

A BALATON TÉRSÉGÉNEK TERMIKUS KOMFORT VISZONYAI ÉS ANNAK VÁLTOZÁSAI

THERMAL COMFORT CONDITIONS AND ITS CHANGES IN THE LAKE BALATON REGION

Németh Ákos

Országos Meteorológiai Szolgálat, Éghajlati Osztály, 1024 Budapest, Kitaibel P. u. 1., nemeth.a@met.hu

Összefoglaló. A Balaton térségének bioklimatológiai vizsgálatáról szóló részletes tanulmány utoljára a 70-es évek közepén jelent meg (*Béll és Takács, 1974*). Ezt a több mint harminc éves csendet megtörve, kb. öt évvel ezelőtt új lendületet vett hazánk legfontosabb turisztikai célterületének bioklimatológiai vizsgálata (*Németh et al. 2007*). Hazánk éghajlatának múltbéli változásáról viszonylag pontos ismerettel rendelkezünk. Ez megfelelő alapot jelent akár a klímaváltozással kapcsolatos kutatásoknak is. De, hogy mindez hogyan befolyásolja az életünket (a munkával vagy a pihenéssel töltött időt), azt a termikus komplex vizsgálatával tudjuk csak megbecsülni. Ennek pedig előfeltétele, hogy a termikus komplex múltbéli változásait megismerjük. E tanulmány célja, hogy bemutassa a Balaton Kiemelt Üdülőkörzet termikus komfortviszonyait és az abban bekövetkező változásokat. A bioklíma meghatározása a nemzetközi szakirodalom alapján 12 UTC-re vonatkozik. A gyakorlati alkalmazás érdekében azonban megvizsgáltuk az esti órákra (18 UTC) jellemző bioklimatikus viszonyokat is. Ez utóbbi környezet-egészségügyi, illetve turisztikai szempontból jelentős.

Abstract. The last detailed study on the bioclimate of Lake Balaton was published in the middle of 70's (*Béll and Takács, 1974*). More than thirty years later, around five years ago, the bioclimatic conditions of the most important Hungarian tourism destination came to the fore again (*Németh et al. 2007*). We have more or less exact knowledge about the climate changes detected in our country. This knowledge provides correct background information for climate change research. We can evaluate mainly how our life will be affected by these changes with the thermal complex. For this it is necessary to recognize the changes of the thermal complex in the past. This study aims to show the thermal comfort conditions and its changes to the Lake Balaton Recreation Area. Although bioclimatological studies based on the adopted methodology are generally carried out at 12 UTC, but the thermal bioclimate conditions in the evening (18 UTC) are also examined in the interests of practical applications. The latter is important from the aspects of the environmental health or tourism.

Bevezetés. Az emberi egészség és életminőség egyik meghatározója a termikus komfort. Az emberi szervezet hőháztartása rendkívül bonyolult, számtalan külső és belső tényezőtől függ. A külső tényezők egyik legfontosabbika az embert körülölelő atmoszférikus környezet. A légkör fizikai állapotának jellemzőit a meteorológiai megfigyelések alapján megismerhetjük. De milyen szerepe van ezeknek a meteorológiai paramétereknek az emberi hőháztartásra? Erre a kérdésre nem egyszerű a válasz. Fontos azonban tudnunk, hogy az egyes tényezőket nem szabad külön-külön vizsgálni, hiszen ezek egymással "együttműködve", komplex módon hatnak szervezetünkre. Alapvetően három hatáskomplexet különíthetünk el. Az ún. *aktínikus hatáskomplex* olyan, különböző hullámhosszúságú sugárzás összessége, mely a szervezetben bizonyos kémiai-biokémiai válaszreakciókat vált ki. E reakciók egy része pozitív (pl. a D-vitamin képződése), más részük viszont a szervezet számára káros (pl. az UV-sugárzás következtében fellépő bőrelváltozások). A *levegőhigiénés komplex* az egészségre ártalmas gázokat, illetve folyékony- és szilárd halmazállapotú légszennyező anyagokat tartalmazza. Az általuk kiváltott hatás általában káros (pl. légzőszervi megbetegedések, allergia, karcinóma). A *termikus komplex* az emberi szervezet termoregulációs folyamatait meghatározó és befolyásoló meteorológiai paraméterek összessége. A termikus komplexek közé tartozik a hosszúhullámú sugárzás, a levegő hőmérséklete, a szélesség és a levegő nedvességtartalma (*Jendritzky 1993*). A termikus komplex vizsgálatát a különböző bioklíma indexek alkalmazásával tudjuk elvégezni. Mivel az ember állandó testhőmérsékletű élőlény, a változó külső termikus felté-

