak. Az itt lévők három hónapja nem csinálnak semmit, csak költik az itteniek pénzét. Nem fogadták el a felajánlott házakat, így a szállodában laknak fejenként havi 8 fontért. Irodájukba légkondit szereltek, és főleg az uszodában pihenik ki a napi semmittevés fáradalmait. Persze nem az ő hibájuk, hogy nem dolgoznak, hiszen az itteniek nem teremtették meg a terepi munka alapfeltételeit.”

Mi 1971. augusztus 20-án elhagytuk Nigériát, így a szovjet expedíció további dolgairól semmit se tudunk. Annyi bizonyos, hogy a Wikipédia Nigéria iparának ismertetése során említést sem tesz vaskohászatról.

Élmények

Legtöbb maradandó élményt természetesen az afrikai emberek és viszonyok megismerése jelentette. Számunkra eleinte felfoghatatlan volt a hihetetlenül erős törzsi összefonódás, hogy pl. bizonyos munkák szigorúan egy-egy törzshöz kötődnek. Legfeltűnőbbek ezek közül a fuláni nomád marhatartók. A férfiak legeltetik az állatokat, időnként a kertünkön keresztül is, nem sokat törődve, hogy milyen károkat okoznak. Ennek megfelelően a hausza földművesek – érthető módon – nem szeretik a fulániakat, mert marháik időnként az ő földjeiken legelésznek. Asszonyaik a tej felhasználásával valamilyen kását főznek, és ebédidőben árulják a városi munkahelyek előtt (üzemi étkezde). 12 óra előtt nap mint nap láttuk a Geological Survey kertjének végében elvonulni a fuláni asszonyokat, fejükön egyensúlyozva a lavórban felhalmozott felszerelést.

⁴ A szálloda neve



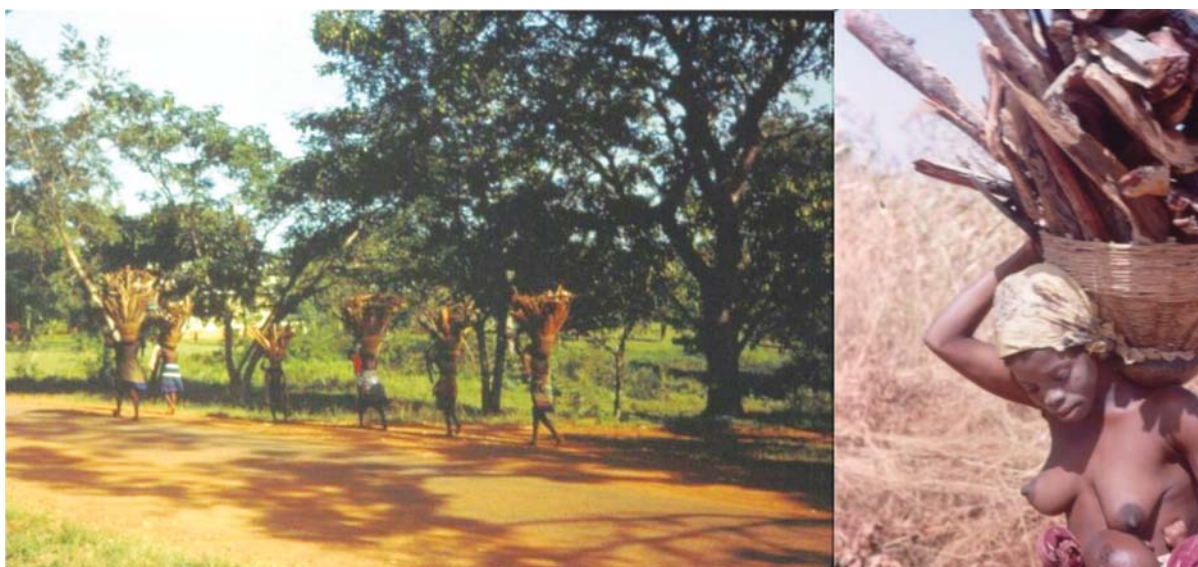
Fuláni asszonyok igyekeznek a városba, fejükön egyensúlyozva az „üzemi ebédet”

süket: a tökhéjban tárolt kását, a tökhéjből készült „tányérok” is, amibe tökhéjből készült merőkanállal mérték ki az adagot. Amelyiknek szopós gyermeke volt, az természetesen vitte magával, derekára kötve a gyereket is.

