

MAGYARORSZÁGI HIDEGBETÖRÉSEK VIZSGÁLATA 1901 ÉS 2020 KÖZÖTT ÁLLOMÁSI ADATOK ALAPJÁN

Mikes Márk Zoltán, Dezső Zsuzsanna 

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet,
Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A
e-mail: mikess@student.elte.hu

Bevezetés

Ebben a rövid tanulmányban olyan hidegbetörésekkel (*angolul: Cold Air Outbreaks; CAO*) foglalkoztunk, amelyek detektálhatóak voltak azon a tíz magyarországi meteorológiai állomáson, ahol 1901 óta rendelkezünk folytonos mérésekkel. Hidegbetöréseket előidézhethetnek például erős blocking helyzetek (Kossakowska & Zdunek, 2013), amikor a Rossby-hullámban több meridionális futóáramlást találunk, illetve hirtelen sztratoszférikus melegedések után is gyakran találkozhatunk velük a téli félévben (Kolstad et al., 2010; Zhang et al., 2022). 2021 januárjában egy ilyen sztratoszférikus melegedés után a hideg légtömeg egészen Texas államig jutott el, komoly infrastrukturális károkat okozva (Doss-Gollin et al., 2021). A klímaváltozással összhangban ezen események száma az utóbbi években jelentősen csökkent, illetve a klímaprojekciók szerint ez a trend folytatódik (Matthes et al., 2015; Smith & Sheridan, 2020, 2021), ám ennek ellenére továbbra is komoly kockázatot jelenthetnek az emberi élet és infrastruktúra számára. Fontos kiemelni, hogy a hidegbetörések nem csak a téli időszakban fordulnak elő és okoznak kárt, kiváló példa erre 2013 és 2018 márciusa Magyarországon. A módszerünk abban tér el az általában hidegbetörések detektálására használt percentilis alapú módszerektől (Tomassini et al., 2012; Smith & Sheridan, 2018), hogy képes összevonni olyan eseményeket, amelyek között rövid idő (maximum 2 nap) telt el.

Adatok és módszertan

A kutatáshoz a HungaroMet (korábban: OMSZ) meteorológiai adattárában [1 – odp] fellelhető napi felbontású adatokat használtuk fel. Ezek a felülvizsgált adatok az alábbi tíz állomásra érhetők el 1901-től: Sopron, Szombathely, Keszthely, Pécs, Budapest, Túrkeve, Szeged, Debrecen, Miskolc, Nyíregyháza. Az állomási adatsorból a napi középhőmérsékletet használtuk fel; adathiány a teljes időszakban elhanyagolható mértékben fordult elő, ami nem befolyásolhatta a konklúzióinkat.

A számításokhoz az “R” programnyelvet használtuk, illetve a hidegbetörések detektálásához a “*heatwaveR*” csomagot, amely képes az általunk említett események összevonására is (Hobday et al., 2016). A csomag segítségével létrehoztunk egy 30 éves referencia klimatológiát (1991–2020), amelyre klimatológia néven hivatkozunk a későbbiekben. Azért ezt az időszakot választottuk, mivel így az elmúlt 30 év gyengébb hidegbetörései is detektálhatók a régebbiek mellett. Mindezek alapján az általunk használt pontos hidegbetörés definíció pedig az alábbi volt:

- A napi középhőmérséklet alacsonyabb, mint a klimatológia **alsó 10. percentilise** az adott napon és ez **5 egymást követő napon** fennáll.
- Hogyha a fenti kritérium teljesül több, egymást követő időszakban, de közöttük **maximum 2 nap** telik el, akkor a két időszakot összevonjuk egy eseménnyé.

Az események időbeni kategorizálása során az esemény kezdeti dátumát használtuk fel. A hidegbetörések számszerű jellemzésére az 1. táblázatban található statisztikákat alkalmaztuk.

1. táblázat: A kutatás során a hidegbetörések jellemzésére használt statisztikák.

