

Dr. Mika János<sup>1</sup> – Seres Alexandra<sup>2</sup>

## A fűtési hőigény néhány jellemzője Kelet-Magyarországon

### Összefoglalás

A téli fűtési energiafelhasználás, amely elsősorban a hőmérséklet függvénye. Télen a hőmérséklet szórása egy-egy hónapban 5–7 °C mértékű, és gyakori az egymás után több hónapban is az átlagtól egy irányban eltérő anomáliák halmozódása. Értekezésünkben a fűtési időszak átlagos és néhány szélsőséges jellemzőjét számszerűsítettük. Eredményeink a múlt hőmérsékleti adatain alapuló statisztikus megállapítások. Vizsgálatainkat Budapest (belterület), Debrecen és Szeged napi hőmérsékleti adatsorain végeztük el. Az adatok az OMSZ 1901 és 2007 közötti ellenőrzött, pótoltt, de nem homogenizált sorai voltak. Homogenizált sorként csak Szeged havi adatait tudtuk használni. Számításaink fő eredményei a következőkben foglalhatók össze:

(I) A fűtési időszak hőmérséklete a teljes 1901 és 2007 közötti időszakban növekvő lineáris trendet mutat Budapest és Debrecen eredeti adatsorai alapján. E trendek a t-próba szerint 95%-os szinten szignifikánsak, s a változás mértéke 0,9–1,0 K/100 év. Szeged eredeti adatsorai mintegy fele ekkora csökkenő-, a homogenizálás után viszont az utóbbival egyező ütemű, növekvő trendet mutatnak, ám ezek egyike sem szignifikáns.

(II) Az adott év fűtési energiaigényét a korábbi évek átlagolásával becsülő eljárás különböző időszakokban erősen eltérő eredményt adott. Legnagyobb hibával az 1916–1945-ös, monoton globális melegedést mutató időszak évei voltak becsülhetőek. Ez a homogenizált adatsorokon is igaznak bizonyult. A becslés átlagos négyzetes hibái csak ebben a legrosszabbul becsülhető időszakban mutattak egyértelmű minimumot, a szokásos 30 éves időszagnál rövidebb átlagolási időszak esetén.

(III) A szélsőségesen alacsony küszöbhőmérsékletek a három állomás közül Debrecenben a leggyakoribbak, Budapest (belterület) soraiban a legritkábbak. Az ilyen szélsőségek az utóbbi 17 évben ritkábbak lettek, mint a század közepén. A fűtési időszak szokásos hőmérsékletéhez képest meleg szélsőségek esetében sem a térbeli, sem az időbeli elkülönülés nem ilyen egyértelmű, ideértve azt a paradox tény is, hogy az utóbbi 17 évben a pozitív szélsőségek ugyancsak ritkábbak lettek, mint a megelőző 30 évben.

### 1. Bevezetés

A fűtés, illetve az erre fordított energia a nemzetgazdaság az egyik leginkább éghajlatfüggő szektora. Abban is sajátos ez a terület, hogy a külső levegő hőmérséklete csaknem teljes egyértelműséggel meghatározza a belső komfort biztosításához szükséges energia mértékét. A többi meteorológiai elem közül a szél, illetve a télen kevésbé erős besugárzás az üzemeltetésben és a tervezésben ehhez képest kevésbé jut szerephez (KALMÁR E. – MALLER A. 1998).

A dolgozatunkban a fűtési időszak meteorológiai feltételeinek alakulását vizsgáljuk. Számításaink eredményeit három kapcsolódó kérdéskörben mutatjuk be. *Elsőként* a teljes fűtési szezon energiaigényét minősítjük az átlaghőmérséklet alapján, bemutatva e mutató alakulását a 20. század kezdetétől a 2006/2007-es fűtési szezon végéig. Tekintettel a tapasztalt

<sup>1</sup> Dr. Mika János Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest E-mail: mika.j@met.hu

<sup>2</sup> Seres Alexandra Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, Budapest

egyértelmű változásra a bő száz év során, a *második* kérdésként megkíséreltük megtalálni azt az optimális átlagolási hosszt, amely esetleg jobb becslést ad a következő fűtési szezonban várható energiaigényre, mint a konvencionális 30 éves átlagok (azon belül is kerek évtizedek). E számításokat a *harmadik* problémakör, a szokottnál sokkal több energiaforrás előzetes tartalékolását szükségessé tevő, kritikusan hideg időszakok vizsgálata követi.

