

# Épületek mikroklímájával kapcsolatos kutatások nemzetközi helyzetképe, trendje

Dr. BÁNHIDI LÁSZLÓ (ÉTI)

## 1. A kutatások legfontosabb trendjei és a megoldásra váró kulcsfontosságú problémák

Épületek belső mikroklímájával kapcsolatos kutatások alapvető célja, hogy tisztázza az épületek zárt tereiben tartózkodó emberre ható különböző fizikai tényezők hatásmechanizmusát, állapítsa meg azok törvényszerűségeit, a gazdasági adottságok figyelembevételével tervezési, méretezési normaértékeket, szabványokat dolgozzon ki. Mindezekből többek között látható, hogy

- egyrészt elméleti jellegű alap kutatások szükségessége,
- másrészt gyakorlati jellegű alkalmazott kutatási feladatok megoldásáról van szó,
- ugyanakkor a téma erősen interdiszciplináris jellegű, hiszen megkívánja műszakiak, fiziológusok, pszichológusok, szociológusok, stb. szoros együttműködését, team-munkáját.

A téma terület a 60-as évek vége felé került előtérbe és az utóbbi években az építőipari kutatásokon belül a fejlett ipari országokban az egyik legfontosabb témává fejlődött, melynek számos kérdését már megoldották, de nagyon sok új, még tisztázatlan probléma is található.

A megoldatlan kérdések, az azokkal kapcsolatos vélemények, hozzáállások, a folyó kutatások sajátos, egymástól gyakran erősen eltérő képet mutatnak, elsősorban az egyes országok gazdasági, ipari fejlettsége függvényében. Ezért a kutatások trendjében — bár a megoldásra váró kulcsfontosságú problémák országonként erősen eltérőek, — tulajdonképpen két fő irányzat figyelhető meg.

Az első irányzat a kérdések nagy részét megoldottnak tekinti és csak bizonyos finomításokat tart szükségesnek, a másik irányzat egyre inkább előtérbe helyezi az emberi és gazdasági tényezők komplex vizsgálatát és a további, néha alapozó jellegű kutatásokat.

### 1.1 A „hagyományos” irányzat

A „hagyományos” kifejezés tulajdonképpen nem helytálló, mert önmagában a sok országban, így hazánkban is érvényben lévő méretezési előírásokhoz viszonyítva teljesen újat jelent. Rövid ismertetéséhez a következők szükségesek.

Az ember és környezete közötti kölcsönhatásokkal fiziológusok, pszichológusok már a századforduló óta foglalkoznak és számos törvényszerűséget állapítottak meg. Ezek közül e tématerülettel szorosabb kapcsolatban lévők közül meg kell említenünk Du Bois [1], Hardy [2], Gagge és Winslow [3], Bedford [4], Winslow és Harrington [5] munkásságát.

A szorosan vett épületeken belüli „műszaki” mikroklíma méretezés alapjait Fanger „Thermal Comfort” című művében [6] fektette le, amely

ugyan a zárt téren belül ható tényezőknek csak egy csoportjával, az ún. hőérzeti tényezőkkel foglalkozik, de mint bebizonyosodott, ezek a benttartózkodók szubjektív közérzete szempontjából a legfontosabbak. Ezen méretezési módszert napjainkban a fejlett ipari országokban általánosan, szabvány előírási szinten [7, 8] alkalmazzzák. Lényege, hogy a zárt térben tartózkodó, tevékenykedő ember szempontjából 6 paraméter hatását veszi figyelembe, úgymint

- a levegő hőmérsékletét és annak térbeli eloszlását,
- a határoló szerkezetek közepes sugárzási hőmérsékletét,
- a levegő sebességét,
- a levegő relatív nedvességtartalmát,
- a ruházat szigetelőképességét,
- a végzett tevékenység függvényében az emberi testben fejlődő ún. metabolikus hő.

Ezen paramétereknek az ember várható szubjektív hőérzetére vonatkozó hatását foglaljuk diagramokba, matematikai összefüggésekbe. A méretezési módszer alapvető célja a zárt térben tartózkodók részére az optimális hőérzetet eredményező mikroklíma paraméterek biztosítása.

