

Zivatar-rendszerekben fellépő villámlási anomáliák vizsgálata



Mona Tamás¹, Horváth Ákos², Kohlmann Márk¹, Ács Ferenc¹

39. Meteorológiai Tudományos Napok
Magyar Tudományos Akadémia, Földtudományi Osztály,
Meteorológiai Tudományos Bizottság, Budapest,
2013, november 21-22.



¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, Budapest, Magyarország
²Országos Meteorológiai Szolgálat Siófoki Viharjelző Observatórium, Siófok, Magyarország

Bevezető

A villámlás talán a légkör legextrémebb természeti jelensége, csakúgy, mint az őket létrehozó meglehetősen önálló meteorológiai objektumok: a zivatarok. Egy zivatarcella fennmaradásához erőteljes összeáramlás szükséges a légkör alsóbb rétegeiben. A levegő felhalmozódása egy légtér fogatban nagy mennyiségű energia koncentrálódását eredményezi, ennek nagy része csapadék, kifutó szél, illetve villámok formájában disszipálódik a rendszerből. A zivatar a kibocsátott energiát a környezeténél instabilabb levegő beáramoltatásával kompenzálja. Logikus feltevés, hogy a zivatarok elektromos aktivitása nagyban függ attól, hogy az adott cella mekkora tartományból képes összegyűjteni a konvekcióját elősegítő instabil légtömeget. Célszerű bevezetni a zivatarcellák lég-gyűjtőjének fogalmát, vagyis a cella által beszívható jól használható levegő tartomány méretére vonatkozó kifejezést. Nagy lég-gyűjtővel rendelkező cellák több instabil légtömeget képesek magukba szívni, ezáltal több energiához jutnak. A felhalmozott többlet energia fokozott töltésszétválasztódást eredményez, nagyobb potenciál különbség jön létre a felhőn belül, végeredményként villámlás formájában realizálódik. Ezen hipotézis belátásához elkészítettünk egy olyan TITAN alapú zivatarcella detektáló és követő algoritmust (Dixon-Wiener, 1993; Horváth et al., 2008), amellyel a radar mérésekből kapott zivatarcellákhoz úgy rendeltünk LINET villám adatokat (Loboda et al., 2009), hogy azok együttesen 5 perces felbontású trajektóriákat alkossanak.

Előzmények (Rajnai, 2001; Wantuch, 2004)

