

A ZIVATAROK STATISZTIKAI ELEMZÉSE DEBRECENBEN

Bevezetés

Hazánkban az első zivatarklimatológiai elemzések Héjas (1898, 1909) és Raum (1910) nevéhez fűződnek. Héjas a légköri nyomásmezők és a zivatarok területi eloszlása közötti kapcsolatot elemezte. A zivatarokat jellemző adatokat vizuális megfigyelések alapján kapta. Újabb zivatarklimatológiai jellegű tanulmányok az 1960-as években jelentek meg (Besze 1960; Adámy és Máhr, 1963; Ozorai, 1965; Götz és Pápainé, 1966, 1967). Götz és Pápainé a zivatarok területi eloszlását egy 10 éves időszakban tanulmányozta mind a téli, mind a nyári évszakban. Az adatok ezúttal is a vizuális megfigyelésekből származtak. Az utóbbi években is készültek zivatarklimatológiai elemzések (Seres, 2006; Horváth és mtsai., 2006; Horváth és mtsai., 2007). Ezeknél az elemzéseknél azonban az adatok már radarmegfigyelésekből származnak.

E tanulmányban a zivartervékenység statisztikai elemzését más szempontok alapján végezzük. Arra mutatunk rá, hogy a zivartervékenység karakterisztikái kapcsolatba hozhatók a felszín közeli légkör hő és nedvességi állapotával valamint a felszín közeli légkör elektromos jelenségeivel is. Az elemzést Debrecen-Kismacs Agrometeorológiai Állomás és Nagycenk Geofizikai Observatórium adatai alapján végeztük el.

Megfigyelések és mérési adatok

A meteorológiai és a zivatarral kapcsolatos adatokat Debrecen-Kismacs Agrometeorológiai Állomás (Szász, 2002), míg a felszín közeli légkör elektromos jelenségeivel kapcsolatos adatokat a Nagycenk Geofizikai Observatórium (Wesztergom, 2001) szolgáltatta. Az agrometeorológiai adatsor az 1971–2006 időszakra vonatkozik. Tartalmazza a léghőmérséklet, a légnedvesség és a nedves hőmérő hőmérsékletének hatóránként mért értékeit illetve a napi csapadékösszegeket. Fontos megjegyezni, hogy a nedves hőmérő hőmérsékletének adatai csak az 1971–1996 időszakra vonatkoznak. Ezen kívül az adatsor tartalmazza a fontos időjárási jelenségek perc pontosságú változásait is. Ilyen jelenség például a zivatar. A zivatar kezdetének azt az időpontot tekintjük, amikor az első mennydörgés hallható, tekintet nélkül arra, hogy a villámlás látható-e vagy sem. A zivatar akkor fejeződik be, ha a legutolsó mennydörgéstől számítva már elmúlt 10–15 perc. Tanulmányunkban csak azok a zivatarok szerepelnek, amelyek csapadékhullást eredményeztek, azaz a csapadékhullás nélküli zivatarokkal nem foglalkoztunk.

A Nagycenk Geofizikai Observatórium adatai az 1994–1998 időszakra vonatkozik. Az adatok a pont-

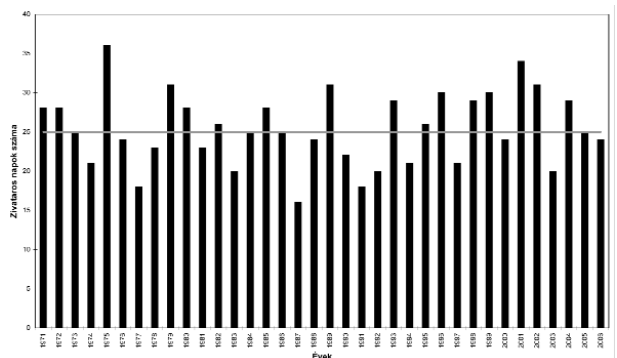
kisülések* által szállított + és - töltés mennyiségek időbeli változásait jellemzik. A felhasznált adatsor órás átlagértékekből áll, és tartalmazza a napi és a havi értékeket is. Látható, hogy egyrészt a két adatsor két egymástól igen távoli településre (Debrecen és Sopron környéke) vonatkozik, másrészt az adatok időbeli átfedése is maximum 5, de bizonyos esetekben csak 3 év.

