

A 2021-ES BALATONI STRANDSZEZON HOSSZÁNAK BECSLÉSE METEOROLÓGIAI ÉS HUMÁNMETEOROLÓGIAI INFORMÁCIÓK ALAPJÁN

Szalkai Zsófia, Dr. Ács Ferenc 

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet,
Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A
e-mail: 0zsofi@gmail.hu, acs@caesar.elte.hu

Bevezetés

Napjainkban egyre növekvő igény mutatkozik olyan tájékoztatásokra, amelyek a mindennapi életet érintő meteorológiai hatásokról adnak információt. Az emberi test és a légkör közötti kölcsönhatások tanulmányozásával a humánmeteorológia foglalkozik. A humánmeteorológián belül a legnagyobb népszerűségnek örvend az embert érő hőterhelés, illetve a hőérzet vizsgálata és előrejelzése. Mindez azért lehet így, mivel az ember a környezeti hőhatásoknak egész élete során ki van téve, éppúgy, mint a légnyomás vagy a gravitáció hatásának (Aizenshtat, 1986). Munkáját, szabadidejét, pihenését nagymértékben befolyásolja a szervezet hőegyensúlyi állapota (Kondor et al., 1974).

A hatások egy része azonnali, az adott időjárási vagy szinoptikus helyzettől függ, például a hideg vagy a meleg hőérzet. Más következmények csak késleltetve, illetve hosszabb vagy ismételt kitettséget követően jelentkeznek; ide tartoznak például a szív- és érrendszeri vagy a légzőszervi rendellenességek. Léteznek az embert közvetetten érintő jelenségek is, például a forró, száraz főszelel keltette tűzben a lakóházak leégése (Taesler, 1986).

Az embert érő környezeti hőterhelés számszerűsítésére a kutatók különböző típusú termikus indexeket fejlesztettek ki. A humán hőindex definíció szerint „bármely, a tudományos irodalomban megjelenő paraméter vagy indikátor, amelynek célja, hogy kifejezze, illetve jellemezze a termikus környezet állapotát vagy annak jelentőségét az egyén vagy egy embercsoport számára” (de Freitas & Grigorieva, 2015). Nem tartoznak ide a turisztikai, sport, vagy kereskedelmi célokra kifejlesztett indexek, illetve a hangulatot vagy viselkedést kifejező egyéb klímaindexek. A termikus indexek egyik csoportja a környezet által az emberi testre kifejtett termikus stresszt írja le, másik csoportjuk az ennek következtében az emberi testben válaszként kialakuló fiziológiai terhelést (de Freitas & Grigorieva, 2017). Tehát az előbbieket a környezetet jellemzik, az utóbbiak az emberre fókuszálnak. A vizsgálat tárgya lehet valamilyen közös tulajdonsággal rendelkező emberek csoportja, illetve az őket képviselő, közéjük tartozó valós egyén egy előre definiált, fiktív átlagember. Az indexek egy része egyensúlyi állapotot feltételez, így csak beltérben használható, ahol ez megvalósulhat, kellő hosszúságú idő (legalább egy óra) alatt. Kültérben a környezeti tényezők nagyobb változékonyságot mutatnak, ennek következtében az emberi testnek nincs elegendő ideje alkalmazkodni és az egyensúlyi állapotot megteremteni (Höppe, 2002). Ezen kívül kültérben a napsugárzást is figyelembe kell venni, amelyet az energiamérleg egyenlet nem mindig tartalmaz. A mutatók egy része úgynevezett ekvivalens hőmérséklet: egy referencia környezet léghőmérséklete, amely ugyanazt a hőterhelést, illetve hőérzetet váltaná ki, mint a vizsgált környezet. Ezen típusú mutatók használatára, hogy a hőmérséklet dimenziójú változók az átlagemberek számára is könnyen értelmezhetők, hiszen korábbi tapasztalatok, élmények alapján egyszerűen hozzájuk kapcsolható a jelzett hőterhelés (de Freitas & Grigorieva, 2015).

De Freitas & Grigorieva (2015, 2017) munkájában 165 indexet mutatott be és értékelt, hogy a tudósok számára megkönnyítsék az adott kutatási feladathoz legmegfelelőbb mutató kiválasztását. Többek között tanulmányozták, hogy az egyes indexek milyen klímán

alkalmazhatók, mely meteorológiai és humán változókat veszik figyelembe, abszolút vagy relatív terhelést fejeznek-e ki, illetve történt-e vizsgálat kísérleti úton. Az indexeket nyolc külön csoportra osztották, és Graveling et al. (1989), Ott & Thom (1976), Keller & Kuvakin (1998), Keyantash & Dracup (2002) munkája alapján az alábbi hat kritérium szerint pontozták azokat.