A gwarik törzse abból él, hogy a férfiak vágják a fát az erdőkben, és az asszonyok hordják be a városi piacra eladni tűzifának. A vállgödrükbe illesztett tökhéj tartotta kosárba speciális módon halmozzák a legalább 300–40 kg-t nyomó fahasábokat. A szerencsétlen asszonyok a hosszú úton egyszer sem tehetik le rakományukat, mert egyedül se levenni, se visszatenni nem tudták volna. Irodánkból nap mint nap láttuk reggelente libasorban elvonulni a gwari asszonyokat, kislányokat, akik kisebb rakománnyal tanulták jövő sorsukat. Természetesen a szopós korú gyermekeket magukkal kellett vinni, néha láttunk menet közben szoptató asszonyokat is.

Egy tányérajkú törzs abból él, hogy az asszonyok engedik magukat fotózni. 1971 húsvéti ünnepeit a legeurópaibb város, Jos közelében elhelyezkedő Yankari vadrezervátum felkeresésére fordítottuk. A Jos felé vezető út közelében él ez a törzs, régi szokásaikból modern üzletet kialakítva. A kislányok ajkába és fülébe egy növény szárából kivágott, kis átmérőjű tárcsát illesztenek, amelyet a kislány növekedésével egyre nagyobbra cserélnek. Idős asszonyok esetében már nehéz elképzelni, hogyan tudnak egyáltalán beszélni vagy enni?!

Végül egy jellemző és egyben mulatságos élménnyel zárnám ezt a részt. Valamikor az 1968. év első felében javasoltam az angol igazgatóhelyettesnek, hogy szerezzünk be egy gerjesztett polarizációs műszert mint az érckutató legújabb és ígéretes eszközét. Ő támogatta az ötletet, majd a lehetőségek felmérése után egy kanadai cég ter-



Gwari asszonyok viszik a tűzifát a piacra

Legjobb képem: a „Gwari madonna”



Csinos, fiatal anya és egy öregasszony, lehet vagy 40 éves, akinek a füléből már kiesett a tárcsa. A képen látható gyerekek fiúk, a lányok ilyen korban már viselik törzsük díszzeit

méke mellett döntöttünk. Ő elindította az előre láthatóan hosszadalmas megrendelési folyamatot a lagosi minisztériumban. Hogy a megrendelés mikor ért célba, nem tudhatjuk, feltehetően csak 1970-ben, de a Survey nem kapott semmiféle jelzést Lagosból, hogy a rendeltetést ne hagyták volna jóvá. Amikor 1969 májusában, szerződésben kikötött 18 hónapos szolgálati időszakom vége felé készülődtünk szabadságra hazautazni, az igazgatóhelyettes felvetette, hogy halasszam el elutazásomat addig, míg a műszer meg nem érkezik. Szerencsére nem mentem bele semmiféle halasztásba. Végül második turnusunk vége felé, 1971 nyarán, minden előzetes értesítés nélkül, megérkezett a berendezés. Az akkorra már nigerianizált főnökségnek fogalma sem volt a rendelésről, mindenesetre bevételezték a csomagot a raktárba. Miután tudomásomra jutott a műszer beérkezése, ki akartam venni a raktárból, de nem adták ki, hivatkozva a DD utasítására. Ha nem, hát nem! Akkorra már letettem arról, hogy észérvekkel vitatkozzam. Telt-múlt az idő, egyszer csak látom, hogy cipekednek a messengerek (irodai segédmunkások), és a dobozokat a yoruba geofizikai főnök, Ige, irodájába viszik. Újabb napok elteltével észleltem, hogy a messengerek átviszik a dobozokat a volt ibó főnök, Okafo irodájába. Újabb néhány nap elteltével Okafo megjelent feleségem irodájában, bejelentve, hogy neki hepatitisz van, betegállományba kell mennie, átadná az új műszert beüzemelésre neki. Ezek után aztán ketten kibontottuk a dobozokat, összeállítottuk a berendezést, és próbaméréseket végeztünk. Ezután, a megrendelés után több mint két évvel, meg is kezdhettem a műszer használatát terepen.

