

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA AZ INTENZÍV CSAPADÉKOK ALAKULÁSÁRA

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE OCCURRENCE OF HEAVY RAINFALLS

Hoffmann Lilla, Lakatos Mónika

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.

hoffmann.l@met.hu, lakatos.m@met.hu

Összefoglalás. A múlt század hetvenes éveitől fokozódik a csapadék szélsőséges jellege térségünkben: komoly aszályokat kiváltó csapadékhiányos és az árvízveszélyt növelő bő csapadékú évek egyaránt előfordultak ebben az időszakban. A csapadék szélsőségeinek változásának nyomon követésére az OMSZ éghajlati adatbázisán alapuló homogenizált (MASH, *Szentimrey*, 2011), 10 km-es rácshálóra interpolált (MISH, *Szentimre és Bihari*, 2007) napi csapadék adatokat használtuk. Néhány, nemzetközi projekteken is alkalmazott szélsőség index alakulását mutatjuk be az említett adatbázison. A hosszú indexsorok közül a csapadékos napok csökkenése és az erősen csapadékos napok csapadékának aránya mutat szignifikáns változást 90%-os megbízhatósággal 1901-től. A térképeken feltüntetett mintegy fél évszázados változások azonban csak szűk területen szignifikánsak. A rövid idő alatt lehullott, rendkívül nagy értékek visszatérési periódusa rövidült, amit a Budapest-belterület állomásra vonatkozó esettanulmány is alátámaszt.

Abstract. Since the seventies of the last century the extreme rainfall has been intensifying in our region. Heavy rainfalls and long periods with lack of precipitation have been occurred several times in recent years. The precipitation data we used in this study were homogenized (MASH, *Szentimrey*, 2011) and interpolated (MISH, *Szentimrey and Bihari*, 2007) for 10 km resolution grid. The raw measurements are originating from the climate database of Hungarian Meteorological Service. Internationally widely used extreme climate indices were implemented and the fitted linear trend to the indices series was tested. The number of wet days shows significant decrease and the proportion of the very wet day's precipitation in the yearly sum shows significant increase with 90% of confidence from 1901. However the half a century of changes depicted on the maps are significant only in narrow areas. The return period of extremely high values was shortened, as it is shown in a case study for Budapest-Belterület station.

Bevezetés. A cikk a Magyar Meteorológiai Társaság XXXVI. Vándorgyűlésén (2016. augusztus 25-26, Sárospatak) meghirdetett poszter verseny díjnyertes poszterének anyaga alapján készült. A poszter teljes egészében a 106. oldalon tekinthető meg. A csapadék térben és időben is változó éghajlati paraméter térségünkben, így az éghajlatváltozás hatására esetlegesen bekövetkező egyirányú tendenciák kevésbé egyértelműek, mint a hőmérséklet esetén. Bizonyos, csapadékhullással kapcsolatos szélsőségek intenzitásában, gyakoriságában mutatkozó tendenciák a változó éghajlat jelei. Az éghajlati monitoring során is kiemelt figyelmet kapnak a szélsőség indexek, vagy az egyre gyakrabban használatos elnevezés szerint klíma indikátorok. Számos szélsőség indexet származtathatunk a napi csapadékösszegekből, mint alapelemből. Több nemzetközi projekt során is előállt szélsőség indexek sora (*Klein Tank and Konnen*, 2003, *Alexander et al.*, 2006, *Donat et al.*, 2013), ezek többségét megvalósítottuk, közülük mutatunk be itt néhányat.

Felhasznált adatok és módszerek. Az OMSZ éghajlati adatarchívuma a mérések kezdetétől tartalmazza a meteorológiai méréseket, megfigyeléseket, melyek jellegükben és minőségükben is változtak az idők során. Az éghajlatváltozás hatásainak vizsgálatához azonban reprezentatív éghajlati sorok szükségesek. Az OMSZ-ban előállt homogenizálási eljárás (MASH, *Szentimrey*, 2011) használata lehetővé teszi, hogy az adatokat úgy kezelhessünk, mintha a mérések azonos körülmények között zajlottak volna. A MISH (*Szentimrey és Bihari*, 2007) eljárással rácspontokba interpolált adatokban job-

