

Nyugat-magyarországi Egyetem
Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola
Geokörnyezettudományi Program

Doktori (PhD) értekezés tézisei

AZ ELEKTROMÁGNESES IMPEDANCIA-TENZOR KÜLSŐ EREDETŰ VÁLTOZÁSAI

Lemperger István

Sopron
2012

ELŐZMÉNYEK

A geofizikai kutatómódszerek széles skálája lehetőséget biztosít mind a földfelszín alatti, mind a Föld körüli térségben végbemenő dinamikus folyamatok megértésére és értelmezésére. Az elektromágneses (EM) módszerek manapság a felszínközeli szerkezetkutatások, régészeti feltárások és mérnökgeofizikai vizsgálatokon túl, a nagyobb mélységben található nyersanyag kutatásban, valamint a mélytektonikai változások megismerésében is fontos szerepet kapnak. A hiteles geofizikai információk megszerzésének alapvető feltétele, hogy az alkalmazott módszerek minél pontosabban képezzék le a változatos földtani szerkezeteket. Az EM kutatások során a felszín alatti térség elektromos és mágneses paramétereinek térbeli eloszlásáról kapunk közvetett információt. A Föld felszínén tapasztalható természetes eredetű mágneses változásokat felhasználó - ún. passzív forrás- módszerek esetében azonban a rutinszerű adatfeldolgozás során kapott eredmények a földtani információk mellett az EM erőter forrásainak bizonyos sajátosságait is magában hordozzák. A gyakorlati adatfeldolgozás során azzal a feltételezéssel élünk, hogy az említett torzítások elhanyagolható mértékűek a regisztrált adatokat terhelő inkoherens zajok hatásai mellett, vagy azokkal összemérhetők. Jól ismert tapasztalati tény azonban, hogy ez a közelítés bizonyos földrajzi szélességeken -mint pl. az egyenlítő környékén és az aurorális övben- nem alkalmazható. Ezért az elméleti kutatások egyik fontos feladata, hogy rámutasson a gyakorlatban alkalmazott sémák elégtelenségeire és korlátaira, valamint azok rutinszerű felhasználásának feltételeire.

A jelölt doktori munkájának tárgyát az egyik legelterjedtebben alkalmazott, természetes forrású elektromágneses módszer, a felszíni horizontális elektromos és mágneses komponensek regisztrálásán alapuló, ún. magnetotellurikus (MT) kutatás képezi (Tikhonov, 1950; Cagniard, 1953). A kiválasztott frekvenciatartományban aktív magnetoszférikus-ionoszférikus forrásokról jelenleg rendelkezésünkre álló ismeretek és modellek függvényében vizsgálta a felszíni hullámmellenállás, vagy másképpen a felszíni impedancia időbeli stabilitását, forrás függetlenségét. Az egzakt elméleti leírás eredményeit megfigyelési adatok feldolgozásával egészítette ki. A munka céljainak megfelelően, ehhez elegendően hosszú időtartamot felölélő háborítatlan tellurikus és mágneses regisztrátumokra volt szükség, melyet az MTA Széchenyi István Geofizikai Observatórium adatbázisa biztosított.

KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

A meghatározó globális ionoszférikus áramrendszerek közül ismerünk olyanokat, amelyek kiterjedése vagy geometriája nagyon eltér a gyakorlati MT feldolgozásnál feltételezettektől, nevezetesen a ún. síkhullám forrástól. Ilyen pl. az ún. egyenlítői és az aurorális *electrojet*. E koncentrált áramok tere a felszíni EM mérésekből meghatározott MT impedancia tenzort és ennek megfelelően a kutandó szerkezetre vonatkozó eredményeket torzítja. A forrás áramter bizonyos sajátosságainak következtében megjelenő torzítás *forráshatás* néven ismert. A jelölt vizsgálatainak elsődleges célja az, hogy a közepes földrajzi szélességeken is jelen lévő -ismertnek feltételezhető magnetoszférikus forrás-mechanizmusokhoz kapcsolódó-, realiztikus ionoszférikus forrásáramter feltételezése mellett becslést adjon a forrás hatás mértékére. A célnak megfelelően, elméleti és megfigyelési adatokon végzett vizsgálatok egyaránt szükségesek. Ennek érdekében a következő célkitűzéseket fogalmazta meg:

1. Fizikai értelemben realiztikus geometriájú pulzációs ionoszférikus áramtér felszíni elektromágneses térének általános leírása a forrástér geometriai paramétereinek függvényében.
2. A felszíni EM teret az adott forrás mellett leíró formulák konkretizálása az adott közegmodellnek megfelelően, az EM tér komponenseire vonatkozó határfeltételek alkalmazása révén. A feltételezett közegmodell és forrás-áramtér esetében kialakuló felszíni EM tér leírása a forrás paramétereinek függvényében.
3. Az felszíni MT impedancia pulzációs forrás mellett általános formulájának felírása, továbbá ennek numerikus meghatározása a nagyeceni közegmodell esetére, a forrás paramétereinek -kiterjedés, hullámhossz, frekvencia- és a megfigyelő forráshoz viszonyított helyzetének függvényben.
4. A naptevékenységi maximum időszakára eső, mintegy négy évnyi obszervatóriumi tellurikus és geomágneses regisztrátum alapján meghatározott felszíni impedancia idősor spektrális vizsgálata, az esetleges periodikus változásainak kimutatására.
5. Ismert, Pc5-ös periódusú (100-2000sec) magnetoszférikus forrásmechanizmusok jellemző frekvenciáin, megfigyelési adatokból számított impedancia függvények összehasonlítása.
6. Geomágneses aktivitás MT impedanciára gyakorolt esetleges hatásának vizsgálata.

ELVÉGZETT FELADATOK

A jelölt doktori munkája két részre tagolható, elméleti vizsgálatokra és megfigyelési adatok feldolgozására:

ELMÉLETI LEÍRÁS

A jelölt a Price-féle megalapozásra építkezve (Price, 1950) a pulzációs felszíni EM tér elméleti leírását nyújtotta. A formulákat konkretizálta a nagyeceni közegmodellnek megfelelően, továbbá numerikus számításokkal meghatározta a felszíni impedanciát a forrás paramétereinek függvényében. Ezzel a pulzációs tér forrás hatására adott elméleti becslést. A forrásparaméterek változásának az MT impedanciára gyakorolt hatásait szétválasztotta és azok részletes fizikai értelmezését nyújtotta. Meghatározta az primer és a szekunder geomágneses tér viszonyát a felszínen, továbbá azok numerikus becslését végezte el különböző közegmodellek és forrás geometriák mellett. A megfigyelési adatok feldolgozásának eredményeképp azonosított napos periódusú modulációnak egy lehetséges fizikai magyarázatát prezentálta, melyet a geomágneses tér polarizációs vizsgálataival igazolt.

OBSZERVATÓRIUMI REGISZTRÁTUMOK FELDOLGOZÁSA

Koherencia-, illetve energia-feltétel definiálása révén kiszűrte az adatrendszer zajos összetevőit, periódusait, ezzel pontosítva a további statisztikai vizsgálatok eredményeit. Az interpolált adatrendszeren rövid és hosszú távú spektrális vizsgálatokat végzett. Meghatározta az ún. centrális impedanciák, mint rotációs invariánsok (Weaver, 2000) függvény sorozatát mintegy négy éves regisztrátum alapján, hogy a mérőrendszer tájolásából eredő modulációs hatásokat eltávolítsa.

Ismert magnetoszférikus forrásokhoz kapcsolható jellemző frekvenciaértékeken határozta meg és hasonlította össze a tapasztalati MT impedancia függvényt.

Bizonyos geomágneses indexek alapján meghatározott különböző aktivitású időszakok jellemző MT impedancia függvényét határozta meg és hasonlította össze.

SAJÁT KUTATÁSI EREDMÉNYEK

A jelölt doktori munkájának eredményei az alábbi tézisekben foglalhatóak össze:

1. Térben változó amplitúdójú és időben változó fázisú, magnetoszféra-fizikai szempontból realiztikus, ún. pulzációs áramtér felszíni elektromágneses hatásait leíró általános formulák elméleti meghatározását elvégezte. Nevezetesen, meridionális irányú, azimutális irányban korlátos felületi áramok eredő H_y , H_z és E_x felszíni terét határozta meg.