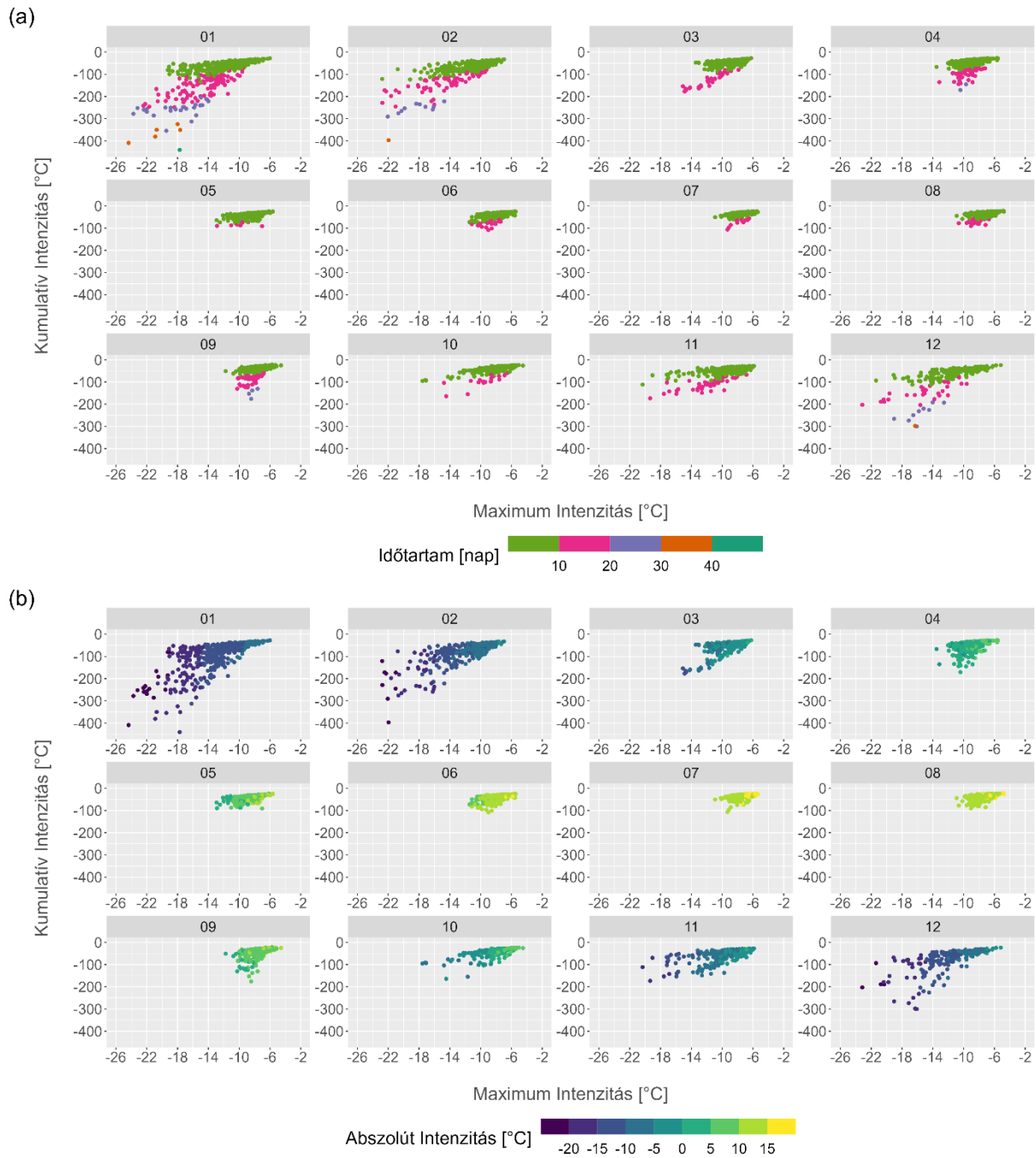
<i>Statisztika</i>	<i>Definíció</i>
Átlagos intenzitás	<i>Napi hőmérséklet anomáliák átlaga [°C]</i>
Maximum intenzitás	<i>Napi hőmérséklet anomália a leghidegebb napon [°C]</i>
Kumulatív intenzitás	<i>Napi hőmérséklet anomáliák összege [°C]</i>
Abszolút intenzitás	<i>Napi középhőmérséklet a leghidegebb napon [°C]</i>
Időtartam	<i>Az esemény hossza napokban</i>

