

Bírálat

Kajtár László „Irodaépületek hő- és levegőminőségi komfortjának elemzése” című MTA doktori értekezéséről

A témaválasztásról

Egy utóbbi ausztriai munkalátogatásom alkalmával az európa szerte híres Grossglockner hegység gigantikus méretű gleccserét is volt szerencsém meglátogatni. A gleccserre már rá sem lehet ismerni, a többszörösére zsugorodott gleccser oladásának szemtanújaként pedig az ember közvetlenebbül érzékeli környezetünk drasztikus klímaváltozását és a következményeket. Ez az élmény ismételt és közlőként rádöbbenett arra, amit napi szinten oktatok és a piaci munkákban illetve a kutatásban alkalmazok. Ennek a negatív klimatikai és környezeti folyamatnak a nemzetközi építőipar az egyik kardinális katalizátora, - ebben jelenleg már a nemzetközi szakma is egyetért. Földünk energiafosztásának, egyben CO₂-emissziójának mintegy 50%-áért, az épületekhez kötődő tevékenység a felelős. Ennek csökkentése érdekében a fenntartható építés területén a kutatás három részterületen aktív: energetika, komfort és utóbbi időben a környezet. A fenntarthatóság szemszögéből nézve ezen három témaszektor egymástól elválaszthatatlan, - úgy is fogalmazhatunk, hogy egymás 'függvényei'. A három 'testvér' közül a komfort képezi bizonyos értelemben a legfőbb célt, illetve az alap igényt az egészséges és a munkahatékonyságot növelő belső terekben, épületekben.

Kajtár László munkásságát és MTA doktori disszertációját ennek a tématerületnek szentelte. László kutatási tevékenységét több mint egy évtized óta követem, továbbá egy tudományos cikkének lektoraként is elmondhatom, hogy a hazai hő és légminőség komfort témájával legmélyebben foglalkozó kutatóval állunk szemben. Annak ellenére, hogy középületekben, különösen irodaépületekben legtöbb esetben a nyári klimatikai viselkedésjellemzően a kritikus, még mindig az épületburok téli hőtechnikáján van az épületenergetikai szabályozás fókuszusa, - nem csak hazai szinten. Irodaépületekben ez gyakran jelentősen megnöveli a primer energetikai szempontól lényegesen energiaintenzívebb hűtési igényt és növeli a nyári termikus diszkomfortot, valamint az életciklusra vonatkoztatott negatív környezeti hatást. Ennek tükrében dicséretes jelen dolgozat témaválasztása, az irodatermek hő- és légminőség komfort szintjének melyebb szintű elemzése, a hazai vizsgálatok nemzetközi keretbe illesztése.

Az összes tudományos közlemények hazai és nemzetközi független idézettsége 223 db (https://doktori.hu/index.php?menuid=192&lang=HU&sz_ID=2727); a jelen munkához közvetlenül kapcsolódó publikációk száma összesen 57. A folyóiratok színvonala két esetben is eléri a D1 szintet az ENERGY folyóirat esetében. Fontos kiemelni, hogy a mérnöki tudományterületeken kutatóknak ilyen kaliberű folyóiratban publikálni több, mint bravúros teljesítmény. Az alkalmazott kutatási módszerek, mérés-technika és számítások messzemenőleg kielégítik, a doktori eljárás követelményszintjét.

Formai szempontból történő értékelés

A 103 oldalas dolgozat (+ 45 oldal melléklet) szerkezeti felépítése, nyelvezete egyértelműen megfogalmazott, könnyen érthető, melyet az ábrák, fotók és táblázatok demonstratív módon támasztanak alá. Mind a szöveges rész, mind a vizuális megjelenítés precíz és maximális módon rendszerezett, összeszedett, így az eredmények átláthatósága, az összefüggések megértése és ellenőrzése könnyen lehetséges. A továbbiakban vázolt kisebb konkrét illetve általános javítanivalóktól eltekintve a dolgozat formai szempontból teljes mértékben megfelel az előírt követelményeknek.

A mellékletekből az épület alaprajzát integrálnám a folyamatos dolgozat megfelelő fejezetébe, mivel ez az egy oldal nem növeli jelentősen a dolgozat terjedelmét, ugyanakkor az érthetőség könnyebb lenne, mivel nem lenne szükséges a lapozgatás. A dolgozatban több helyen is előfordul elírás, sorközhagyás, stb. (pl. 9., 18., 36., 49., 52., 54., 56., 68., 91 és 98. oldalakon). A 10. oldalon a TNM-rendeletet a teljes nevén említeném, illetve hivatkozást csatolnék. Ez megtörtént a dolgozatban, csak későbbi fejezetben a 39. oldalon. Általánosságban elég sok a rövid, tömön-dat jellegű megfogalmazás, ami egyrészt precíz tartalomra vall, ugyanakkor egy idő után stilisztikailag már hiányérzetet ébreszt a kicsit szofisztikáltabban megszerkesztett mondatok iránt.