1. Az index legyen átfogó, azaz minden hőterhelést meghatározó tényezőt vegyen figyelembe. Megemlítendő azonban, hogy minél több változót felhasználunk a modellben, annál bonyolultabb és nagyobb számításigényű lesz, illetve több a hibalehetőség is.
2. Az index legyen minél szélesebb körben, minél többféle környezeti feltétel (például hőmérsékleti tartomány) mellett alkalmazható.
3. Az index legyen kifinomult, tudományosan megalapozott, és megbízható elméleti háttérrel rendelkezzen. Azon empirikus indexek is elfogadhatók, amelyeket a tudományos szakirodalomban megjelenő kutatási eredmények alátámasztanak.
4. Az index legyen egyértelműen értelmezhető, a mögöttes tartalmat világosan kifejező.
5. Az index legyen könnyen kezelhető és a gyakorlatban alkalmazható. Egyfelől a számítási műveletek legyenek egyszerűek, lényegretörőek; másfelől csak alapvető, könnyen hozzáférhető bemenő adatokra legyen szükség.
6. Az index legyen megbízható, valóságghűen tükrözze az emberi testet érő hőterhelést. A validációra általában laboratóriumban vagy terepi tanulmányok során kerül sor.

Ezenfelül érdemes megemlíteni Epstein & Moran (2006) tanácsát is: a hangsúlyt ne az indexek pontosságára helyezzük, ennél lényegesebb az indexek gyakorlatban való alkalmazhatósága.

A különböző megközelítést alkalmazó humán-klimatológiai modellek és indexek nem használhatók univerzálisan, és az elemzések eredményei egymással kevéssé hasonlíthatók össze, mivel ugyanazt a termikus környezetet másként értelmezik (Jendritzky & Menz, 1986).

Jelen munka célja a fürdőzésre alkalmas időszak meghatározása 2021-ben a Balatonon humán biometeorológiai és meteorológiai információk alapján. A strandoláshoz szükséges, hogy mind a levegő, mind a víz megfelelő legyen hőérzeti szempontból. A légköri hőterhelést az operatív hőmérséklet alapján vizsgálom, a Balatont a Siófoki állomáson mért vízhőmérséklet alapján. Ezen kívül figyelembe veszem az Országos Meteorológiai Szolgálat viharjelzését is, melyet a partközelségben mért szélsőségek alapján ad ki.

Módszerek

Az általam használt változó az operatív hőmérséklet¹ (T_o), amely a léghőmérséklet, a sugárzás, a szél és a légnedvesség együttes hatásából származó hőterhelést számszerűsíti (Campbell & Norman, 1997). Ezen index előnye, hogy kevés bemenő adatot igényel és egyszerű számítani. A szükséges meteorológiai változók egy részét nehézkes, bonyolult előállítani számításokkal, illetve mérésük is hibával terhelt (pl. globálsugárzás és felhőzet, 1,5 m-es szélsőségek). Mégis jobb, valóságghűbb eredményt nyerhetünk ezen változók felhasználásával, mintha teljesen figyelmen kívül hagynánk azokat (Höppe, 1999). Az operatív hőmérséklet számítási képlete a következő:

$$T_o = T_a + \frac{R_{ni}}{\rho c_p} \cdot r_{aHr} \quad (1)$$

¹ egy fekete testként működő, homogén környezet hőmérséklete, amelyben a sugárzás és a konvekció által megvalósuló hőcsere ugyanannyi lenne, mint a vizsgált környezetben

Ahol T_a a léghőmérséklet, R_{ni} a nettó izoterm sugárzás, r_{aHr} a konvektív hőárammal és a sugárzással szembeni aerodinamikai ellenállás, ρ a levegő sűrűsége, c_p a levegő állandó nyomáson vett fajhője. A tagok parametrizálása elérhető Ács et al. (2021) munkájában.

