

A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA AZ ÉPÜLETENERGETIKÁT MEGHATÁROZÓ KÜLTÉRI HŐMÉRSÉKLETEKRE

Dian Csenge ⁽¹⁾ , Talamon Attila ⁽²⁾ , Pongrácz Rita ⁽¹⁾ , Bartholy Judit ⁽¹⁾ 

⁽¹⁾ ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A

⁽²⁾ Energiatudományi Kutatóközpont, 1121 Budapest, Konkoly-Thege Miklós út 29-33.
e-mail: dian.csenge@caesar.elte.hu, talamon.attila@energia.mta.hu,
prita@nimbus.elte.hu, bartholy@caesar.elte.hu

Bevezetés

Napjaink egyik meghatározó környezeti kérdése az emberiség energiafogyasztása, melyhez az energiaforrások biztosítása a növekvő globális népesség miatt egyre inkább problémát jelent. Az emberek koncentrált jelenléte főként a természetes környezetet jelentősen módosító városokban észlelhető, ahol a mesterséges környezeti elemek közül az épületeknek alapvető szerepük van. Egyrészt kulcsfontosságú tényezők a városi klíma meghatározásában, másrészt jelentősen hozzájárulnak az energiafelhasználáshoz, pl. az Európai Unió teljes energiafogyasztásának 40%-át adják (Directive 2010/31/EU, 2010). Az épületek energiafogyasztása függ a kültéri levegő hőmérsékletétől, ezért elengedhetetlen ennek a kapcsolatnak a vizsgálata (Cho et al., 2004; Short et al., 2004; Bokwa et al., 2019), valamint a klímaváltozás hatására valószínűsíthető módosulások áttekintése (Roberts, 2008).

Több tanulmány is foglalkozik a fűtési és hűtési idény meghatározásával, mivel a külső hőmérséklettől függően más-más belső hőmérsékletet kell tartani az épületekben (Kaynakli, 2008; Bottio et al., 2014; Talamon, 2014). Magyarországon többféle meghatározás létezik a fűtési és hűtési idény definiálására. A 157/2005. (VIII.15.) Kormányrendelet¹ 3. mellékletének 2.1.7. pontja alapján a fűtési időszak: az év szeptember 15. napja és a következő év május 15. napja közötti időszak, melyet további három részre lehet osztani. Ebből a 243 napból – szökőév esetén 244 napból – tartó hosszabb időszakból október 15. és április 15. között van a tényleges fűtési idény (FŐTÁV Zrt.²). Hazánk fűtési és hűtési idény hosszának és hőmérsékletének vizsgálatát már több tanulmányban elvégeztük (Dian et al., 2019; 2020)

Kutatásunk jelenlegi fázisában energetikai szempontok alapján vizsgáljuk a hőmérséklet változását Magyarországon.

Célkitűzés

Magyarországon az épületek fűtési hőszükségletének számításáról szóló szabvány (MSZ 24140:2015) szabályozza a fűtési berendezések méretezési hőmérsékletét, azaz azt a külső levegő hőmérsékletét, amellyel a helyiség és a környezete közötti hőmérsékletfüggő energiaáramok méretezési értéke állandósult viszonyok feltételezésével számítandó. Hazánk területe ez alapján három régióra osztható. Az ország délnyugati részén $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$, az északkeleti részén $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, míg az ország többi területén $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ a méretezési hőmérséklet (*1. ábra*).

