



¹Ács Ferenc, ¹Kristóf Erzsébet, ¹Szalkai Zsófia, ¹Breuer Hajnalka, ²Zsáka Anna
¹ELTE, Földrajz és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék
²ELTE, Biológiai Intézet, Embertani Tanszék

ELŐZMÉNYEK

Munkacsoportunk kifejlesztette a ruházati index modellt, melynek alkalmazásaival jellemeztük a Kárpát-medence térségének évi és évszakos klímáit (Ács et al., 2021). A modell kevésbé volt alkalmazható a nyári évszakban (Ács et al., 2022), mivel nem szimulálta a nagy hőterhelések során fellépő izzadás folyamatát. Ezért a ruházati index modell logikáját az emberi bőrfelületre alkalmaztuk, és a bőrfelületi párolgást az emberi test energiaegyenlegének maradék tagjaként becsültük. Így, a modell változott a nyári alkalmazásokra is felvértezett.

CÉLOK

- 1) A bőrfelület teljes párolgása (E_{tot}) és az operatív hőmérséklet (T_o) közötti kapcsolat felderítése
- 2) A bőrfelület párolgással szembeni ellenállása (r_{skin}) és az operatív hőmérséklet közötti kapcsolat felderítése
- 3) Az E_{tot} az r_{skin} és a megfigyelt hőérzetek közötti kapcsolat jellemzése, számszerűsítése

ADATOK

Adatbázis-építés módszertana: longitudinális kutatás (ugyanazon változók - meteorológiai változók és hőérzet-típusok) ismételt, hosszú időn keresztül történő megfigyelése, mérése.

Az adatgyűjtés helyszíne: Martonvásár, Béke utca 60 szám alatti családi ház kertje.

HUMÁN ADATOK

A humán adatok a hőérzet megfigyeléseket végző személyre vonatkoznak. A hőérzet megfigyelések mindig fekvő pozícióból történtek minimális ruhaviseletben. A fekvések időtartama: minimum 10 perc.

- Emberi állapotjelzők: testtömeg, testmagasság, kor, nem
- A bőrszín típus megállapítására szolgáló adatok: bőrszín, skála 1-30; szemszín, skála 1-16; fiatalkori természetes hajszín, skála 1-10. A megfigyelt bőrszín típusa "mediterráni, ázsiai, spanyol" a Fitzpatrick-módszer alapján
- Használt hőérzet kategóriák: "nagyon meleg", "meleg", "enyhén meleg" és "neutrális"

METEOROLÓGIAI VÁLTOZÓK

A használt meteorológiai változók: léghőmérséklet (°C), légnedvesség (%), átlagos szélsébség (ms^{-1}), a széllelés sebessége (ms^{-1}), relatív napfénytartam, felhőzet.

Az adatok forrása: "Időkép" automata állomása Martonvásáron (léghőmérséklet, légnedvesség és a szélsébségek), az észlelő vizuális megfigyelései (relatív napfénytartam, felhőzet). Az automata állomás és a megfigyelés helyszíne közötti távolság légvonalban kb. 300 m.

1. A hőérzet megfigyelésére szolgáló napozóágy és strandpárna



2. Hőérzet-megfigyelés nyáron



ALAPVETŐ MODELL EGYENLETEK

A ruházattal nem fedett emberi test energiaegyenlege:

$$R_n + M - (H_{res} + \lambda E_{res} + W) - H_s - E_{tot} = 0 \quad (1)$$

ahol R_n az emberi test sugárzási egyenlege, M a fekvő pozícióban levő ember metabolikus hőáramsűrűsége, H_{res} a respirációs szenzibilis hőáramsűrűség, λE_{res} a respirációs látens hőáramsűrűség, W az izmok által végzett mechanikai munka (fekvéskor nullával egyenlő), H_s a bőrfelület és a levegő közötti szenzibilis hőáramsűrűség és E_{tot} a bőrfelület teljes párolgása (látens hőáramsűrűsége). A bőrfelület teljes párolgása (a száraz bőr párolgásának és az izzadsággal borított bőr párolgásának összege) a következőképpen parametrizálható:

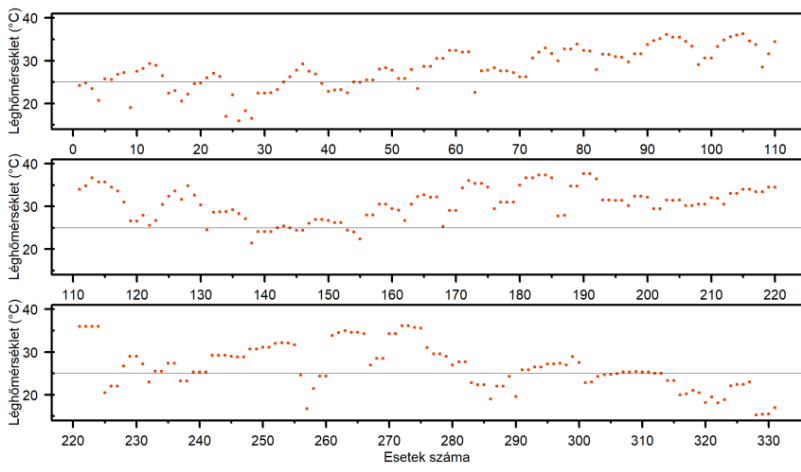
$$E_{tot} = \frac{\rho c_p \cdot e_s(T_s) - e_a}{\gamma r_{skin} + r_{Ha}} \quad (2)$$

ahol ρ a levegő sűrűsége, c_p a levegő állandó nyomáson vett fajhője, γ a pszichrometrikus állandó, $e_s(T_s)$ a bőrfelületi hőmérséklethez ($T_s=34^\circ C$) tartozó telítési vízgőznyomás, e_a az aktuális vízgőznyomás, r_{skin} a bőrfelületi párolgással szembeni ellenállása és r_{Ha} a bőrfelület feletti aerodinamikai ellenállás.

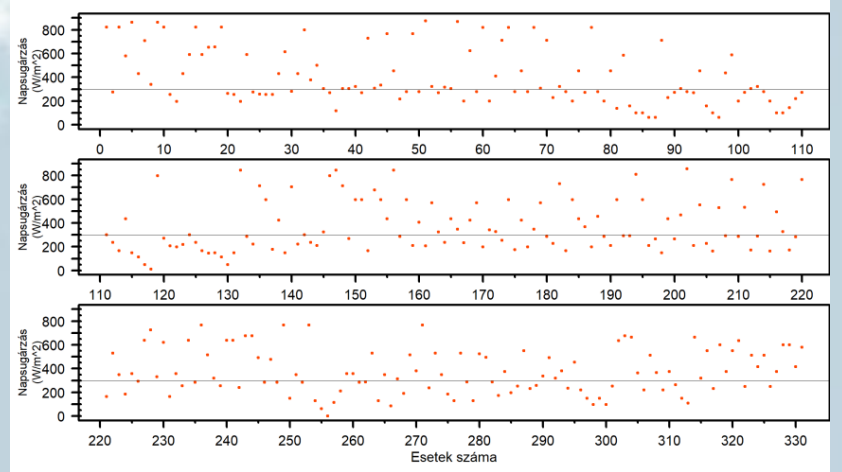
Az r_{skin} kifejezhető a T_o függvényében a következőképpen:

$$r_{skin} = \frac{\rho c_p [e_s(T_s) - e_a]}{M - H_{res} - \lambda E_{res} - W + \rho c_p \frac{T_o - T_s}{r_{Ha}}} - r_{Ha} \quad (3)$$