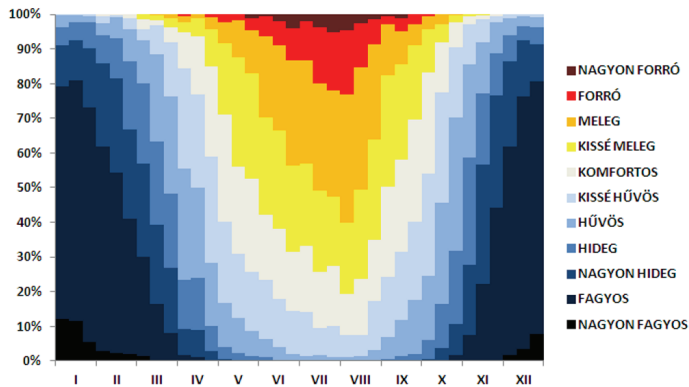
telek ellenére – bizonyos határok közt – képes a testmagjának hőmérsékletét egy viszonylag állandó (37,5 °C körüli) értéken tartani. Az ehhez szükséges energiát szervezetünk az elfogyasztott táplálék „elégetéséből” nyeri. Azt a külső hőmérsékleti tartományt, ahol az állandó testhőmérséklet fenntartása a legkevesebb energiát igényli termoneutrális-, vagy más néven komfort-zónának nevezzük. Ha a környezet hőmérséklete ebből a tartományból bármelyik irányba elmozdul, közvetett módon a szervezetet válaszreakcióra készíti, termikus stressz következik be. Testünk a hőmérséklet csökkenésével szemben toleránsabb. Míg a hipertermiás állapot (a szervezet meleg hatására bekövetkező működészavara) már mintegy 4 °C-os testhőmérséklet emelkedésnél bekövetkezik, addig a hipotermia eléréséhez a maghőmérsékletnek közel 8 °C-kal kell csökkennie.

A termikus komfort jellemzése (bioklíma indexek). A humán bioklimatológia eszköztárában ma már számtalan bioklíma index áll rendelkezésünkre, az egyszerű (csupán meteorológiai paramétereket alkalmazó) mutatóktól az összetettebb (az emberi test energiaegyensúlyát is figyelembe vevő), ún. energiaalapú indexekig. Jelen vizsgálatok két bioklíma indexen alapulnak. A fizioilógia- ilag ekvivalens hőmérséklet (*Physiologically Equivalent Temperature* – PET) az egyik legnépszerűbb és leggyakrabban alkalmazott index. Számításának alapja az ún. MEMI-model (Munich Energy-balance Model for Individuals), mely az emberi szervezet hőáramlási viszonyait viszonylag egyszerűen írja le (*Höppe 1999*). Defini- cíója szerint a PET annak a standardizált, fiktív szobá- nak a hőmérséklete, ahol az emberi test ugyanolyan fizioilógiai válaszreakciókat (bőrhőmérséklet, verejtékezés,

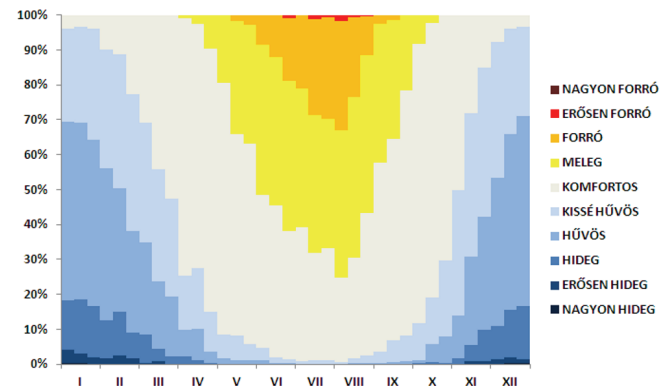
stb.) ad, mint a valós termikus környezetben. Ez a fiktív beltéri környezet a következő feltételeknek felel meg:

- az átlagos sugárzási hőmérséklet a levegő hőmérsékletével egyezik meg ($T_{\text{mrt}} = T_a$),
- a vízgőznyomás értéke 12 hPa,
- a légmozgás sebessége 0,1 m/s.