T_o nagyrészt a környezettől függ (az egyetlen humán paraméter a hengerként modellezett emberi test átmérője). A leginkább meghatározó tényező nappal a bejövő globálsugárzás (értékének növekedése a meleg felé tolja el a hőérzetet) és a szélesség (értékének növekedése a hideg felé tolja el a hőérzetet, mivel elősegíti az intenzívebb hőcserét), valamint a léghőmérséklet; a légnedvesség kevésbé meghatározó. Éjszaka a legfontosabb a felhőzet, amely visszatartja a kimenő hosszuhullámú sugárzást; a léghőmérséklet szintén meghatározó, a szélesség ekkor általában alacsony, így nem jelentős a hatása.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat a Balatonon az élet- és vagyonvédelem érdekében speciális szélelőrejelző, illetve riasztó rendszert működtet. A mérések, prognózisok és veszélyjelzések a szervezet honlapján [1] érhetőek el. Elsőfokú viharjelzést 11 m/s feletti szélesség esetén adnak ki, ez a Beaufort-skálán a 6. fokozat (erős szél) alsó határa. Ilyenkor a Balatonon magas hullámok jelennek meg, fehér habos tarajjal, helyenként az átbukó hullámokról hullámpermet szakad le. A vízben és a parton tartózkodókat sárga fényű, percenként 45-ször felvillanó lámpa tájékoztatja. Az előírások szerint csónak, illetve vitorlás vízi sporteszköz csak a parttól számított 500, illetve 200 m távolságon belül közlekedhet.

Helyszín és időszak

Siófok a Balaton déli partján fekvő település, közigazgatásilag Somogy megyéhez tartozik. Földrajzi koordinátái é. sz. 46.,9108°és k. h. 18,0408°, tengerszint feletti magassága 107,2 m. A vizsgált időszak a legutóbbi teljes év nyári szezonja, 2021 április 1-jétől október 31-ig. Az évnek ebben az időszakában jelennek meg turisták nagyobb számban a strandokon, és ekkor működik az Országos Meteorológiai Szolgálat viharjelzési szolgáltatása is.

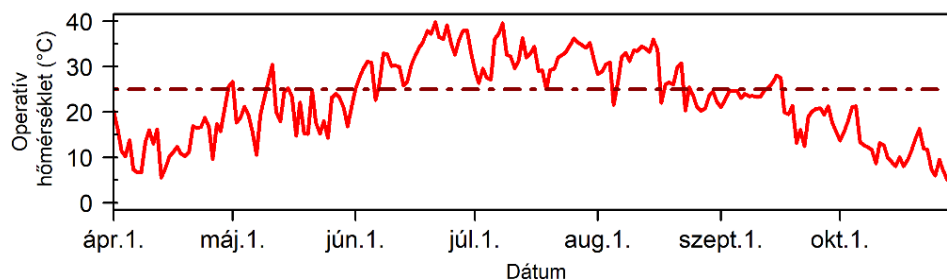
Adatok

A számításokhoz a meteorológiai változók napi átlagait használtam fel. A felhasznált adatok a következők: léghőmérséklet (°C), relatív nedvesség (%), átlagos szélesség (m/s), globálsugárzás (W/m^2), felhőborítottság (%), vízhőmérséklet (°C). A siófoki szinoptikus állomáson mért adatok az Országos Meteorológiai Szolgálat meteorológiai adattárából [2] származnak. Itt a globálsugárzás napi összege volt elérhető J/cm^2 -ben, ezt konvertáltam W/m^2 -be. A szélességet vizsgáltam órás felbontásban is. A felhőzetet (az égbolt felhőkkel való borítottsága százalékban kifejezve) az ECMWF² ERA5 reanalízis adatbázisból töltöttem le a Copernicus Climate Data Store honlapjáról [3] netCDF formátumban, órás felbontásban, a Siófokhoz legközelebb eső rácspontban, majd nc parancsokkal készítettem elő Cygwin felületen. A számításokat, elemzéseket és megjelenítéseket R programnyelven végeztem el.

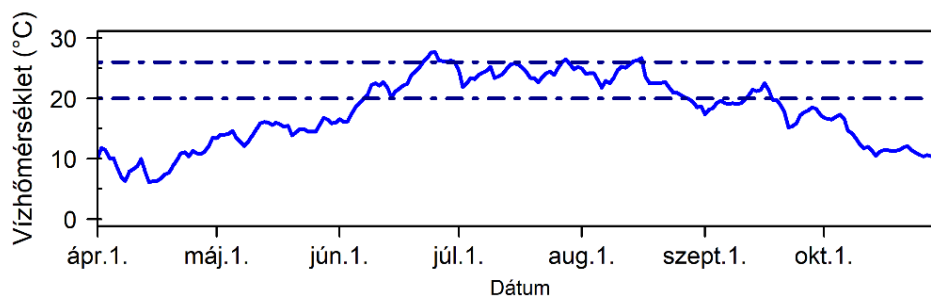
Eredmények

Az 1. ábrán az operatív hőmérséklet, a 2. ábrán a Siófoknál mért vízhőmérséklet alakulása látható a 2021-es évi turistaszezonban. A vízhőmérséklet legalacsonyabb értéke 6,1 °C, legmagasabb értéke 27,7 °C volt ebben az időszakban. Az operatív hőmérséklet 5 °C és 39,8 °C között változott.