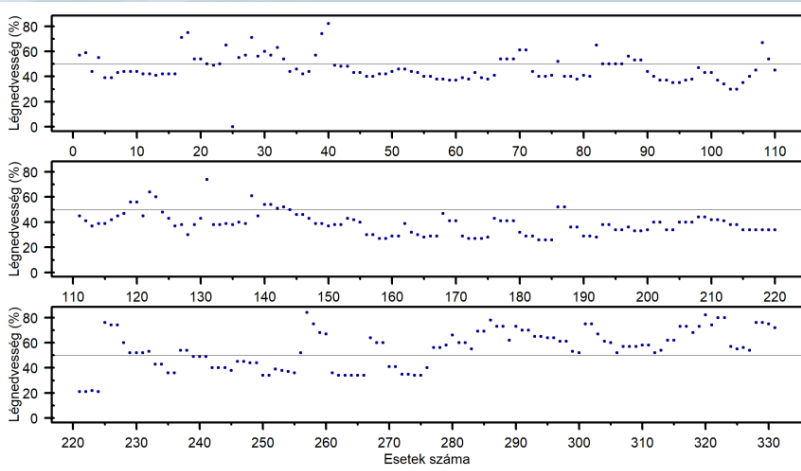
3. A levegő hőmérsékletének alakulása a hőérzet-megfigyelések során



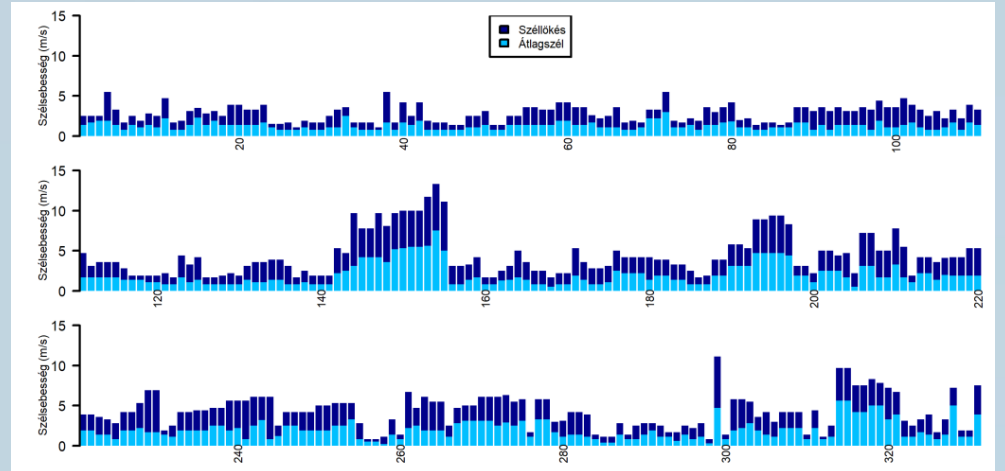
4. A számított napsugárzás alakulása a hőérzet-megfigyelések során



5. A levegő relatív nedvességének alakulása a hőérzet-megfigyelések során



6. A szélsébségek alakulása a hőérzet-megfigyelések során



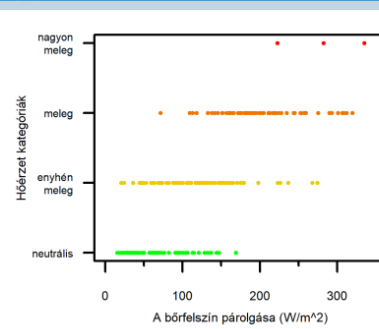
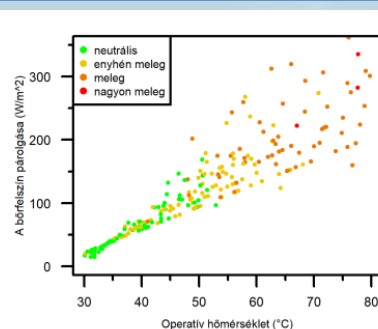
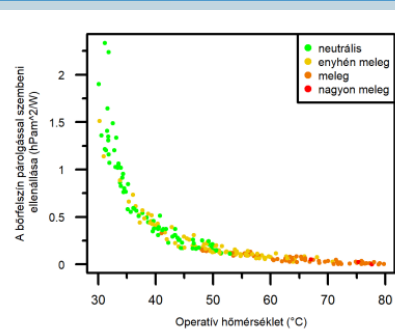
EREDMÉNYEK