Eredmények

E tanulmányban a zivartervékenységet három szempontból is elemezzük. Először a zivartervékenység időbeli változásainak karakterisztikáit ismertetjük. Utána összehasonlító elemzést végzünk a zivartervékenység és a felszín közeli légköri elektromosság karakterisztikái között. Végül, de nem utolsó sorban górcső alá vesszük a zivatarok intenzitása és a felszín közeli levegő hő és nedvességi állapota közötti kapcsolatot is.

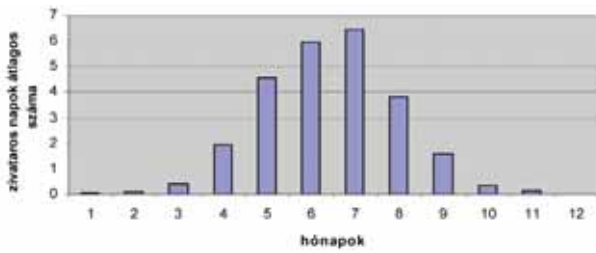
A zivataros napok és órák időbeli változása

Az évi zivataros napok számának változásait az 1971–2006 időszakban az 1. ábra szemlélteti. Látható, hogy az egyes évek közötti eltérések nagyok. Legkevesebb zivataros nap 1987-ben, míg a legtöbb zivataros nap 1975-ben volt. A 35 éves időszakban évente átlagban 25 csapadékos zivataros nap fordult elő. Az utolsó hat éves időszakban az átlagosnál több ilyen nap volt 2001-ben, 2002-ben és 2004-ben, míg átlagosnál kevesebb zivataros nap volt 2003-ban.



1. ábra: Az évi zivataros napok számának változásai Debrecen környékén az 1971–2006 időszakban. Az egyenes szürke vonal a 35 év átlagát mutatja, körülbelül 25 nap. (Megj.: a 2006. évi érték csak a januártól szeptemberig terjedő időszakra vonatkozik)

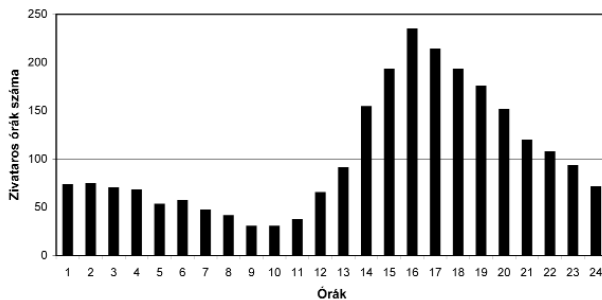
A 2. ábra az 1971–2006 időszakra jellemző átlagos havi csapadékos zivataros napok számát szemlélteti. Látható, hogy júliusban volt a legtöbb zivatar. Az is látható, hogy nem sokkal kevesebb zivataros nap volt júniusban, májusban és augusztusban is. Áprilisban és szeptemberben illetve márciusban és októberben a zivataros napok száma



2. ábra: A havi zivataros napok számának évi változása Debrecen környékén az 1971–2006 időszakban. (Megj.: a 2006. évi érték csak a januártól szeptemberig terjedő időszakra vonatkozik)

megközelítően megegyezik. Kis számban, de előfordult csapadékhullással járó zivatar februárban és novemberben is. Az adatsor szerint mindössze egyszer volt csapadékos zivataros nap januárban, míg decemberben egy sem.

A 3. ábra az 1971–2006 időszakra vonatkozó csapadékos zivataros órák átlagos napi menetét szemlélteti. 16 óra tájban volt legtöbbször csapadék-hullással járó zivatar, míg a zivatartevékenység minimuma délelőtt 9–10 óra tájékán található. Szembetűnő az éjszakai másodmaximum 2 óra körül.