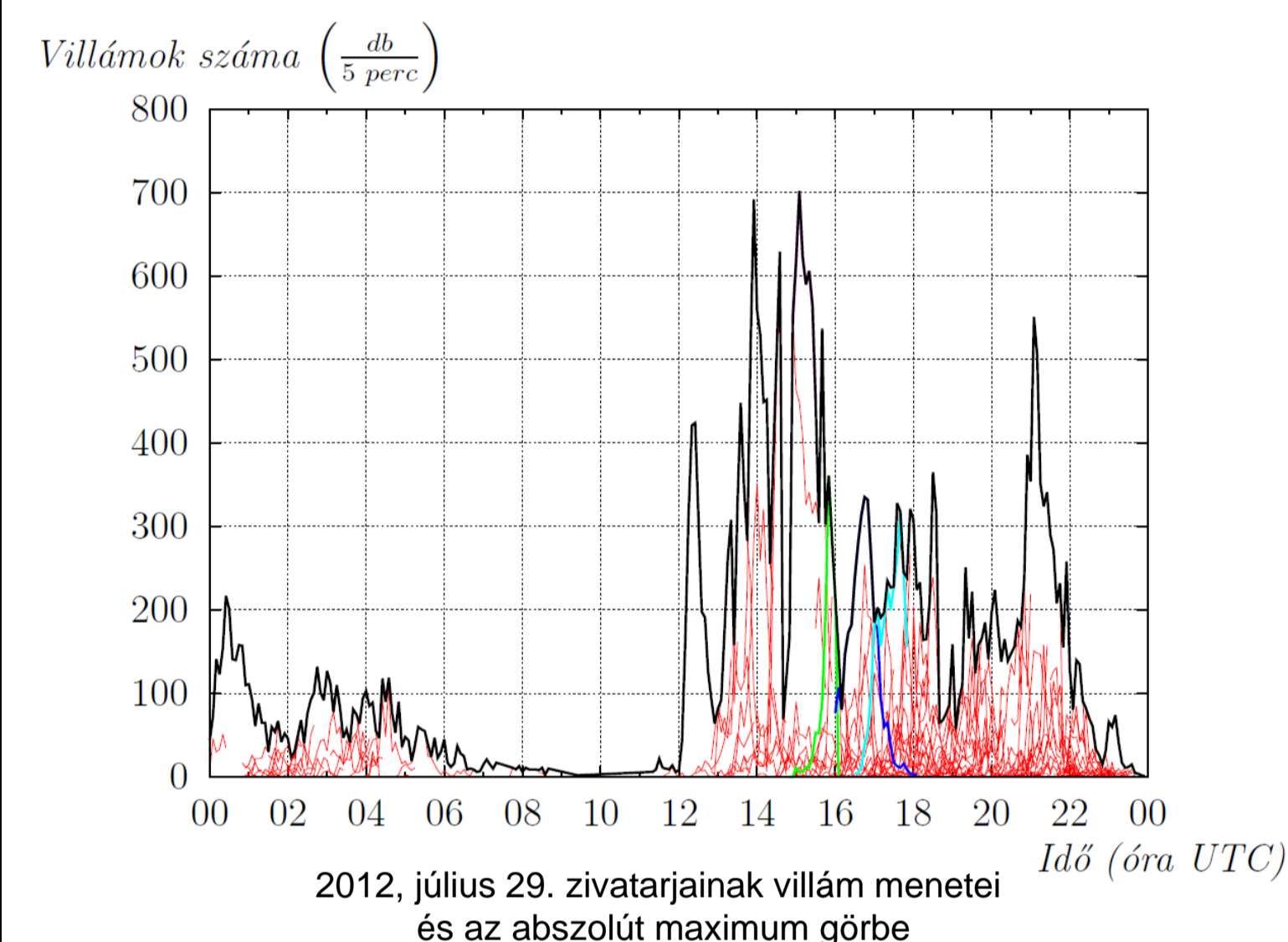
Adathalmaz és Eszközök

- 5 perces időbeli és 1x1 km² térbeli felbontású **RADAR** adatok
- Időmérésen alapuló **LINET** villámlokalizációs adatok
- TITAN** alapú zivatarcella detektáló és követő rendszer:

Segítségével könnyen elkülöníthetők a radar-reflektivitási képek zivataros helyei. Az eljárás két fontos paramétert vizsgál: az egymás mellett lévő pixelek számát (**8 pixel**), illetve bizonyos beállított küszöbszám elérését (**45 dBZ**). Vagyis, ha talál olyan összefüggő tartományokat, amelyekben a radar-reflektivitás eléri vagy átlépi a minimális értéket, és ezek a tartományok megfelelően sok pixelből állnak, akkor egy ellipszist illeszt a tartományra. Majd az így kapott cellákat a követő algoritmus segítségével összefűzi. **Végeredményben, már lagrange-i szemléletben vizsgálhatjuk a zivatarcellákat.**

Abszolút maximum görbe (AMG)

Ábrázolva a vizsgált nap során az összes cella villámlási menetét (**piros** görbék), adódik, hogy mely cellák voltak minden egyes 5 percben a legvillámossabb cellák (pl.: **zöld**, **kék**, és **türkiz** görbék), ezek alkotják szakaszonként a villám abszolút maximum görbét (**fekete** görbe).