ban érvényesülnek az éghajlat jellemzői, vagyis a mérőhálózat egyenetlen elhelyezkedéséből adódóan a mérésekkel kevésbé lefedett területek jellemzői is érvényesülnek az országos átlagban. A számításokhoz az 1901–2015 közötti időszak homogenizált, interpolált napi rácsponti csapadék adatait használtuk. A változások nyomon követéséhez több, napi csapadékösszegegen alapuló indikátort kiszámoltunk évi és évszakos skálán is minden rácspontban, majd ezek átlagával képeztük az országos átlag értékét. Az országos átlagos index sorokat grafikonokon, míg a változás térbeli eloszlását térképeken szemléltettük. A feltüntetett változásokat az idősorokhoz illesztett lineáris trend alapján számoltuk.

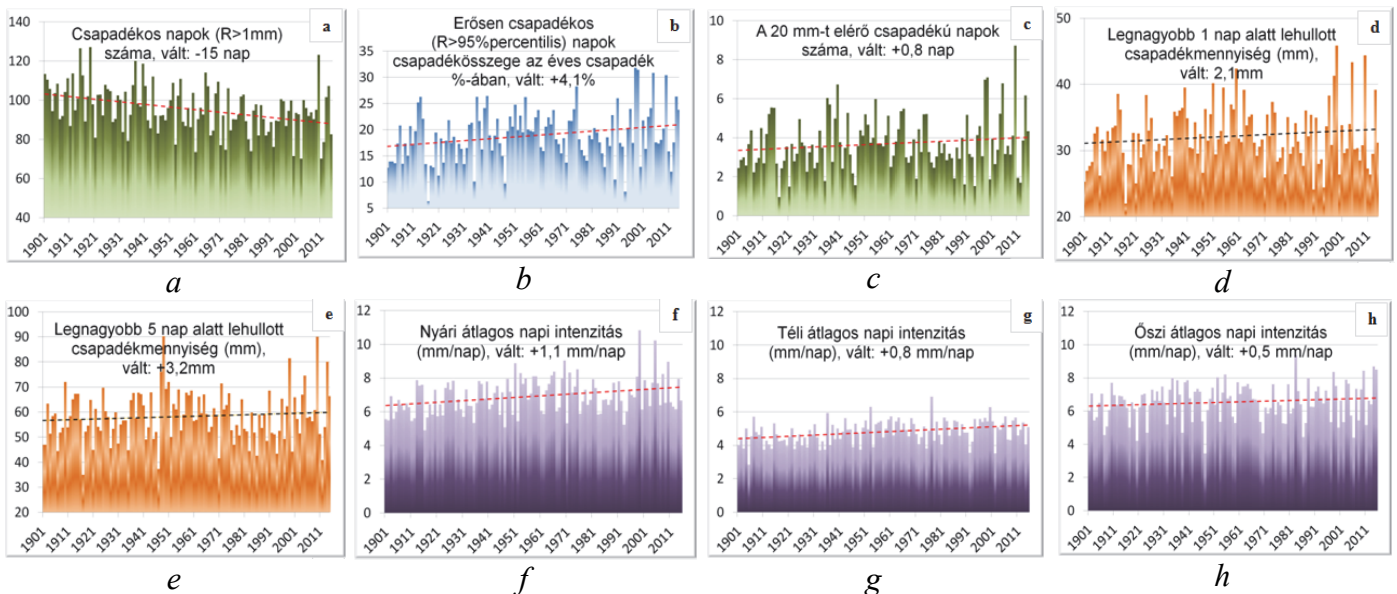
Eredmények. A szokásosnál csapadékosabb vagy szárazabb események, periódusok előfordulásának gyakoriságát néhány kiválasztott extrém csapadékindexekkel jellemezhetjük. A hosszú indexsorok (1. ábra) közül a csapadékos napok (napi csapadékösszeg > 1 mm) számának csökkenése és az erősen csapadékos napokon lehullott mennyiség aránya az évi összegben (napi csapadék összeg > 95%-os percentilis) index mutat szignifikáns változást 90%-os megbízhatósággal. 1901 óta, országos átlagban több mint kéthetes a csapadékos napok számának a csökkenése, 4%-os az erősen csapadékos napok csapadékának növekedése az éves összegben, a 20 mm-t meghaladó csapadékú napok esetében pedig enyhe növekedés mutatkozik, országos átlagban közel egy nap az emelkedés mértéke. A maximális 1 napos és 5 napos csapadékösszegek tendenciája is pozitív, de a változás nem éri el a szignifikáns mértéket. Ugyanakkor fontos