Tartalmi szempontból történő értékelés

A szerző a bevezetés fejezetben logikusan felvezeti a témaválasztás háttérét, hangsúlyozva az irodaépületek kialakult trendjeit, mely következtében az energetikai és komfort-technikai problémák megjelentek. Itt kiegészíteném a tartalmat a következőkkel: az ezredforduló utáni irodaépületek nem csak a komfortigények miatt igényletek légtechnikát és klimatizálást, hanem azért is mert a klíma-adaptív, passzív építészeti megoldások és a tervezői tudás is hiányzott. A mai helyzetben viszont már megjelentek első olyan tervezők, akik a passzív és aktív rendszereket is szervesen integrálják és megjelentek első immár hazai téren is kivitelezett épület példák.

Nagyon jó meglátás, hogy máig is az energiamegtakarításra koncentrálnak a legtöbb aktivitás, amely akár a komfort rovására is történhet. Itt ezt azzal egészíteném ki, hogy ennek az el-
lenkezője is kezd igaz lenni: egyes nemzetközi szabványok és irányelvek (pl. WELL, USA)
esetében a kitűzött hőkomfort követelményszint már kezdi sarokba szorítani az energia-
megtakarítást. Sokkal inkább le kéne váltani az energiamegtakarítást mint célt az energia és
komfort hatékonyságra, mely e kettő (sőt lehetőleg a környezetvédelemmel együtt már há-
rom) faktor ésszerű kompromisszum-optimumát célozná meg.

A komfortelmélet, továbbá a hazai és nemzetközi szakirodalom áttekintése logikusan fel-
építve megalapozza a kutatási cél megfogalmazását. A hazai körülmények közötti PMV-
AMV vizsgálatok, ezek korrelációja, továbbá a skálakiértékeléssel történő levegőminőség
vizsgálatok különböző hazai foglamokban lévő belsőépítészeti építőanyagokról jövőbemutató,
úttörő törekvések. A választott módszerek, alkalmazott kutatási infrastruktúra (számítások,
mérőműszerezettség, technikai háttér) a professzionális, magasszintű kutatástechnikai
színvonalat igazolja. A mérések, eredmények bemutatása, majd a komplex statisztikai kiér-
tékelések, matematikai elemzések példamutató és lényegretörő módon vezetnek le a vizsgálá-
tok tárgyait képező különböző hő- és légminőség komfort eredmények összefüggéseit. A té-
zisek tömören és célratörően, pontosan összegzik a tudományos eredményeket.

Alkalmazott módszerek

A megválasztott kutatási módszerek a nemzetközi kutatási csúcstechnológia feltételeit is
kielégítik a komfortkutatás területén. A magasszintű hőkomfort méréstechnika mellett a
nagyvolumenű, irodaépületben történő mérésadatgyűjtés is dicséretet érdemel, mivel valós
körülmények közötti mérésekről beszélhetünk. A hőkomfort mérést kérdőíves felmérés egé-
szítette ki.

A belső levegő minőség vizsgálatok eredményei élőalanyok alkalmazásával a Fanger-, illetve a
Hedonic skálák rendszereiben lettek meghatározva. A vizsgálati labor kamra, a kísérleti mé-
rőállás és az Olf-boksz ideális kutatási körülményeket biztosítottak a vizsgálatokhoz.

A hőkomfort eredmények kiértékelése az IBM SPSS Statistics programmal, homogenitás
vizsgálattal, valószínűségi változók összehasonlításával történt. A légminőség eredmé-
nyek szintén IBM SPSS Statistics programmal, valószínűségelméleti vizsgálatokkal, korrelá-
ció vizsgálattal, tanuló algoritmussal (legközelebbi társ módszerrel, NN), egyszeres osztá-
lyozási vizsgálattal (one-way ANOVA), a Kolmogorov-Szmirnov egzakt próbával, Pearson-féle
r-korreláció módszerével, a Kendall-féle τ -rangkorrelációs mérőszámmal, illetve a
Spearman-féle ρ -rangkorrelációs mérőszámmal történt.

Tartalmi szempontból kiemelendő, hogy Magyarországon elsőként sikerült ilyen komplexitású PMV-AMV vizsgálatokat kivitelezni, az eredményekkel a nemzetközi tudományos irodalmat kiegészíteni.