2. Numerikus számításokkal meghatározta a felszíni elektromágneses teret, a pulzációs áramtér frekvenciájának és geometriai paramétereinek -mint az azimutális kiterjedés, illetve hullámhossz-, valamint a frekvencia függvényében. A számított térkomponenseket fizikailag realiztikus 4D paraméter tartomány fölött határozta meg, ahol az említett három változó mellett a megfigyelő, forráshoz viszonyított relatív helyzetét is figyelembe vette.

3. Az elméleti felszíni elektromágneses tér formuláinak felhasználásával, meghatározta az impedanciát általános esetben leíró összefüggéseket. Ennek alapján pulzációs forrás áramtér feltételezésével, a nagycenki obszervatórium területén érvényes felszíni impedanciát is megadta. Az elméleti formulák alapján elvégezte az MT válaszfüggvény numerikus számítását.

4. A területre jellemző látszólagos fajlagos ellenállás görbe, forráshatás miatt bekövetkező lehetséges torzulásának elméleti becslését nyújtotta. Bizonyította, hogy nagy forrás hullámhossz választása esetén, az elméleti elektromágneses változásokból meghatározott impedancia függvény a klasszikus, ún. Cagniard-Tikhonov impedanciával kiváló egyezést mutat, míg kb. 100km-es forrás hullámhossz mellett nagyon eltérő impedancia és látszólagos fajlagos ellenállás menetet eredményez.

5. Pulzációs ionoszférikus áramtér feltételezése mellett, meghatározta az indukáló és az indukált felszíni mágneses terek fáziskülönbségét és arányát a forrás geometriai paramétereinek függvényében, továbbá becslését a nagycenki obszervatórium, korábbi publikációkból ismert (Ádám, 1970) geológiai modelljének felhasználásával konkretizálta. Ennek alapján megállapította, hogy az adott forrás mellett, a primer és a szekunder horizontális tér 1D-s szerkezet és nagy forrás hullámhossz esetén megegyező irányú és kis felszínközeli fajlagos ellenállás esetén közel azonos nagyságú. Bizonyította továbbá, hogy a forrás hullámszám növekedése mellett a két mennyiség viszonya határozottan változik.

6. Elvégezte négy évnyi (2000-2004) obszervatóriumi tellurikus és geomágneses regisztrátum alapján meghatározott impedancia modulus időbeli változásának spektrális elemzését. Ennek eredményeként kimutatta az impedancia tenzor főátlóbeli elemeinek szignifikáns naps periódusú fluktuációját. Rotációs invariánsok képzésével bizonyította, hogy a hatás a mérőrendszer tájolásától függetlenül létezik.

7. Az impedancia függvény esetében tapasztalt naps modulációnak egy lehetséges elméleti magyarázatát nyújtotta. Ezt a hipotézist a geomágneses tér megfigyelt naps periódusú polarizációmenetének meghatározásával támasztotta alá, továbbá felhívta a figyelmet a hosszú

periódusú szondázások eredményeinek torzulására, amennyiben a domináns indukáló tér polarizációjának iránya, a szerkezeti irányokra nézve nem tengelyszimmetrikus.

8. A nagyeceni obszervatórium regisztrátumai alapján igazolta, hogy a mágnesoszféra ún. hullámvezető frekvenciáin számított felszíni impedancia -mágneses aktivitástól függetlenül- illeszkedik a komplementer frekvenciaosztályokon felvett függvényértékek által meghatározott görbére. Eszerint hosszú távú megfigyelés alapján igazolta, hogy hibahatáron belül a hullámvezető hatáshoz tartozó forrásmechanizmus esetlegesen eltérő geometriájából fakadó impedancia torzítás az adott obszervatóriumi mérőrendszer érzékenység mellett, Pc5 tartományban nem kimutatható.