Tapasztalatok

Hazatértem után jelentést kellett benyújtanom a TESCO-nak. Ennek zárófejezetéből idézek: „Számomra jelentős szakmai tapasztalatgyarapodást jelentett a hazai környe-

zettől teljesen elütő földtani feltételek között végzett érc- és vízkutató tevékenység, valamint az angol adminisztráció és kutatási szervezet megismerése. Nem beszélve arról, hogy alapos betekintést nyertem az ún. fejlődő országok életébe és problémáiba. Kintlétem alatt alkalmam volt nyugati cégek geofizikai jelentéseivel is megismerkedni. Ennek alapján megállapíthattam, hogy szakmai tudás és alaposság szempontjából a magyar geológus-geofizikus társadalom bárkivel kiállja a versenyt. Menedzsment területén viszont igencsak van tanulnivalónk.”

A jelentésnek tartalmaznia kellett a megfigyelt vagy feltételezett üzleti lehetőségeket a TESCO számára. Bár, a TESCO ügyintézői közül néhányat megismerve, nagy valószínűséggel nem tulajdonítottam az ügynek, alábbi javaslataimmal zártam jelentésemet: „Ami földtani-geofizikai szempontból további lehetőséget jelenthet Nigériában, azt az alábbiakban foglalhatom össze:

1) Lehetőség lenne:

- partnereként részt venni a közeljövőben felállítandó Nemzeti Ásványkutató és Feltáró Vállalat tevékenységében,
- vízkutató-mérnökgeofizika címszó alatt egy ütőképes kis társaság üzemeltetésére nigériai partner közreműködésével (kutatástól a kútkiképzésig).

2) Ami a Geological Surveyt illeti, érdemes fenntartani a kapcsolatokat, mert egy idő múlva égetően fog jelentkezni a fehér szakemberek hiánya. Esetleg bér munka formájában földtani-geofizikai térképezés is szóba jöhet. Addig is, mintegy a kapcsolattartás érdekében javasolom B.J.O. Okafo geofizikus számára ösztöndíj biztosítását kb. 3–6 hónap időtartamra. Ez idő alatt lehetőséget biztosítani számára, hogy az ELGI-ben főleg szeizmikus mérések tanulmányozásával foglalkozhasson.

3) A különböző szövetségi államok kormányai jogot nyertek arra, hogy max. 25 évre terjedő időtartamra terü-



Búcsúfotó a Geological Survey geofizikai részlegének tagjaival (1971. 08. 18.) Mellettem ül a yoruba főnök, Ige, Éva mellett pedig a korábbi ibo főnök, Okafo. A kép jobbszélén guggoló alak technikusom, Rowland. A többi ülő és guggoló alak, valamint az állók közül az öltönyös, ibo geofizikus. Az álló alakok gépkocsivezetők, terepi segéd munkások és az Ige mögött álló irodai messenger, Oga

tükön koncessziós jogot adjanak. Ennek kapcsán esetleg lehetőség lenne helyi kerámiaipar kifejlesztése terén együttműködésre (kutatástól a gyártásig bezárólag).”

Végezetül, ez a beszámoló nem jöhetett volna létre, életem párja, Kilényi Éva hathatós közreműködése nélkül, ezért hálás köszönet illeti.

A cikk szerzője

Szabó Zoltán

Báró Eötvös Loránd szobrának koszorúzása

Budapest XII. kerületében, a BAH csomópont környezetében található Gesztenyés kertben méltó ünnepség keretében lepleztük le báró Eötvös Loránd egész alakos bronzszobrát 2021. október 5-ikén. Röviddel az eseményt követően az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány (ELGA) mint a szoborállító szervezet kuratóriuma elhatározta, hogy a jövőben ezen a napon minden évben megkoszorúzza a szobrot. Ezt az elhatározásunkat igyekeztünk a szoborállításban részt vevő szervezetekhez eljuttatni, mert szándékunk, hogy mások is csatlakozzanak törekvésünkhöz, ezzel is hozzájárulva Eötvös Loránd szellemiségének ápolásához.

Hagyományteremtő szándékunk első alkalmára 2022. október 5-ikén 11 órai kezdettel került sor. Célunk, hogy jövőre és az azt követő években is ugyanekkor és ugyanitt találkozzunk! Hasonlóan a szoboravatáshoz, az időjárás most is kegyébe fogadta az eseményt és annak résztvevőit. Napos, kellemes időben tudtuk leróni tiszteletünket világ-hírű tudósunk szobra előtt, amelyet *Rieger Tibor* Kossuth-díjas szobrászművész készített.