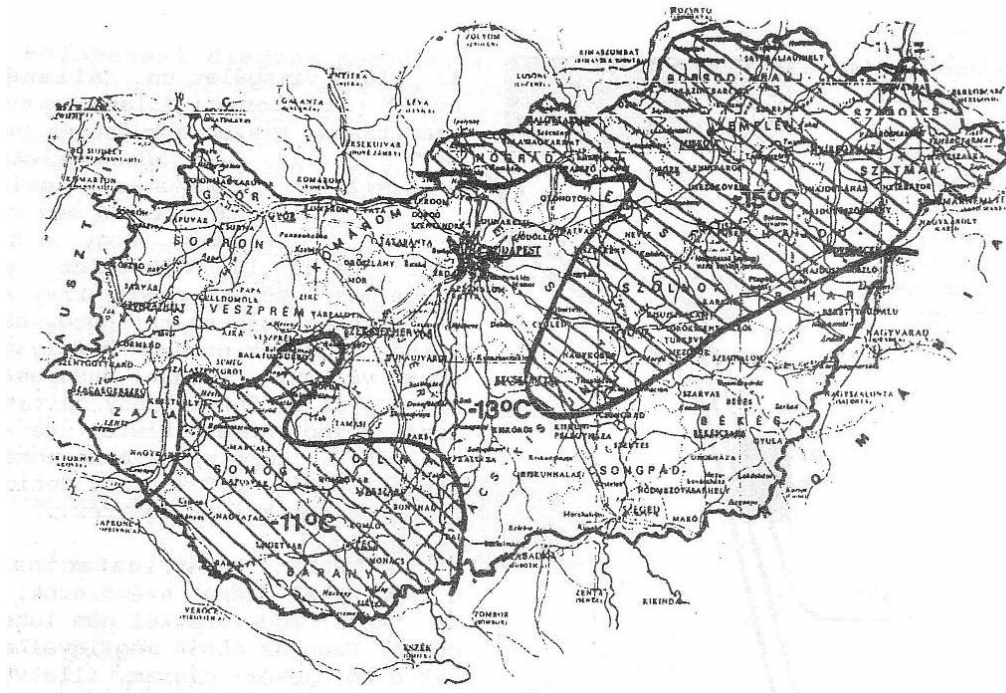
Jelen vizsgálatok célja az elmúlt 119 év kültéri napi középhőmérsékletének vizsgálata a külső méretezési hőmérsékletek szempontjából. Ehhez mindhárom régióból kiválasztottunk egy-egy várost, ahol az OMSz³ állomási adatsora rendelkezésre áll (Pécs, Budapest, Debrecen). Az elemzések során a FŐTÁV Zrt. által meghatározott október 15-től április 15-ig

¹ 157/2005. (VIII. 15.) Kormányrendelet: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A0500157.KOR>

² FŐTÁV: <http://www.fotav.hu/lakossagi-ugyfelek/kozos-kepviselolet-kepviselok-reszere/uzemviteli-megallapodas>

³ OMSZ: https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/

tartó fűtési időnyel számolunk (a szélső hónapok kezdőbetűit felhasználva ezt nevezzük OA definíciónak, a teljes időtartama 183 nap).



1. ábra: Külső méretezési hőmérséklet az MSZ 24140:2015 szabvány szerint.

Eredmények

Először a méretezési hőmérsékletek alakulását vizsgáltuk az elmúlt 119 évben a kiválasztott városokban. A jelenleg hatályban lévő méretezési külső hőmérsékletek előfordulásának gyakoriságát és a fent definiált OA fűtési szezon teljes hosszához viszonyított százalékos arányát mutatja be a 2. ábra a kiválasztott három városra vonatkozóan évtizedes bontásban.

Pécs a -11 °C -os méretezési hőmérséklet tartományába esik. A diagramról leolvasható, hogy ez alatti hőmérséklet az 1931–1940 közötti évtizedben fordult elő legtöbbször, de ekkor is csak 30 napon a teljes évtizedben, ami a fűtési szezon mindössze 1,7%-át teszi ki. Az 1970-es években volt a legkevesebb -11 °C -nál alacsonyabb középhőmérsékletű nap. Továbbá a 21. században már nem fordult elő se -13 °C -nál, se -15 °C -nál alacsonyabb napi középhőmérséklet Pécsen. Az utolsó két évtizedet tekintve egy kisebb emelkedés figyelhető meg a méretezési értékek alatti hőmérsékletek bekövetkezési gyakoriságában, ami a klímaváltozás következtében kialakuló szélsőségek hatása lehet.