## 2. Felhasznált adatsorok

Munkánk során Budapest, Debrecen és Szeged 1901 és 2007 között megfigyelt adatsorait dolgoztuk fel. Ezen belül, a napi átlaghőmérséklet adatokat használtuk fel, amelyek a szeptembertől májusig tartó időszakokra korlátozódnak. Különös figyelmet szenteltünk a fűtési időszak elemzésének, amely október 15-től április 15-ig tart. A fenti adatsorok az OMSZ ellenőrzött, pótolta, de nem homogenizált adatsorai voltak. Szeged állomás esetében módunk nyílt néhány olyan vizsgálat elvégzésére is, amelyek homogenizált havi adatsorokat tartalmaztak.

A homogenizálás a változó mérési körülmények hatásának kiszűrését jelenti. Az általunk felhasznált ábrákhoz a homogenizálást az OMSZ-ban kifejlesztett MASH (Multiple Analysis of Series for Homogenization) (SZENTIMREY T. 1999) statisztikai program állította elő. A program ún. relatív homogenitás-vizsgálatot végez, amelynek lényege, hogy különböző megfigyelő állomásokhoz tartozó, azonos időszakra vonatkozó adatsorokat hasonlít össze, s az ellentmondásokat (indokolatlan nagy eltéréseket) korigálja.

## 3. Optimális átlagolás

Az éghajlatot sokféleképpen szokták definiálni, ám valamennyi meghatározás lényeges eleme, hogy az éghajlat a mindenkori időjárás egyfajta medre, azon lehetőségek valószínűségi eloszlása, amilyen értékeket az időjárási elemek egy adott évszakban (hónapban stb.) felvesznek. Kényszerűségből ezt a medret a korábbi évek adatai alapján számszerűsítjük, kiszámítva e minták alapján annak átlagát, szórását, magasabb centrális momentumait stb.

Azt, hogy egy adott időpontban (napon, hónapban, évszakban stb.) a tényleges időjárás egyik  $X(t)$  eleme mennyivel tért el a meder közepétől, vagyis az  $X_{\bar{a}}$  várható értéktől, az  $X(t)-X_{\bar{a}}$  különbséggel, meteorológus szóhasználatban anomáliával számszerűsítjük. Ez az érték azonban esetleges, hosszabb időszakban ezért az  $M((X(t)-X_{\bar{a}})^2)$  átlagos négyzetes eltérést szoktuk használni ( $M$  a várható érték, amit az argumentumértékek számtani átlagaként tudunk meghatározni). Ha az  $X_{\bar{a}}$  értéket az  $X(t)$  egyfajta becslésének is tekintjük, akkor az átlagos négyzetes eltérést e becslés négyzetes középhibájának mondhatjuk.

Ha éghajlatunk egyáltalán nem változna, akkor egy adott évben várható  $X(t)$  legjobb becslése (a fenti négyzetes középhiba alapján) az alapsokaság állandó várható értéke lenne, amit annál pontosabban tudnánk becsülni, minél több adatból állítjuk azt elő. Más szóval ilyen esetben a teljes rendelkezésre álló múltbeli adatsort érdemes lenne felhasználni.

Mivel azonban éghajlatunk kimutathatóan változik, a minta nagyon régi elemei már biztosan nem ugyanabból az alapsokaságból származnak. A kérdés, hogy van-e olyan optimális mintahossz, amely mellett a számtani középérték már elegendően stabil, de amely nem használ fel elavult, az adott évben jellemző éghajlattól jellemzően eltérő éveket.

Az optimális hossz nyilván erősen függ a változás jellegétől, sőt az ilyen optimum kialakulását az is befolyásolja, hogy a klímaváltozás során a (mindenkori) várható érték körüli szórás is módosulhat. Ha a szórás csökken a változással párhuzamosan, akkor számíthatunk a

30 évnél sokkal rövidebb optimumra. Ha azonban erősödik, akkor ez kompenzálhatja a régi adatok kihagyásának előnyét, vagyis megtörténhet, hogy nem találunk optimális hosszúságot.