Ezen elv továbbfejlesztése során az alapokat változatlanul tartva, az elmúlt években inkább „finomításokat” végeztek, amelyek azonban a tématerület szempontjából ugyancsak fontosak. E továbbfejlesztésből csak két, véleményünk szerint a legfontosabbat emeljük ki.

Mint az előzőekben említettük, a méretezési módszer legfontosabb hasonlítás alapja a szubjektív emberi érzet. Ennek megfelelően a továbbfejlesztés során a zárt téri mikroklíma tényezők közül azok kerültek előtérbe, amelyek a hőérzeti paraméterekhez hasonlóan ugyanebbe a kategóriába tartoznak, pl. a szag-hatások [9].

A másik fontos fejlődés e területen az, hogy bebizonyosodott; egy egyébként megfelelően méretezett téren belül is akadnak olyan helyek, ahol az egyes mikroklíma tényezők az emberre, esetleg csak azok egyes testrészeire kedvezőtlenül hatnak, és így a szubjektív hőérzetet is kedvezőtlenül befolyásolják. Ezeket általában helyi diszkomfort tényezőknek nevezik és elsősorban kettővel foglalkoznak, az aszimmetrikus sugárzással és a huzathatással [10, 11, 12, 13]. E két utóbbi azért is fontos, mert mint látni fogjuk, a mikroklíma kutatások egy egyre inkább előtérbe kerülő területét képezik az új irányzat esetében is, különösen a hazai és szocialista országok vonatkozásában, ha a téma megközelítése eltérő jellegű is.

Még egy fontos új kutatási területet kell megemlítenünk az e csoportba sorolható kutatások során és ez a termikus műemmel folytatott, de elsősorban a ruházat szigetelőképességének (mint korábbiakban láttuk ez a hat hőérzeti befolyásoló

tényező egyike) meghatározására vonatkozó vizsgálatok. A termikus műemberek az emberi test száraz hőleadásának 1 : 1 léptékű modellezésére alkalmasak [14, 15] és mint ilyenek egyre inkább terjednek. A termikus műemberek szerepére a későbbiekben még visszatérünk.

## 1. 2 Az „új” irányzat

Mint az előzőekből láthattuk, a zárt terek mikroklíma méretezési módszerének alapjait elsősorban az iparilag fejlett országokban tisztázták, az eredményeket alkalmazzák, és ezek alapvető célja az ember szubjektív hőérzetének optimális értéken tartása az így méretezett terekben.

Az utóbbi években azonban két, tulajdonképpen szorosan összefüggő, olyan irányzat került előtérbe, amelyek az iparilag fejlett országokban is egyre inkább érdeklődésre tarthatnak számot. E két irányzat

- a gazdasági, főleg energiagazdasági tényezők előtérbe kerülése,
- a másik az ún. ergonomiai szemlélet térhódítása.

A kettő közül az előbbi az, amellyel egyre intenzívebben foglalkoznak, a másik viszont véleményünk szerint a jövő egy nagyon fontos és eredményekkel kecsegtető irányzatának tekinthető.

Az első irányzatot a humáncentrikus energia takarékosági törekvéseknek is szokták nevezni és lényege a következőkben foglalható össze.

Zárt terek megfelelő mikroklímájának kialakítása komplex műszaki feladat, amelyet elsősorban az építészeknek és az épületgépészeknek közösen kell megoldaniuk. Ennek folyamán azonban mindenkor figyelembe kell venniük a gazdasági adottságokat, napjainkban emellett elsősorban az energiagazdálkodási törekvéseket is, amelyek viszont visszahatnak az emberi hő- és közérzetet kialakító mikroklíma paraméterek megengedhető értékeire. E visszahatás legtöbbször kedvezőtlen, miután a két célkitűzés optimuma — az emberi komforté és a gazdasági törekvéseké — egymástól távol esik, helyesebben a két tényező csoport egyes paraméterei kifejezetten ellentétes irányba mutatnak, illetve hatnak. Napjainkban tehát a zárt terek mikroklímájának méretezése gyakorlatilag több szempontot figyelembevevő optimumkeresési feladatot jelent.