A szép számú résztvevői kör tagjai egyaránt képviselték a tudományos kutatásban, egyetemi oktatásban és a nyersanyagkutatásban tevékenykedő szakembereket, geofizikusokat, geológusokat, a turistatársadalmat, valamint a szakmáktól független tisztelőket. Külön köszönet illeti meg a Magyar Geofizikusok Egyesületét, hogy körlevél segítségével felhívta tagsága figyelmét erre az eseményre.

Alapítványunk kuratóriumának meggyőződése, hogy minden alkalom – melyen fel lehet eleveníteni Eötvös Loránd tudósi, tudományszervezői, oktatáspolitikusi, sportemberi és emberi nagyságát a mindenkor jelenben is aktuális gondolatait – kívánatos.

A koszorúzás lehetőséget adott arra, hogy visszaemlékezzünk az Eötvös Loránd-émlékév adta nagyszerű lehetőségre, melynek eredményeként a szoborállítással megszüntethettük az évszázados mulasztást. A rövid megemlékezést követően az eseményen megjelentek főhajtásával kísérve az ELGA és a szakmai közösségek nevében *Pályi András*, míg a turistatársadalom nevében *Mészáros János* helyezték el koszorúikat a szobornál. Az esemény lehetőséget adott arra is, hogy felhívjuk a figyelmet a 2023. évre, melyben Eötvös Loránd születésének 175. évfordulóját ünnepelhetjük meg. Az ELGA javasolja, hogy hasonlóan 2019. évhez, széles körű összefogással emlékezzünk meg erről a neves évfordulóról is!

A koszorúzáson megjelentek körét bemutató fényképen látható *Szeidovitz Győzőné* tagtársunk is, aki a tőle megszokott kedvességgel és jó hangulatban forgolódott közöttünk. Fájdalmas, hogy a kép elkészültét követően néhány hét múlva tragikus hirtelenséggel hagyott itt minket. Emlékét szeretettel őrizzük.

Pályi András,
ELGA elnöke



Báró Eötvös Loránd Gesztenyés kerti szobrának koszorúzása 2021. október 5-ikén (Fotó: Kilényi Éva)

Geofizikushallgatók sikerei a 2022. évi ELTE TTK Tudományos Diákköri Konferenciáin

A 2022/23-as tanévben nyolc pályamunka kilenc szerzője mutatta be tudományos eredményét a Geofizikus Tudományos Diákköri (TDK) Konferencián. Egy földtudományos alapszakos (geofizika szakirányos) hallgató pedig a Geológus TDK Konferencián mérettette meg magát.

Két online konferenciát követően, az eseménynek idén – a résztvevők és a hallgatóság személyes részvételével – az ELTE TTK Geofizikai és Űrtudományi Tanszéke adott otthont. Csaknem félszáz érdeklődő tisztelt meg minket jelenlétével. A „tusán” a geofizika szakterület „klasszikus” és „feltörekvő” ágazataiban folyó kutatásokba nyertünk betekintést.

A Geofizikus TDK Konferencián szereplő versenyzőket (névsor szerint), a kutatási témákkal és témavezetőkkel az 1. táblázat összesíti. Az absztraktfüzet, illetve az előadások diágorai a geofiztdk.elte.hu honlapon tekinthetők meg. Az előadásokat a Geofizikai és Űrtudományi Tanszék szakmai zsűrije, munkatársai és doktoranduszai értékelték, aminek köszönhetően a következő végeredmény született a nap végén:

I. helyezés

Németh Kolos (geofizikus MSc):

2D menetidő-tomográfia részletes vizsgálata és alkalmazása fázissebesség-térképek előállítására

II. helyezés

Borsos Lilla Emőke (geofizikus MSc):

Sekély vulkanitok lehatárolása szeizmikus tomográfia és fúrési adatok segítségével a Bodrogsík területén

III. helyezés (megosztva)

Stefán Boglárka Abigél (geofizikus MSc):

Müográfiai direkt probléma megoldása mérés-optimalizáláshoz

Cziráki Kamilla (földtudományi BSc):

A Hold gravitációs terének ellipszoidi közelítése: a legjobban illeszkedő ellipszoid paramétereinek geofizikai megbecslése

Az Eötvös Loránd Kutatási Hálózat Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet díját *Cziráki Kamilla* és *Németh Kolos*, a Magyar Geofizikusok Egyesületének Ifjúsági Bizottságának elismerését *Borsos Lilla Emőke*, míg az Eötvös Student Chapter in SEG (Society of Exploration Geophysicists) különdíját *Cziráki Kamilla* vehette át. A résztvevőknek a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságán dolgozó kollégák ajánlottak fel könyvjutalmat.

