

## Válasz Dr. Szarka László opponensi véleményére

Köszönöm Szarka László körültekintő bírálatát, hasznos észrevételeit és értékes kérdéseit.

Teljesen egyetértek az opponenssel abban, hogy jó lenne, ha lenne a "whistler" és "szferik" szakszavaknak magyar megfelelője. Amint azt a bíráló is leírta, abban a szerencsés helyzetben vagyok, hogy a whistler-kutatás magyarországi elindításának szép, de nehéz feladata nem rám hárult, ezt kollégáim több, mint 40 éve már megtették helyettem. Ennek azonban az a következménye, hogy az általuk használt-megtartott angol kifejezések mára beágyazódtak a szaknyelvbe, így ezek megváltoztatása csak a szélesebb szakmai közösség megegyezésén alapulhat. Véleményem szerint e folyamatnak és az ehhez hasonló magyarítások kezelésének például kiváló fórumai lehetnek az MTA tudományos osztályai. A dolgozatban minden igyekezetem ellenére sajnos tényleg maradtak gépelési és nyelvi hibák, ezeket azonban utólag már nem lehet javítani. A magyar tudományos és technikai kifejezések egy része előbb német, majd a múlt század közepétől inkább angol közvetítéssel került hozzánk, ilyenek például az opponens által is említett nomogram(m) vagy a telegram(m), monogram(m), illetve a kifogásolt spektrogram(m). A múlt század elején ezeket a szavakat a németes, két m-es változatban használtuk (lásd pl. a Pallas Nagylexikon vonatkozó címszavait), mostanában valóban inkább az angolos, egy m-es változat az elterjedtebb, de mindkettőre akad jócskán példa. E szavakat én középiskolásként még a németes változatban tanultam, így ezek használata maradt meg bennem - nem tudom, létezik-e egyébként hivatalos helyesírási előírás ezekre az esetekre.

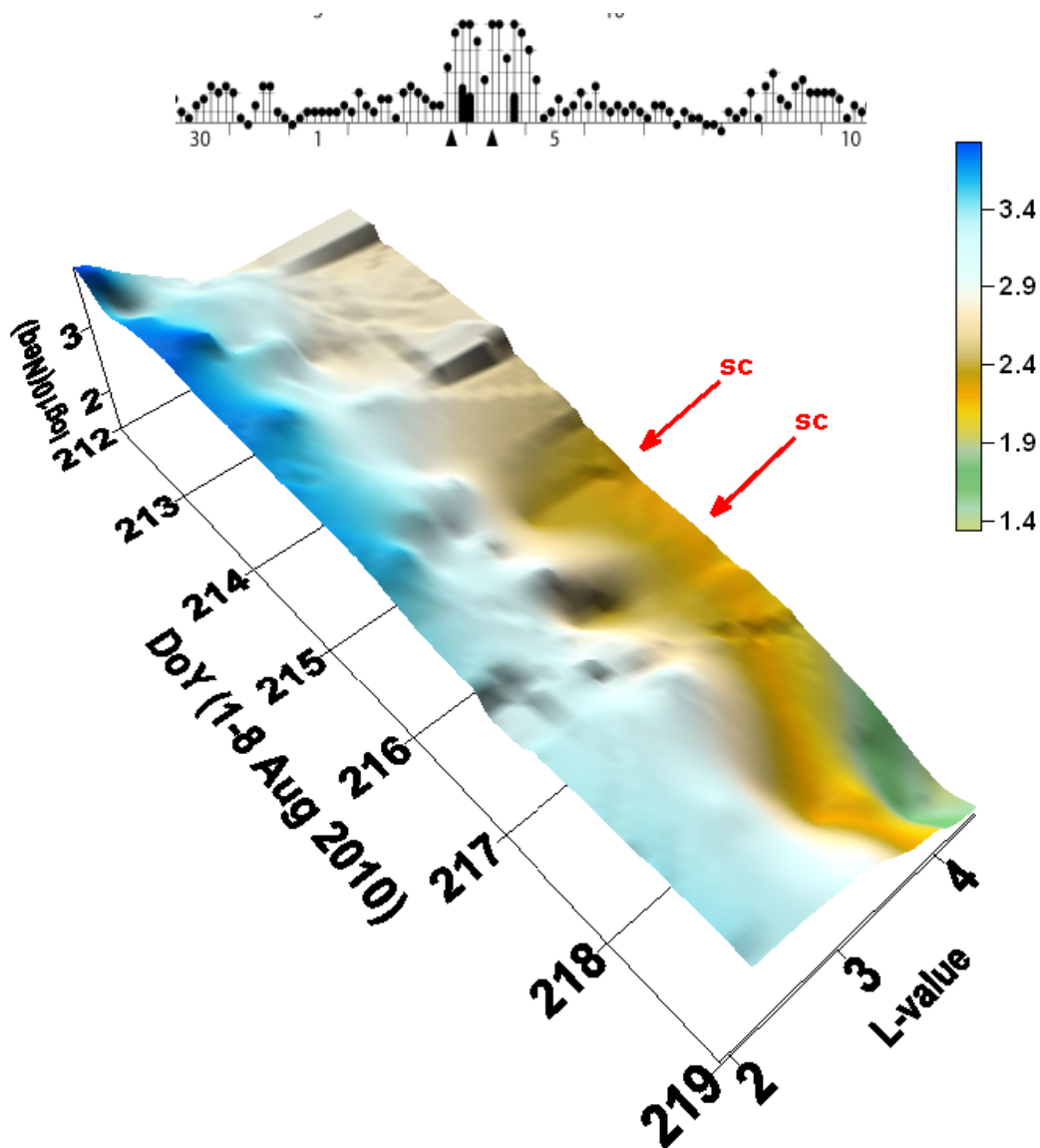
### Válaszok az opponens által feltett kérdésekre:

- Ebben az értekezésben feltűnő volt, hogy miközben az egész munka a plazmaszféra elektronsűrűségének meghatározására irányul, az értekezésben nem lehet látni egyetlen értelmezési eredményt, sőt azzal kapcsolatos illusztrációt sem. Kérem, mutasson valamit az inverziós eredményei közül (a Melbourne-i IUGG-re már ígérték eredményeket).*

A 3.1 táblázat (67. oldal) tartalmazza három, közepes, nagyobb és nagy szélességen észlelt whistler inverziójának összehasonlítását, így a terjedési L-értékeket és az egyenlítői elektronsűrűségeket is. A 4.4-4.8. ábrákon többutas terjedésű whistlercsoport VTT transzformációjának eredményét, illetve a transzformáció során kapott A és B paramétert mutatom be, mely utóbbiak a 4.2 egyenlet szerint leírják az elektronsűrűség változását az egyenlítő síkjában. A Melbourne-i IUGG-re már sikerült egy esettanulmány keretében a 2010. augusztus eleji mágneses vihar idején követni az egyenlítő elektronsűrűség változását Dunedin-ben mért whistlerek segítségével (I. ábra). A több száz whistlercsoport kiértékelése rendkívül számításidő-igényes, még PC klaszteren is, jelenleg az eljárás gyorsításán dolgozunk.

- Vannak-e összehasonlító eredmények az FLR, a műholdas és a whistler-technika között?*

Lényegében eddig egyetlen ilyen jellegű kísérlet történt, amelyet Heilig Balázssal (ELGI) közösen



I. ábra. Az egyenlítői elektronsűrűség változása Dunedin-ben mért whistlerek alapján. A kép felső részén a  $k_p$  index változása látható.

csináltunk (Heilig et al., 2008: Comparison of equatorial plasma mass density and electron density at  $L=1.85$  inferred from ULF and VLF measurements, 3rd VERSIM Workshop, Tihany, 15-20 September 2010), azonban a két eljárás keresztkalibrációjának hiánya miatt az eredmények csak kvalitatív azonosságot adtak - a whistlerek az egyenlítői elektronsűrűségeket, az FLR-ek pedig a tömegsűrűségeket adják, a két adat összehasonlításához szükséges a pontos ionösszetétel is. Azonban e diagnosztikai módszerek fontossága miatt a keresztkalibrációs eljárást a PLASMON FP7-es programban ki fogjuk dolgozni.