Ezen alapelv megvalósításának lehetőségeit vizsgálva, mint várható volt, kiderült, hogy ilyen feltételekkel a hőérzetileg optimális mikroklíma nem biztosítható. A kompromisszumos megoldásra vonatkozóan több kezdeményezés van, ezek közül megemlítjük

- a Fanger által kidolgozott PMV—PPD mérőszámokat [16], de azoknak Fangernél nagyobb megengedett százalékos elégedetlenségi lehetőségeikkel (a már hivatkozott szabvány előírások csak 10—20%-os PPD; azaz elégedetlenségi faktort engedélyeznek),
- a hőérzetileg még elfogadható határértékek elvét, amely hazánkban éppen a hazai körülményeket, adottságokat figyelembe véve került kidolgozásra [17].

Ez utóbbi alapelv a következőkben foglalható össze.

Zárt terek hőérzeti méretezésekor az emberi test hőegyensúlyát kell alapul venni, azonban:

- a) A kellemesen hűvös, kellemes és kellemesen meleg hőérzet a benttartózkodók 80%-ánál kell megvalósuljon, tehát az elégedetlenségi faktor elérheti a 20%-ot.
- b) Különleges funkciójú helyiségek esetében, illetve a gazdasági adottságokat figyelembevéve a 80%-os elégedettségi faktor kiterjeszhető a meleg hőérzeti tartományra is.
- c) További feltétel, hogy a szellemi és fizikai munkavégzőképesség — különösen a b) pont esetében — az adott mikroklíma paraméterek mellett számottevően ne csökkenjen.
- d) Az adott tér funkciójának függvényében, a kor, nem, szokás és egyéb tényezők esetleges módosító hatását esetenként figyelembe kell venni.

A c) és d) pont két további új elemot is tartalmaz, amelyekre még visszatérünk; az emberi munka hatékonyságának kérdését és a hőérzetet befolyásoló szubjektív tényezők témakörét.

A zárt terek mikroklímájának ezen optimumra méretezése még számos megoldatlan kérdést rejt magában, melyek kutatása folyik, de így is egy fontos kutatási trendnek tekinthető.

Szorosan ehhez a témakörhöz kapcsolódik a helyi diszkomfort hatások — különösen az aszimmetrikus sugárzás — kérdése, amely összehasonlítva a fejlett ipari országok helyzetét, a szocialista országokban az utóbbi időben túlzottnak tűnő módon került előtérbe. Ennek oka azonban abban keresendő, hogy alapvetően minőségi eltérés van az egyes országok határolószervezeteinek szigetelőképessége tekintetében. Addig míg pl. a skandináv országokban (beleértve a viszonylag szegénynek tekinthető Finnországot is) a falak „k” értéke 0,25—0,3 között változik, a hazai előírások még jelenleg is csak 0,7-es értéket tartalmaznak, de 15—20 évvel ezelőtt épült épületeink esetében 1,2—1,4 W/m<sup>2</sup>K. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a gyengébb minőségű szigeteléssel rendelkező falak belső felületi hőmérséklete lényegesen alacsonyabb. Ezért az e falak közelében tartózkodók sugárzásos hőleadása, illetve hővesztése ezen felületek felé megnő, amely nagyon kedvezőtlen helyi diszkomfort érzetet okoz egyes testfelületeken [18].

Ezen kedvezőtlen hatások kiküszöbölésének elvileg legegyszerűbb megoldása a jobb szigetelő képességű falak alkalmazása, illetve meglévő falak esetében azok utólagos hőszigetelése. Ennek megvalósítása azonban — különösen meglévő épületek esetében — nagyon költség- és munkaigényes. Ezért egy új kutatási trend kezd kialakulni — amelyben hazánk vezető szerepet játszik — melynek értelmében a falak kedvezőtlen aszimmetrikus sugárzó hatását olyan fűtési megoldásokkal küszöböljük ki, amelyek megakadályozzák az emberi test fokozottabb sugárzásos hőleadását vagy e hatást megfelelő sugárzásos hőnyeréssel kompenzálják.