Az eredmények rövid ismertetése

Összesen 3237 hidegbetörést detektáltunk a tíz állomáson 120 év alatt, ezekből 983 téli, 803 tavaszi, 673 nyári és 778 őszi kezdetű volt. A legtöbb hidegbetörés januárban érte el az állomásokat (445), a legkevesebb pedig júliusban (176). Az állomások közül Sopronban volt a legtöbb esemény (394), míg Szegeden és Keszthelyen a legkevesebb (255 és 257). A kutatás célja elsődlegesen azonban nem a statisztikák szélsőértékeinek meghatározása volt, hanem összefüggések és esetleges szezonális trendek keresése, amelyeket az alábbiakban mutatunk be.

A hidegbetörések átlagosan 20 napnál rövidebbek voltak, többnyire inkább 5 és 10 nap közöttiek (rózsaszín és zöld színek a 1. (a) ábrán). A leghosszabb hidegbetörések jellemzően a téli hónapokra koncentráálódtak, ennek megfelelően a kumulatív intenzitás értékek is ekkor voltak a legnagyobbak (negatív irányban). Az ábrákon kiválóan látszik a kumulatív és abszolút intenzitás közötti reláció a különböző hónapokban. Lineáris összefüggés látható pl. március, május, június, július, augusztus, október, november hónapokban, míg a többi hónapra enyhe nemlinearitás jellemző (ugyanahhoz a maximum intenzitáshoz nagyobb a kumulatív intenzitás szórása). A 1. (b) ábrára pillantva láthatjuk, hogy a hidegbetörések leghidegebb napján mennyire volt alacsony a napi középhőmérséklet. A nyári hónapokban ez 8 és 18 °C között, az átmeneti évszakokban nagy szórás mellett –10 és 15 °C között alakult. A téli hónapokban több olyan esemény is volt, amikor a napi középhőmérséklet –20 °C alatt maradt, amely már komoly hatással lehet az emberek mindennapjaira és az infrastruktúrára is.

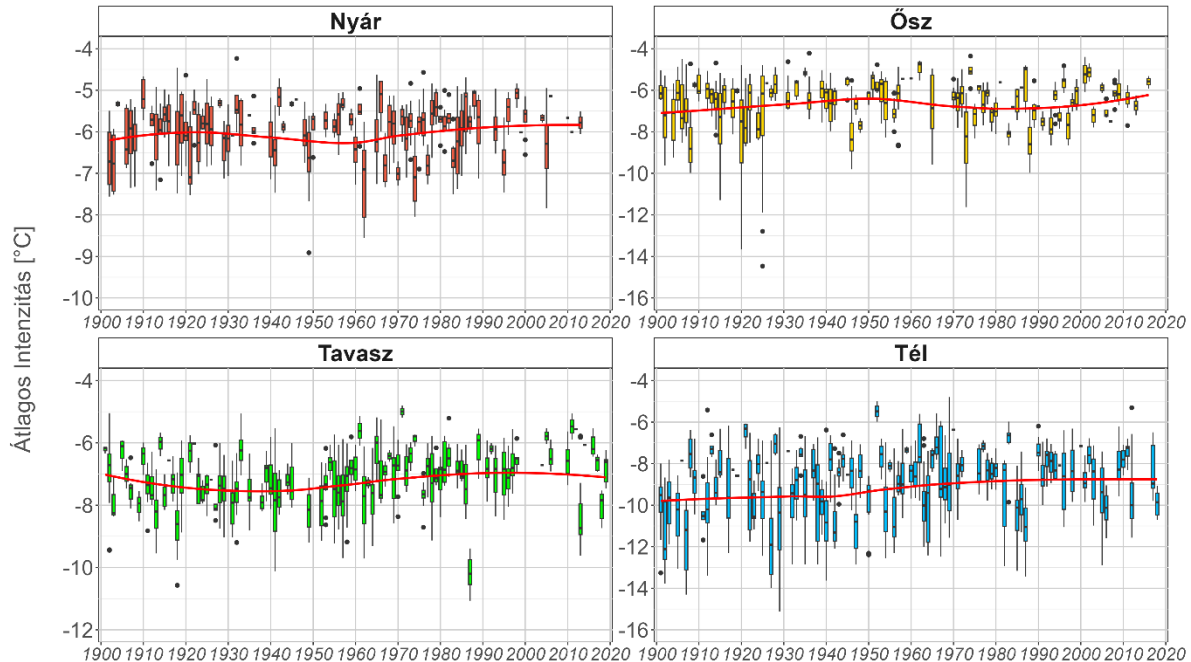
Ezután az évszakai változásokat elemeztük a hidegbetörésekben, elsőként az összes állomás adatait összegezve a teljes 120 éves időszakban, majd regionális eltérések felderítése érdekében állomási bontásban (de ekkor időbeli egyszerűsítéssel, évtizedek használatával). Az analízishez felhasználtuk a lokális regresszió simítás módszerét (LOESS – LOcally Estimated Scatterplot Smoothing) amely erőssége, hogy rövidebb időszakokban előforduló trendek is felderíthetők, és kiugró értékek jelenlétében is jól működik.