1. táblázat. Versenyzők és pályaműveik az ELTE TTK Geofizikus TDK Konferencián 2022-ben
(Forrás: geofiztdk.elte.hu)

Versenyzők	Pályamunka címe	Témavezető(k)
Borsos Lilla Emőke	Sekély vulkanitok lehatárolása szeizmikus tomográfia és fúrési adatok segítségével a Bodrogsík területén	Szabó Tivadar
Cziráki Kamilla	A Hold gravitációs terének ellipszoidi közelítése: a legjobban illeszkedő ellipszoid paramétereinek geofizikai megbecslése	dr. Timár Gábor
Németh Kolos	2D menetidő-tomográfia részletes vizsgálata és alkalmazása fázissebesség-térképek előállítására	Timkó Máté
Harvey Reascos-Recalde	Crustal structure of Eastern Bangladesh from ambient noise tomography	prof. Anna Foster, prof. Rafael Almeida
Stefán Boglárka Abigél	Müográfiai direkt probléma megoldása mérés-optimalizáláshoz	dr. Hamar Gergő, dr. Balázs László
Szilágyi Sándor András	A marsi Nirgal Vallis tektonikus fejlődésének vizsgálata	dr. Székely Balázs
Szlukovinyi Áron	Használható-e kutakban mért geotermikus gradiens a kőzetek hővezetőképességének számítására?	dr. Lenkey László, dr. Szigártó Márk
Vitai Ákos, Csernyik Laura	A rácalmási Nagy-sziget környezettörténete és geofizikai vizsgálata	dr. Székely Balázs, dr. Visnovitz Ferenc

Természetesen nem csak a helyezést elért és/vagy díjazott versenyzők végeztek komoly kutatómunkát, így a zsűri – kisebb-nagyobb változtatásokat követően – az összes pályamunka bemutatását javasolta az országos fordulón. A Geológus TDK Konferencián *Tóthi Tamara* III. helyezést ért el BSc kategóriában (témavezetői: *Markó Ábel, Mádlné dr. Szőnyi Judit, dr. Szijártó Márk*).

A XXXVI. Országos Tudományos Diákköri Konferencia (OTDK), Fizika, Földtudományok és Matematika (FiFöMa) Szekciójának – ahova hallgatóink a kari teljesítményük alapján kvalifikálták magukat – idén a Pannon Egyetem (Veszprém) ad otthont, 2023. április 11. és 13. között.

Az ELTE TTK Geofizikai és Űrtudományi Tanszék munkatársai nevében szeretnék gratulálni minden versenyzőnek, akik bemutatták tudományos tevékenységüket a Kari Tudományos Diákköri Konferencián. További sok sikert és lendületet kívánunk a munka folytatásához!

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom a szakmai zsűrinek (*dr. Timár Gábor* – elnök, *dr. Galsa Attila, dr. Balázs László*), valamint azoknak a doktoranduszoknak (*Váradai Kitti, Szűcs József Gábor, Molnár Bence*), akik segítsége elengedhetetlen volt a konferencia zökkenőmentes lebonyolításában. Továbbá hálával tartozom azoknak a kollégáknak, akik véleményezték a beadott pályamunkákat, ezzel segítve a versenyzők szakmai fejlődését.

A Geofizikus Tudományos Diákköri Konferencia a Nemzeti Tehetség Program NTP-HHTDK-22-0075. számú, „Az ELTE TTK Tudományos Diákköri programjai a 2022/23-as tanévben” című pályázata keretében a Kulturális és Innovációs Minisztérium támogatásával valósult meg.