A másik megoldás ezen témakörben a falak belső felületi reflektáló képességének növelése, amely ugyancsak csökkenti az emberi test sugárzásos hővesztését [19]. Mindkét megoldás esetében az emberi test sugárzásos hőleadásának csökkenésével a belső levegő hőmérsékletét is csökkenteni lehet, ami viszont tekintélyes energiamegtakarítást jelenthet. Az egyes megoldások, az optimum keresése jelenleg folyik és ehhez tevékenyen használják a korábbiakban már hivatkozott termikus műembert [20]. A kérdést, illetve kutatási tevékenységet, — bár specifikus, csak az egyes országokra vonatkozó probléma megoldását jelenti — számottevő nemzetközi érdeklődés kíséri.

Új, most kibontakozóban lévő kutatási trend az ergonomia előtérbe kerülése is. Az ergonomia fontosságára, gazdasági lehetőségeire szükségtelen részleteibe kitérni. Közismert tény, hogy napjainkban az iparilag fejlett országokban a munka termelékenység növelésének ez az egyik legfontosabb és leghatásosabb eszköze.

A zárt téri mikroklíma paraméterek ugyanis nemcsak az ember szubjektív érzeteire vannak döntő befolyással, hanem szellemi, fizikai teljesítőképességére is. Lényeges tehát népgazdasági szempontból, hogy a zárt terek méretezésekor már ezt a tényezőt is figyelembe vegyünk, mint azt a hőérzetileg elfogadható határértékek elve (lásd annak c) pontja) is teszi. Az ilyen jellegű, a zárt téri mikroklímát figyelembe vevő ergonómiai vizsgálatok az USA-ban, Svédországban folynak, de van már hazai vonatkozású példa is [21].

Végül itt kell megemlítenünk, hogy van egy olyan jellegű kutatási trend is, amellyel különböző országokban különböző mértékben foglalkoznak, és ez a laboratóriumi vizsgálati metodikák ellenőrzése, továbbfejlesztése. A zárt terek „hagyományos” mikroklíma méretezésének szabványokban rögzített módszerei [7, 8] esetében ugyanis kiindulási alapfeltétel az volt, hogy

- egyrészt az emberi szubjektív hő- és közérzet kortól, nemtől, etnikai stb. adottságoktól független,
- másrészt a vizsgálati időtartam rövid, nem veszi figyelembe a bioritmust, a mérési stresszhatásokat, a megfelelő adaptációs időt, stb.

Mindezekkel a kérdésekkel, mint említettük, számos országban foglalkoznak, így hazánkban is, pl. a laboratóriumi mérési módszerek pontosítása témakörében külön OTKA téma keretében az Építéstudományi Intézet Mikroklíma Laboratóriumában.

## 2. A kutatások hasznosulásának tipikus és várható formái

A kutatások hasznosulásának véleményünk szerint legtipikusabb és legkorszerűbb formája, ha azok eredményeit előírásokban, szabványokban rögzítik. Ez a forma az iparilag fejlett országokban általánosan elterjedt, mint azt a korábbi hivatkozásokból már láthattuk. Társadalmi hasznuk a társadalmi közérzet megfelelő alakulásában, az

épületekkel, építményekkel kapcsolatos kedvező véleményalkotásban stb. nyilvánul meg.

Gazdaságossági hasznosításuk már nem ennyire egyértelmű. E módszerek esetében az ember szubjektív követelményei a mérvadóak, és egyáltalán nem biztos, hogy egy új normaérték bevezetése abszolút, elsődleges gazdasági haszonnal jár (pl. kevesebb energiafogyasztás). Inkább áttételes eredmények várhatók a már említett kedvezőbb hőérzetnek a munka tevékenység hatásfokára való kihatásával. Ez viszont végső soron gyakran ellensúlyozható, sőt kedvezőbb gazdasági mutatókat is eredményezhet, esetleg magasabb energiafogyasztás esetén is, bár ezek a hatások közvetlenül gyakran nehezen mérhetőek le. Egyébként alapelveként rögzíthető, hogy az épületekben előírt mikroklíma paraméterszintet gyakorlatilag az adott ország, esetleg azon belül egy adott szervezeti egység anyagi lehetőségei határozzák meg.