1. ábra: A kumulatív intenzitás (y tengely) és a maximum intenzitás (x tengely) közötti kapcsolat havi bontásban a teljes 120 éves időszakban. A színezés az esemény hosszát (a), illetve az abszolút intenzitást (b) jelöli. Az esemény hosszán kívül minden változó mértékegysége °C, a számok 01-től 12-ig az év hónapjait jelölik.

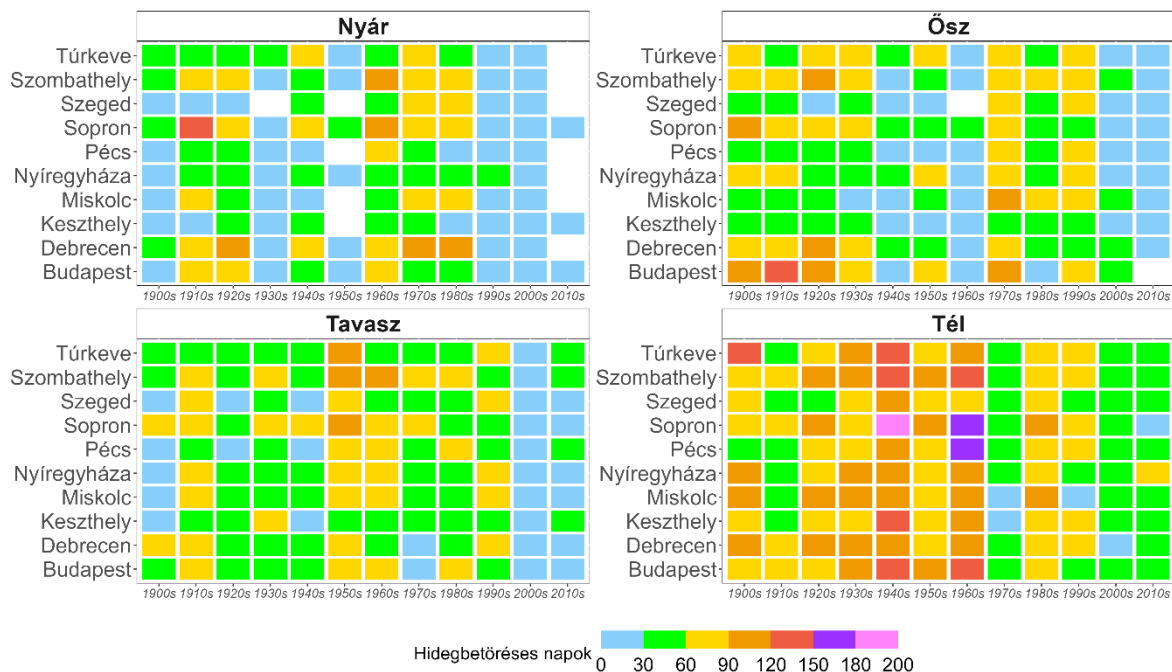
A 2. ábrán látható, hogy mely években fordult elő több hidegbetörés az adott évszakokban, illetve ezek erőssége is. Őszi eseményekből az 1900-as évek első 30 évében volt a legtöbb és a legintenzívebbek is ekkor érték el az országot, az utóbbi 40 évben viszont erősségük és számuk is csökkenő trendet mutat. Tavaszi hidegbetörésekből a legtöbb az 1950-es években, illetve 1980 környékén fordult elő. Intenzitásukat tekintve a 2000-es évekig egy gyengülő trend volt megfigyelhető, ám az utóbbi két évtizedben egyértelmű növekvő trendet láthatunk, két igen erős eseménnyel (a már említett 2013-as és 2018-as március). Magyarországon a nyári hidegbetöréseknek két maximuma volt az elmúlt 120 évben, először 1910 és 1930