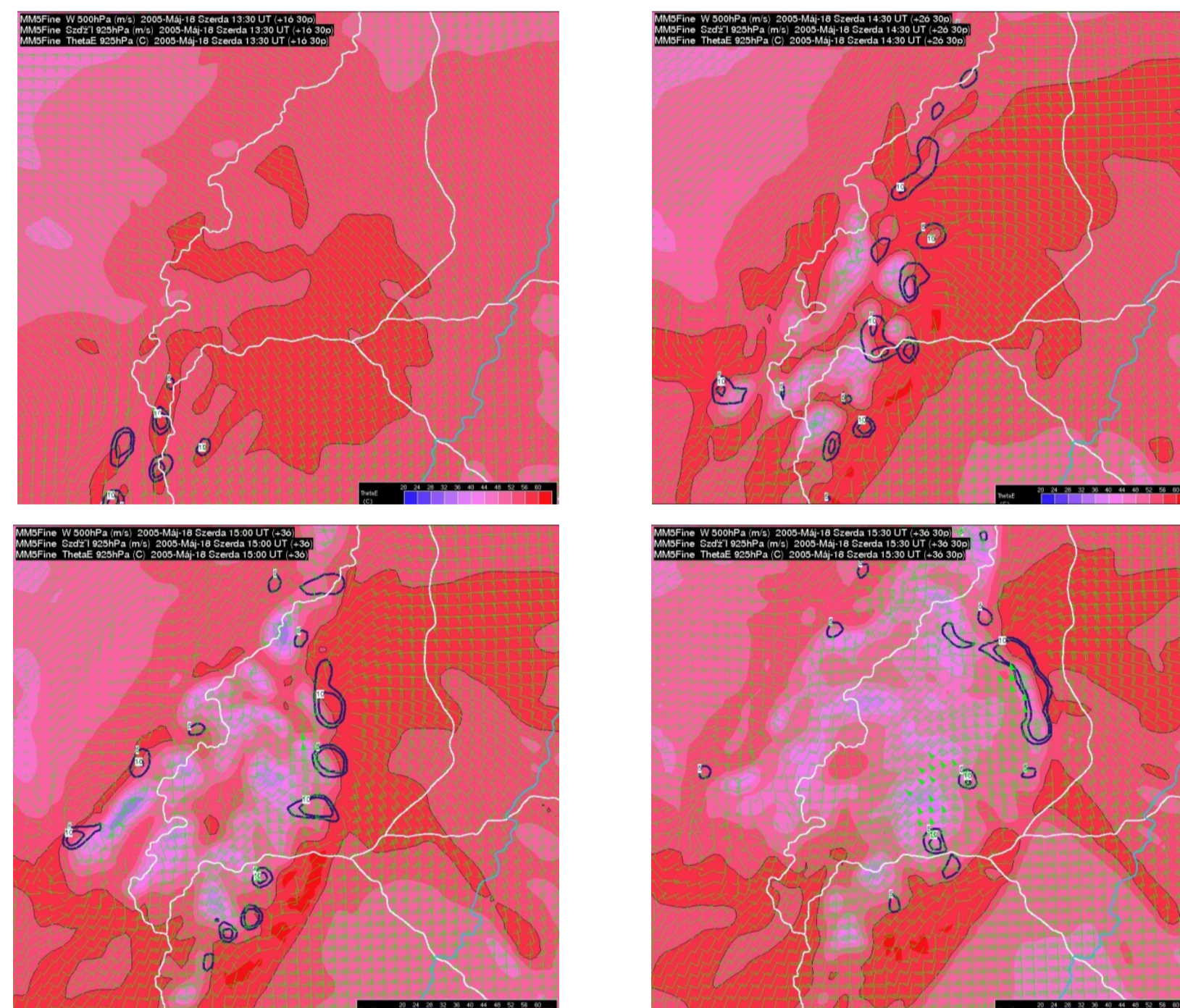


Lég-gyűjtő

A zivatarban a töltés hordozók a felhő-, csapadék elemek. Minél több a töltéshordozó, annál több ütközés zajlik le, így egyre nagyobb és nagyobb potenciál különbség halmozódik fel a felhőben. Ezen meteorológiai elemek számát a beáramló instabil levegő határozza meg.