Feltétlenül célszerűnek, sőt szükségesnek tartjuk a hazai helyzetet éppen a hasznosulás gazdasági-társadalmi szempontjából kissé elemezni, mert véleményünk szerint e tekintetben gyakran erősen torzultak, nem eléggé átgondoltak a hazai vélemények, értékítéletek.

Hazai vonatkozásban három olyan kulcsfontosságú tényező, illetve tendencia van, amely az épületek mikroklímájának méretezési kérdésében számos problémát okoz:

- az épületek szerepének megítélése,
- az elavult mikroklíma méretezési módszerek és
- az utóbbi években előtérbe került energiagazdálkodási célkitűzések rossz értelmezése.

Az első alatt az értendő; az épületek tervezésekor gyakran előfordul, hogy a külső forma, megjelenés érdekében a belső térkiképzést másodrendű fontosságúnak tekintjük. Az így kialakuló mikroklíma alapfeltételeket csak költségesen lehet a megfelelő szintre emelni, elsősorban különböző épületgépészeti berendezésekkel. Mivel ezekre azonban legtöbbször nincs költségfedezet, marad a kívülről szép, de belülről kedvezőtlen mikroklímájú épület.

A másik hazai probléma, az érvényben lévő elavultnak tekinthető méretezési módszerek kérdése [22]. Az épületek belső mikroklímájának méretezését változtatlanul az elavult, a szoba közepén 1,5 m magasan mérhető egyetlen paraméterre, a léghőmérsékletre végzik, illetve írják elő. Ha e módszert összehasonlítjuk a korábbiakban közölt, világszerte alkalmazott 6 paraméteres méretezési módszerrel, jól látható, hogy egy ilyen módszer egyszerűen nem lehet jó, illetve megfelelő. Ez a magyarázata részben az örökzöld TV és újságcikknek a fűtések vonatkozásában, amikor, bár az előírt léghőmérséklet megvan, a lakó mégis fázik.

A harmadik alapvető gond az utóbbi években elharapódzó szemlélet, amely csak az energiamegtakarítást, annak számszerű értékét tekinti eredménynek, esetleges kedvezőtlen humán kihatásait figyelmen kívül hagyja. A számszerű energiamegtakarítás „bűvöletében” nem számol azzal, hogy amit nyer ezzel, esetleg a munka termelékenységének csökkenésében, a nem megfelelő pihenési,

kikapcsolódási lehetőségek miatti, ugyancsak emberi teljesítménycsökkenések következtében kamatosan elveszitheti.

Mindhárom szemléletnek, álláspontnak, módszernek meg kell változnia ahhoz, hogy az előzőekben részletezett kutatási trendek eredményeit hazánkban be lehessen vezetni és hasznosulásuk társadalmi-gazdasági hatása a népgazdasági elképzeléseknek megfelelően valósuljon meg. Feltétlenül fokozottabban támogatni kell az ilyen jellegű mikroklíma kutatásokat, mert

— a külföldi eredményeket, ezek anyagi-gazdasági konzekvenciái miatt (lásd, csak az emberi komforttényezők vehetők figyelembe) nem lehet és nem szabad átvenni,

— a népgazdasági energiamegtakarítási célkitűzéseket optimálisan csak ezen az úton tudjuk megvalósítani, mert ezen, az emberrel szorosan összefüggő területen vannak még olyan feltáratlan tartalékok és lehetőségek, amelyek a cél elérését nagymértékben megkönnyítik, illetve lehetővé teszik.

Nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a korábbiakban bemutatott új kutatási trendek kialakításában, gyakorlati megvalósításában hazánk a nemzetközi élvonalhoz tartozik és az alapvető szellemi, valamint eszközközlehetőségek biztosítottak. Véleményünk szerint ezt a lehetőséget kihasználva, bármely más megoldásnál kisebb anyagi ráfordítással lehetne a népgazdaság számos téren jelentkező energiamegtakarítási problémáját nagymértékben elősegíteni, illetve megoldani.

(A cikk anyaga az MTA Építészettudományi Bizottság által készített helyzetelemző tanulmányának a mikroklíma kutatásokra vonatkozó részét képezi.)