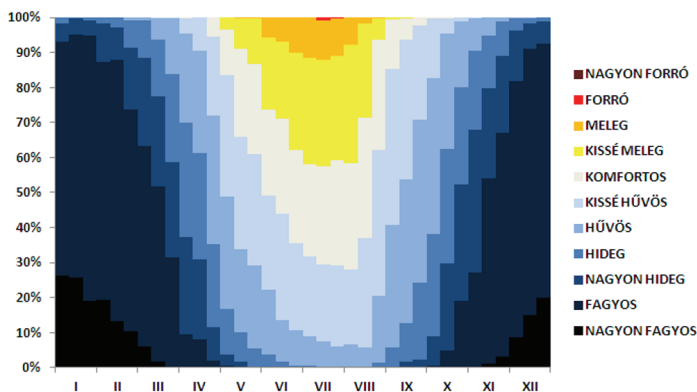
hető, hogy hazánkban is szükséges lenne speciális érték-tartomány létrehozása. Ehhez azonban nagy mintán alapuló kérdőíves felmérésre lenne szükség, ami rendkívül időigényes. Ugyanakkor annak érdekében, hogy a „hideg oldalon” részletesebb képet kapjunk, a hazai gyakorlatban a +4 °C alatti („nagyon hideg”) tartományt tovább



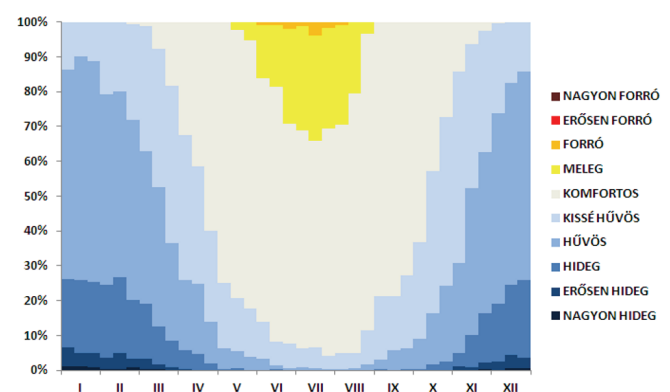
1. ábra: Bioklíma diagram Siófokra; (PET, 1961 – 2010, 12UTC)



2. ábra: Bioklíma diagram Siófokra; (UTCI, 1961 – 2010, 12UTC)



3. ábra: Bioklíma diagram Siófokra; (PET, 1961 – 2010, 18UTC)



4. ábra: Bioklíma diagram Siófokra; (UTCI, 1961 – 2010, 18UTC)

A PET meghatározásához nem csak egy referencia környezetet kellett bevezetni, hanem egy fiktív alanyt is definiáltak. Ez a fiktív alany, akire az indexet kiszámoljuk, 35 éves, 180 cm magas, 75 kg testtömegű férfi, aki könnyű ülő tevékenységet végez (1,5 met), ruházata pedig egy vékony öltöny hőszigetelésének (0,9 clo) felel meg. A PET számításához felhasznált meteorológiai elemek: a levegő hőmérséklete, a levegő relatív páratartalma, a szélesség és a sugárzási viszonyok. Ha a PET értéke 18 és 23 °C között alakul, az emberek túlnyomó részében (legalább 95%) szubjektív komfortérzet alakul ki. Ilyenkor a szervezet a megtermelt hőt könnyen leadja, a bőr hőmérséklete kellemes tartományban van. A 23 °C feletti PET egyre jelentősebb hőterhelést jelent, amit a szervezet hőszabályozó rendszere egyre kevésbé tud kompenzálni. Ugyanez igaz a 18 °C alatti PET értékek esetén.

A különböző fiziológiai hatásokhoz, illetve termikus stresszhez rendelhető PET értéktartományokat (1. táblázat) alapvetően a mérsékelt övre határozták meg (Matzarakis és Mayer 1996). Az eredeti PET skála a tapasztalatok szerint nem, vagy csak fenntartásokkal, kiegészítésekkel alkalmazható globálisan. Szubtrópusi trópusi éghajlaton például speciális PET értéktartományt szokás alkalmazni (Lin és Matzarakis 2008). Feltételez-

