

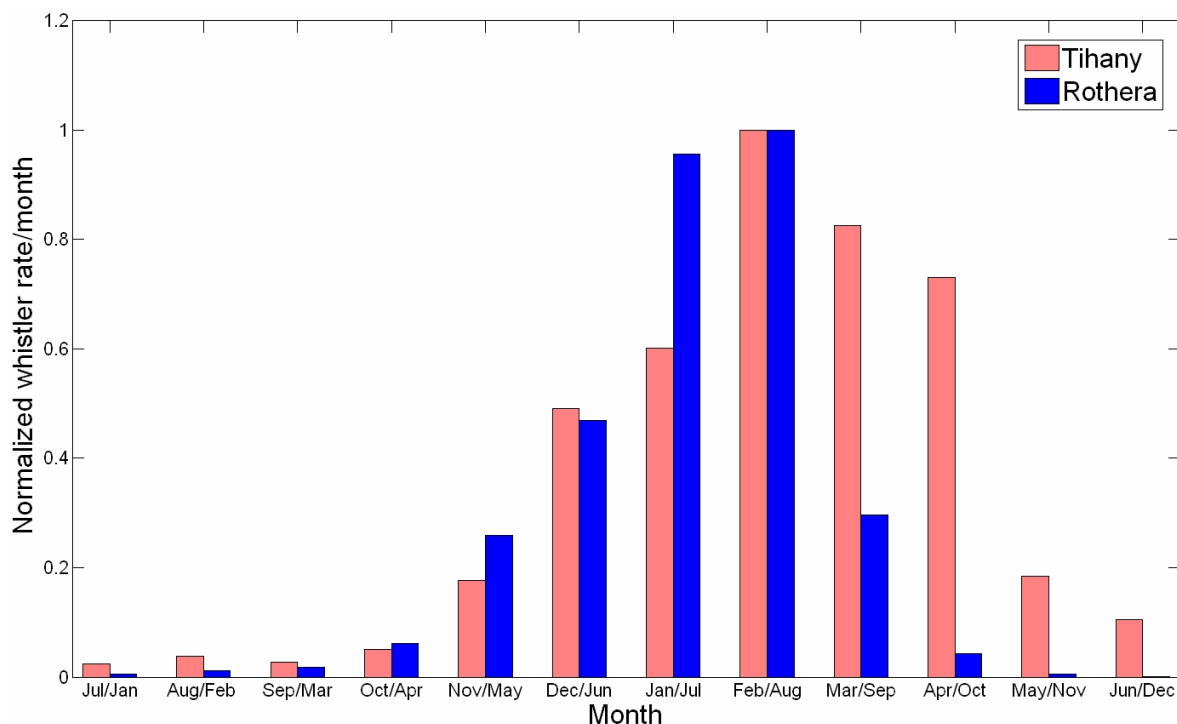
Válasz Erdős Géának, az MTA doktorának opponensi véleményére

Megköszönöm Erdős Géának, az MTA doktorának „Schumann-rezonancia, mint globális változások jelzőrendszere” c. doktori munkám értékelését. Az opponensi véleményben az alábbi kérdésekre kérte a válaszomat.

1. A Schumann-rezonancia a globális zivatartevékenységhez köthető villámok gyakoriságáról ad információt. Elképzelhetőnek tartja-e a jelölt, hogy a rezonanciák megfigyelését, az eredmények kiértékelését összekössék whistler megfigyelések eredményeivel, amely jelenséget szintén a villámok gerjesztik?

Igen, lehetségesnek tartom, különösen az északi és déli félteke villámaktivitásának összehasonlító vizsgálatában. Az északi féltekén detektált whistlereket a déli félteke villámai táplálják, míg a déli féltekén regisztrált whistlereket az északi félteke villámai gerjesztik. Ismert, hogy a vízzel és szárazfölddel borított területek aránya eltérő a két féltekén, ami befolyással van a 90%-ban szárazföldekhez köthető villámok gyakoriságára, s a két félteke közötti szezonális migráció dinamikájára. Ez utóbbira magam is mutatok példát a dolgozatomban. Az északi féltekén megfigyelt whistleres éves eloszlása híven tükrözi a déli félteke óceáni éghajlat által befolyásolt, elnyúlt nyaraihoz köthető villámeloszlást, míg a déli féltekén megfigyelt whistleres gyakorisági maximuma az északi félteke három nyári hónapjára koncentrálódik, a szárazföldi éghajlatának megfelelően, a Schumann-rezonancia mérésekkel összhangban. Az egyre bővülő, **Automatikus Whistler Detektor és Analizátor (AWDA)** hálózat (Lichtenberger et al., 2010) lehetővé teszi, hogy a whistleres gyakoriságának, tulajdonságainak a tanulmányozásával a plazmaszféra vizsgálatán túl, globális klimatikus trendek feltárására is nyíljon lehetőség.