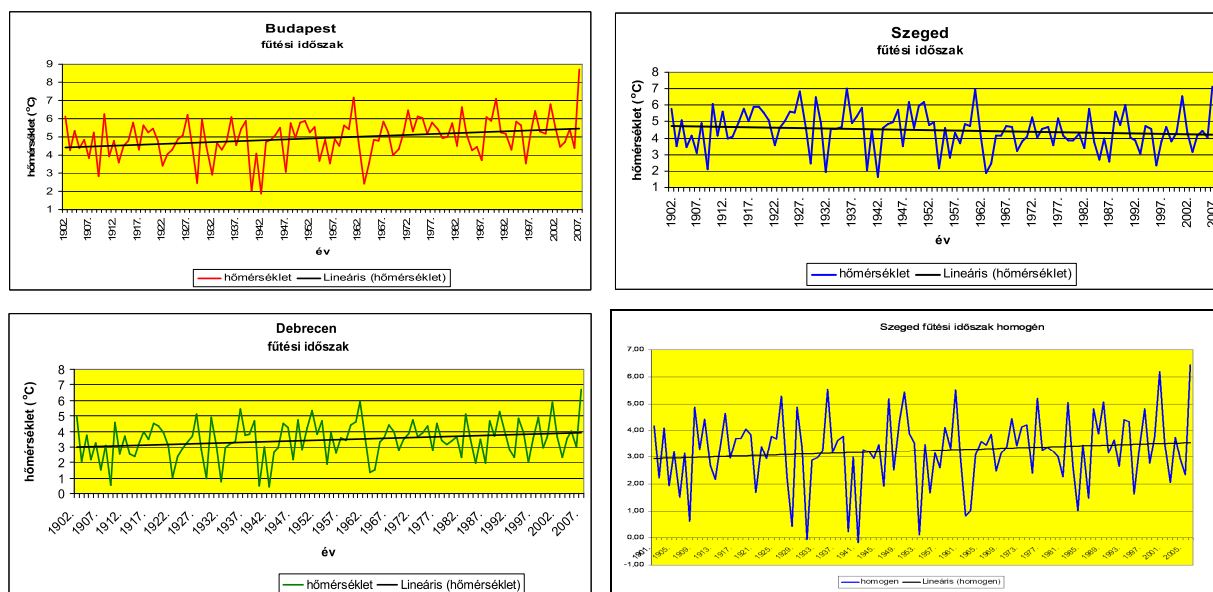
A 4.2. pontban ismertetendő számításaink tehát az  $M((X(t)-X_{\bar{a}})^2)$  kifejezéseket határozza meg úgy, hogy az  $X_{\bar{a}}$  átlagot rendre a megelőző 5, 7, 9, ... stb. év átlagai alapján határoztuk meg. Azt vizsgáltuk, hogy van-e olyan átlagolási hossz, amelynél az  $M((X(t)-X_{\bar{a}})^2)$  kifejezésnek tartós, a szomszédos hosszakra is alacsonyabb értéket mutató minimuma van.

E kérdés empirikus vizsgálatáról első ízben MIKA J. – BONCZ J. (1983) számolt be, akik Budapest havi középhőmérsékletében télen 30 évnél hosszabb, míg nyáron annál rövidebb időszakokat találtak optimálisnak az 1980 előtti, ingadozó tendenciájú száz évben.

## 4. Eredmények

### 4.1. A fűtési energiaigény alakulása

Az 1901–2007-ig terjedő 106 évben a fűtési időszakot az 1–2. ábrán szemléltetjük. Előbb Budapest és Debrecen megfigyelt, nem homogenizált adatsorainak futását ábrázoljuk, melyekhez lineáris trendet is illesztünk. Másodszor pedig Szeged eredeti és homogenizált adatsorait mutatjuk be. A teljes időszak lineáris trendjeinek szignifikanciáját t-próbával vizsgáltuk.