Budapest a szabvány szerint a -13 °C -os méretezési hőmérséklet kategóriájába esik, azonban már a szabvány is kitér arra, hogy egy jelentősen beépített és sűrűn lakott városban a városi hősziget intenzitás miatt el lehet térni a méretezési hőmérséklettől, így Budapest esetében a -13 °C helyett javasolt inkább -11 °C -ra tervezni a fűtési berendezéseket. Az adatok valóban igazolják, hogy a pécsi előfordulási gyakoriságnál is alacsonyabb értékeket tapasztalhatunk Budapesten (ld. a 2. ábra középső diagramján). A lehidegebb évtizedben (1941–50) is mindössze a fűtési szezon 1,1%-a volt -11 °C alatt és kb. 0,5%-a volt -13 °C alatt. Az utolsó három évtizedben (1991–2019) összesen egyszer fordult elő -11 °C alatti napi középhőmérséklet Budapesten, és egyáltalán nem volt olyan nap, amikor -13 °C -nál vagy -15 °C -nál alacsonyabb középhőmérsékletet regisztráltak volna. A vizsgált 119 év alatt mindössze 32 napon detektáltak méretezési hőmérsékletnél alacsonyabb középhőmérsékletet.

A legalacsonyabb külső méretezési hőmérséklet területén található Debrecen. A legtöbb -11 °C alatti középhőmérséklet 1931 és 1940 között volt, 59 alkalommal, ami az OA fűtési idény definíció szerint a fűtési szezon alig több mint 3%-a. Továbbá -13 °C -nál alacsonyabb hőmérsékleti értékek is gyakrabban fordultak elő, 1921–1930 között 30 alkalommal. A Debrecenben érvényes -15 °C -os méretezési hőmérsékletnél hidegebb napok itt fordultak elő legtöbbször: 79-szer a 119 év alatt – azonban az utolsó három évtizedben csak egyszer, 2005-ben.

A vizsgálat eredményeiből látható, hogy a jelenleg hatályban lévő méretezési hőmérsékletek az elmúlt 119 évben ritkán fordultak elő: a fűtési szezon maximum 0,9%-át teszi ki a 20. század első évtizedében Debrecenben; Budapesten 0,5% körüli az évtizedes maximális előfordulási gyakoriság a hozzá tartozó méretezési hőmérséklet esetén, míg Pécsen 1,5% körül alakult ez az arány. Mindezek alapján megállapítható, hogy a fűtési berendezések tervezéséhez használt méretezési hőmérsékletek a napjainkban előforduló hőmérsékleteknél jóval alacsonyabbak, így indokolt a méretezési hőmérsékletek újragondolása a valós adatok alapján.

Az épületenergetikai számításoknál (pl.: fűtési igény), a külső hőmérsékleten túl a belső hőmérsékletek is meghatározók. Az épületek belső tereit télen 20 °C -ra fűtik. Továbbiakban a teljes évre vonatkozó percentilisekhez tartozó hőmérséklet értékeket és az előbb említett belső és méretezési hőmérsékleteket vizsgáljuk évtizedes bontásban a kiválasztott három városra. Három percentilis értéket vizsgáltunk: a 0,01; a 0,05 és a 0,10 előfordulási gyakoriságokhoz tartozó percentiliseket. Az elemzés során tehát meghatároztuk azokat a hőmérsékleteket, melyeknél alacsonyabb értékek csak a teljes év 1%-ában, 5%-ában vagy 10%-ában fordulnak elő, majd ezeket átlagoltuk minden évtizedre. A három kiválasztott percentilisére vonatkozóan meghatároztuk a fűtési rendszerek túlméretezését, azaz hogy a tervezett belső és külső méretezési hőmérséklet különbsége hány százaléka a tervezett belső és tényleges külső hőmérséklet különbségének. A túlméretezés az alábbi képlettel írható le:

$$\frac{T_{\text{belső:fűtési}} - T_{\text{külső:méretezési}}}{T_{\text{belső:fűtési}} - T_{\text{tényleges}}} \times 100 [\%],$$