9. Három -a vizsgálat szempontjából legmegfelelőbbnek ítélt- geomágneses aktivitási index (ULF-Tgr, ASY-H, SYM-H) felhasználásával kiválogatott geomágneses értelemben nyugodt, illetve háborgatott időszakokra számított megfigyelési adatokon nyugvó impedanciagörbéket. A vizsgálat eredményeként, reprezentatívnak tekinthető statisztika alapján, hibahatáron belüli, de határozott eltérést mutatott ki a két függvény között.

Az elméleti felszíni elektromos és mágneses komponensek, továbbá a MT impedancia meghatározását, valamint a megfigyelési adatokon végzett statisztikai számításokat a jelölt kizárólag saját fejlesztésű Matlab és IDL szkriptekkel, illetve függvényekkel végezte el.

AZ ÉRTEKEZÉS EREDMÉNYEINEK HASZNOSÍTÁSA

Mivel a felszín alatti szerkezetek, illetve azok elektromágneses jellemzőinek térbeli eloszlása általában csak nagy időskálán változik a mérések időtartamához képest, ezért a kitépített mérőállomások hosszabb idejű működtetésével, statisztikus feldolgozás révén kapunk reprezentatív információt a kutatóandó struktúrákról. Ebben az esetben a különböző torzító hatások, illetve a mérési zaj gyakorlatilag kiátlagolódnak. Léteznek azonban olyan elektromágneses vizsgálatok, melyek esetében mégis a felszín alatti EM paraméterek eloszlásának időbeli monitorozása a cél. Ilyenek például rövidebb periódusok esetén az aktív vulkánok indukciós monitorozó rendszere (Kanda et al. (2008)). Ennek lényege, hogy a kitorést megelőzően, forró nagy vezetőképességű láva tölti föl a kürtőt, amit folyamatos indukciós megfigyeléssel regisztrálni tudunk. Az ilyen valós idejű monitoring rendszerek esetében, a gyors időbeli változások nem átlagolhatók ki, hiszen a cél épp a valós idejű (real-time) impedancia függvényidőbeli változása alapján történő riasztás. E rendszerek alkalmazása során kritikus lehet az impedancia függvény nem belső eredetű változásainak téves azonosítása.

A jelölt kutatása lehetővé teszi a gyakorlati EM kutatások eredményeinek pontosabb értelmezését, valamint rámutat a rutinszerű feldolgozási eljárások korlátaira, azok alkalmazhatóságának feltételeire.

A forrás hatás pontosabb megismerése lehetővé teszi az EM kutatómódszerek alkalmazásának bizonyos kiterjesztését, nevezetesen azon felszín alatti folyamatok pontosabb azonosítását, melyek járulékos EM hatásokat eredményeznek a felszínen. Például a tektonikai folyamatokkal összefüggő piezomágneses hatások, valamint felszín alatti fluidumok áramlása révén kialakuló elektromos és mágneses terek.

A polarizációs forrás hatás figyelembe vételével tovább pontosítható látszólagos fajlagos ellenállás függvény és így a kutatóandó szerkezetekről kapott információ a gyakorlati EM kutatásban.

A DOLGOZAT TÉMÁJÁVAL KAPCSOLATOS PUBLIKÁCIÓK

SCI FOLYÓIRATCIKKEK

G. Sántori, E. Williams, I. Lemperger, 2009: Variability of global lightning activity on the ENSO time scale
Atmospheric Research, v. 91, iss. 2-4, p. 500-507.

Adam A, Bencze P, Bor J, Lemperger I, et al., 2009: Geoelectromagnetism and the changing Earth
Acta Geodetica et Geophysica Hungarica, Volume: 44 Issue: 3 Pages: 271-312

Heilig B, Kis Á, Lemperger I, Wesztergom V; 2009:
Observation and interpretation of geomagnetic variations, monitoring ELF-VLF signals;
Acta Geodetica et Geophysica Hungarica, Vol. 44/3, p:272-276

P. Bencze, I. Lemperger, 2011: Characteristics of field line resonance type geomagnetic pulsations and variations of plasmaspheric plasma density distribution
Advances in Space Research, Volume 47, Issue 9, p. 1568-1577.