kiemelni, hogy a legnagyobb értékek mindkét index esetén, az időszak végén fordultak elő, jellemzően 1990 után. A napi csapadékintenzitás növekedése nyáron és télen a legnagyobb, a nyári növekedés mértéke 1,1 mm/nap, télen 0,8 mm/nap, ősszel pedig 0,5 mm/nap. Az átlagos napi intenzitás növekedése arra utal, hogy a csapadék egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok, zivatarok során hullik.

Néhány extrém csapadékindex változásának térbeli eloszlását térképeken is ábrázoljuk (2. ábra). A térképeken feltüntetett mintegy fél évszázados változások azonban csak szűk területen szignifikánsak. A 2. ábra az 1961–2015 időszakban megfigyelt változásokat szemlélteti.

A csapadékos napok számának változásában a kontinentalitás hatása mutatkozik meg (2.a ábra). A Tisza vonalától nyugatra csökkenés, míg keletre inkább növekedés dominál. A Bakony térségben és a Viharsarkokban több a csapadékos nap, míg az ország középső

sát, ezzel együtt a visszatérési idejük csökkenését valószínűsítik. Ezt a feltételezést ellenőriztük Budapest-belterület automata mérései alapján egy igen emlékezetes özvívyszerű esőzést okozó 2015. augusztusi esemény kapcsán. 2015. augusztus 17-én, egy nyugat, délnyugat felől érkező ciklon meleg nedves szállítószalagjának köszönhetően több helyen hullott rövid idő alatt kiadós csapadék az országban, többek között a főváros térségében is. A városias környezet, a kiterjedt burkolt felületek, a csatornák korlátos befogadó képessége súlyosbítja egy ilyen heves esemény hatását. A 3. ábrán követhetők az esemény során lehullott 10 perces részösszegek Budapest-belterület automata állomás adatai alapján. A csapadéktevékenység nem sokkal 18 óra előtt kezdődött, ezt követően igen intenzív csapadékhullást rögzített a műszer. A 17:50 és 18:00 közötti részösszeg 19,4 mm-nek, az ezt követő 10 perces részösszeg pedig 19,9 mm-nek adódott. A csapadéktevékenység 19 óra után csillapodott.



1. ábra. A csapadékos napok száma (a), erősen csapadékos napok csapadékösszege az éves csapadék %-ában (b), a 20 mm-t elérő csapadéku napok száma (c), a legnagyobb 1 nap, illetve 5 nap alatt lehullott csapadékmennyiség (d-e) és a nyári, téli és őszi átlagos napi csapadékintenzitás (f-g-h), 1901-2015 között

területein csökkenő és növekvő tendenciát egyaránt láthatunk, helyenként 10 napos növekedést, máshol pedig több mint 8 napos csökkenést mutatnak a sorok. A legnagyobb egynapos összeg változását megjelenítő térképen (2.b ábra) látható, hogy az Alpokalján és a Somogyi-dombság területén 10 mm körüli a csökkenés, szemben az északkelet magyarországi és az alföldi területeken mutató közel 8 mm-es növekedéssel. A nyári napi csapadékos napok száma, más néven intenzitás (a lehullott csapadékösszeg és a csapadékos napok számának hányadosa) országos átlagban 1 mm-rel növekedett (2.c ábra). Az ország középvonalától északra fekvő területeken jellemző inkább a növekedés, a főváros térségében és a Dunántúli-középhegység területén a növekedés eléri a 2 mm-t. Csökkenő tendenciát leginkább Dél-Dunántúlon és az Északi-középhegység egyes részein láthatunk.