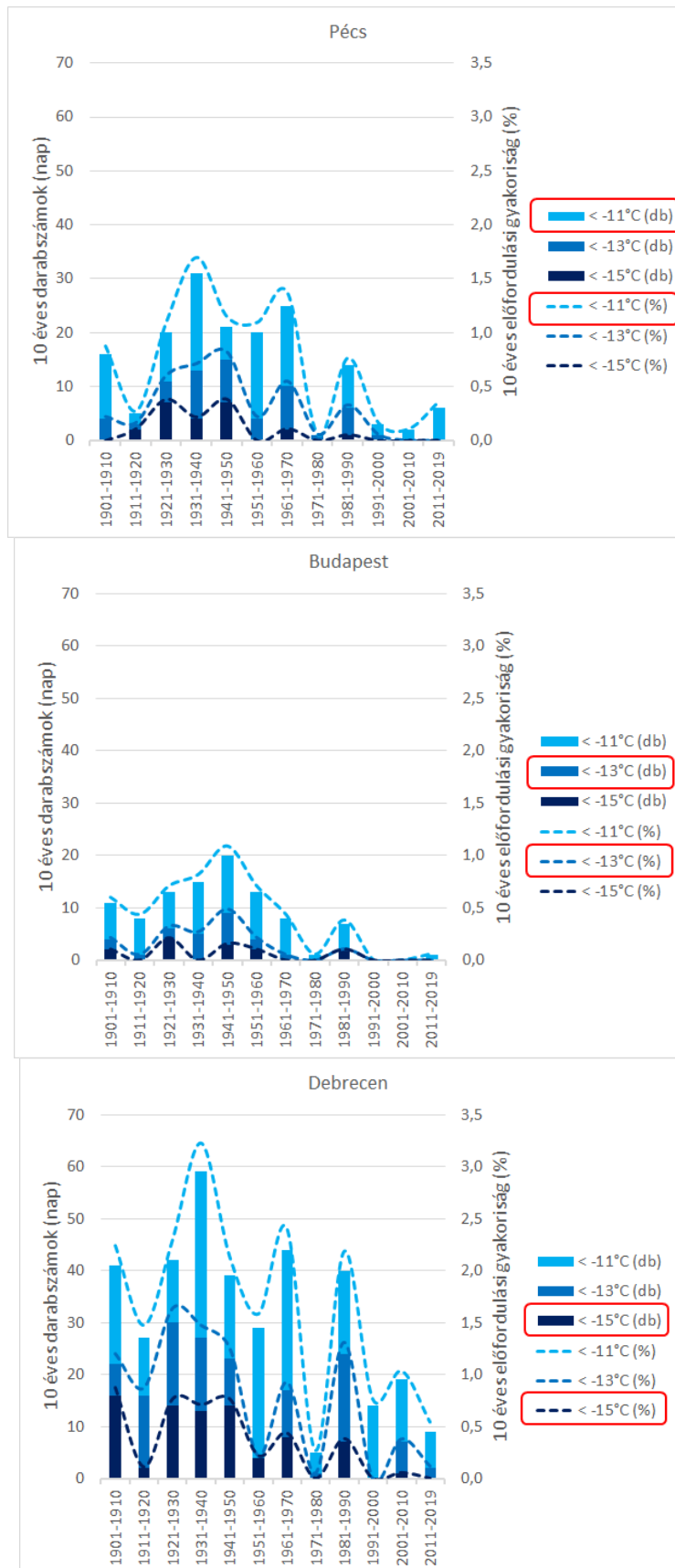
ahol

$T_{\text{belső:fűtési}}$: a beállítandó beltéri hőmérséklet a téli időszakban ($= 20\text{ °C}$),

