

Bírálat

Szalay Zsuzsa

Az épületek által okozott környezetterhelés csökkentési lehetőségei

című MTA doktori értekezéséről

A jelölt dolgozatában a lakóépületek által okozott környezetterhelést vizsgálja és annak csökkentési lehetőségeire tesz javaslatokat. A téma rendkívül fontos és aktuális. A globális felmelegedés és klímaváltozás negatív hatásaival nap mint nap találkozunk, például az időjárás szeszélyessé válásával (pusztító szárazság után özönvízszerű esőzések). Ugyanakkor a végső energiafelhasználás és az energiával kapcsolatos CO₂ kibocsátás több mint egyharmadát az épületek és az építőipar okozza. A lakóépületek által okozott környezeti hatásokat a teljes életciklusra határozza meg, az építőanyagok, termékek előállításától kezdve az épületszerkezetek karbantartásán, a cseréken, az üzemeltetési energiafogyasztáson át a bontásig és a hulladékok kezeléséig.

Az értekezés összterjedelme 184 oldal. Az érdemi szöveges rész (köszönetnyilvánítás, tartalomjegyzék, rövidítésjegyzék, fogalommagyarázat és irodalmi hivatkozások nélkül) 98 oldal. 10 mellékletet tartalmaz, ezek terjedelme összesen 56 oldal. Az irodalmi hivatkozások száma 296, ebből 30-ban a jelölt is szerző vagy társszerző, ebből kettőnél van külföldi társszerző. A dolgozatban összesen 53 számozott ábra található, ezek közül sok két diagramot is mutat. Ezek mérete -valószínűleg terjedelmi okokból- általában kicsi, ezért elég nehezen kezelhetők. A táblázatok száma 15.

A jelölt új tudományos eredményeit 10 tételben foglalja össze. Ebből az első 7 az új épületekre vonatkozik. E tézisek az üzemeltetési, a beépített, majd a teljes életciklusra vetített környezeti hatásokra, végül a határértékek meghatározására vonatkoznak. A meglévő épületekre az alternatívák összehasonlítása (8. tétel) után az életciklus szakaszok arányával foglalkozik (9. tétel), ahol az új épületeket is vizsgálja. A 10. tétel a hőszigetelés környezeti szempontból optimális vastagságáról szól. A tézisekben saját, fontosabb megállapításait vastag betűvel emeli ki.

1. tétel

Az üzemeltetési energiaigény környezeti hatására vonatkozóan megállapítja, hogy „míg általános esetben az összesített energetikai jellemző és a környezetterhelés korrelál az épületek kompaktságát és méretét jellemző felület-térfogataránnyal (A/V), addig napelemek alkalmazásával nincsen korreláció. Családi házak és kis társasházak esetén az elérhető tetőfelület elegendő a teljes villamosenergia-fogyasztás fedezésére, nagy társasházak esetén ez nem teljesül. A hasznos alapterületre vetített elérhető tetőfelület a jövőben fontos tervezési paraméter lehet a szoláris energia hasznosítása érdekében.

...a kondenzációs gázkazán rendszerhez képest jelentős primer energia- és GWP megtakarítás érhető el helyszíni megújuló energiaforrások, illetve hatékony szellőztetés alkalmazásával”. (A különböző épülettípusokban elérhető átlagos megtakarításokra %-os tartományokat ad meg az összesített energetikai jellemzőre vonatkozóan.)

A tézist elfogadom.

2. tétel

A villamos energia dekarbonizációjára vonatkozóan megállapítja, hogy „a villamos energia jövőben várható nagymértékű dekarbonizációja jelentősen befolyásolja a hőszivattyúk értékelését. A 2050-es klímacélokat figyelembe vevő, a 2020-2050-es évekre előrejelzett villamosenergia-összetétel feltételezésével a hőszivattyús változatok üzemeltetési GWP kibocsátása jelentősen csökken és a faelgázosító kazánhoz hasonló alacsony értékeket mutat.”