² European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Európai Középtávú Előrejelző Központ

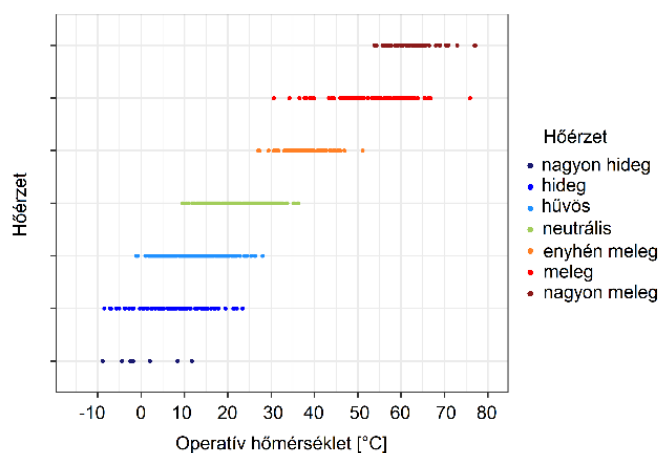


1. ábra: Az operatív hőmérséklet alakulása a 2021-es évi turistaszezonban Siófokon.



2. ábra: A Siófoknál mért víz hőmérséklet alakulása a 2021-es évi turistaszezonban.

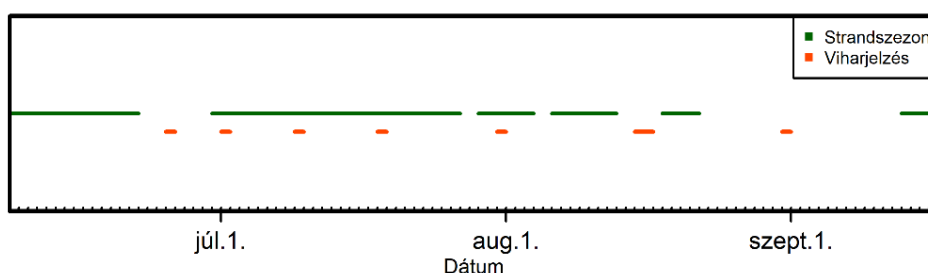
Viszonylag kevés kutatás foglalkozik azzal, hogy a turisták milyen víz hőmérsékletet részesítenek előnyben. Leatherman (1997) tanulmánya szerint strandoláshoz az optimális intervallum 21 °C és 27 °C között van. Viszont figyelembe kell vennünk, hogy a part menti, sekély vizű területeken a víz jobban felmelegedik, mint a Siófoki mérőműszer környezetében, így vegyük alsó küszöbnek a 20 °C, felső küszöbnek a 26 °C értéket. Ehhez hozzátehetjük, hogy ennek a kerek értéknek pszichológiai jelentősége is van, a közmédia is nagy eseménynek tekinti, ha a Balatonon vize eléri a 20 °C-os hőmérsékletet [4,5]. A megfelelő víz hőmérséklet mellett másik feltétel a kellemesen meleg levegő. A környezetből érkező hőterhelést az operatív hőmérséklettel számszerűsítjük jelen kutatásban. Ács et al. (2021) szerint a 25 °C-os operatív hőmérséklet felett kezdődnek a meleg hőérzeti kategóriák, a levegőt már legalább enyhén melegnek érezzük (3. ábra).



3. ábra: Az operatív hőmérséklet és a humán hőérzet kapcsolata (Ács et al., 2021 alapján).

2021-ben a vízhőmérséklet 76 napon volt optimális Siófokon, mindez kisebb megszakításokkal a június 8-tól szeptember 17-ig tartó időszakban következett be. A nyár folyamán 11 napon túl meleg volt a víz a fürdőzéshez, az utolsó szakaszban pedig egy kéthetes intervallumban (augusztus 28-tól szeptember 11-ig) túl hideg. Ebben az időszakban az operatív hőmérséklet 8 napon csökkent 25 °C alá, augusztusban és szeptemberben. Mindezek alapján a tényleges strandszezon 68 napot tett ki 2021-ben.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat elsőfokú viharjelzést 11 m/s feletti szélesség esetén ad ki. Ilyen erős szél a június 8-tól szeptember 17-ig tartó időszakban az óras széladatok szerint 20 napon fordult elő Siófokon 2021-ben, ebből 11 nap esett a strandszezon 68 napos idejére. Ezt figyelembe véve 57 napon élvezhettük maradéktalanul a strandidőt (4. ábra).