között, majd nagyjából 1960 és 1990 között. Utóbbinál tapasztaltuk az erősebb eseményeket, viszont az elmúlt két évtizedben szinte teljesen eltűntek az ilyen hideg epizódok a legmelegebb évszakunkból. A téli hidegbetörésekben nagy fluktuáció mellett, de gyengülő trendet láthatunk az intenzitásban. Ennek ellenére az összes évszak közül még mindig télen a legnagyobb az átlagos intenzitás (negatív irányban).



2. ábra: A hidegbetörések átlagos intenzitásának (y tengely) változása 1901 és 2020 között a négy klasszikus évszakban. Az egyes évekhez tartozó értékek összesítve, Box-Whiskers diagram segítségével vannak megjelenítve. A piros vonal a lokális regresszió simítást jelöli (LOESS).

A 3. ábra segítségével képet kaphatunk az esetleges regionális eltérésekről a hidegbetöréses napok számában az elmúlt 120 évben, évtizedes bontásban. Ősszel az 1910-es években Budapesten több, mint 120 ilyen napot detektáltunk, viszont regionális trend nem volt tapasztalható (kiugró érték csupán). Az őszi hidegbetörések országos eloszlása viszont a '70-es és '90-es években jóval homogénebb volt, mint a mérések kezdeti időszakában. A tavaszi hónapokban felfedeztünk egy regionális eltérést az 1970-es és 1990-es évek között. Előbbiben az ország nyugati részén található állomások (Sopron, Szombathely, Pécs, Keszthely) tapasztaltak 45-nél több hidegbetöréses napot, míg a '90-es években az ország keleti felén található állomásokon fordult elő 60-90 ilyen nap. Ennek oka a hidegbetörések mögött rejlő szinoptikus rendszerekben rejlik: ciklonok hátoldalán általában északnyugat felől érkezik a hideg levegő, míg például Skandináv- vagy Szibériai-anticiklon esetén északkelet felől kezdődik a beáramlás. Az eltérést a két helyzet relatív gyakoriságában találhatjuk meg a két évtizedben. A nyári hónapokban az 1910-es években Sopronban 146 napot detektáltunk, amely igencsak kiugró érték, de ennek okát a kutatás keretein belül nem sikerült feltárni. Ezen felül Debrecenben fordult elő többször is átlagon felüli hidegbetöréses nap nyáron (95, 101 és 107; az 1920-as, 1980-as és 1970-es években, ilyen sorrendben). A téli évszakban fordult elő a legtöbb hidegbetöréses nap, főképp az ezredfordulóig bezárólag (10 esetben több, mint 120 ilyen napot detektáltunk egyes állomásokon). Az 1940-es években, Sopronban, 193 napot detektált a módszerünk, amely minden évszakot és évtizedet tekintve a legmagasabb érték. Egyértelmű trendet ebben az évszakban sem fedeztünk fel, csupán gyenge összefüggést a hidegbetöréses napok száma és a földrajzi szélesség között (az északi állomásokat hamarabb elérte a hideg légtömeg, illetve később is távozott/melegedett fel újra).



3. ábra: A hidegbetöréses napok száma a tíz vizsgált állomáson, 1901–2020 közötti 12 évtizedben.