1. ábra. A fűtési időszak átlaghőmérsékletének alakulása és lineáris trendvonala a teljes az 1901/1902 és 2006/2007 évek közötti időszakban Budapesten (felül) és Debrecenben (alul)

2. ábra. A fűtési időszak átlaghőmérsékletének alakulása az 1901/1902 és 2006/2007 évek közötti időszakban Szegeden, eredeti (felül) és homogenizált adatsor (alul) alapján

Budapest (belváros) esetében 1974 és 1980 között erősebb hőmérséklet-emelkedés következett be, mint a másik két városban. A többi időszakban szinte ugyanúgy futnak a hőmérsékleti görbék. Budapest és Debrecen esetében a fűtési időszakban a hőmérséklet a vizsgált időszakban tendenciaszerűen növekedett, Szeged esetében viszont csökkent. Ha azonban homogén adatokat ábrázoltunk és közelítettünk egyenessel, akkor Szegeden is a másik két állomással egybecsengően, melegendő trendet regisztrálhattunk.

A t-próba szerint csak a debreceni és a budapesti változás szignifikáns (95%-os szinten), a szegedi soroké nem, még a homogenizálás után sem. A fűtési időszak hőmérsékleti

viszonyainak e nem egyértelmű szignifikanciája megfelel annak a megállapításnak (MIKA, J. 1988), hogy a hazai téli félévi hőmérséklet sem mutat szignifikáns kapcsolatot az északi félteke átlaghőmérsékletével, csupán a félgömb kontinensei és óceánjai feletti léghőmérséklet különbségével. Utóbb ezt homogenizált hőmérsékleti sorokra is kimutattuk (MIKA J. et al. 1996).

#### 4.2. A hőigény optimális becslése a korábbi évek átlagából

Fontos feladat az energiaszektorban, hogy meg tudjuk becsülni a következő tél várható hőmérsékletét. Ugyanakkor, meteorológiai prognózisokkal ez ma még nem megoldható. Azt viszont érdemes vizsgálni, hogy hány megelőző évből képzett átlagok adják a legjobb becslést. A konvencionális 30 év ugyanis eleve nem erre a kérdésre kíván választ adni, hanem arra, hogy egy állandónak gondolt klímában minimum hány év kell az átlag megbízható becslésére.

Ha az éghajlat szigorúan állandó volna, akkor minél hosszabb időből átlagolunk, annál kisebb szórást kapunk, mivel az idealizált folyamat tényleges (és változatlan) átlagát annál pontosabban tudnánk becsülni. Mivel azonban az éghajlat bizonyítottan változik, esélyünk van rá, hogy létezik egy olyan hossz, a mely már elegendően hosszú a számtani közép stabilitásához, de még kellően rövid ahhoz, hogy közben az éghajlat ne tolódjon el számottevően.

Célunk tehát az volt, hogy megtudjuk, hogy az elmúlt időszakban hány év az, amiből a következő évet meg tudjuk becsülni. Csakhogy, a fentiek értelmében várható, hogy különböző alaptendenciájú (vagy éppen változatlan) időszakokban más-más hosszúság adódik optimálisnak. Emiatt öt különböző időszakban vizsgáltunk, sőt ezt is kétféleképpen értelmeztük:

Vettük először is a teljes, 1901–2006 időszakot, amelyen belül a fűtési időszak hőmérséklete sajátos ingadozást, azon belül inkább emelkedést mutatott. Ezen belül elkülönítettünk három, egyenként 30-30 éves időszakot, amelyek közül kettő (1916–1945, 1976–2005) az északi félteke hőmérsékletében<sup>3</sup> egyértelműen emelkedő, egy (1946–1975) pedig süllyedő trendet mutatott. Végül, a becslést elvégeztük egy olyan időszakra (1961–1990) is, amely számos összevetéshez szolgál referenciaként, illetve amelynek az első fele hűlő, a másik emelkedő tendenciát mutat az északi félgömbön.

Mindkét számítást elvégeztük úgy, hogy a kérdéses 30 évek minden évéhez megkerestük a rendelkezésre álló valamennyi lehetséges hosszúságú átlagérték és a kérdéses év átlaghőmérsékletei közötti négyzetes középhibát. Így minden átlagolási hosszat 30-30 adatból tudtuk becsülni, kivéve azokat az eseteket, amikor már 1901 előtti évekre is szükség lett volna. Ezt a megoldást „teljes időszak”-ként fogjuk említeni az alábbiakban. Ezzel szemben, „kiválasztott időszak”-nak mondjuk azt a megoldást, amikor az adott időszak egyes éveinek a korábbi évek átlagával történő becsléséhez csakis olyan éveket használunk fel, amelyek az adott időszakból származtak. Ez utóbbi esetben, az 1902–2007 időszakban értelemszerűen nincs változás, ám a másik 4 időszakban az átlagolás hossza és a mintaszám összege egyenlő 30-cal.