A tézist nem fogadom el mert csak kvalitatív és részben nyilvánvaló állításokat tartalmaz.

3. tézis

Az épülettechnikai rendszerek beépített környezeti hatását illetően megállapítja, hogy „a kondenzációs gázkazán rendszerhez képest az épülettechnikai rendszerek előállításának GWP-ben kifejezett megtérülési ideje minden esetben 5 évnél rövidebb (faelgázosító kazánok, hőszivattyú 1 év, hővisszanyerős szellőzés 2-3 év, napelem 3-4 év, napkollektorok 4-5 év). A beépített hatások különösen az abiotikus forráskimerülés-ásványok és fémek kategóriában igen jelentősek a nagy mennyiségű fém használata miatt. ... az épülettechnikai rendszer beépített hatásának elhanyagolása több hatáskategóriában jelentős hibát okoz.”

A tézist elfogadom.

4. tézis

A teljes épület beépített környezeti hatására vonatkozóan megállapítja, hogy „a beépített GWP vázkerámias építési rendszer esetén 8,9- 17,7 kg CO₂-eq/m²év között mozog, amely új épületek esetén referenciaértékként szolgálhat.”

A tézist elfogadom.

5. tézis

A teljes életciklusra vetített környezetterhelésre vonatkozóan megállapítja, hogy „ha a teljes életciklust vizsgáljuk, a helyszíni megújuló energiaforrások hasznosításával arányaiban kisebb megtakarítás érhető el, mint ha csak az üzemeltetést tekintjük. (A kondenzációs gázkazános rendszerhez képest elérhető GWP és súlyozott környezeti lábnyom megtakarításra %-os tartományokat ad meg.)

... Jövőbeli, dekarbonizálódó villamosenergia-összetétel feltételezésével a hőszivattyús rendszer a faelgázosító kazánhoz hasonló értékeket mutat. A villamos energia dekarbonizációja a használói tételekre is kedvező hatással van.”

A tézist elfogadom.

6. tézis

A karbonsemlegesség elérésének lehetőségére vonatkozóan megállapítja, hogy „egyetlen helyszíni megújuló energiaforrás hasznosításával a karbonsemlegesség nem valósítható meg. Több megújulóenergia-hasznosító rendszer kombinációjával (hővisszanyerős szellőzés + hőszivattyú/ faelgázosító kazán + napelem) az üzemeltetési GWP majdnem nullára csökkenthető és a teljes életciklusra vetítve is jelentős csökkenés érhető el (kondenzációs gázkazánhoz képest 35-65%), azonban a karbonsemlegesség még messze van.

... jellemző építési rendszerrel, faelgázosító kazánnal vagy hőszivattyúval és a rendelkezésre álló teljes tetőfelületre beépített napelemekkel egyszintes családi házak esetén elérhető a teljes életciklusra vetített karbonsemlegesség, sőt a napelemek több kibocsátást váltanak ki, mint a teljes terhelés. Társasházak esetén azonban a nettó nulla mérleg nem teljesíthető, mert az elérhető tetőfelület nem elegendő.”

A tézist elfogadom.

7. tézis

Az általa kidolgozott módszerrel referencia- és határértékeket határozott meg a közel nulla energiaigényű lakóépületek nem megújuló primerenergiaigényére és CO₂- kibocsátására: „az összesített energetikai jellemzőre 76 kWh/(m²év), a fajlagos üzemeltetési GWP kibocsátásra 20 kg CO₂-eq /(m²év) határérték javasolható.

... a ma jellemző építési és épülettechnikai rendszerek, valamint a közel nulla energiaigényű épületeknél elvárt energetikai teljesítmény esetén a teljes életciklusra vetített GWP referenciaértéke 35 kg CO₂-eq/(m²év), melyet az épületek 90%-a teljesíteni tudna.”

A tézist elfogadom.