#### IRODALOM

- [1] *Du Bois, E. F.*: The mechanism of heat loss and temperature regulation. Stanford University Press, 1937.
- [2] *Hardy, J. D.—Du Bois, E. F.*: Basal metabolism radiation, convection and evaporization at temperatures of 22 to 35 °C. J. of Nutrition, 1938. 15
- [3] *Gagge, A. P.—Winslow, C. A.—Harrington, L. T.*: The influence of clothing on physiological reactions of the human body to varying environmental temperatures. Amer. J. of Physiology, 1938. 124. 30—50. p.
- [4] *Bedford, Th.*: Basic principles of ventilation and heating. London, H. K. Lewis, 1948.
- [5] *Winslow, C. E.—Harrington, L. P.*: Temperature and human life, Princeton Univ. Press, 1949.

- [6] *Fanger, P. O.*: Thermal comfort. Mc Grow Hill, 1970.
- [7] *ASHRAE Standard 55—81*: Thermal environmental conditions for human occupancy. New York, 1981.
- [8] *ISO 7730*: Moderate thermal environments. International Standards Organization, Geneva, 1984.
- [9] *Rasmussen, C.—Clausen, G. H.—Berg-Munch, B.—Fanger, P. O.*: The influence of human activity on ventilation requirements for the control of body odor. CLIMA 2000. Vol. 4. 357—363. Copenhagen, 1985.
- [10] *Olesen, S.—Fanger, P. O.—Jensen, P. B.—Nielsen, O. I.*: Comfort limits for man exposed to asymmetric thermal radiation, Proc. of the CIB Commission W45. Symp. London, 1972.
- [11] *Fanger, P. O.—Ipsen, D. M.—Langkilde, G.—Olesen, B. W.—Christensen, N. K.—Tanabe, S.*: Comfort limits for asymmetric thermal radiation Building Science, 1985.
- [12] *Fishman, D. S.—Pimbert, S. L.—Nevala, D. J.*: Field studies of subjective responses to the thermal environment in occupied dwellings. CLIMA 2000. Copenhagen, 1985. Vol. 4. 13—21 p.
- [13] *Hara, M.—Sugawara, S.—Yamazaki, K.*: Relation between comfort and temperature air flow distribution in an air heated room and comfort control. CLIMA 2000. Copenhagen, 1985. Vol. 4. 159—165 p.
- [14] *Madsen, T. L.*: Limits for draught and asymmetric radiation to human thermal well being. IIF Commission B1, B2, E1. Belgrade. (1977).
- [15] *Wyon, D. P.*: Thermal environment: physiological basis, permissible range of air temperature, surface temperature, air velocity; combined effects. Energy conservation in building and Community System. International Energy Agency Handbook, Annex 3B, Ch. 2. 1980.
- [16] *Fanger, P. O.*: Calculation of thermal comfort: introduction of a basic comfort equation. ASHRAE Trans. 1967. Vol. 73.
- [17] *Bánhidí, L.*: Zárt terek hőérzeti méretezése a hőérzetileg elfogadható határértékek elve alapján. Akadémiai doktori értekezés. Bp. 1982.
- [18] *Bánhidí, L.—Somogyi, A.—Kintses, G.—Besnyő, J.*: About local discomfort effects caused by asymmetric radiation occurring during winter in dwelling houses. CLIMA 2000. Copenhagen, 1985. Vol. 4.
- [19] *Müller, I.*: The effect of wall reflection on human thermal comfort. CIB W17—77 Seminar. Budapest 1985.
- [20] *Bánhidí, L.—Fabó, L.—Somogyi, A.—Besnyő, J.*: Lakóhelyek minősítésének új lehetősége a műem-ber. „Ergonómia a műszaki fejlődés szolgálatában” című V. Ergonómiai Konferencia, I. kötet 83—89. Budapest, 1986.
- [21] *Bánhidí, L. et al.—Debrecei, G. et al.—Antalovics, M. et al.*: The effect of artificial on the performance of workers in screen-type work places. Work with Display Units Proceeding part II. 1986. Stockholm 693—696.
- [22] *MSz 04—140.*: Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai 1980., ill. 1985.

## Hirdessen az Épületgépészetben!