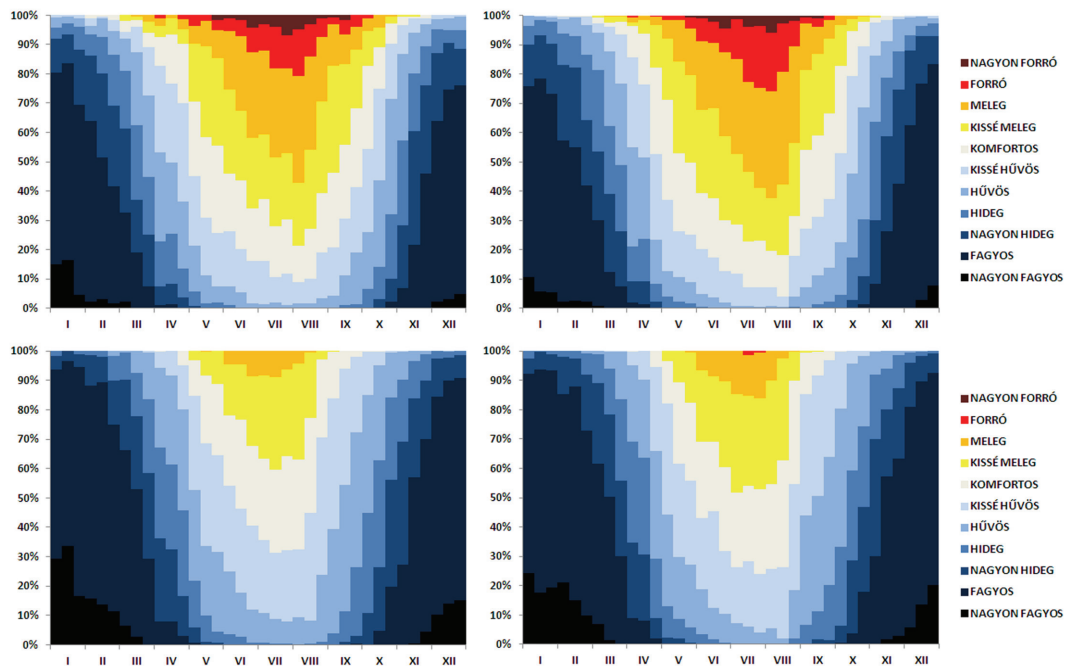
bontottuk, bevezetve a „fagyos” (0 és -10 °C között) és a „nagyon fagyos” (-10 °C alatt) kategóriákat. A fiziológiai stressz mértékét illetően a két új tartományban nincs változás.

Az univerzális hőmérsékleti klíma index (*Universal Thermal Climate Index – UTCI*) a PET-től eltérően globális index. Értéktartománya nem függ a földrajzi elhelyezkedéstől. Az UTCI fejlesztését a COST730 projekt végezte (Jendritzky et al. 2009). Ez az index a legújabb és legmodernebb bioklíma index. Fiziológiai alapja az ún. többmagvas Fiala-modell, mely napjaink legkorszerűbb fiziológiai modellje (Fiala et al. 2001, Fiala et al. 2012). Definíciója megegyezik a PET-ével, de az alkalmazott referenciakörnyezet más. Az UTCI számításához alkalmazott fiktív környezet a következő feltételeket teljesíti:

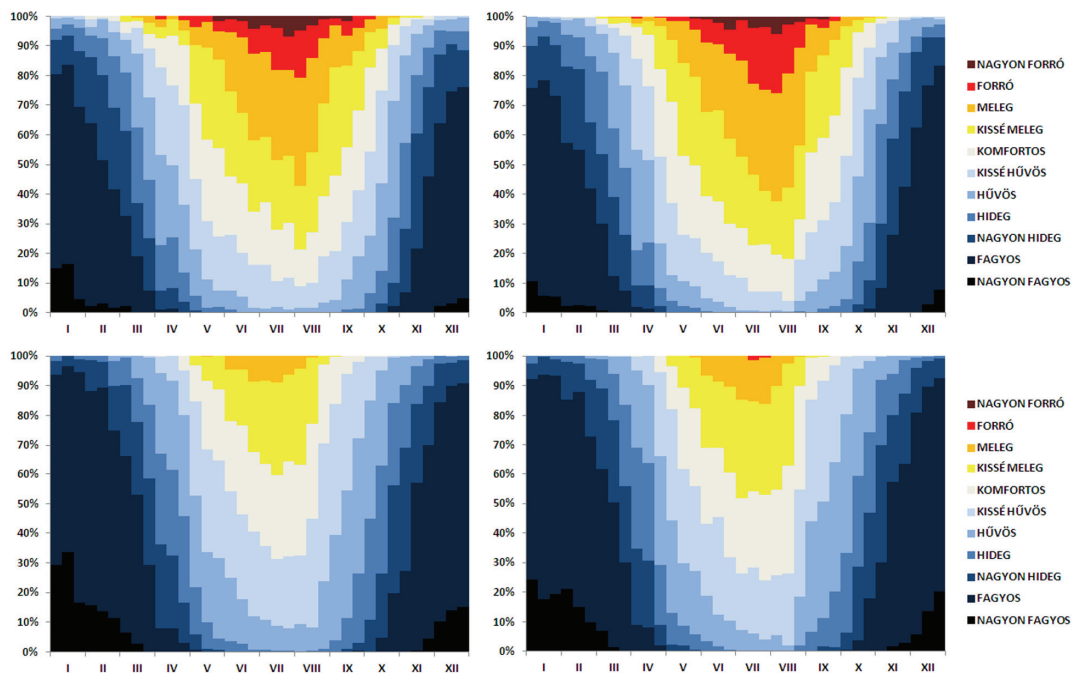
- az átlagos sugárzási hőmérséklet megegyezik a levegő hőmérsékletével ($T_{\text{mrt}} = T_a$),
- 10 m magasságban a légmozgás sebessége 0,5 m/s,
- a relatív nedvesség 50%, ha a levegő hőmérséklete 29 °C, vagy az alatti, míg 29 °C feletti léghőmérséklet esetén a 20 hPa vízgőznyomásnak megfelelő a relatív nedvesség, a fizikai aktivitás megfelel egy 4 km/h