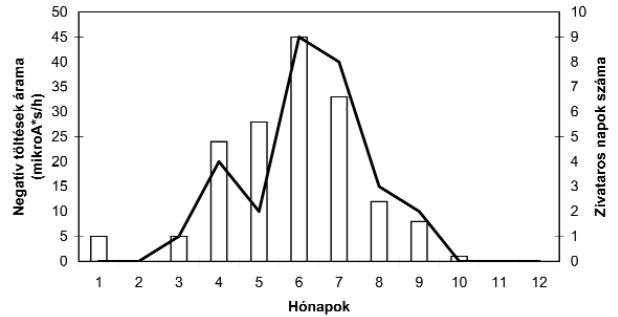


3. ábra: A zivataros órák számának napi változása Debrecen környékén az 1971–2006 időszakban. (Megj.: Zivataros óráknak tekintettük azokat az órákat, amelyekben csapadékhullással járó zivatar volt)

Töltésszállítási folyamatok intenzitásának és a zivataros órák, napok időbeli változásának kapcsolata

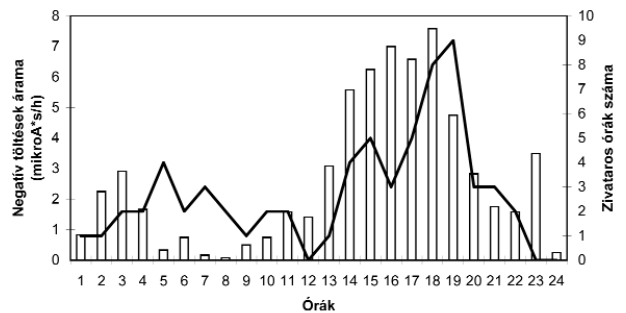
Az alábbiakban a csapadékos zivataros napokat és a pontkisülések által szállított töltések időbeli változásait fogjuk párhuzamosan elemezni. Ne feledjük, hogy a zivatar karakterisztikáit Debrecen-Kismacs állomás adataiból, míg a felszín közeli légkör elektromos karakterisztikáit Nagycenk adataiból származtattuk. Az összehasonlítást az 1994–1998 időszakra végeztük el.

A évi meneteket illetően a következőket mondhatjuk: Negatív töltések esetén az időbeli változások hasonlóak 1995-ben, 1997-ben és 1998-ban (4a. ábra), míg 1994-ben és 1996-ban e hasonlóság nem áll fenn. Pozitív töltések esetén viszonylag hasonlóak a menetek 1995-ben, 1996-ban és 1998-ban (4b. ábra), míg 1994-ben és 1997-ben jelentős különbségek vannak. A napi meneteket illetően a következőket állapíthatjuk meg: a negatív töltések esetében, az 1994-es év kivételével, a töltésszállítási folyamatok intenzitásának napi menete hasonlóan alakult, mint a csapadékos zivataros órák napi menete. Ez különösen



4. ábra: A pontkisülések által szállított a) negatív és b) pozitív töltések havi áramának (fehér oszlopok, skála a baloldali y-tengelyen) és a havi zivataros napok számának évi menete (fekete vonal, skála a jobboldali y-tengelyen) 1998-ban.

szembetűnő 1995-ben (5a. ábra). Ez elmondható a pozitív töltések esetében is (5b. ábra), azzal a különbséggel, hogy 1996-ban is különböztek a menetek.