Összefoglalás

A kutatásunkban egy eddig még nem használt módszerrel elemeztük a hazai hidegbetöréseket, a rendelkezésünkre álló 120 éves állomási adatsor alapján. A módszer erőssége, hogy hosszabb események is detektálhatóak vele az átmeneti évszakokban és nyáron, amikor a hidegbetörések gyengébbek a téli társaikhoz képest. Az eredményeink alátámasztják azt a tényt, hogy a klímaváltozás által a régióban a hideg szélsőségek száma csökkenő trendet mutat (a hidegbetörésekhez köthető statisztikák az éghajlatváltozás jó indikátorának bizonyulnak). Mivel nem csak a téli hónapokra terjesztettük ki a vizsgálatunkat, így érdekes és értékes eredményeket nyertünk ki az adatokból a többi évszakban is. A legfőbb ilyen konklúzió, hogy az elmúlt évtizedekben eddig kevésbé megszokott időszakokban (pl. kora tavasz) is előfordultak erősebb hidegbetörések, amelyek komoly problémákat okoztak hazánkban. Ezen felül az események átlagos időtartama is csökkent, így a jövőbeli kutatások irányvonala lehet a rövidebb hidegbetörések (*angolul: Cold Spells, CSP*) vizsgálata a már említett kora tavaszi időszakban.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet a HungaroMet Nonprofit Zrt-nek a meteorológiai adatokért (online elérhető: <https://odp.met.hu/climate/>). A kutatást az Éghajlatváltozás Multidiszciplináris Nemzeti Laboratórium RRF-2.3.1-21-2022-00014 számú projektje és a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal K-129162 számú projektje támogatta. A tanulmány hosszabb, angol nyelvű verziója elérhető a Hungarian Geographical Bulletin 74. évf. 2. számában.

Hivatkozások

- Doss-Gollin, J., Farnham, D.J., Lall, U., Modi, V., 2021: How unprecedented was the February 2021 Texas cold snap? *Environmental Research Letters*, 16(6): 064056. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac0278>
- Hobday, A.J., Alexander, L.V., Perkins, S.E., Smale, D.A., Straub, S.C., Oliver, E.C.J., ... & Wernberg, T., 2016: A hierarchical approach to defining marine heatwaves. *Progress in Oceanography*, 141: 227–238. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2015.12.014>
- Kolstad, E.W., Breiteig, T., Scaife, A.A., 2010: The association between stratospheric weak polar vortex events and cold air outbreaks in the Northern Hemisphere. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 136: 886–893. <https://doi.org/10.1002/qj.620>
- Kossakowska, M., Zdunek, M., 2013: Analysis of extreme temperature events in Central Europe related to high pressure blocking situations in 2001–2011. *Meteorologische Zeitschrift*, 22: 533–540. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0455>
- Matthes, H., Rinke, A., Dethloff, K., 2015: Recent changes in Arctic temperature extremes: Warm and cold spells during winter and summer. *Environmental Research Letters*, 10: 114020. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/11/114020>
- Smith, E.T., Sheridan, S.C., 2018: The characteristics of extreme cold events and cold air outbreaks in the eastern United States. *International Journal of Climatology*, 38: e807–e820. <https://doi.org/10.1002/joc.5408>
- Smith, E.T., Sheridan, S.C., 2020: Where Do Cold Air Outbreaks Occur, and How Have They Changed Over Time? *Geophysical Research Letters*, 47: e2020GL086983. <https://doi.org/10.1029/2020GL086983>
- Smith, E.T., Sheridan, S.C., 2021: Projections of cold air outbreaks in CMIP6 earth system models. *Climatic Change*, 169: 14. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03259-x>
- Tomassini, L., Gerber, E.P., Baldwin, M.P., Bunzel, F., Giorgetta, M., 2012: The role of stratosphere-troposphere coupling in the occurrence of extreme winter cold spells over northern Europe. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 4. <https://doi.org/10.1029/2012MS000177>
- Zhang, M., Yang, X.-Y., Huang, Y., 2022: Impacts of Sudden Stratospheric Warming on Extreme Cold Events in Early 2021: An Ensemble-Based Sensitivity Analysis. *Geophysical Research Letters*, 49: e2021GL096840. <https://doi.org/10.1029/2021GL096840>

Internetes hivatkozások

[1 – odp] <https://odp.met.hu/>

ORCID

Dezső Zs.  <https://orcid.org/0000-0003-1325-1303>