Instabilis levegő alatt: megfelelően magas hőmérséklettel és kellő nedvességgel kell rendelkező légtömeget értünk. A meteorológiában az **ekvivalens potenciális hőmérséklet (EPT)** a legalkalmasabb a légtömegek hőmérsékletének és nedvességtartalmának együttes összehasonlítására és elemzésére (Markowski-Richardson, 2010).

Azok a cellák erősödnek meg jelentősen, melyeknek a legtöbb magas EPT értékkel jellemezhető légtömeget sikerült magukba szívni, miközben alacsonyabb EPT tartományt hagynak maguk után.



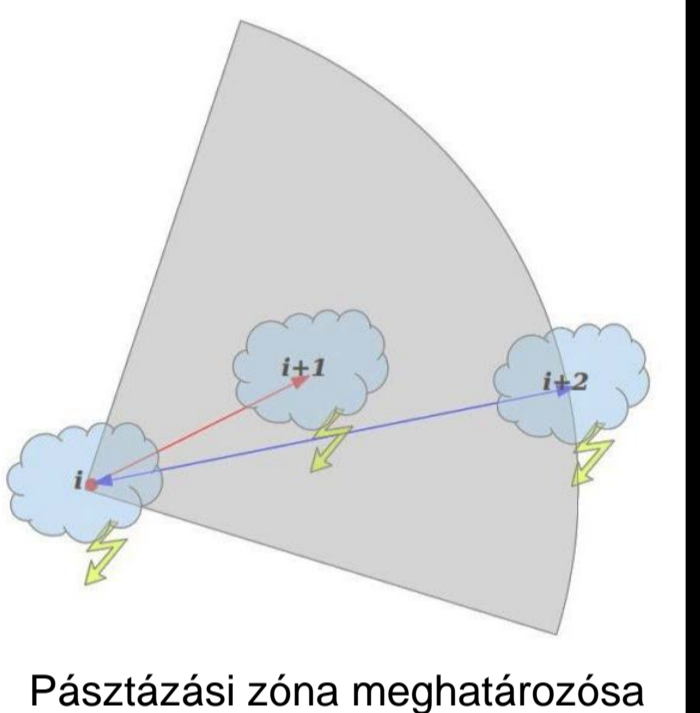
MMS modell szimuláció (Horváth et al., 2006): A zivatarok felemészítik az alacsony szintű EPT mezőt (925 hPa)

A lég-gyűjtő az a levegő tartomány, amit a cella lehetősége szerint magába szívhat élete során. Azok lesznek tehát az erőteljes anyag-árammal rendelkező cellák, amelyeknek nagy mértékben volt lehetőségük konvektíven hasznosítható, instabil légtömegeket beszívni.

Élen haladó cellák

Egy cella adott életpillanatában akkor rendelkezhet nagy lég-gyűjtővel, ha annak előterében nem helyezkedtek el cellák a közelmúltban. Ez más szavakkal azt jelenti, hogy a cellának élen haladónak, vezető-cellának kell lenni a cellák áramlási rendszerében.