Az optimalitás kérdésében az alábbi eredményekre jutottunk, hely hiányában csak Szeged adatain (3. ábra) illusztrálva:

I.) Az egyes kiválasztott időszakok illetve a teljes 1901–2005 időszakra nézve a megelőző időszakok átlagaiból történő becslés átlagos négyzetes középhibái erősen eltérőek. A legnagyobb hibával a legkorábbi, globálisan monoton melegedő időszakban lehetett becsülni

<sup>3</sup> <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/temp/jonescr/jones.html>

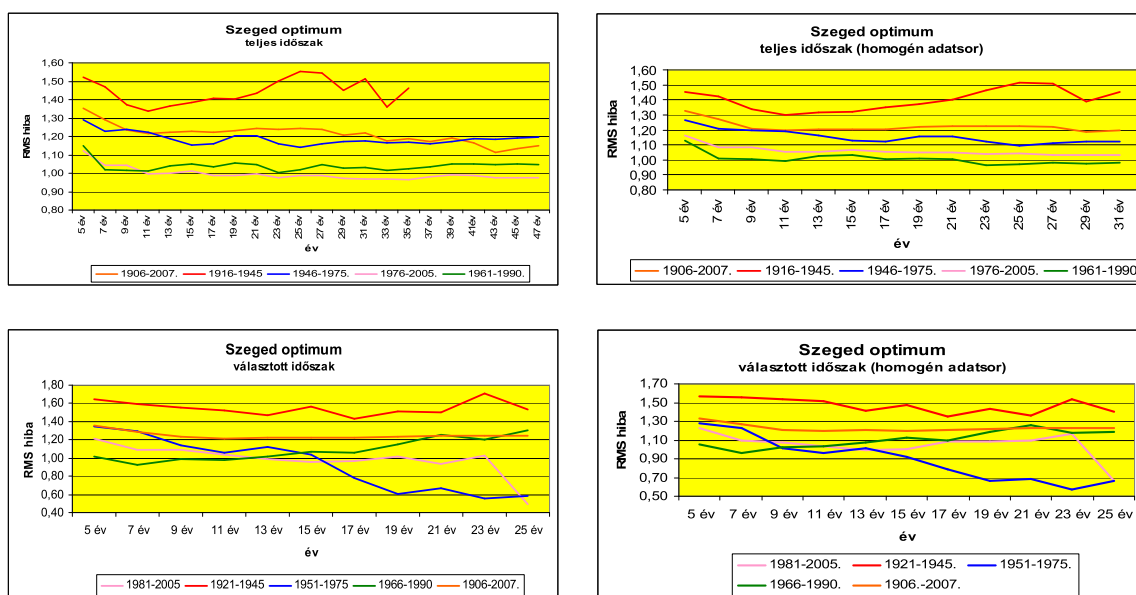
a következő év fűtési időszakának átlaghőmérsékletét. A teljes időszak esetében a becslés valamivel jobb, míg a legkisebb hibával a trendmentes (ellentétes résztrendeket mutató) 1961–1990 (Debrecen esetében), illetve a legutóbbi, melegedő időszakban (Budapest és Szeged) tudtunk becsülni.

II.) A korai részidőszak hibái akkor is legnagyobbak maradtak, amikor az átlagoláshoz csak az ehhez tartozó éveket használtuk fel. A másik három részidőszakban a becslési hibák igen közel kerültek egymáshoz, ami a kevés adatból való becslés esetlegességét tükrözi.

III.) Az átlagos négyzetes hibák csak az 1916 és 1945 közötti első, egyben legrosszabb becslést ígérő időszakában mutatnak egyértelmű lokális minimumot a 11 év tájákn, illetve hosszabban elnyúlva a 20 évig. A többi időszak legfeljebb 1-1 kisebb letörést, vagy emelkedést mutató, vagy éppen monoton csökkenő futása nem engedi optimális időszak kiválasztását.

IV.) A homogenizálás nem szüntette meg az első időszak kiemelkedően legrosszabbul becsülhető voltát. Tehát, vagy valóban nagyobb volt annak az időszaknak az évközi változékonysága, vagy a hibák csupán egy-egy évhez kötődtek, amit a homogenizálás nem is tudott statisztikai úton korrigálni. Ugyanakkor, a homogenizálással minden időszak négyzetes középhibája kissé csökkent, különösen a viszonylag stabil 15–20 éves átlagolásig terjedő időszakban.