5. ábra: A pontkisülések által szállított a) negatív és b) pozitív töltések órák áramának (fehér oszlopok, a skála a baloldali függőleges tengelyen olvasható le) és a zivataros órák számának napi változása (fekete vonal, a skála a jobboldali y-tengelyen látható) 1995-ben. (Megj.: Zivataros óráknak tekintettük azokat az órákat, amelyekben csapadékhullással járó zivatar volt)

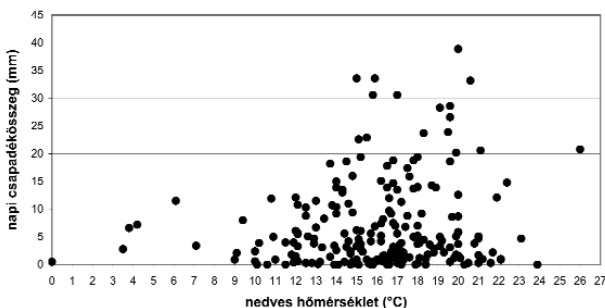
A zivatarkarakterisztikák és a nedves hőmérő hőmérsékletének kapcsolata

A nedves hőmérséklet (T_w) gyakorisági eloszlását a 6. ábra szemlélteti. A debreceni adatsorból csak azokat a mérési időpontokat vettük figyelembe, amelyeknél a mérési időpontot követően két órán belül csapadékkal járó zivatar volt. Láthatjuk, hogy többnyire 10 és 20 °C közötti értékek fordultak elő. Ez az a hőmérsékleti tartomány, amelyben a zivatark a leggyakoribbak. A legkisebb nedves hőmérsékleti érték 0°C körül volt, ez azonban csak egyszer fordult elő. A legnagyobb nedves hőmérsékleti érték 26 °C körül volt, de ezt is csak egy esetben észlelték.



6. ábra: A zivatark kitörése előtt maximum két órával mért nedves hőmérsékletek gyakorisági eloszlása Debrecen környékén. T_w =nedves hőmérséklet, (Megj.: Az értékek csak az 1971–1996 időszakra vonatkoznak).

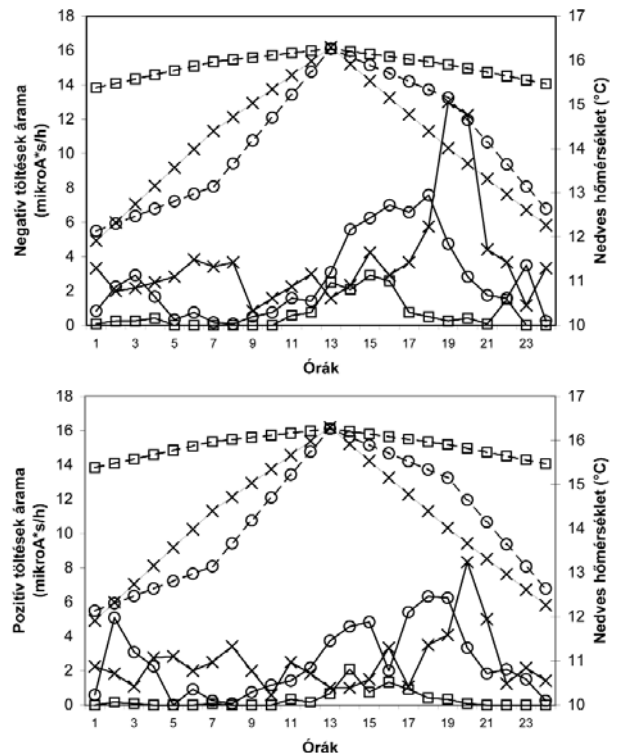
A napi csapadékösszeg és a nedves hőmérséklet értékeinek viszonyát a 7. ábra szemlélteti. A nagyobb mennyiségű csapadékösszegek (>15 mm) 15 és 23 °C közötti nedves hőmérsékleti értékeknél jelentkeztek. Fontos eredmény az is, hogy kisebb nedves hőmérsékleti értékek (<11°C) észlelése esetén kisebbek (<15 mm) a napi csapadékmennyiségek is.