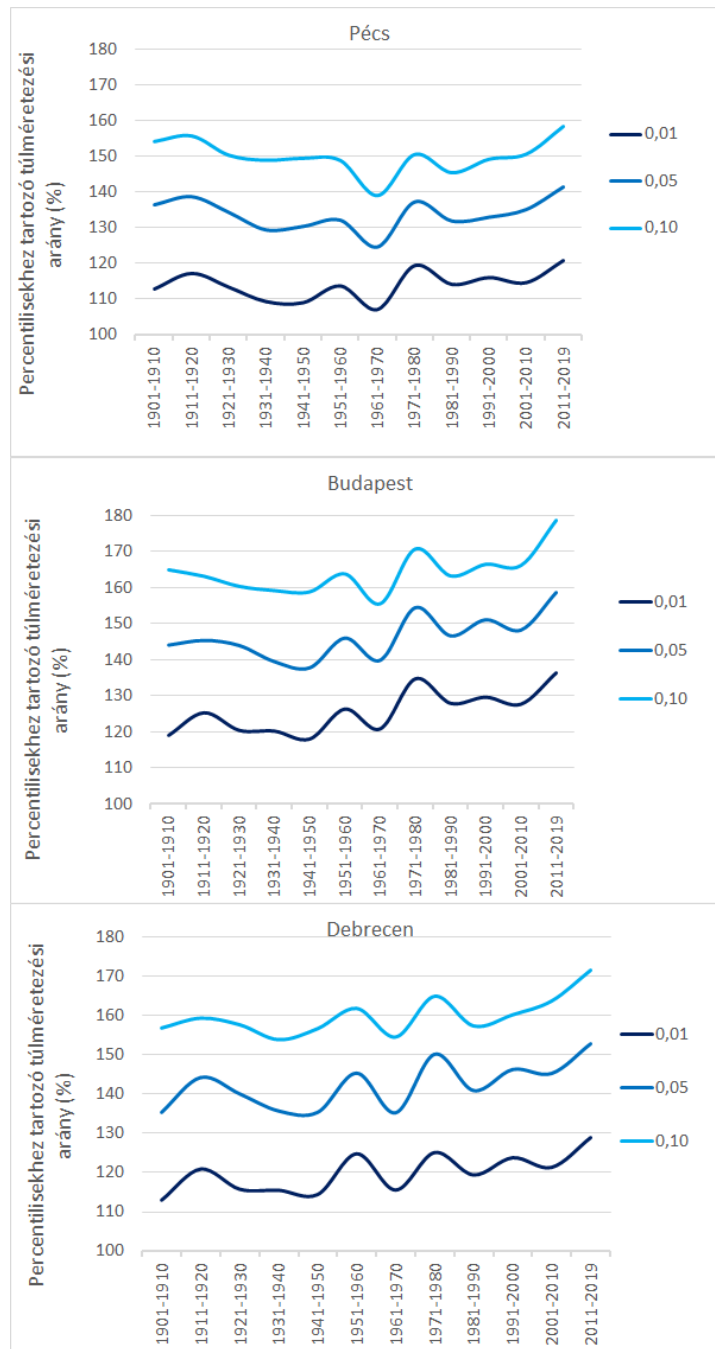
$T_{\text{külső:méretezési}}$: a fűtési rendszerre vonatkozó külső méretezési hőmérséklet, régióra jellemző (-11 °C , -13 °C vagy -15 °C)

$T_{\text{tényleges}}$: az adott percentiliséhez tartozó évtizedes átlagos hőmérséklet [°C]

A 3. ábrán a három kiválasztott percentilis értékhez tartozó túlméretezési arányok láthatók Pécsre, Budapestre és Debrecenre. A globális felmelegedés hatására a legmagasabb túlméretezési arány mindhárom városban az utolsó évtizedben (2011–2019) figyelhető meg, a városok közül pedig Budapesten a legmagasabb a túlméretezési arány. A 10. percentilis esetén szinte a teljes időszakban 150% körüli a túlméretezés, a maximális érték pedig közel 180%, míg az 1. percentilis esetén is 118%-os a túlméretezés Budapesten. A legalacsonyabb túlméretezési arányok Pécsen figyelhetők meg. Itt a maximum is mindössze 160%, a 10. percentilis esetén, míg a minimális túlméretezés alig 107% az 1. percentilisével.