MAGYAR NYELVEN MEGJELENT FOLYÓIRATCIKKEK

Ádám A, Bencze P, Bór J, Koppán A, Kovács K, Lemperger I, Martini D, Márcz F, Novák A, Prodán T, Sántori G., Szalai S, Szarka L, Verő J, Wesztergom V, Zieger B, 2006: Új irányzatok a Magnetotellurikában
Magyar Geofizika, 47. (4), p.138-144.

Ádám A, Bencze P, Bór J, Koppán A, Kovács K, Lemperger I, Martini D, Márcz F, Novák A, Prodán T, Sántori G., Szalai S, Szarka L, Verő J, Wesztergom V, Zieger B, 2006: Földi elektromágnesség
Magyar Geofizika, 47. (4), p.166-169.

KÖNYVFEJEZET

A. Kis, A. Koppán, I. Lemperger, T. Prodán, J. Szendrői, J. Verő, V. Wesztergom
In: Wesztergom V (ed.): Variation of geomagnetic activity - A study based on 50 years telluric observations at Nagyecenk Observatory,
Nagyecenk Geophysical Observatory Years 2005-2006: Special issue on the occasion of the 50th anniversary of the Observatory, Sopron, -:MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, 2007. pp. 121-128
ISBN 978-963-8381-22-4 (Geophysical Observatory Reports of the Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences)

A. Kis, A. Koppán, I. Lemperger, T. Prodán, J. Szendrői, J. Verő, V. Wesztergom, Cs. Ferenc, J. Lichtenberger

In: Wesztergom V (ed.): Connection between whistlers and Pc3 pulsation activity at time periods of quite and disturbed geomagnetic conditions

Nagyceknk Geophysical Observatory Years 2005-2006:

Special issue on the occasion of the 50th anniversary of the Observatory, Sopron, -:MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, 2007. pp. 121-128

ISBN 978-963-8381-22-4 (Geophysical Observatory Reports of the Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences)

I. Lemperger, A. Kis, A. Novák, J. Szendrői, V. Wesztergom, P. Bencze, L. Szarka

In: Wesztergom V (ed.): A study on the long term behavior of the impedance tensor at Nagyceknk Geophysical Observatory

Nagyceknk Geophysical Observatory Years 2005-2006:

Special issue on the occasion of the 50th anniversary of the Observatory, Sopron, -:MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, 2007. pp. 121-128

ISBN 978-963-8381-22-4 (Geophysical Observatory Reports of the Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences)

HAZAI KONFERENCIÁKON

Koppán A, Kovács K, Lemperger I, Lichtenberger J, Prodán T, Szendrői J, Verő J, Wesztergom V. 2004: A geomagneses aktivitás változása - a T index
XXIV. Ionoszfera magnetoszfera szeminárium, Debrecen

Koppán A, Kovács K, Lemperger I, Martini D, Prodán T, Szendrői J, Verő J, Wesztergom V, 2005: A napszél és a magnetoszféra kölcsönhatása,
Pannon Tudományos Napok (2005 okt., Nagykanizsa)

Koppán A, Kovács K, Lemperger I, Martini D, Prodán T, Szendrői J, Verő J, Wesztergom V, , 2005: A T geoelektromos index hosszúperiódusú változása,
5. Jubileumi Geotudományi Ankét (Nagykanizsa)

Bencze P, Koppán A, Kovács K, Lemperger I, Lichtenberger J, Prodán T, Szendrői J, Verő J, Wesztergom V, 2006: A napszél és a geomagneses tér közötti energiaátadás változásai,
TUDOMÁNYOS ELŐADÁSOK, VESZPRÉM: MTA VESZPRÉMI AKADEMIAI BIZOTTSÁG, 79-100, 2006

Kis A, Koppán A, Lemperger I, Prodán T, Szendrői J, Wesztergom V, 2007: Long term behavior of T geoelectric activity index,
VÁNDORGYŰLES, SOPRON 2007

Ádám A, Bencze P, Bór J, Koppán A, Kovács K, Lemperger I, Martini D, Márcz F, Novák A, Prodán T, Sátorai G, Szalai S, Szarka L, Verő J, Wesztergom V, Zieger B, 2007: Földi elektromágnesség,
VÁNDORGYŰLÉS, SOPRON 2007