4. ábra: A humánmeteorológiai szempontok alapján definiált strandszezon és a viharjelzési időszakok 2021-ben Siófokon.

Összefoglalás

2021-ben a vízhőmérséklet és a légköri hőterhelés szempontjából összesen 68 napon volt strandolásra alkalmas a Balaton Siófokon, mindez a június 8-tól szeptember 17-ig tartó időszakban következett be. A fenti strandszezonban mindössze 11 napon adott ki az Országos Meteorológiai Szolgálat viharjelzést, így 2021-ben 57 nap volt teljes egészében alkalmas a fürdőzésre.

Hivatkozások

- Ács, F., Kristóf, E., Zsákai, A., Kelemen, B., Szabó, Z., Marques Vieira, L.A., 2021: Weather in the Hungarian Lowland from the Point of View of Humans. *Atmosphere*, 12: 84. <https://doi.org/10.3390/atmos12010084>
- Aizenshtat, B.A., 1986: Health and the heat balance of the human body, In: *Climate and Human Health, Proceedings of the Symposium in Leningrad*. WMO, Leningrad, 170–184.
- Campbell, G.S., Norman, J., 1997: *An Introduction to Environmental Biophysics*, 2nd edition. ed. Springer, New York, 307 p.
- de Freitas, C.R., Grigorieva, E.A., 2015: A comprehensive catalogue and classification of human thermal climate indices. *International Journal of Biometeorology*, 59: 109–120. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0819-3>
- de Freitas, C.R., Grigorieva, E.A., 2017: A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices. *International Journal of Biometeorology*, 61: 487–512. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1228-6>
- Epstein, Y., Moran, D.S., 2006: Thermal comfort and the heat stress indices. *Industrial Health*, 44: 388–398. <https://doi.org/10.2486/indhealth.44.388>

- Graveling, R.A., Morris, L.A., Graves, R.J., 1989: *Working in Hot Conditions in Mining: A Literature Review*. Health and Safety Executive, London.
- Höppe, P., 1999: The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 43: 71–75. <https://doi.org/10.1007/s004840050118>
- Höppe, P., 2002: Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings, Special Issue on Thermal Comfort Standards*, 34: 661–665. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00017-8)
- Jendritzky, G., Menz, G., 1986: Bioclimatic maps of heat exchange of the human being in different scales, In: *Climate and Human Health, Proceedings of the Symposium in Leningrad*. WMO, Leningrad, 107–114.
- Keller, A.A., Kuvakin, V.I., 1998: *Medical ecology*. The Petrograd and Co, St-Petersburg, 256p.
- Keyantash, J., Dracup, J.A., 2002: The Quantification of Drought: An Evaluation of Drought Indices. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83: 1167–1180. <https://doi.org/10.1175/1520-0477-83.8.1167>
- Kondor, I.S., Demina, D.M., Ratner, E.M., 1974: *Physiological principles of sanitary and climatic zoning of the USSR territory*. Medicina, Moscow, 175p.
- Leatherman, S.P., 1997: Beach Rating: A Methodological Approach. *Journal of Coastal Research*, 13: 253–258.
- Ott, W.R., Thom, G.C., 1976: A critical review of air pollution index systems in the United States and Canada. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 26: 460–470. <https://doi.org/10.1080/00022470.1976.10470272>
- Taesler, R., 1986: Climate characteristics and human health - the problem of climate classification, In: *Climate and Human Health, Proceedings of the Symposium in Leningrad*. WMO, Leningrad, 81–119.

Internetes hivatkozások

- [1 – Országos Meteorológiai Szolgálat Balatoni időjárás] <https://www.met.hu/idojaras/tavaink/balaton/>
- [2 – Országos Meteorológiai Szolgálat meteorológiai adattár] https://odp.met.hu/climate/observations_hungary
- [3 – Copernicus Climate Data Store] <https://cds.climate.copernicus.eu>
- [4 – Időkép] <https://www.idokep.hu/hirek/20-fokra-melegedett-fel-a-balaton-vize>
- [5 – We love Balaton] <https://welovebalaton.hu/cikk/2022/5/9/balaton-iden-korabban-kezdodhet-a-strandszezon-mar-a-heten-20-fokosra-melegsik-a-balaton-vize>
-

ORCID

Ács F.  <https://orcid.org/0000-0002-1611-6839>