8. tézis

Meglévő épületek környezeti hatását a hazai lakóépülettipológia épületeire vizsgálva megállapította, hogy „az épületek mélyfelújítása a teljes életciklusra vetített üvegházhatású gáz kibocsátás szempontjából minden esetben kedvezőbb, mint az épület bontása és új épület építése. ... „a teljes hazai lakóépületállomány megépítése hozzávetőlegesen 195 millió tonna CO₂-eq kibocsátást jelentett a múltban. Ha a teljes állományt ma jellemző szerkezeti és épülettechnikai megoldásokkal építenénk újra, ez összesen kb. 228 millió tonna CO₂-eq kibocsátással járna. Ehhez képest a teljes állomány mélyfelújítása kb. 29 millió tonna CO₂-eq kibocsátást okozna, az új építésnél 87%-kal kevesebbet.

A tézist elfogadom.

9. tézis

A beépített és üzemeltetési kibocsátások (használói tételek nélküli) arányát vizsgálva meglévő és új épületekre megállapítja, hogy „gyenge energiahatékonyságú épületek esetén a beépített hatások a teljes életciklus 10-15%-áért felelnek, jobb energiahatékonyságú épületekben 20-25%-ért. A mai elvárásoknak megfelelő új épületekben ez az arány 40-50% között van az anyaghasználat megváltozása és az energiahatékonyság javulása miatt... Az épületek környezeti hatásának csökkentése érdekében tehát a meglévő épületállomány mélyfelújítása a legfontosabb feladat. Az új építések esetén a jó energiahatékonyság mellett a beépített hatások csökkentésére is törekedni kell.

A tézist elfogadom.

10. tézis

A környezetterhelés szempontjából optimális hőszigetelési vastagságot vizsgálva megállapítja, hogy „az utólagos hőszigetelés vastagságának a vizsgált tartományban (0-60 cm) környezetterhelés szempontjából nincsen korlátja, azaz akár nagy vastagságú hőszigetelések is megtérülnek, de kb. 20 cm után a határhaszon egyre kevesebb. A hőszigetelés optimális vastagsága GWP szempontjából 60 cm, a súlyozott eredmények szerint 30-60 cm ($U < 0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási tényező). A különböző anyagú hőszigetelés típusok között csekély a különbség, azaz mind a természetes, mind a mesterséges anyagú hőszigetelések alkalmazása előnyös.”

A tézist elfogadom.

Tartalmi észrevételeim, kérdéseim:

A kutatás részletesebb célkitűzései között első helyen szerepel: „Módszertani keretrendszer fejlesztése az épületek által okozott környezetterhelés számszerűsítéséhez.”. Mit ért módszertani keretrendszer alatt, és hogy viszonyul ez a módszertanhoz (és a módszerhez)?

A környezeti hatások (pl. GWP) számítása számos paramétert igényel, ezek egy részének értéke szubjektív. Meg tudná-e mondani, hogy mely paraméterek értéke meghatározó jelentőségű, esetleg végeztek-e érzékenységvizsgálatot?

20. o.:” A német DGNB rendszerben a fenntarthatóság három pillére, a környezeti, gazdasági és társadalmi szempontok azonos, 22,5%-os súlyt kapnak...” Jó lett volna közölni, hogy még mi kap és milyen súlyt, hogy kijöjjön a 100%.

20.-21. o: Az egyes életciklusszakaszok (A1-A5, B1-B5) leírása nem teljesen pontos, az 1. ábrával összevetve. Az 1. ábrát már itt be lehetett volna mutatni.

A (3) egyenlet felírt formája nem precíz. Helyesebb lett volna kétféle $fnren,i$ tényezőt szerepeltetni benne, például $fnrenQ,i$ és $fnrenW,i$.

Nem világos számomra a 12. táblázat és 15. ábra viszonya. Az ábrán a hővisszanyerős szellőzés, napkollektor és napelem a kondenzációs kazánnal kombinálva, míg a faelgázósító és hőszivattyú önállóan szerepel. Hogyan kell értelmezni ez utóbbiaknál a táblázatban évben megadott megtérülési időt a kondenzációs rendszerhez képest?