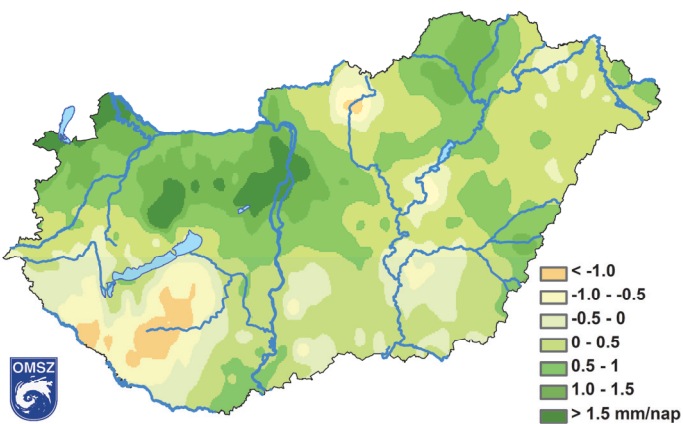
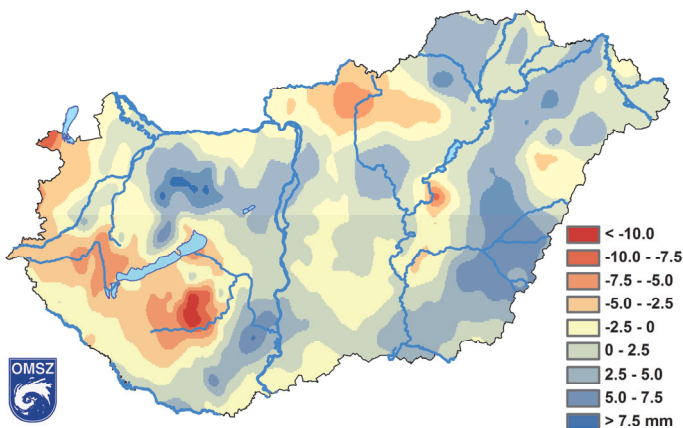
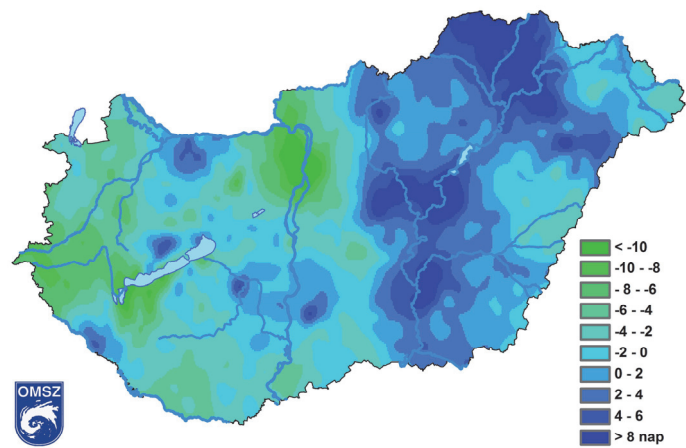
Rövidülő visszatérési idők. A nyári csapadék intenzitásának növekedése a heves események gyakoribbá válá-

A legnagyobb órás összeg 83,3 mm-t tett ki az esőzés során. A budapesti átlagos, augusztus havi csapadékösszeg 52 mm, tehát ennek több mint másfélszerese hullott egyetlen óra alatt. A napi összeg pedig 115,4 mm-t tett ki, ami a 25. legnagyobb augusztusi érték országosan 1901 óta.

Az éghajlatváltozás és a szélsőséges éghajlati események összefüggésének egy szemléletes megfogalmazása, hogy a korábban emberöltőnként egyszer előforduló események gyakoribbá váltak. Ezt az állítást bizonyítja az alábbi visszatérési periódus becslés, amit két időszakra végeztünk el. Az első az itt bemutatott 2015. augusztus 17-ei esemény nélkül, az 1961-2014 időszak adatai alapján készült, míg a második illesztés az említett eseménnyel együtt történt. Az 1. táblázat két időszak mérései alapján ad becslést a 2, 4, 5, 10, 20, 50, 100, 200 évente átlagosan egyszer előforduló napi összegre. A visszatérési értékek becslését általánosított szélsőérték eloszlás függvény (GEV) illesztésével végeztük. A korábban 50