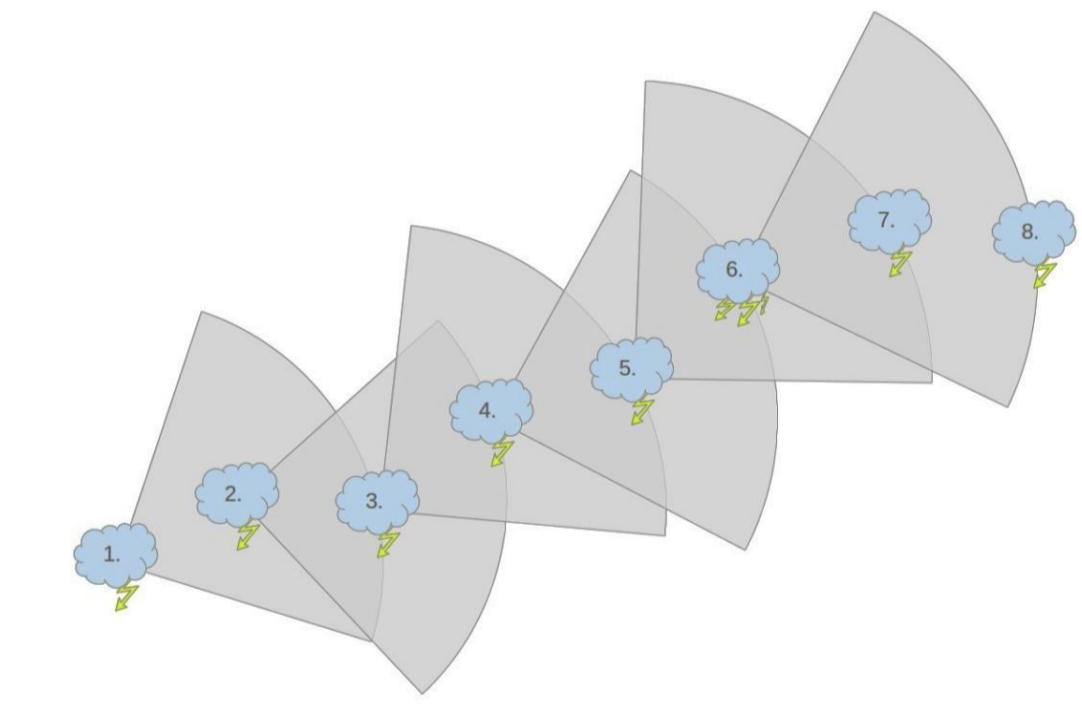
Pásztázási zóna: vegyük egyazon cella három egymást követő időpillanatbeli helyét és ezeket jelöljük **i**, **i+1**, **i+2** indexekkel. Határozzuk meg az **i**-edik és az **i+2**-edik cellahelyzetek távolságát (középpontok távolsága, **kék** nyíl), nevezzük ezt **pásztázási sugárnak**. A pásztázási sugárral vegyünk fel egy **α látószögű** körcíkket az **i**-edik cellahelyzet középpontjából, még pedig úgy, hogy a körcíkk pontosan az **i+1**-edik cellahelyzet irányába nézzen (**piros** nyíl). Ezzel megkaptuk az **i**-edik cellahelyzet pásztázási zónáját.



Pásztázási zóna meghatározása

Ha az **i**-edik cellahelyzet időpontjától számítva, az **elmúlt 3 órában nem tartózkodott** cella a pásztázási zónában, akkor a cellát az **i**-edik cellahelyzetben élen haladónak nevezhetjük.

Egy cella csakis akkor nevezhető **teljesen élen haladónak**, ha minden korábbi életpillanatában is élen haladó volt. Vagyis az eljárást el kell végeznünk a cella összes korábbi életpillanatára.



Élen haladó cella vizsgálat

Módszertan

- A vizsgált zivataros nap lagrange-i celláinak előállítás.
- A cellák villámlás meneteinek elkészítése, görbe sereg formájában.
- A görbe sereg abszolút maximumainak meghatározása (AMG).
- Az AMG-t alkotó cellák élen haladásának vizsgálata.
- Az eredmények kiértékelése.

Hipotézis

Azok a zivatarcellák termelhetnek sok villámot, amelyek nagy lég-gyűjtővel rendelkeznek, vagyis praktikusán azok, amelyek élen haladóak voltak a mozgásuk folyamán.

Esettanulmányok

Az elméletet három eltérő típusú zivataros esettanulmányon teszteltük, és ezután 2012 összes zivataros napjára alkalmaztuk.

2012. június 9. (mérsékelt zivataros helyzet):

Összesen 570 cellát detektáltunk, ebből 23 alkotta az AMG-t. Az AMG-t alkotók **49%-a** volt élen haladó.