- *Van-e a 17. oldalon említett FLR-technikának a whistlerdetektálási módszerhez hasonló szisztematikus változata?*

Jelenleg még nincs, de reményeink szerint a már említett PLASMON programban ki fogunk dolgozni egy, az AWDA-hoz hasonló eljárást FLR-ekre is.

- *Milyen bizonyítékok vannak a vezetőcsatornák fizikai létezésére?*

Vannak közvetett és közvetlen bizonyítékok is. A közvetett bizonyítékok közé tartozik a diszkrét, éles nyomokat tartalmazó többgrású whistlercsoportok létezése. Ha nem lennének vezetőcsatornák, akkor elkent, széles, ecsetvonás jellegű whistlereket észlelnénk a felszínen. A többgrású whistlerek egyes nyomai terjedési idejének és diszperziójának hányadosa páros vagy páratlan egész szám, ami akkor fordulhat elő, ha ugyanazon út mentén terjedtek oda-vissza. A vezetőcsatornabeli terjedés elmélete szerint a csatornák csak a girofrekvencia felénél alacsonyabb frekvenciájú jeleket képesek vezetni, ezt a mérések igazolják - ez a dolgozatban látható többutas terjedésű csoportok esetében is jól megfigyelhető.

A közvetlen bizonyítékok közül az első az OGO-3 műhold mérései (*Angerami* [1970]), amelyik diszkrét whistlernyomokat mért az erővonalakra merőleges pályán és abból vezetőcsatorna adatokat származtatott. A földi VLF adók jelei szintén terjednek vezetőcsatornában, sőt segítségükkel azok szerkezetét és mozgását is követni tudjuk (*Thomson* [1976]), e mérések diszkrét terjedési utakat mutattak ki. A legutóbbi és egyben legmeggyőzőbb bizonyíték az ELTE Űrkutató Csoportjának SAS-2 műszere szolgáltatta: a COMPAS-2 műhold fedélzetén vezetett módusban terjedt whistlernyomot észlelt (*Ferencz et al.* [2009]), ami egyértelmű bizonyítéka e szerkezetek létezésének.

- *Mi alakítja ki ezeket a vezetőcsatornákat?*

Erről, bármilyen furcsa is, nincs pontos elméletünk. A jelenleg leginkább elfogadott elmélet szerint kb. 0.1mV/m elektromos tér az egyenlítői síkban képes konvekciós cellákat létrehozni (ExB drift), amelynek eredményeképpen mintegy fél-egy óra alatt 5% elektronsűrűség növekmény alakulhat ki. Az elektromos tér forrása lehet pl. az F-rétegben, amit esetleg a zivatarfelhőkben fellépő millió V/m -es tér hozhat létre (*Park and Helliwell*, Radio Sci. 6, pp 299-304. 1971). Ez utóbbinak ellentmond azonban, hogy olyan erővonalak mentén is terjednek whistlerek, ahol a zivatartevékenység gyakorlatilag elhanyagolható.

- *Van-e befolyása földfelszín elektromos vezetőképesség-eloszlásának a whistlerek terjedésére?*

Nem tudok ilyen hatásról.

- *Az elektronsűrűség hogyan változik a csővonal mentén helyről-helyre?*

Mind a régebbi elméleti, mind a jelenleg legjobbnak tartott empirikus erővonalmenti sűrűségeloszlások, mint amilyen az általam is használt (3.7 egyenlet), exponenciális függvény szerint változnak. A DE-1 és a Denton-modell alapján számolt normalizált erővonalmenti eloszlás a 3.3 ábrán látható. Megjegyzendő, hogy valódi (erővonalmenti) in-situ mérésekre elvi okokból, a műholdpályák kötöttsége miatt nem kerülhet sor.

- *Lehet-e az elektronsűrűség-eloszlást időben állandónak venni a whistler terjedése alatt?*

Igen, a plazmaszféra dinamikáját két tényező befolyásolja: az egyik a Föld forgása - a plazmaszféra

struktúrái a Nap-Föld tengelyhez képest állandóak, azaz a helyi mágneses idő függvényei -, másik a geomágneses viharok és az azokat kiváltó, a Napból érkező plazmacsomagok hatása. Mindkettő néhányszor tízperces-órás skálán változik, így az átlagos 1-2 másodperces whistler-terjedési idő alatt az eloszlás állandónak tekinthető.