Szijártó Márk,
Eötvös Loránd Tudományegyetem,
Természettudományi Kar,
Földrajz és Földtudományi Intézet
Geofizikai és Űrtudományi Tanszék,
E-mail: mark.szijarto@ttk.elte.hu

Eötvös Loránd-park

Emlékeztetjük kedves olvasóinkat, hogy az Eötvös Loránd-emlékév során az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány (ELGA) kezdeményezésére, a Hegyvidéki Önkormányzat erkölcsi támogatásával és a lakosság aktív szavazatai segítségével létrejött a Normafa rekonstrukció keretében az Eötvös Loránd-park. A *Magyar Geofizika* hasábjain az elmúlt évek során a park létrejöttéről cikkekben számolt be Alapítványunk.

Az Eötvös Loránd-parkot határoló két autóúton a parki oldalon egy-egy névtábla van elhelyezve. Alapítványunk úgy gondolta, hogy a parknak a két közút találkozásánál kialakított természetes belépési pontjánál egy kötömbön vagy táblán a park névadóját ismertető szöveget kell kihelyezni. A Hegyvidéki Önkormányzat egyetértett javaslatunkkal, és vállalta saját költségére az információs tábla kialakítását és elhelyezését úgy, hogy a tábla tartalmát Alapítványunk adja meg. A Normafa rekonstrukciója során a területen elhelyezett összes ismertető tábla egységes megjelenítésű és kivitelezésű. Ezért az Eötvös Lorándot bemutató tábla is így jelenhetett csak meg. Ez azt jelenti, hogy két, egymástól kis távolsággal elhelyezett függőleges négyszög profilú faoszlopra van el-

helyezve az oszlopok két oldalán egymásnak háttal rögzítve az ízléses kivitelezésű fémtáblákon a jól olvasható információs anyag, a logók és az a QR-kód, amely Eötvös Loránd szobrán is megtalálható.

Alapítványunk úgy gondolta, hogy az egyik táblán Eötvös Loránd sokoldalú személyiségének és tevékenységének tömör bemutatása jelenjen meg. A másik táblán Eötvös sportemberi, turisztikai tevékenységét kívántuk szemléltetni, hiszen célszerűnek tartottuk a parkot és tágabb környezetét látogató kikapcsolódást, sportolást kedvelő emberek tömegeinek figyelmét felhívni erre.

Javasoljuk a *Magyar Geofizika* olvasóinak, hogy minél gyakrabban keressék fel a nagyszerű pihenést és kikapcsolódást biztosító szép Eötvös Loránd-parkot!

Ezúton is köszönjük a Hegyvidéki Önkormányzat vezetőinek és munkatársainak segítő közreműködését, Eötvös Loránd személyisége előtt mutatott tiszteletteljes magatartását. Egyúttal ismételten köszönjük mindazoknak a segítőkészségét, akiknek szavazataival eldől, hogy a park Eötvös Loránd nevét viseli!

Pályi András,
ELGA elnöke

Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia – BKF 2023

Első körlevél

BKF 2023: ALTALAJKINCSEINK FELTÁRÁSA A FENNTARTHATÓ JÖVŐNK ZÁLOGA

Szervező: az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), Földtani és Bányászati-Kohászati Szakosztályai

A konferencia helyszíne: Resicabánya (a Babeş–Bolyai Tudományegyetem resicabányai központja)

A konferencia időpontja: 2023. március 30. – április 2.

A konferencia hivatalos nyelve: magyar

A konferencia honlapja: <http://bkf.emt.ro>

A konferencia célja: Lehetőséget teremteni az erdélyi és magyarországi, illetve más államokbeli magyar szakembereknek tudományos eredményeik bemutatására, az ismerkedésre, kapcsolatteremtésre, valamint a diákok tudományos munkájának serkentése.

A konferencia szakmai bizottsága:

- *Márton István*, Stockwork Geoconsulting Kft. – a konferencia elnöke
- *Wanek Ferenc*, az EMT Földtani Szakosztályának elnöke
- *Kovács Alpár*, az EMT Földtani Szakosztályának titkára
- *Silye Lóránd*, BBTE, Geológiai Intézet
- *Serfőző Antal*, Geogold Kárpátia Környezetvédelmi és Mérnöki Kft.
- *Hatala Pál*, az OMBKE elnöke
- *Zelei Gábor*, az OMBKE ügyvezető igazgató
- *Szabados Gábor*, OMBKE
- *Varga Béla*, Brassói Transilvania Egyetem
- *Kovács József*, Petrozsényi Egyetem

Határidők:

- Részletesebb program közlése (2. körlevél) és a regisztráció megnyitása: 2023. január 9.
- Előadás/poszter bejelentésének és anyagának beküldési határideje: 2023. február 20.
- A bejelentett előadás elfogadásának visszaigazolása vagy poszterre jelölése: 2023. március 5.
- Jelentkezési határidő (előadás/poszter nélkül): 2023. március 10.