Tézisek

Az 1. tézis a PMV-PPD elmélet hazai alkalmazhatóságát teszteli ASHRAE hőérzeti skála alapú élőalanyos, kérdőíves mérések kiegészítésével. Ez a tézis hazai és nemzetközi szinten is új tudástartalom, a nemzetközi irodalom eredményeihez képest konkrét, számszerűsített eltérés kimutatásával. Jó lenne viszont látni a nemzetközi eredményekkel való összevetést, hogy pontosan milyen épületekkel, milyen klimatikai viszonyok között történtek a mérések és vizsgálatok. Ugyankor célszerű lehetne ezt a mérést további hazai irodaépületekben végzett vizsgálatokkal kibővíteni és ezúton a mintavétel méretét az épületek szempontjából növelni (eltérő tömegforma, üvegezési arány, tájolás, szerkezet, elhelyezkedés), egyben az eredmények kiértékelése alapján levont következtetések általános jelentéstartalmát elmélyíteni. A hőkomfort és az energetika viszonyával kapcsolatban érdemes lenne időfüggő, egész évre vetített módon vizsgálni a hőkomfort és az energiaigény optimum-kompromisszumát.

A 2. tézis az élőalanyos hőkomfort mérésorozat és az előző hőkomfort mérések eredményeinek a szórását adja meg, hangsúlyozva, hogy a kérdőíves eredmények szórása 5,42 – 6,72-szer nagyobb, mint a mérések esetében. Az eredményt új tudományos ismeretként lehet nyugtázni. A nagymértékű mérés, illetve kérdőív eredmény szórás eltérés felveti a kérdést, hogy érdemes lenne e, további kutatás keretében ezt az eltérést, lehetséges okait, befolyásoló tényezőit, hatásmechanizmusait intenzívebben vizsgálni.

A 3. tézis az előző PMV-AMV mérések eredményeire alapszik és számszerűsíti a clo- illetve a met paraméterek hatását a várható hőérzetre (PMV) – ez új tudományos eredmény!

A 4. tézis az ordinális Hedonic és a Fanger arányskálás, fokozat nélküli eredmény-rendszerek korrelációját igazolja 3 különböző számítási módon (Pearson, Kendall, Spearman). Az eredmény alapján a Fanger skálából közel 64%-os pontossággal lehet a Hedonic skála eredményeket megbecsülni. Az eredmények új tudományos tartalom értékkel rendelkeznek. Kérdés, viszont hogy ez a 64%-os pontosság megfelelő e az épületek tervezésénél vagy csak a Fanger skálán kiértékelt eredményekkel együtt alkalmazható.

Az 5. tézis a 4. tézis új tudományos eredményeit támasztja alá, egészíti ki a normalitás vizsgálat keretében. A Fanger szagimisszió eredmények az esetek többségében (egy kivétel

a hedonic „kellemes” kategória esetében) normális eloszlást követ. Új tudományos eredményként elismerhető.

Kritikai észrevételek

9. oldal:

A „sok bér irodaház épül” kijelentés helyett inkább statisztikai alapú információval lehetne szolgálni, alátámasztólag: Hány irodaház létesült? Ez hány százalékát képezi a meglévő állományak, ill. nemzetközi viszonylatban ez mit jelent? Ugyanez érdekes lenne az irodaházak omlokzati üvegezési arányára vonatkozólag is.

15. oldal:

Ahhoz a kijelentéshez, hogy sok nemzetközi kutató szerint az etnika, kor, nem és éghajlat fontos és bizonyos mértékben új paraméterek a komfortméretezésben, hiányolom a hivatkozásokat. Ez azért is fontos, mert az egyik kutatási cél ezen alapszik.

25. oldal:

A hőkomfort irodalom és elmélet bemutatás végén megfogalmaz a szerző egyet a több kutatási célból. Ezt logikusabbnak látnám, ha a „3. Kutatási cél” című fejezetebe kerülne (illetve nem duplázódna, mivel már ott is fel van vezetve).

36. oldal:

„Az irodai munkavégzés hőkomfort feltételei mikor a legkedvezőbbek” kutatási rész-cél megválaszolása nem derült ki a dolgozatból. A PMV és AMV vizsgálatok kivitelezése télen történt, amely fontos üzemeltetési időszak. Ugyanakkor hiányérzetet kelt, hogy a nyári, komplex és hőkomfort szempontjából kritikusabb időszakokkal nincs foglalkozva, ill. nem jelen dolgozatban. Megjegyzem, hogy a szerző foglalkozott nyári irodai komfort mérésekkel és elemzéssel is (25. oldalon említi), csupán nem jelen dolgozatban.