Mindezek alapján, bár a 30 éves átlagolás sehol sem bizonyult optimálisnak, az elvégzett számításokból csak az következik, hogy érdemes a legközelebbi időszak adatsorait használni, s hogy megfelelhetnek rövidebb (de pl. legalább az adott helyre és nem máshova vonatkozó) időszakok átlagai is. Ugyanakkor szigorú optimum-hosszat az adott állomásokra, és adott, viszonylag hosszú (féléves) időszakok átlaghőmérsékletére nézve nem tudtunk megállapítani.



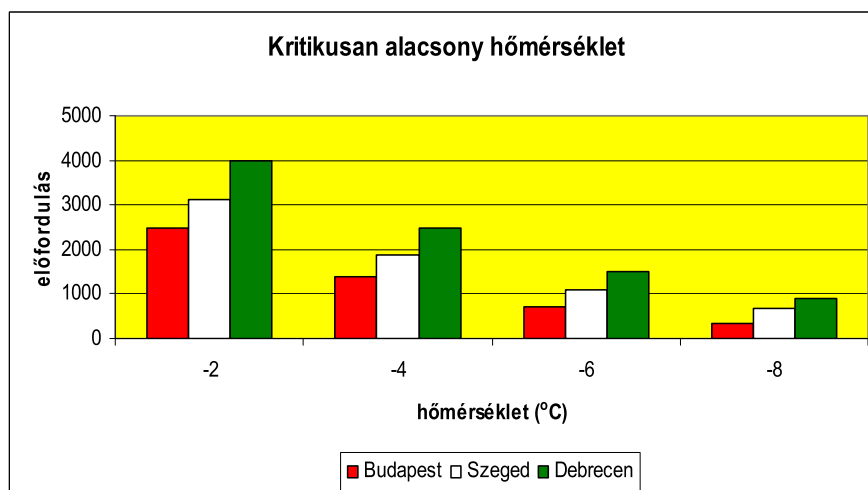
3. ábra. Szeged eredeti (balra) és homogenizált (jobbra) téli hőmérsékletének becslési hibái az  $x$  tengely hosszúságú, megelőző évek átlagaiból, (felül) a teljes időszakot illetve (alul) csak a kiválasztott időszak évei alapján.

### 4.3. Kritikusan alacsony hideg napok előfordulása és halmozódása a fűtési időszakban

Országos Meteorológiai Szolgálatot gyakran megkeresik azzal a kéréssel, hogy a szakemberek elemezzék a fűtési időszak alakulását, elsősorban a várható hőigényről és annak lehetséges illetve ténylegesen előforduló szélsőségeiről. A számítások többsége a  $-8$  és  $-6$

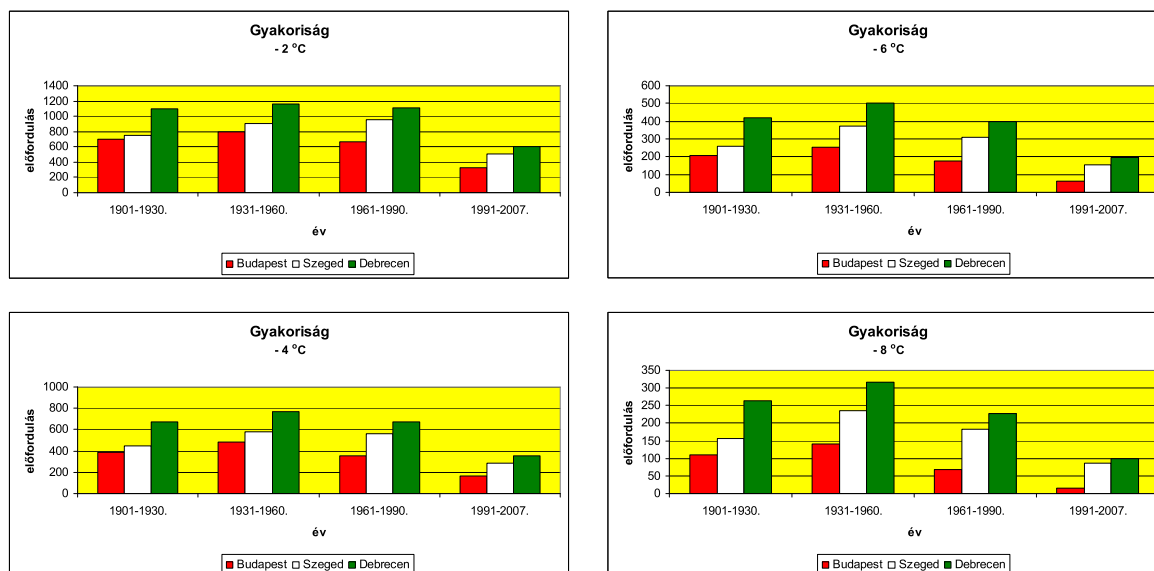
Celsius fok alatti napokra vonatkozik, de az alábbiakban a  $-4$  és  $-2$  °C küszöbérték elemzésére is sor kerül.