($1,1 \text{ ms}^{-1}$) sebességgel sétáló emberének, ami 135 W/m^2 metabolikus rátával egyezik meg (Jendritzky et al. 2009, Bröde et al. 2012).

ekből havi, évszakos, évi átlagokat képeztünk a három éghajlati normálidőszakra vonatkozóan (1961-1990, 1971-2000, 1981-2010). Elvégeztük az átlagolást a teljes vizsgált



5. ábra: Bioklíma diagram Siófokra; PET, 1961 – 1990 (bal) és 1981-2010 (jobb), 12UTC (fent) és 18UTC (lent)



6. ábra: Bioklíma diagram Siófokra; UTCI, 1961 – 1990 (bal) és 1981-2010 (jobb), 12UTC (fent) és 18UTC (lent)

Az UTCI számításához a következő meteorológiai elemek szükségesek: levegő hőmérséklete, átlagos sugárzási hőmérséklet, vízgőznyomás és szélesség.

A Balaton térségének bioklimája. A térség termikus komfortviszonyainak jellemzésére az Országos Meteorológiai Szolgálat siófoki főállomásának 12 UTC-kor és 18 UTC-kor mért adatait használtuk fel. A mért adatokból a RayMan program alkalmazásával számítottuk a PET és az UTCI értékeit. Az így kiszámolt, adott időpontra vonatkozó inde-

időszakra is (1961-2010, 50 év). Az átlagszámításon kívül a bioklimatológiai gyakorlatban alkalmazott módon, az egyes hőérzet-kategóriák relatív gyakoriságát is vizsgáltuk. Ennek során bioklíma diagram sorozatokat készítettünk mind a PET, mind az UTCI index felhasználásával a két vizsgált időpontra.

Míndezek alapján az elmúlt fél évszázad fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet adatait vizsgálva elmondható, hogy a térség bioklimája „kissé hűvös” ($PET_{\text{year}} = 13,2 \text{ } ^\circ\text{C}$), „kissé meleg” nyárral ($PET_{\text{summer}} = 27,2 \text{ } ^\circ\text{C}$) és „na-

gyon hideg” télel ($PET_{winter} = -1,9 \text{ }^\circ\text{C}$). Az átmeneti évszakok komfortklímája „kissé hűvös” ($PET_{spring} = 13,9 \text{ }^\circ\text{C}$, $PET_{autumn} = 13,3 \text{ }^\circ\text{C}$). A fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet abszolút maximuma a vizsgált időszakban $51,2 \text{ }^\circ\text{C}$, míg a legalacsonyabb érték $-20,9 \text{ }^\circ\text{C}$ volt.

Az egyes hőérzet-kategóriák dekádonkénti relatív gyakoriságát az 1. ábrán látható, ún. bioklíma diagram mutatja. Mérsékelt, vagy annál erősebb meleg stresszt okozó napokra általában március középső dekájától szeptember utolsó harmadáig kell számítanunk. Júniustól szeptember közepéig fordulhatnak elő forró hőérzetű napok, igaz, relatív gyakoriságuk meglehetősen alacsony (0,6 – 5,6%).

elmúlt fél évszázadban nem fordult elő a Balaton térségében a legmagasabb, „nagyon forró” hőérzetet jelentő komfort kategória.