- *Milyen a plazmabeli elektronsűrűség időbeli változásának dinamikája?*

Lásd a előző kérdésre adott választ.

- *Mi a fizikai jelentése a 7. fejezetben a negatív korrelációnak?*

A negatív korreláció a 7.1 logikai függvény alapján azt jelenti, hogy az adott területen nagyon sok esetben volt villám, de a vevő nem észlelt whistlert az 1 perces időablakon belül, illetve az adott 3x3 fokos cellában nem volt villám, amikor a vevő whistlert észlelt, szintén az 1 perces ablakon belül. Azaz e területek nem jöhetnek szóba, mint forrásterületek.

- *Az inverzióval kapcsolatban szeretném felhívni a Jelölt figyelmét arra, hogy amennyiben a használt modell nem írja le teljesen a természetet, az inverzió révén a valóságtól garantáltan eltérő eredményre lehet jutni.*

Teljesen egyetértek az opponens véleményével, minden inverzió annyira használható csak, amennyire a használt modellek leírják a valóságot. A whistler-inverzió esetében már az általam kidolgozott, javított eljárás előtt történtek vizsgálatok, amelyekben földi (whistler) és műholdas mérések eredményeit vetették össze. Ezek alapján az inverzióban használt modellek a valóság jó közelítést adják (pl. *Carpenter and Anderson [1992]*). Ugyanakkor tisztában vagyunk azzal, hogy egy komplex műholdas kísérlet tud csak végső bizonyosságot adni. Ilyen kísérlet eddig nem volt (in-situ sűrűség-, 6 komponensű hullám- és mágneses tér-mérések), de a közeljövőben sor kerülhet rá.

- *Sajnos az értelmezést a legtöbben a végsőkéig erőltetik, nem véve tudomást arról, hogy az eredmények csak a modell érvényességén belül értelmezhetők. (Az effajta hozzáállás bizonyíthatóan sok kárt okozott a Föld belsejének kutatásában, mert a kétséges téves következtetések dogmaként rögzültek.) Az effajta csapdák elkerülése érdekében kérdezem, hogy tud-e javasolni esetleg olyan modelltől független transzformációt az adatokra, amely elektronsűrűség dimenziójú eredményt ad, de anélkül, hogy belevinné a modell megkötöttségeit? (Az elmúlt években hasonló transzformációkkal kísérleteztünk a magnetotellurikus inverzió kiváltására, illetőleg kiegészítésére.)*

E pillanatban ilyet nem tudok javasolni, de az általam kidolgozott transzformáció (VTT) tovább erősíti a használt modellek koherenciáját, ugyanis csak a használt modell-kombinációval tudtam a nyomcsoportokat függőlegesre transzformálni.

- *Kérem, adjon rövid tájékoztatást az AWDANET terén a dolgozat beadása óta történt fejleményekről.*

A tervezett állomások közül a Humain-i (Belgium) 2011. áprilisa óta, az Allahabad-i (India) 2010. decembere óta működik. Ugyanitt és ugyanakkor működésbe lépett két, nem "tervezett" indiai állomás is (Varanasi és Lucknow).

A skót, a Seattle-i és a Negev sivatagi (Sde Boker) állomás még az idén ősszel üzembe kerül, a kamcsatkai állomás az orosz Federal State Technical Committee jóváhagyására vár (Oroszországban jelenleg sok akadály van az ilyen típusú együttműködések útjában). Még az idén két újabb indiai állomást is telepítünk (Nainital és Srinagar). A Melbourne-i IUGG alatt merült fel egy vagy több ausztrál állomás telepítésének lehetősége is.

A PLASMON FP7-es projekt forrásait használva elkezdjük az AWA közel valós idejű implementációjának kidolgozását, a szükséges hardver (GPU-alapú párhuzamos feldolgozó egységek) beszerzése épp most zajlik.

Budapest, 2011. július 14.

Lichtenberger János