A konferencia előzetes programja:

1. *Kerekasztal-megbeszélés:* Van-e kiút az ásványi nyersanyagok, energia és vízellátás válságából?
Az elmúlt 25 év célszerűtlen nyersanyag-, energia- és környezetvédelmi politikájának következményeként a térségünk egy korábban nem ismert válságba került az ásványi nyersanyagok, az energiaforrások és a vízellátást illetően. Ezért szándékunk az, hogy romániai és magyarországi egyetemi, ipari és kormányzati szakemberek bevonásával egy szakmai fórumot és együttműködést indítsunk el, amely a földtudományi és bányászati szakmák társadalmi megerősítése mellett, az altalajkincseink megismerését/feltárását határozottabban támogató kormányzati szándékok alapját képezhetné.
2. *Szakmai kirándulás* a Bánsági-hegyvidék fontos földtani, bányászati, valamint ipar- és kultúrtörténeti nevezetességeinek bejárásával. A körút főútvonala kb. 150 km:
Resicabánya – Kiskrassó (Lupac): horvát település, karbon időszaki kövült flórával – Gorony (Gorua) – Csudafalva (Ciudanovita): a perm időszaki rétegekhez kapcsolódó uránércesedés és -bányászat nyomai – Krassószentgyörgy (Giurgiova) – Nagytikvány (Ticvanu Mare) – Kákófalva (régibb: Kákova, Grădinari): késő pannóniai kövületlelő-

hely, 1858-ban meteorit hullott itt; utána: 18. századi műemlékhíd a Kárás-folyó felett – Gerőc (Geroni) – Oravicabánya (Oravița): kristályos palák, badeni és szarmata kövületlelőhely, kultúrtörténet (színház épülete, vasútállomás: Oravicabánya–Stájerlakanina: az első európai hegyi vasút) stb. – Csiklovabánya (Ciclova): késő kréta szkarn ércesedések ásványtársulásai – Marilavölgy (Marila) – Oravicabányától Stájerlakanináig perm–jura sorozat – Stájerlakanina (Anina): szénbányászat emlékei; olajpalák kőzettani viszonyai és az olajpala értelmetlen bányászatához kapcsolódó környezeti és szociális hatások – Bigér-vízesés – Krassóvár (Carașova): Krassó-fő-vára – Domány (Doman): felhagyott felszíni szénbánya – Resicabánya.

3. *Konferencia-előadások*: magyar nyelvű plenáris és szekció-előadások, valamint poszterbemutatók a földtudományok, a bányászat és a kohászat bármely területéről.

A konferencia tervezett rövid programja:

- március 30., csütörtök: érkezés, regisztráció, kerekasztal-megbeszélés
- március 31., péntek: egész napos szakmai kirándulás
- április 1., szombat: plenáris előadások, szekció-előadások, poszterek bemutatása
- április 2., vasárnap: hazautazás

Pályázati lehetőség:

Az EMT az előző évekhez hasonlóan pályázatot hirdet egyetemi mesterhallgatóknak és doktoranduszoknak, illetve az egyetemet 2 éven belül végzetteknek a LEGJOBB ELŐADÁS cím elnyerésére, melynek jutalma egy oklevél és a következő évi konferencián való díjmentes részvétel.

A pályázaton való részvételi igényüket kérjük a benevezéskor jelezni az előadás-bejelentő lapon.

A konferencia kiadványa: nemzetközi azonosítóval (ISSN-számmal) ellátott, online konferenciakötet, amely az EMT Open Journal System felületén, a <http://ojs.emt.ro> linken érhető el. (A BKF 2022 konferencia kötete megtekinthető a <https://ojs.emt.ro/index.php/bkf> linken.)