2. ábra: A napi középhőmérsékletek adott méretezési hőmérsékleti érték alatti előfordulása évtizedenként (oszlop diagram, [db]) és az OA fűtési szezon teljes hosszához viszonyított aránya (vonal, [%]), piros keret emeli ki az érvényben levő méretezési külső hőmérsékletet.

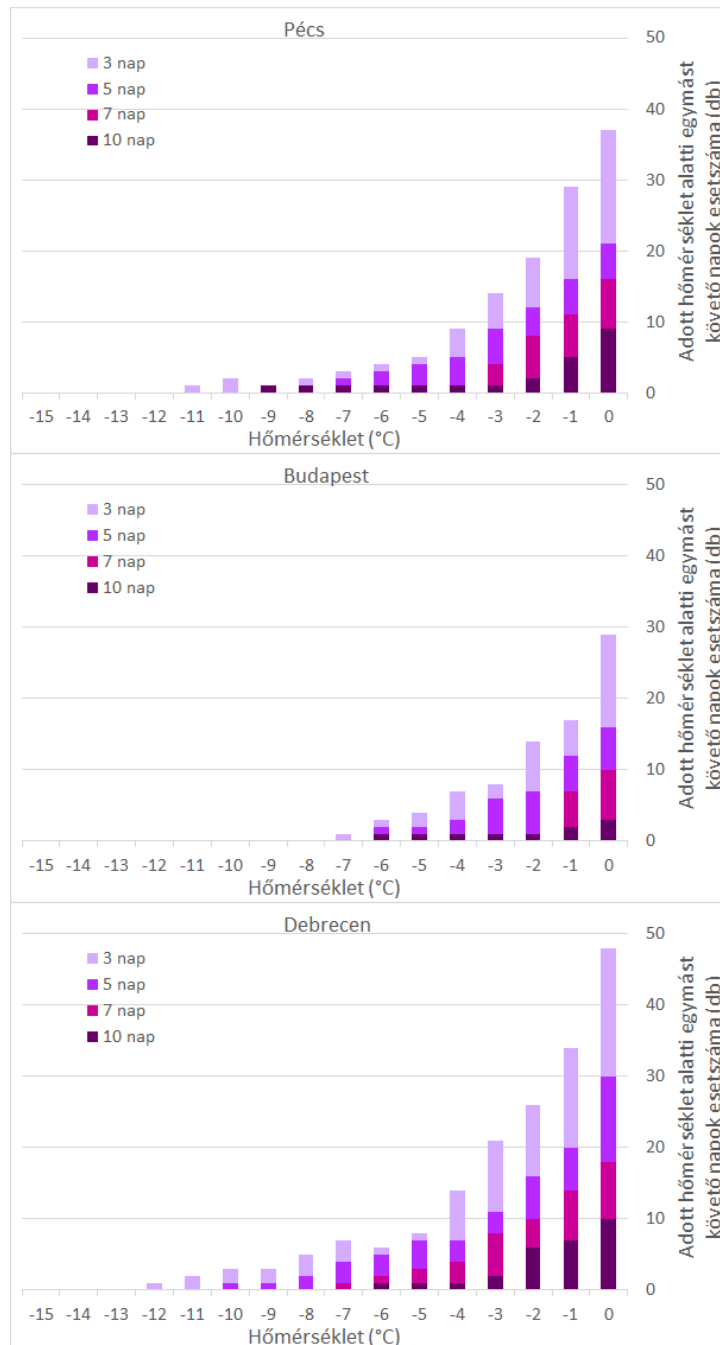


3. ábra: A fűtési rendszerek túlméretezési aránya a három kiválasztott percentilis értékre (1., 5. és 10. percentilisek) Pécsre, Budapestre és Debrecenre, 1901–2019.