G. Satori, L. Lempenger, J. Bor and T. Nagy, 2008: Variability of Global Lightning on Different Time Scales as Shown by Schumann Resonances
VERSIM, 2008, Tihany

PREZENTACIOK NEMZETKOZI KONFERENCIAKON

Lempenger I, Ubrankovics Cs, Menvielle M, Szarka L, Pincon JL, Tarits P, 2004: A Network Induction Study Using Magnetometer Data,
Eos Trans. AGU, 85(47), Fall Meet. Suppl., Abstract GP11A-0821

Lempenger I, Pincon JL, Tarits P, Szarka L, Menvielle M, 2005: An electromagnetic induction study using network magnetometer data,
EGU General Assembly, Vienna, 24-29 April 2005 Z305; EGU05-A-05390;

Koppan, A.; Kovacs, K.; Lempenger, I.; Martini, D.; Prodan, T.; Szendroi, J.; Vero, J.; Wesztergom, V. 2005: Variability of the T geoelectric activity index,
EGU05-A-04440; ST8-1FR2P-0524; EGU General Assembly

Satori G, Williams E, Lempenger I, 2005: Variability of global lightning activity on the ENSO time scale,
IAMAS Peking

Lempenger I, Pincon JL, Tarits P, Ubrankovics Cs, Szarka L, Menvielle M, 2005: Investigation of the lithosphere by using network magnetometer data.
AGA 2005, Toulouse, IAGA2005-A-00690

Lempenger I, Menvielle M, Pincon JL, Szarka L, Tarits P, Ubrankovics Cs, 2006: Induction network study by using INTERMAGNET data
Concluding Meeting of the Mars Geophysical European Network (Mars Dialogue 2006, German Aerospace Research Center, Institute of Planetary Research Berlin)

Satori G, Williams E, Lempenger I, 2006: Variability of Global Lightning Activity on the ENSO Time Scale
EGU 2006, General Assembly, 06-A-02260

Koppan A, Kovacs K, Lempenger I, Martini D, Prodan T, Szendroi J, Vero J, Wesztergom V, 2006: Long term variation of the T geoelectric activity index.
Central Geophysical Observatory at Belsk, Poland: XII-th IAGA workshop on Geomagnetic Observatory Instruments, data acquisition and processing

Kis A, Koppan A, Lempenger I, Prodan T, Szendroi J, Vero J, Wesztergom V, 2007: Long term variation of the geoelectric activity index
Proceedings of the XIIth IAGA Workshop on Geomagnetic Observatory Instruments, data acquisition and processing

Satori, G. ; Lempenger, I. 2007: Areal variations of global lightning on the 11-year solar cycle,
EGU2007 General Assembly, Session NH1.06

Kis A, Scholer M, Klecker B, Lucek E. A, Reme H, Kucharek H, Wertzgerom V, Lemperger I, 2007: Multi-spacecraft observations of diffuse ions upstream of Earth's bow shock under different solar wind conditions
EGU 2007 General Assembly

Lemperger I, Menvielle M, Pincon J.L, Szarka L, Tarits P, Ubrankovics Cs, Kis A, 2007.: Investigation of the lithosphere by using network magnetometer data
EGU 2007 General Assembly

Kis A, Lemperger I, Prodán T, Szendrői J, Wertzgerom V, 2007: A statistical analysis of simultaneous Pc3 pulsation and whistler activity
IUGG 2007, Perugia

Lemperger I, Novák A, Szendrői J, Wertzgerom V, Bence P, Szarka L, Kis A, 2007: A study on the long term behavior of the impedance tensor at Nagyecenk Geophysical Observatory
IUGG 2007, Perugia

Sátori G, Williams E, Lemperger I, 2007: Variability of Global Lightning Activity on the ENSO Time Scale.
International Commission of Atmospheric Electricity, Assembly 2007 China

I. Lemperger, V. Wertzgerom, 2007: On the Long Term Behavior of the Impedance Tensor at Nagyecenk Geophysical Observatory
Fourth European Space Weather Week, Brussels