2012. július 19. (enyhén zivataros helyzet):

Összesen 336 cellát detektáltunk, ebből 23 alkotta az AMG-t. Az AMG-t alkotók **79%-a** volt élen haladó.

2012. július 29. (erősen zivataros helyzet):

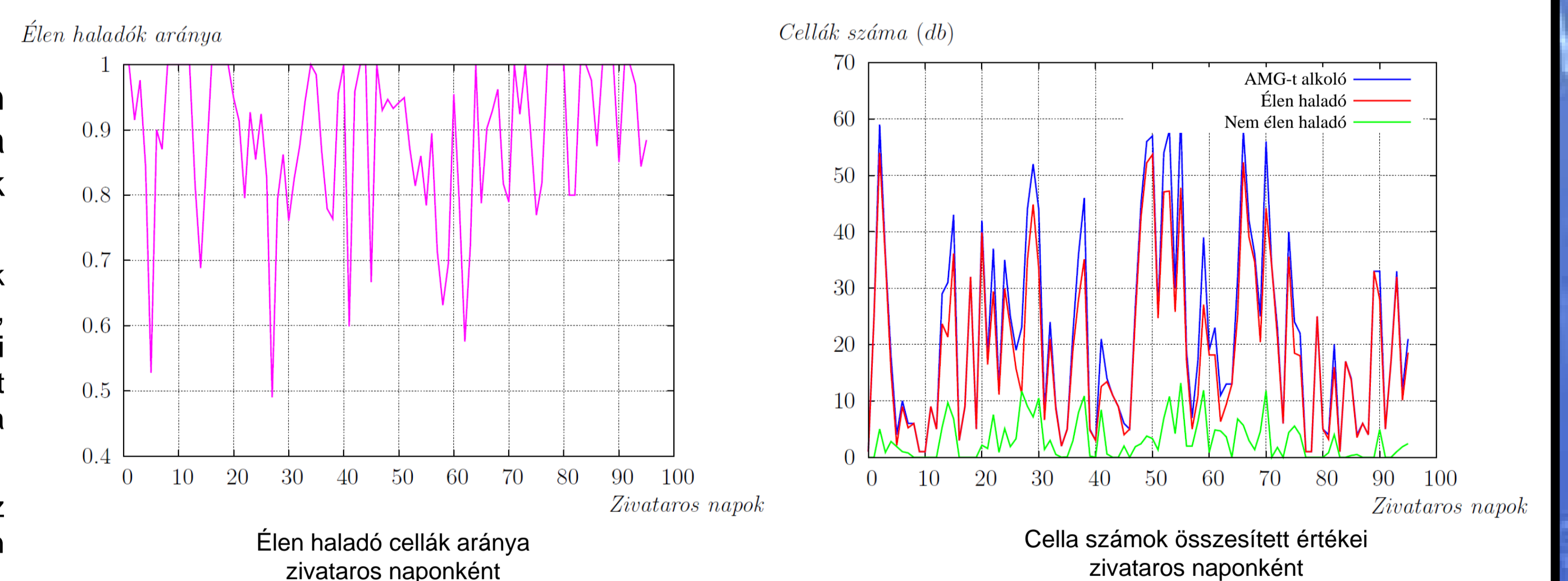
Összesen 1424 cellát detektáltunk, ebből 56 alkotta az AMG-t. Az AMG-t alkotók **80%-a** volt élen haladó.