Az épületenergetikában fontos paraméter az épületek hőtároló képessége, ami 3–5 nap között mozog, azaz ennyi napig tudja az épület mérsékelni a külső hőmérséklet változásainak hatását. Éppen ezért nemcsak azt kell figyelembe venni a tervezéseknél, hogy egy-egy hőmérsékleti érték hányszor fordul elő, hanem azt is, hogy hány egymást követő napon keresztül áll fent az adott érték, vagy annál alacsonyabb hőmérsékletek.

A hőtároló képesség miatt az alábbiakban vizsgáljuk a 3, 5, 7, illetve 10 egymást követő napig fennálló hideg napok gyakoriságát a teljes időszak utolsó évtizedében, 2010 és 2019 között (4. ábra). A legtöbb egybefüggő esetet Debrecenben regisztráltak, ahol 48-szor fordult elő legalább három napig egymást követően fagypon alatti hőmérséklet, míg 10 olyan eset volt, amikor 10 napig fennállt a 0 °C alatti középhőmérséklet. Pécs esetén összesen 37-szer

fordult elő fagyponthoz alatti hőmérséklet egymást követő napokon, és ebből 9 alkalommal legalább 10 napig fennállt ez az állapot. A legkevesebb esetszámot Budapesten detektálták, még pedig 29-et, és ebből 3 alkalommal 10 napig is eltartott a hideg időszak. A legalacsonyabb hőmérsékletek, amik egymás utáni napokon előfordultak a következőképpen alakultak: Pécsen -11 °C , Budapesten -7 °C és Debrecenben -12 °C . Ezek az eredmények is jól mutatják, hogy bár Budapest a közepes (-13 °C -os) külső méretezési hőmérséklet területére esik, jóval ritkábban fordulnak elő hosszan tartó alacsony hőmérsékletek, illetve összességében kevésbé alacsonyak ezek a regisztrált hőmérsékletek. Az elemzésekből az is kiderül, hogy egyik városban sem fordult elő 3 napon át a saját méretezési hőmérséklete alatti hőmérséklet 2010 és 2019 között.



4. ábra: 3, 5, 7 és 10 egymást követő napon keresztül az adott hőmérsékleti küszöbérték alatti középhőmérséklettel előforduló esetek száma a 2010–2019. időszakban.

Összefoglalás

Az épületeken belüli komfortos hőmérséklet fenntartásához elengedhetetlen a fűtési rendszerek megfelelő tervezése. A tervezés során a külső hőmérsékleten alapuló ún. méretezési hőmérsékletet használják az energetikában. Magyarország három tartományra osztható a méretezési hőmérséklet alapján. A vizsgálathoz mindegyik területéről kiválasztottunk egy-egy várost (Pécs: -11 °C , Budapest: -13 °C , Debrecen: -15 °C). 119 év napi középhőmérséklet adatai alapján egyértelműen látható, hogy az eddig alkalmazott méretezési hőmérsékletnél alacsonyabb hőmérsékletek nagyon ritkák, maximum a fűtési idény teljes hosszának 1,5%-ában voltak detektálhatók egy-egy évtizedben. A különböző percentilisekhez (nevezetesen a 0,01; 0,05; 0,10 előfordulási gyakoriságokhoz kapcsolódva) tartozó túlméretezési arányok növekedtek a vizsgált időszakban, azaz egyre ritkábban fordultak elő alacsony hőmérsékletek. Az eredményekből továbbá az is látható, hogy egyik városban sem fordult elő a méretezési hőmérséklet 3 egymást követő napon az utolsó évtizedben (2010–2019).