J Lichtenberger, Cs Ferencz, D Hamar, P Steinbach, C J Rodger, M A Clilverd, A B Collier The Automatic Whistler Detector and Analyzer (AWDA) system: Implementation of the Analyzer Algorithm, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH 115: p. A12214. (2010)



Whistler megfigyelés Tihanyban és Rotherán (Antarktis)

2. *A napfolttevékenység kapcsolatának vizsgálata a föld időjárással érdekes, de vitatott téma. A disszertációban tárgyalt kozmikus sugárzás szintén függ a napciklustól, de a Schumann-rezonanciákra két ellentétes hatás is érvényesülhet. Az atmoszférában az ionizációs hatás megváltoztatja az üregrezonátor magasságát. Másrészt a sugárzás hatással lehet a felhőképződésre (kicsapódás ionizációs magokon, aeroszol képződése), valamint egyes elméletek szerint a kozmikus sugárzás kiterjedt légi záporaiban az ionizációs csatornák közvetlenül is okozhatnak villámkísüléseket. Milyen lehetőségeket lát a jelölt a kétféle hatás különválasztására.*

A Schumann-rezonancia frekvenciák esetében viszonylag egyszerű a kétféle hatás elkülönítése. Az üregrezonátor magasságának, vezetőképességének ionizáció hatására történő megváltozása az üregrezonátor „elhangelődését” eredményezi. Ekkor a Schumann-rezonancia frekvenciáknak mindkét térkomponensben (vertikális elektromos tér, horizontális mágneses tér), minden egyes rezonancia módusban, bármely SR állomáson a Földön azonos előjelű változást, egyszerre történő növekedést vagy csökkenést kell mutatnia, ahogy azt a kemény röntgensugárzás fluxusának 11-éves napciklussal összefüggő változása is eredményezett. Forrás-észlelő konfiguráció megváltozását jelzi, ha a két térkomponensben ellentétes és/vagy a különböző módusokban nem feltétlenül azonos előjelű frekvenciaváltozás következik be egy adott időskálán, ahogy azt a napos, szezonális, éves, vagy a globális felmelegedéssel kapcsolatos hosszabb időskálán is kimutattam. A napi frekvencia-ingadozás mértékéből levezethető területi változás már egyértelműen a forrás tulajdonságait jelzi. A 11-éves napciklussal kapcsolatos területi moduláció a naptevékenységnek a földi időjárásra gyakorolt hatására utal, anélkül, hogy mélyebben értenénk a csatolási mechanizmusokat. A Föld-ionoszféra üregrezonátorban az ionoszférikus eredetű változásokat meglehetősen jól lehet modellezni, ami szintén segítséget nyújt a megfigyelések értelmezésében, a kétféle eredetű hatás szétválasztásában.

A Schumann-rezonancia amplitúdó-/intenzitás-változások esetében már nehezebb a kétféle hatás szétválasztása, ahogyan erre jó példa volt az egymásra szuperponálódott nappali/éjszakai aszimmetriából és a zivatartevékenység helyi időben maximális aktivitásából adódó SR amplitúdó-/intenzitás-változás szétválasztása, értelmezése. Azt lehetne röviden mondani, hogy az ionoszférikus eredetre utaló változásokat könnyebb megtalálni és modellszámításokkal értelmezni az SR amplitúdókban/intenzitásokban is, és ezáltal elkülöníteni az „ürdőjárás”-nak a földi időjárásra, s így a villámaktivitásra gyakorolt esetleges hatásától. Jelenleg éppen a nagykenki és a Rhode Island-i (USA) SR amplitúdók/intenzitások napciklusnyi adatsorának összehasonító analízisével foglalkozunk. Mindkét állomáson van a 11 éves napciklussal összefüggő, azonos előjelű változás. A változás előjelének, mértékének és eredetének az értelmezése izgalmasnak ígérkező feladat

3. *A jelölt a további lehetséges vizsgálatok között tartja számon a több állomással megfigyelt Schumann-rezonanciák együttes vizsgálatát, amelyek kiértékelésére inverz módszert javasol. Milyen új eredmények várhatók ezektől a vizsgálatoktól?*

Az SR inverzióra a nemzetközi együttműködést a MIT (Massachusetts Institute of Technology) kutatói kezdeményezték. A legfontosabb eredmény, ami várható az SR inverziótól, hogy folyamatosan meghatározzuk a globális villámaktivitást abszolút egységben

$$C^2km^2/sec$$

A műholdak által meghatározott „villámszám/sec” („OTD-egység”) nem tekinthető abszolút egységnek, mivel a villámszám nem egy kvantitatív mennyiség a villám energiájára, a benne folyó áramra vonatkozóan. Továbbá egyetlen SR állomásról nem lehet kielégítő módon követni a három nagy trópusi zivatarrégió villámaktivitását.

A következő eredmények várhatók:

1. Kvantitatív diagnosztizálása a globális éghajlatváltozásnak
2. Diagnosztizáló eszköz a víznek, mint szubsztanciának a függőleges transzportjára a kontinentális konvekciós „toronyok”-ban (Price, 2000)

Price, C., 2000: Evidence for a link between global lightning activity and upper tropospheric water vapor, *Nature*, 406, 290-293.

3. Az ionoszférikus C- és D-réteg tulajdonságainak a vizsgálata, eltérő módon más módszerek adta lehetőségektől, mint pld. ballonmérés, rakétamérés, nagy energiájú radarok, ionoszonda.
4. Lehetőség az ionizáló források vizsgálatára a 11 éves napciklus során és más időskálákon az űridőjárás-földi időjárás vonatkozásában is.

Ismételten megköszönöm Erdős Géza opponensi véleményét, az elért eredmények értékelését, a további kutatásokra biztató kérdéseit.

Sopron, 2013. március 5.



Satori Gabriella