Az UTCI értéktartományok relatív gyakoriságát ábrázoló diagramot (2. ábra) összehasonlítva a PET értékekből készített ugyanilyen diagrammal szembeötlő a különbözőség. Az UTCI – mivel globális indexről van szó – lényegesen kevesebb alkalommal jelez termikus stresszhelyzetet.

Az esti órákra jellemző komfortviszonyok elemzése a téli időszak kivételével minden évszakban fontos. Különösen így van ez nyáron, amikor napközben jelentős meleg ter-

1. táblázat.

A PET és az UTCI értéktartományai, az egyes kategóriákra jellemző fiziológiai stressz foka és a hőérzet (Matzarakis és Mayer 1996, Blazejczyk et al. 2010 alapján); * csak a hazai gyakorlatban alkalmazzuk!

PET ($^\circ\text{C}$)	UTCI ($^\circ\text{C}$)	A fiziológiai stressz foka	Hőérzet
+41 felett	+46 felett	extrém meleg stressz	nagyon forró
—	+38 — +46	nagyon erős meleg stressz	erősen forró
+35 — +41	+32 — +38	erős meleg stressz	forró
+29 — +35	+26 — +32	mérsékelt meleg stressz	meleg
+23 — +29	—	enyhe meleg stressz	kissé meleg
+18 — +23	+9 — +26	nincs termikus stressz	komfortos
+13 — +18	0 — +9	enyhe hideg stressz	kissé hűvös
+8 — +13	-13 — 0	mérsékelt hideg stressz	hűvös
+4 — +8	-27 — -13	erős hideg stressz	hideg
—	-40 — -27	nagyon erős hideg stressz	erősen hideg
+4 alatt (0 — +4)*	-40 alatt	extrém hideg stressz	nagyon hideg
-10 — 0*	—		fagyos*
-10 alatt*	—		nagyon fagyos*

Az év termikus komfort szempontjából legkellemetlenebb időszaka augusztus első 10 napja. Ekkor a három legmelegebb hőérzeti kategória együttes előfordulása eléri a 60%-ot. Az elmúlt 50 év adatai szerint december és január hónapokban mindvégig kisebb-nagyobb hideg stressz éri szervezetünket; ebben a két hónapban a komfortos napok relatív gyakorisága nem kimutatható. Az ábrán jól megfigyelhető a vénasszonyok nyarának nevezett jelenség. Szeptember közepén ugyanis átmenetileg megnövekszik a forró és a nagyon forró kategória gyakorisága.

Az UTCI alapján a térség bioklíma „komfortos”

PET ($^\circ\text{C}$)	Tavaszi	Nyári	Őszi	Téli	Évi
1961-1990	13,8	26,6	13,5	-1,9	13,1
1971-2000	13,8	27,1	12,9	-1,5	13,2
1981-2010	14,1	27,8	13,2	-1,8	13,4

2. táblázat: A PET sokévi évszakos és évi átlagértékei a három éghajlati normálidőszakban

($UTCI_{year} = 12,9 \text{ }^\circ\text{C}$), „hűvös” télel ($UTCI_{winter} = -2,9 \text{ }^\circ\text{C}$) és „meleg” nyárral ($UTCI_{summer} = 26,7 \text{ }^\circ\text{C}$). A tavasz és az ősz szintén „komfortos” ($UTCI_{spring} = 14,0 \text{ }^\circ\text{C}$; $UTCI_{autumn} = 13,6 \text{ }^\circ\text{C}$). Jól látható, hogy bár számszerűen a PET és UTCI értékek nagyon hasonlóan alakulnak, az eltérő értéktartományok miatt némiképp más fiziológiai hatást jellemeznek. Ez egyben arra is figyelmeztet, hogy a különböző bioklíma indexek összehasonlítása és az általuk jellemzett komfortklíma jellemzése gyakran nehézségbe ütközik. Minden esetben szükséges jól dokumentálni a vizsgálathoz alkalmazott index tulajdonságait. Az 50 évi adatsort elemezve az UTCI értékek abszolút maximuma $40,6 \text{ }^\circ\text{C}$, abszolút minimuma pedig $-47,0 \text{ }^\circ\text{C}$ volt. Ez azt jelenti, hogy ezen index szerint az