Az 51. ábra két egymásba ágyazott optimalizációs ciklust mutat. Számomra nem világos, hogy mi változik a belsőben?

A rendkívül nagy számú irodalmat -valószínűleg terjedelmi okokból- csak sorszámmal hivatkozza, ami azok megjelenési idejét (és első szerzőjét) nem tartalmazza, ami pedig e fontos információ megszerzését kényelmetlenné teszi. Több hivatkozás hiányos, például

- [22] Z. Szalay, Life cycle environmental impacts of residential buildings, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2007.

- [137] É. Belezna, H. Budai, D. Huszár, A. Jenei, P. Márkus, A. Schmidt, Z. Szalay, G. Szarvas, Zéró Karbon Ajánlás, 2023. https://www.hugbc.hu/resources/docs/HuGBC_Ajanlas_ZeroKarbon_Nagy.pdf.

- [268] T. Csoknyai, Z. Szalay, B. Nagy, M. Horváth, Alkalmazott épületenergetika, Budapest, 2024.

A [163] és [164] hivatkozásoknál ugyanazok az oldalszámok szerepelnek.

A két (csak) benyújtott publikációnál jó lett volna megadni, hogy hová nyújtották be (és hány oldalas). (Remélem, hogy azok azóta már meg is jelentek színvonalas folyóiratokban.)

A dolgozatban több adatbázist is használ, azonban ezek nem Magyarországra vonatkozó adatokat tartalmaznak, mivel indokolja ezek használatát, milyen bizonytalanságot ad ez az eredményeket tekintve?

A dolgozatban levont következtetések mennyire általánosíthatóak, a számszerű eredményeket lehet-e más országokra alkalmazni, vagy esetleg a vizsgálat kiterjeszthető-e?

A dolgozat eredményei mennyire időtállóak, a jövőbeni hatásokat mennyire vette figyelembe?

Formai és stílust illető észrevételeim, sajtóhibák:

Meglepőek a 3. és 4. magyar nyelvű táblázatokban mutatott hosszú, angol nyelvű „rövidítések”: pl. ratio_window_to_wall. A 15. táblázat szövege is részben magyar, részben angol nyelvű.

A (2) egyenletben szereplő jelölésekben is az indexek egy része a magyar szóból (F, átlag), másik része az angolból (i, e) származik.

Az 52. ábra aláírása túl hosszú, helyesebb lett volna annak egy részét a szövegben, az ábrára hivatkozás előtt leírni.

A dolgozat szövegezése világos, csak pár kisebb (nem értelemszavaró) elírást, pontatlan fogalmazást találtam, például:

-8. o.: „... meghatározható az új épületek várható energiaigénye” (inkább: megbecsülhető új épületek energiaigénye).

-36. o.: „A számítások rendeltetésszerű használatot feltételeznek.”

-96. o.: „A célfüggvény a GWP-re, illetve 5 egyéb hatáskategória voltak.”

-97. o.: „... a villamos energia dinamikus jövőbeli modellezése (ld. 5.4.1. fejezet) hogyan befolyásolja az épület optimális kialakítását”

A sajtóhibák száma is csekély (például):

-19. o.: „összesen több, mint 20,000 folyamat leltárelemzési és környezeti hatás adatait tartalmazza...”

-33. o.: „A statisztikai mutatók szerint az alapterület és az ablakarány jó egyezést mutat az 1. táblázatban szereplő értékekkel.” (Az 1. táblázatban nincsenek számok.)

Összefoglalva a meglévő és új épületek okozta környezetterhelésének vizsgálata terén a jelölt új tudományos eredményeket ért el és ismertetett dolgozatában. Kritikai észrevételeim nem csökkentik lényegesen munkájának értékét. Javaslom az értekezés nyilvános vitára bocsátását.

Budapest, 2025. 10. 20.

.....

(Láng Péter) MTA doktora