A 4. ábrán azt mutatjuk be, hogy az egyes küszöbszámok hányszor fordultak elő az elmúlt bő száz évben. Látható, hogy Debrecenben több mint kétszer, Szegeden is majdnem kétszer annyszor esett a napi középhőmérséklet  $-8$  fok alá, mint Budapesten, a belterületi állomáson, ami elsősorban a szoros beépítettség ún. hősziget-hatásának tulajdonítható. Emellett talán szerepe van a Kárpát-medence éghajlatában kelet felé fokozódó kontinentalitásnak.



4. ábra. Négy kritikusan alacsony hőmérséklet előfordulása (1901/1902–2006/2007)

Az 5. ábrán láthatjuk, hogy az egyes küszöböknel alacsonyabb számok hányszor fordultak elő az első három 30 éves, illetve az 1991 utáni, 17 éves időszakban. Ezen az ábrán a teljes naptári éveket jellemezzük, vagyis adott (pl. az 1930–1931-es) fűtési időszak küszöbnapjai két különböző évre, az időszak-határoló években pedig különböző időszakokba esik.



5. ábra. Az egyes negatív küszöbértékek alá eső hőmérsékletű napok összes száma a vizsgált részidőszakokban.

Budapest és Debrecen  $-2$  °C alatti hőmérsékleteinek gyakorisága emelkedett a második időszak végéig, de a harmadik időszakban csökkent. Szegeden növekedett a harmadik

szakaszban is. A jelenlegi, 4. szakaszban a negatív hőmérsékleti küszöbök alatti előfordulás gyakorisága mindhárom állomáson csökkent. A  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  alatti hőmérséklet gyakorisága mindhárom állomáson kezdeti növekedést mutat, majd a harmadik és a negyedik szakaszban (1960 után) lecsökken. Ugyanezt látjuk a  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  és  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  alatti hőmérsékletek gyakorisága esetében is.

Elmondhatjuk tehát, hogy a fűtési időszak erős negatív szélsőségeinek gyakorisága csökkent az 1931–1960 közötti maximumhoz képest. Minél szélsőségesebb küszöbértékről van szó, annál nagyobb a század közepi maximum és a jelenlegi minimum aránya. Míg a  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os értéknél az arány még nem egész 2-szeres, addig a  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  esetén már több mint háromszoros.

### Irodalom

- KALMÁR E. – MALLER A. (1998) Az energiaipar időjárési igényei. Természet Világa, 129. évf. I. Különszám. pp. 81–85.
- MIKA J. (1988) A globális felmelegedés regionális sajátosságai a Kárpát-medencében. Időjárás, 92, pp. 178–189.
- MIKA J. – BARANKA GY. – SZENTIMREY T. (1996) A légköri aeroszolok hőmérsékleti hatásának becslése – In: III. Magyar Aeroszol Konferencia, 1996. nov. 14–15. Budapest, pp. 12–16.
- MIKA J. – BONCZ J. (1983) A sokévi átlagok optimális felhasználása a havi középhőmérséklet becslésére. Időjárás, 87, pp. 206–213.
- SZENTIMREY, T. (1999) „Multiple Analysis of Series for Homogenization (MASH)”. Proceedings of the Second Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data, Budapest, Hungary; WMO, WCDMP-No. 41, pp. 27–46.