Eredmények

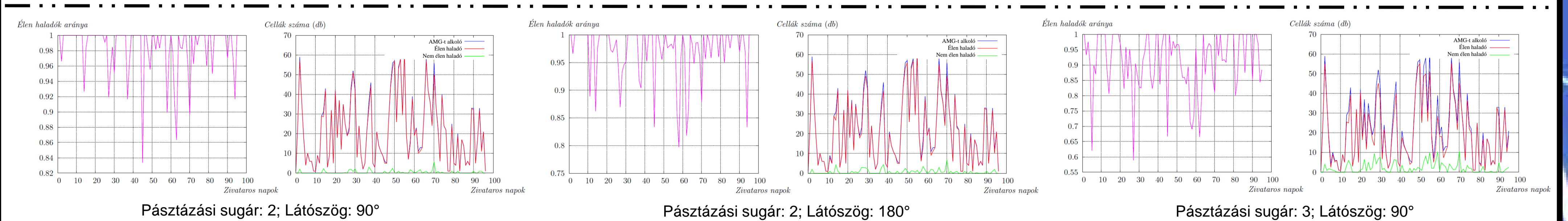
Látható, milyen eredményeket kapunk az élen haladó cellák és az AMG-t alkotó cellák arányára 2012 zivataros napjai esetén (**magenta**). Az értékek nagy része 0,7-0,8 felett helyezkedik el.

A zivataros napok 92% esetén teljesült, hogy az élen haladók aránya 70%-os vagy a fölötti értéket vett fel. 79%-ban igaz, hogy a nagy lég-gyűjtővel rendelkező cellák a villámlási csúcsot teljesítő cellák 80%-át teszik ki. Az esetek több mint felénél az is teljesül, hogy az élen haladó cellák minimum a 90%-át teszik ki az AMG-t alkotó celláknak.

Zivataros napok esetén ábrázolva az AMG-t alkotó (**kék**), az AMG-t alkotó és egyben élen haladó (**piros**), és a nem élen haladó, de AMG-t alkotó cellák számát (**zöld**), jól kivehető, hogy az AMG-t alkotó cellák görbéje és az élen haladó cellák görbéje szorosan halad együtt. Míg a zöld – nem élen haladó cellák – görbe a másik kettőtől elkülönülve halad.



Ezek az eredmények 3 cellahelyzetnyi pásztázási sugár és 180°-os α látószög alkalmazása mellett érvényesek.



Hivatkozások

- Dixon, M., and Wiener, G., 1993: TITAN: Thunderstorm Identification, Tracking, Analysis, and Nowcasting – A Radar-base Methodology. J. Atmos. Oceanic Technol., 10, 785-797.
- Horváth, Á., Ács, F., Seres, A. T., 2008: Thunderstorm climatology analyses in Hungary using radar observations. Időjárás, 112, 1-13.
- Horváth, Á., Geresdi, I., Csirmaz, K., 2006: Numerical simulation of a tornado producing thunderstorm: A case study. Időjárás, 110, 279-297.
- Loboda, M., Betz, H. D., Baranski, P., Wiszniewski, J., Dziewit, Z., 2009: New Lightning Detection Networks in Poland – LINET and LLDN. The Open Atmospheric Science Journal, 3, 29-38.
- Markowski, P., Richardson, Y., 2010: Mesoscale Meteorology in Midlatitudes. Wiley-Blackwell publisher, USA, page 14-16.
- Rajnai, M., 2001: Zivatarrendszerek elektromos aktivitásának követése villám- és radaradatok alapján. diplomamunka, ELTE Meteorológiai Tanszék, 49 oldal
- Saunders, C., 2008: Charge separation mechanisms in clouds. Space Sci. Rev., 137, 335-353.
- Wantuch, F., 2004: A Kárpát-medence villámjainak meteorológiai vizsgálata objektív mérések alapján. doktori értekezés, ELTE Meteorológiai Tanszék, 95 oldal
- A téma részletesebb változata: Mona, T., 2013: Zivatar rendszerekben fellépő villámlási anomáliák vizsgálata. MSc diplomamunka, ELTE Meteorológiai Tanszék, 54 oldal

Konklúzió

Kapcsolatot létesítettünk a heves villámlással járó zivatarcellák és a konvektív cellák karakterisztikái között, tisztán mérési adatokra támaszkodva. Ehhez egy tovább fejlesztett cella felismerő és követő rendszer volt segítségünkre. **Figyelemre méltó kapcsolatot találtunk a zivatarcellák elektromos és konvektív karakterisztikái között.**