A konferencia titkársága:

RO-400604 Kolozsvár, 1989. December 21. sugárút 116.
Postacím: RO-400750 Cluj, O.P. 1, C.P. 140
Tel./Fax: +40-264-590825, +40-744-783237
E-mail: emt@emt.ro

Kapcsolattartó személy:

Fülöp Beáta, programszervező (programszervezo@emt.ro)

Dr. Szeidovitz Gyözőné Woynárovich Zsuzsanna

1939 – 2022

Szeidovitz Zsuzsa – ahogy magunk között hívtuk – 1939-ben született, és 1962-ben szerzett diplomát az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karának geofizikus szakán. Az egyetem elvégzése után, 1962 augusztusától a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) Szeizmikus Osztályán kapott munkát. Két évig egy terepi szeizmikus csoportnál dolgozott, majd bekerült az Osztály, akkor még a Szabó József utcában működő budapesti központjába, ahol a szeizmikus mérések kiértékelőjeként folytatta munkáját 1965-től tudományos munkatársi, majd 1981-től tudományos főmunkatársi minőségben. A nyírségi módszertani és felderítő kutatások megindulása (1969) után évekig az OKGT megbízásából végzett szeizmikus mérések kiértékelésén és értelmezésén dolgozott, részt vett a komplex geofizikai jelentések összeállításában, amelyek közül különösen jelentős volt a nyírségi kutatások 1973-ban elkészült zárójelentése.

Bár Zsuzsa munkája végig az elsősorban szénhidrogén-kutatási célokkal végzett nagyföldi szeizmikus kutatásokhoz kapcsolódott, szívesen vállalt el más jellegű tevékenységeket is. Így részt vett az első nógrádi bányabeli szeizmikus kutatások méréseiben és feldolgozásában, vagy később a vibroszeizmikus mérések megindulása során ennek az új eljárásnak a kísérleteiben. 1992-ben a jelentős nemzetközi együttműködéssel folyó DANREG (Duna régió) program szeizmikus részének témafelelőse volt, 1994-ben pedig az új atomerőművek létesítéséhez számbavehető területek vizsgálatában működött közre. Munkáját több kitüntetéssel is elismerték, ezek közül az utolsó 2000-ben az ELGI „Pro Geophysica” emlékérmé volt.

A nevéhez fűződő számos kutatási jelentésen túl jelentős számú szakcikk szerzője, illetve társszerzője. Van dolgozata, amelyet három angol, illetve amerikai geofizikai szakkönyv is idézett.

A Magyar Geofizikusok Egyesületének (MGE) 1959-től, tehát még egyetemista éveitől kezdve tagja. 1975-től kezdve egészen a 2000-es évek elejéig az MGE Ellenőrző-, illetve a Felügyelőbizottságának munkájában vett részt.

Hosszú évtizedek szorgalmas munkája után 1995-ben vonult nyugdíjba, hogy több időt tölthessen kedves családjával körében. Nyugalomba vonulása után is tartotta a kapcsolatot a kollégáival, az MGE által szervezett szeniorkirándulásoknak, illetve találkozóknak elmaradhatatlan résztvevője volt.

Zsuzsa kiegyensúlyozott, kedves és nyugodt természete miatt közkedvelt tagja volt az Intézet munkatársi közösségének, pontosan és figyelmesen végezte munkáját, jó volt vele dolgozni. Ered-

ményesen lehetett vele megbeszélni olyan témákat is, amelyekben egyébként nem értettünk egyet.

Utoljára az MGE szeneiorok nyáreleji találkozóján láttam, vidám volt és fiatalos, semmi sem sejtette még októberben fellépett hirtelen betegségét és váratlan halálát.

A tihanyi temetőben van végső nyughelye, a sok boldog családi nyaralás színhelyéhez közel. Gyászolja férje, Győző, kollégánk, gyermekei, unokái és mi, egykori munkatársai mindnyájan.

Kedves Zsuzsa, legyen szép az álmod ott a Balaton felett!

Bodoky Tamás



Dr. Szeidovitz Gyözőné
Woynárovich Zsuzsanna
1939 – 2022

Húsz éve történt – 2002

A Pro Geophysica Emlékérmek átadása



Ráner Gévánék virággal gratulál az elismeréshez az ELGI igazgatója



Az ünnepélyes eseményen dr. Müller Pállal (j), az ELGI nyugalmazott igazgatójával beszélget Bodoky Tamás (b)

A Pro Geophysica Emlékérmet az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) és az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány (ELGA) alapította a geofizika területén végzett, több évtizedes, eredményes munka elismerésére. Az emlékérmet minden évben ünnepélyes keretek között adták át

MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

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

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