7. ábra: A napi csapadékösszeg és a zivatark kitörése előtt maximum két órával mért nedves hőmérsékletek közötti kapcsolat Debrecen környékén. (Megj.: Az értékek csak az 1971–1996 időszakra vonatkoznak)

A 8. ábra a pontkisülések által szállított pozitív és negatív töltések valamint a nedves hőmérsékletek napi meneteit állítja párhuzamba. Ne feledjük, a két állomás között körülbelül 300 km-es távolság van. Fontos azt is kihangsúlyozni, hogy a töltés-átviteli folyamatok időbeli

felbontása egy óra, míg a nedves hőmérsékleti értékek csak 6 órás felbontásban álltak rendelkezésre. Szembetűnő, hogy mind a folytonos vonallal jelölt töltésmennyiségek, mind a szaggatott vonallal jelölt nedves hőmérsékleti értékek maximumai a délutáni, kora esti órákra esnek. A minimum-értékeknél már kis eltolódást láthatunk.



8. ábra: A pontkisülések által szállított a) negatív és b) pozitív töltések áramának (folytonos vonalak) és a nedves hőmérsékletek napi menete (szaggatott vonalak) 1994-ben (keresztel jelölt), 1995-ben (körrel jelölt) és 1996-ban (négyzetel jelölt). (Megj.: A töltésmennyiségeknél 1 órás átlagértékek szerepelnek. A nedves hőmérő hőmérséklet értékeinél csak azokat a napokat vettük figyelembe, amelyekenél legalább egy mérési időpontot követően két órán belül csapadékhullással járó zivatar volt.)

Összefoglalás

E tanulmányban a Debrecen környékén jelentkező zivatark időbeli változásait valamint e zivatarknak a nedves hőmérséklet és a felszín közeli levegő kiválasztott elektromos paramétereivel való kapcsolatát elemeztük. Debrecenben évente átlagban 25 zivatarkos nap van. Az időbeli változást illetően, megállapítottuk, hogy a legzivatarosabb hónap a július, míg a nap folyamán a zivatark leginkább 16 óra körül jelentkeznek. Azt is megmutattuk, hogy a maximális 30–40 mm-es napi csapadékösszegekhez 15 és 20 °C közötti nedves hőmérsékleti értékek tartoznak. A Debrecenben észlelt zivatarkarakterisztikák és a Nagycenken mért légköri elektromos karakterisztikák időbeli változásai között egyértelmű hasonlóságok fedezhetők fel. Ezek magyarázatával nem szolgálhatunk, hiszen a vizsgálatunk statisztikai jellegű.

Az eredmények azt sugallják, hogy a zivatarkintenzitás

karakterisztikák (pl. csapadékmennyiség és/vagy villámlás gyakoriság) és a nedves hőmérséklet közötti kapcsolat átfogóbb statisztikai vizsgálata mindenféleképpen indokolt lenne. E kapcsolatok ismerete nemcsak általános helyismereti szempontokból lenne érdekes, hanem a zivatarok ultrarövid távú előrejelzésénél is hasznos lenne.

Köszönetnyilvánítás: E munkát a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal támogatta a 2005-NKFP3-STORM_06 azonosítóval rendelkező pályázat keretében.

Szász Gábor, Debreceni Egyetem, Agromet. Centrum
Ács Ferenc és Seres András Tamás, ELTE Met.
Tanszék
Horváth Ákos, OMSZ

Irodalom

- Adámy, L., Máhr, J., 1963: Néhány statisztikai adat Nyíregyháza és Szeged zivatarklimájáról, *Időjárás*, 67. 4. 226.
- Besze, J., 1960: Magyarország zivatarviszonyainak vizsgálata, Villamos Energetikai Kutató Intézet, Budapest.
- Götz, G., Pápainé, Sz. G., 1966: Zivatar-tevékenység a nyári félévben Magyarországon, *Időjárás*, 70, 2, 106-116.
- Götz, G., Pápainé, Sz. G., 1967: Zivatar-tevékenység a téli félévben Magyarországon, *Időjárás*, 71, 5, 302-309.
- Héjas, E., 1898: Zivatarok Magyarországon az 1871-től 1895-ig