További tervünk az épületenergetikában lényeges hőmérsékleteken alapuló fogalmak elemzése a jövőre vonatkozóan. A várható eredmények alkalmasak lehetnek majd arra, hogy felülvizsgáljuk ezen alapfogalmakat, s szükség szerint módosítsunk is rajtuk.

Köszönetnyilvánítás

Kutatásainkat támogatta a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap K120605 és K129162 számú projektje, valamint az Emberi Erőforrások Minisztériuma az ELTE Tématerületi Kiválósági Program 2020 – Intézményi Kiválósági Alprogram – (TKP2020-IKA-05) keretében.

Hivatkozások

- Bokwa, A., Geletič, J., Lehnert, M., Žuvela-Aloise, M., Hollósi, B., Gál, T., Skarbit, N., Dobrovolný, P., Hajto, M.J., Kielar, R., Walawender, J.P., Šťastný, P., Holec, J., Ostapowicz, K., Burianová, J., Garaj, M., 2019: Heat load assessment in Central European cities using an urban climate model and observational monitoring data. *Energy & Buildings*, 201: 53–69.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.07.023>
- Bottio, I., Tadiello, F., Magnelli, T., Eroe, K., Zanchini, E., Agnoloni M., Caliciotti, L., 2014: Il Teleriscaldamento in Italia. (in Italian) 53p. *AIRU and Legambiente*, Italy.
https://figliodellafantasia.files.wordpress.com/2014/12/rapp_tlr_italia_2014.pdf
- Cho, S.H., Kim, W.T., Tae, C.S., Zaheeruddin, M., 2004: Effect of length of measurement period on accuracy of predicted annual heating energy consumption of buildings. *Energy Conversion and Management*, 45: 2867–2878. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2003.12.017>
- Dian, Cs., Talamon, A., Bartholy, J., Pongrácz, R., 2019: Budapest napi középhőmérsékletének energetikai célú vizsgálata. *Egyetemi Meteorológiai Füzetek*, 31: 16–22.
<https://doi.org/10.31852/EMF.31.2019.016.022>
- Dian, Cs., Talamon, A., Pongrácz, R., Bartholy, J., 2020: Analysis of heating and cooling periods in Budapest using station data. *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* – Elfogadott cikk
- Directive 2010/31/EU, 2010: of the Directive 2010/31/EU European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. *Official Journal of the European Union*, L 153, 18.6.2010, 13–35. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=EN>
- Kaynakli, O., 2008: A study on residential heating energy requirement and optimum insulation thickness. *Renewable Energy*, 33: 1164–1172. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.07.001>
- MSZ 24140:2015 szabvány, 2015: Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai.

- Roberts, S., 2008: Effects of climate change on the built environment. *Energy Policy*, 36: 4552–4557.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.012>
- Short, C.A., Lomas, K.J., Woods, A., 2004: Design strategy for low-energy ventilation and cooling within an urban heat island. *Building Research & Information*, 32(3): 187–206.
<https://doi.org/10.1080/09613210410001679875>
- Talamon, A., 2014: Alacsony energiafelhasználású épületek lehetőségei Magyarországon. PhD értekezés, Debreceni Egyetem, Földtudományok Doktori Iskola, 146p.

Internetes hivatkozások:

- [1 – 157/2005. (VIII. 15.) Kormányrendelet]
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A0500157.KOR>
- [2 – FŐTÁV, 2019] <http://www.fotav.hu/lakossagi-ugyfelek/kozos-kepviselok-kepviselok-reszere/uzemviteli-megallapodas>
- [3 – Országos Meteorológiai Szolgálat]
https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/
-

ORCID

- Dian Cs.  <https://orcid.org/0000-0001-9622-1884>
- Talamon A.  <https://orcid.org/0000-0001-9783-0913>
- Pongrácz R.  <https://orcid.org/0000-0001-7591-7989>
- Bartholy J.  <https://orcid.org/0000-0002-3911-7981>