helés éri a szervezetünket, ilyenkor ugyanis szükségünk van az esti-éjszakai időszakban a felfrissülésre. A 3. ábrán megfigyelhetjük, hogy a PET értékek alapján május közepétől augusztus végéig, még ha időszakonként igen alacsony gyakorisággal is, de még 18 UTC-kor is számolnunk kell a meleg terheléssel. Különösen a június utolsó harmadától augusztus végéig tartó időszak figyelemre méltó, ekkor ugyanis a mérsékelt meleg stresszt okozó napok relatív gyakorisága meghaladja a 10%-ot. Az adatok alapján ugyanakkor elmondható, hogy még a nyár legmelegebb időszakában is túlnyomó részt olyan

UTCI ($^\circ\text{C}$)	Tavaszi	Nyári	Őszi	Téli	Évi
1961-1990	13,9	26,1	13,7	-3,2	12,7
1971-2000	14,0	26,6	13,3	-2,4	13,0
1981-2010	14,3	27,3	13,8	-3,0	13,2

3. táblázat: Az UTCI sokévi évszakos és évi átlagértékei a három éghajlati normálidőszakban

termikus viszonyok uralkodnak, amik kedveznek mind az esti-éjszakai szabadtéri tevékenységeknek, mind a nyugodt pihenésnek. A turisztikai programok tervezésénél azonban érdemes figyelembe venni, hogy a Balaton térségében augusztus végétől már rohamosan romlik a komfortklíma.

Az előzőeknél kedvezőbb képet mutat az UTCI adatokból készített bioklíma diagram (4. ábra). Az UTCI alapján az április végétől október elejéig terjedő időszakban legalább 50% relatív gyakorisággal fordul elő komfortos, vagy annál kissé melegebb termikus környezet 18UTC-kor (a PET alapján ez az időszak két hónappal rövidebb!), ami a szabadtéri programoknak kedvez. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy június elejétől augusztus

első dekádjáig, ha csak nagyon ritkán is, de előfordul a „forró” hőérzetet jelentő kategória is.

A termikus komfort változása az elmúlt fél évszázadban. A mért éghajlati paraméterek (pl. hőmérséklet, csapadék, napfénytartam, stb.) változása ma már ismert, erről számtalan tanulmány jelent meg. De vajon kimutatható-e a változás az olyan komplex indexek esetében is, mint a PET vagy az UTCI? A kérdés megválaszolásához vizsgáljuk meg három éghajlati normálidőszak, az 1961-1990, az 1971-2000 és az 1981-2010 közötti harminc év komfortviszonyait. A PET (2. táblázat) sokévi éves, illetve tavaszi és nyári átlagértékei folyamatosan emelkedtek. A legnagyobb változás a nyári átlagokban következett be, a harmadik harmincéves időszakban 1,2 °C-kal volt magasabb a PET átlaga, mint 1961-1990 között. Ősszel és télen más irányú változás figyelhető meg. Az őszi átlagérték 1971-2000 között alacsonyabb, mint a megelőző 30 évben. Ezt követően az 1981-2010-es érték ismét emelkedik. Télen a változás fordítottja az ősszel tapasztalható. A PET 1971-2000-es átlaga magasabb, mint az előző időszakban, ugyanakkor a 1981-2010-es átlagérték ettől kissé elmarad. Az UTCI éves és évszakos átlagértékei a PET-hez hasonlóan változnak (3. táblázat).

Teljesebb képet kapunk a komfortklíma változásairól, ha a standard 30 éves időszakokra elkészített bioklíma diagramokat is elemezzük. Így lehetőségünk van megismerni, hogy a tíznapos időszakokban hogyan változik az egyes hőérzet-kategóriák relatív gyakorisága.

Az 5. ábrán látható PET alapú bioklíma diagramon megfigyelhető a meleg hőérzeti kategóriák arányának növekedése a déli órákban, különösen a kora nyári időszakban. Május második és harmadik dekádjában a legutóbbi 30 évben több mint másfélszeresére nőtt a „meleg” napok aránya. Júliusban és augusztusban a „forró” hőérzetű napok gyakorisága nő meg. Jól látható ugyanakkor, hogy az 1981-2010-es időszakban augusztus közepétől a meleg hőterhelést okozó napok előfordulásának gyakorisága gyorsabban csökken, mint a korábbi időszakban. A fenti változások miatt a bioklíma diagram jellege – ha nem is jelentős mértékben, de észrevehető módon – megváltozott. A kora nyári időszakban a meleg oldal kidomborodik, miközben az őszi időszakban a „forró” és „nagyon forró” kategóriák visszaszorulnak. A téli félévben ennyire jellegzetes változás nem figyelhető meg. 18 UTC-kor hasonló jellegű változásokat fedezhetünk fel. A „kissé meleg” és „meleg” kategóriák relatív gyakorisága növekedett a nyári hónapokban, sőt júliusban már az erős meleg stresszt jelentő kategória is megjelent.