- terjedő megfigyelések alapján. Budapest, Magyar Term. Tud. Társ. kiadása.
- Héjas, E., 1909: Zivatarok földrajzi eloszlása Magyarországon, *Földrajzi Közlemények*, XXXVII. 410.
- Horváth, Á., Ács, F., and Seres, A.T., 2006: A climatological analysis of thunderstorms in the Carpathian Basin using radar data. Poster presentation, 6th Annual Meeting of the European Meteorological Society (EMS), 6th European Conference on Applied Climatology (ECAC), 4. to 8. September 2006, Ljubljana, Slovenia.
- Horváth, Á., F. Ács, and A.T. Seres, 2007: A thunderstorm climatology analysis in Hungary using radar observations. Submitted to *Időjárás*.
- Ozorai, Z., 1965: A zivatarok gyakorisága Budapest-Ferihegy repülőtéren, *Időjárás*, 69, 375.
- Raum, O., 1910: A Magyarországon észlelt 15 évi zivatarok megfigyelések eredményei az 1896-1910 időszakban. *Évkönyvek XL. 2.*
- Seres, A.T., 2006: Heves konvektív folyamatok objektív vizsgálata. Szakdolgozat az ELTE Meteorológiai Tanszékén (témavezető: dr. Horváth, Á.; konzulens: dr. Ács, F.), 77 old..
- Szász, G., 2002: Surface energy budget between the atmosphere and the surface in the vegetation period during 1963-1994. *Időjárás*, 106, 161-184.
- Wesztergom, V., 2001: Geophysical Observatory Reports of the Geodetic Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences (year 1994-1998), 169, 290-299.

Ami kimaradt az üvegházhatású gázok közül és valami, ami szintén az emberi tevékenység következménye

A vízgőz a légköri gázok között a legnagyobb üvegházhatású gáz

Egyik iskolában – mindegy melyikben – a tanár felsorolja a földi légkört alkotó gázokat: 20,9% oxigén, 0,93% argon, 360 ppmv szén-dioxid, erősen változó mennyiségben vízgőz, jelentéktelen mennyiségű metán, ózon, szén-monoxid, neon, hélium stb.

A diákok hallgatnak, a tanár igazat mondott, mégis valami nem stimmel, ezért végül az egyik diák bátoritanul jelentkezik: Tanár úr, a nitrogén kimaradt.

Ne gyanúsítsunk senkit, ez kitalált történet, de hasonló esettel naponta találkozhatunk. Amikor az üvegházhatású gázokról van szó, a vízgőzről szinte sohasem történik említés, pedig a sorrendben első helyen áll. Az üvegház gázok részesedése a légkör

üvegházhatásában a következő (*Schönwiese, C.D., 1995*):

Vízgőz	62%
Szén-dioxid	16,4%
CFC11 és 12	8,16%
Metán	7,2%
Egyéb CFC-k	3,36%
Dinitrogén-oxid	2,88%
Összesen	100,00%

A felsorolt adatokból kiderül, hogy a vízgőz üvegházhatása több mint 3,5-szerese a szén-dioxidénak. (Lehetséges, hogy az elmúlt 10–15 év alatt az arányok változtak.) Joggal kérdezhetjük tehát, hogy időben milyen mértékben és milyen irányban változik a légkörben található vízgőz? Fölmerül a kérdés, történt-e egyáltalán kísérlet a légköri teljes vízgőzkészlet folyamatos mérésére? A vízgőz elnyelési sávjában történő

infravörös sugárzás műholdas mérése adhat bizonyos pontosságú becslést, de kérdés, hogy az elérhető pontosság elegendő-e a tényleges változások mérésére. A legnagyobb nehézséget az jelenti, hogy a vízgőz térben nagyon erősen változik, szélsőséges esetben a különbség két terület között elérhet akár 2–3 nagyságrendet is, ezért az egész Földre kiterjedő és megfelelő felbontású mérésre volna szükség.

Ha a légköri szén-dioxid 30%-os tartós növekedése a globális átlaghőmérsékletben mintegy 0,7 C fokos emelkedést okozhat, akkor a légkör teljes vízgőz készletének tartós 8%-os növekedése csaknem ugyanekkora melegekedést, a vízgőzkészlet maradandó 8 %-os csökkenése hasonló mértékű lehűlést képes előidézni.