Az $r_{skin}(T_o)$ közötti kapcsolat $f(x)=1/x$ -ként jellemezhető.

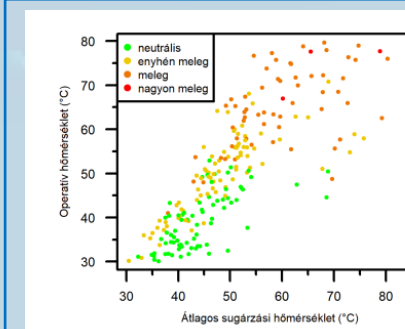
Az $E_{tot}(T_o)$ kapcsolat kisebb nyári T_o értékekre vonatkozóan lineárisnak vehető.

A hőérzet- E_{tot} kapcsolat szintén nem-lineárisnak tekintendő.

Nyáron a humán hőterhelést leginkább meghatározó meteorológiai változók a léghőmérséklet mellett a globálisugárzás és a szélsébség. Ezek együttes hatását az emberi testre az operatív hőmérséklet fejezi ki.



A globálisugárzás az átlagos sugárzási hőmérséklet (T_{mrt}) értékébe is konvertálható, így a nagy besugárzások esetében a $T_o(T_{mrt})$ kapcsolat erősebb lesz. A hőérzet megfigyeléseink során fellépő $T_o(T_{mrt})$ kapcsolatot jellemző pontfelhőt a jobboldali ábra szemlélteti.



ÉRTÉKELÉS

- a) Kihangsúlyozandó, hogy a bemutatott hőterhelés-hőérzet kapcsolatokat jellemző információk egy emberre vonatkoznak, akinek BMI (body mass index) értéke $25 kgm^{-2}$ körüli.
- b) A hőterhelés-hőérzet kapcsolatokat leíró információk nem a klímát, hanem az ember-klíma relációs viszonyt jellemzik (Rovelli, 2022), amely értelemszerűen egyedi és szubjektív.
- c) Legjobb tudásunk szerint nyári évszakra vonatkozó hőterhelés-hőérzet kapcsolatrendszer jellemző longitudinális kutatás eddig a világon nem volt.

KÖVETKEZTETÉSEK

- a) A meteorológiai adatgyűjtés és modellezés tudományában a longitudinális kutatások igen ritkák, gyakorlatilag nem léteznek a nagy erőforrás, valamint a lebonyolításukhoz szükséges tudás igényük miatt.
- b) A bőrfelület párolgással szembeni ellenállása és az operatív hőmérséklet közötti kapcsolat $f(x)=1/x$ típusú függvénnyel jellemezhető.

IRODALOM

Ács, F., Zsáka, A., Kristóf, E., Szabó, A., Breuer, H., 2021: Human thermal climate of the Carpathian Basin. International Journal of Climatology, 41(S1), E1846–E1859. <https://doi.org/10.1002/joc.6816>
 Ács, F., Kristóf, E., Szabó, A., Breuer, H., Szalkai, Z., Zsáka, A., 2022: New Air Temperature- and Windspeed-Based Clothing Thermal Resistance Scheme – Estimations for the Carpathian Region. Climate, 10(9), 131, <https://doi.org/10.3390/cli10090131>
 Rovelli, C., 2022: Helgoland: Hogyan változtatta meg világképünket a kvantumelmélet. Park Kiadó, Budapest, 267 pp, ISBN 978-963-355-725-9