52. oldal:

„...a határoló szerkezetek (falak, nyílászárók, födémek, padlók, stb.) hőtechnikai tulajdonságainak javítása ... elsősorban a hőszigetelés növelését jelenti.” Ez igaz, sajnos széleskörben így terjedt el, bár nyáron ez növeli a hűtési igényeket. Az épületburok nincs komplex módon és egész üzemeltetési évre vonatkozólag értelmezve, a hőtároló tömeg vs. hőszigetelés, illetve az üvegezés épületfizikájával, szezonális nyereségek és veszteségek mérlegelésével egyetemben.

60-61. oldal:

Az ablakszerkezet hőátbocsátási tényezője az EU-konvergencia folyamatok bevezetése óta az épületfizika, épületenergetika területén belül U-érték néven használt. A dolgozatban több helyen is, a jelmagyarázatban és a 6.1.5. fejezetben a régi nevén, k-értékként jelenik meg.

63-64. oldal:

A VII. mérőcsoport segítségével történt levegőminőség mérésben a szórás 38,6%-os volt. Mekkora lehet a maximális szórás, illetve milyen érték alapján lehetett következtetni, hogy a nem tréningelt csoport eredményei megfelelnek, alkalmazhatóak a további következtetésekre?

74. oldal:

Az osztályozás pontosságának számítását a 6.20. ábra helyett már korábban, a 6.12 ábra elé vezetném be, mert ez esetben sokkal könnyebb lenne a táblázatok és a pontossági eredmények megértése.

Felhasznált szakirodalom

A hivatkozások között kevés az új publikáció (tehát a 2018-ban megjelent, illetve ennél újabb cikkek). Ezt a Q1-es besorolású tudományos folyóiratok már egyre gyakrabban megkövetelik.

Kérdések

A továbbiakban elsősorban nem kritikai kérdések, hanem kiegészítő és kitekintő jellegű hozzászólás és javaslat jellegű kérdések következnek, melyek inkább a dolgozat kvalitását hivatottak kidomborítani:

Elképzelhetőnek tartja, hogy a disszertáció eredményeire alapozva az irodaépületek nyári komfort performanciáját vizsgálja, ezáltal az egész éves komfortvizsgálatot biztosítja az árnyékolás, hőtároló tömeg, passzív és aktív szellőztetés figyelembe vételével?

Érdemesnek tartja a globális komfort kutatást a lokális komfortvizsgálatokra kiterjeszteni, a huzathatás, sugárzási asszimetria és a levegő hőmérséklet térbeli eloszlásának (grádiensének) elemzése céljából?

Milyen potenciált lát a zóna alapú termikus és páraszimulációkkal, illetve a numerikus áramlástan (CFD) szimulációkkal végzett nagyfelbontású komfortvizsgálatokról, ezek tervezést

támogató szerepéről? Ezzel szemben mik az előnyök és hátrányok a valós épületen kivitelezett komfortmérésekben?

Van már tervezett további lépés az eredmények gyakorlatba való átültetéséhez, a tervezést támogatólag?

A kutatásban a belsőépítészeti anyagok vizsgálatában 39 férfi és 6 nő vett részt. Érdemes lenne e, az élőalanyos vizsgálatokat mind a hő-, mind a levegő minőség eseteiben egyforma férfi-nő arányban, illetve különböző korú és öltözetű élőalanyok eseteiben is vizsgálni?

Az irodaépület, ahol a mérések folytak, hol található? Melyik meglévő épületről van pontosan szó? A dolgozatban nincs ez sehol megadva, bár a vizsgált épület is a mérés technika részét képezi.

Összefoglaló értékelés

A dolgozat egészét kiterjedésében és tartalmi minőségében tekintve a Magyar Tudományos Akadémia által megfogalmazott követelményrendszer előírásainak megfelelőnek tartom. Az öt tézis nem csak új tudományos eredményekkel szolgál, hanem jelentős alapot jelent a jövőbeli komfortkutatáshoz – nem csak hazánkban. Az értekezés innovatív és új tudástartal-
mának inspiratív hatása miatt felmerült kritikai észrevételek és kérdések csupán konstruktív kiegészítésként, javaslatként értelmezendők.

A doktori disszertációt, tudományos eredményeit teljes mértékben elegendőnek tartom az MTA doktora cím megszerzéséhez és jelen formájában a nyilvános védésre alkalmasnak ítélem. A nyilvános védés kitűzését tehát javaslom, sikeres védés esetén az MTA doktori disszertáció egyetelműen érdemes a doktori fokozat elnyerésére.

Pécs, 2020.07.06.



Prof. Dr. habil Kistelegdi István DLA, Ph.D.