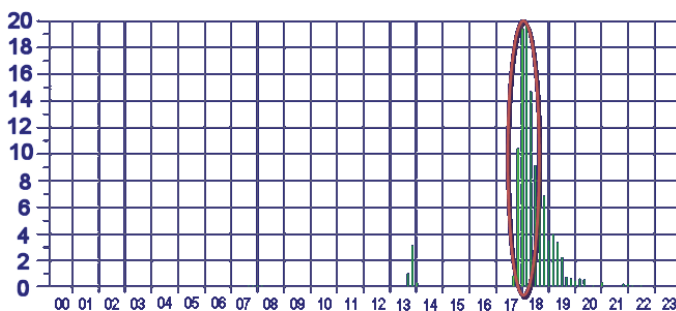
1. táblázat: Budapest-belterület állomás napi csapadékösszegeinek visszatérési értékei (mm), az általánosított szélsőérték eloszlás függvény (GEV) paramétereinek maximum-likelihood becslése alapján

Visszatérési idő	2	4	5	10	20	50	100	200
1961–2014	35,1	43,9	46,7	55,6	65,3	79,6	91,8	105,4
1961–2015	35,2	45,0	48,3	59,4	72,4	93,3	112,6	135,8



2. ábra. Csapadékos napok számának változása (a), a maximális napi csapadékmennyiség változása (b), a nyári csapadékin-tenzitás változása (c), 1961–2015 között

évente átlagosan egyszer előforduló 79 mm körüli érték visszatérési periódusa megfelelő, alig több mint 20 év a legutóbbi intenzív esemény figyelembe vételével.



3. ábra. Az automata által rögzített 10 perces csapadékmennyiség (mm) Budapest Belterület állomáson 2015. augusztus 17-én

Konklúzió. Az OMSZ éghajlati adatbázisa alapján készült, ellenőrzött, homogenizált adatokon végzett tendencia elemzések szerint a múlt század eleje óta bizonyos csapadékkal kapcsolatos szélsőségek gyakoribbá váltak. Országos átlagban több mint kéthetes a csapadékos napok számának a csökkenése, 4%-os az erősen csapadékos napok csapadékanak növekedése az évi összegben. A napi csapadékin-tenzitás növekedése nyáron és télen a legnagyobb, a nyári növekedés mértéke 1,1 mm/nap, télen 0,8 mm/nap. Az átlagos napi intenzitás növekedése arra utal, hogy a csapadék egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok, zivatarok során hullik. Az utóbbi három évtizedet jellemző globális és hazai éghajlati változások és az egymást követő évek szélsőséges csapadékviszonyai is indokolják az éghajlati állapot folyamatos nyomon követését a jövőben is, reprezentatív, ellenőrzött, homogenizált, mérésekre alapozva.

Irodalom

Alexander, L. V., Zhang, X., Peterson, T. C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A. M. G., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F., Tagipour, A., Rupa Kumar, K., Revadekar, J., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, D. B., Burn, J., Aguilar, E., Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci, M., and Vazquez-Aguirre, J. L., 2006: Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J. Geophys. Res.* 111, D05109; doi 10.1029/2005JD006290.

Donat, M. G., Alexander, L. V., Yang, H., Durre, I., Vose, R., Dunn, R. J. H., Willett, K. M., Aguilar, E., Brunet, M., Caesar, J., Hewitson, B., Jack, C., Klein Tank, A. M. G., Kruger, A. C., Marengo, J., Peterson, T. C., Renom, M., Oria Rojas, C., Rusticucci, M., Salinger, J., Elrayah, A. S., Sekele, S. S., Srivastava, A. K., Trewin, B., Villarroya, C., Vincent, L. A., Zhai, P., Zhang, X. and Kitching, S., 2013: Updated analysis of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset. *J. Geophys. Res.* 118, 2098–2118.

Klein Tank, A. M. G. and Konnen, G.P., 2003. Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946–99. *J. Climate* 16, 3665–3680.

Szentimrey, T., 2011: Manual of homogenization software MASHv3.03, Hungarian Meteorological Service, pp. 64

Szentimrey, T. and Bihari, Z., 2007: Mathematical background of the spatial interpolation methods and the software MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis). *Proceedings from the Conference on Spatial Interpolation in Climatology and Meteorology*, Budapest, Hungary, 2004, COST Action 719, COST Office, 17–27.