Wertzgerom V., Kis, A., Lemperger I., Lichtenberger J., Magnes W., Vellante M., Prodan, T., 2007: Statistical Analysis of Simultaneous Pc3 Pulsation and Whistler Activity at Nagyecenk Geophysical Observatory
Fourth European Space Weather Week, Brussels

A. Kis, M. Scholer, B. Klecker, E. A. Lucek, H. Rème, H. Kucharek, V. Wertzgerom, I. Lemperger, 2008: Multi-spacecraft observations of diffuse ions upstream of Earth's bow shock under different solar wind conditions
*15th Cluster Workshop & Cluster Active Archive School
Puerto Santiago, Tenerife, Canary Islands*

Bence, P., Lemperger I., 2008: Solar cycle variations of plasmaspheric plasma parameters based on FLR-type geomagnetic pulsation characteristics
EGU 2008, General Assembly

Kis, A.; Lemperger, I. ; Koppan, A. ; Prodan, T.; Szendroi, J. ; Vero, J. ; Wertzgerom, V., 2008: The geoelectric activity index T: five decades of observation at Nagyecenk, Hungary
EGU 2008, General Assembly

ISTVAN Lemperger, M. Menvielle, J-L. Pincon, L. Szarka, P. Tarits, CS. Ubrankovics †, 2008: Investigation of the lithosphere by EM induction based on network magnetometer data
EM Induction Workshop, Beijing, China

István Lempenger, V. Wetztergom, L. Szarka, M. Menvielle, A. Kis, 2008:
Long Term Behavior of the Impedance Tensor at Nagyecenk Geophysical Observatory
AGU Fall Meeting, 2008, San Francisco

ISTVÁN LEMPERGER, Michel Menvielle, Viktor Wetztergom, László Szarka, 2009:
Long period modulation of the impedance tensor at Nagyecenk Geophysical Observatory and its
statistical relation to magnetospheric processes and solar wind parameters,
Invited speech at *AGA 2009*

ISTVAN LEMPERGER, Michel Menvielle, Jean-Louis Pincon, László Szarka,
Pascal Tarits, Csaba Ubrankovics; 2009:
EM induction investigation of the lithosphere based on network magnetometer data in Europe
AGA 2009

ISTVÁN LEMPERGER, Michel Menvielle, Viktor Wetztergom, László Szarka, 2010:
27-day modulation of the electromagnetic impedance tensor at mid-latitude
Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU2010-13919, 2010, EGU 2010

Lempenger, I.; Menvielle, M.; Wetztergom, V.; Szarka, L.; Kis, A.; Szendroi, J., 2010:
27-day modulation of the electromagnetic impedance tensor at mid-latitude
American Geophysical Union, Fall Meeting 2010, abstract #DI23A-1964, 12/2010

Istvan Lempenger, M. Menvielle, V. Wetztergom, L. Szarka, A. Kis, E. Pracser, 2011:
Modulation of Surface Electromagnetic Impedance Tensor at Astronomical Periods
Modeling and Interpretation of Satellite, Observatory, Marine, and Airborne Magnetic
AGU Fall Meeting, San Francisco, 2011

FELHASZNÁLT IRODALOM

- A. Ádám. A földi elektromagneses ter szerepe a Föld belső szerkezetének kutatásában.
MTA X. Osztályának Közleményei, 4:385-416, 1970.
- L. Cagniard. Basic Theory of the Magneto-Telluric Method of Geophysical Prospecting.
Geophysics, 18:605, July 1953.
- W. Kanda, Y. Tanaka, M. Utsugi, S. Takakura, T. Hashimoto, and H. Inoue. A preparation
zone for volcanic explosions beneath Naka-dake crater, Aso volcano, as inferred from
magnetotelluric surveys. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 178:32-45,
November 2008.
- A.T. Price. Electromagnetic induction in a semi-infinite conductor with a plane boundary.
Quart. Journ. Mech. and Applied Math., 3, 1950.
- A.N. Tikhonov: Determination of electrical characteristics of the deep strata of the
Earth's crust. Dok. Akad. Nauk. USSR, 73:293-297, 1950.
- J.T. Weaver, A.K. Agarwal, and F.E.M. Lilley: Characterization of the magnetotelluric
tensor in terms of its invariants. GJI, 141:321-336, May 2000.