Az UTCI-n alapuló bioklíma diagramon (6. ábra) látható legjelentősebb változás az „erősen forró” napok megjelenése 12 UTC-kor, június végén, illetve a gyakoriság megnövekedése júliusban és augusztusban. Mindeközben a forró hőérzetű napok aránya is emelkedett. Az elmúlt 30 évben június utolsó dekádjától augusztus közepéig a „kissé hűvös” kategória gyakorisága 1% alá csökkent. Augusztus második dekádját követően a meleg hőterhelés egyre kevésbé jellemző. A kellemetlenül me-

leg napok gyakorisága az 1981-2010-es időszakban gyorsabban csökken, mint korábban. 18 UTC-kor az utolsó 30 évben jelentősen megnőtt az erős meleg stresszt jelentő napok gyakorisága a nyári hónapokban.

Összefoglalás. E tanulmányban a Balaton térségének termikus komfort viszonyai, illetve a termális bioklimában fél évszázad alatt bekövetkezett változások legfontosabb jellemzőit mutattuk be. Nem szabad elfelejtenünk ugyanakkor, hogy a termikus komfort szubjektív érzés, ami (sok egyéb mellett) az életkor, a nem és az egészségi állapot függvénye. Munkánk során az egyik legismertebb és leggyakrabban alkalmazott bioklíma indexen (a PET-en) kívül megvizsgáltuk a legújabb és legmodernebb index, az UTCI viselkedését is. Az UTCI alkalmazása bioklimatológiai vizsgálatokban – mivel új fejlesztésről van szó – nemzetközi szinten is ritkaságszámba megy. Az itt közölt eredmények a Balaton térségének részletes turisztikai klimatológiai vizsgálatának alapjait jelentik.

Irodalom

- Béll, B. és Takács, L. (szerk.), 1974: A Balaton éghajlata; A Balaton térségének éghajlati jellegzetességei, hő- és vízháztartása, bioklimája. OMSZ Hivatalos Kiadványa XL. kötet, pp. 316
- Blazejczyk, K., Bröde, P., Fiala, D., Havenith, G., Holmér, I., Jendritzky, G. és Kampmann B., Kunert A., 2010: Principles of the new Universal Thermal Climate Index (UTCI) and its application to bioclimatic research in European scale. *Miscellanea Geographica* 14, 91-102.
- Bröde, P., Fiala, D., Blazejczyk, K., Holmér, I., Jendritzky, G., Kampmann, B., Tinz, B. és Havenith, G., 2012: Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *Int. J. Biometeorology* 56, 481-494.
- Fiala, D., Lomas, K.J. és Stohrer, M., 2001: Computer prediction of human thermoregulatory and temperature responses to a wide range of environmental conditions. *Int. J. Biometeorology* 45, 143-159.
- Fiala, D., Havenith, G., Bröde, P., Kampmann, B. és Jendritzky G., 2012: UTCI – Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation. *Int. J. Biometeorology* 56, 429-441.
- Höppe, P., 1999: The physiological equivalent temperature in a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *Int. J. Biometeorology* 43, 71-75.
- Jendritzky, G. 1993: The atmospheric environment – an introduction. *Experientia* 49, 733-738.
- Jendritzky G., Havenith G., Weihs P. és Batchvarova, E., (eds) 2009: Towards a Universal Thermal Climate Index UTCI for assessing the thermal environment of the human being. *Final Report of COST Action 730*
- Lin, T. P. és Matzarakis, A., 2008. Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. *Int. J. Biometeorology* 52, 281-290.
- Matzarakis, A., és Mayer, H., 1996: Another kind of environmental stress: Thermal stress. *WHO Newsletters* 18, 7-10.
- Németh, Á., Schlanger, V., és Katona, Á., 2007.: Variation of thermal bioclimate in the Lake Balaton Tourism Region (Hungary). in: Matzarakis A., deFreitas C., Scott D. (eds.): *Developments in Tourism Climatology*, 37-42.