

Bírálat

Csoknyai Tamás: "A magyarországi lakóépület-állomány energetikai modellezése, a korszerűsítés lehetőségei"

c. doktori értekezéséről

A formai részre vonatkozó megjegyzéseim a következők:

Az értekezés 167 számozott oldalt, ebben 85 szövegek között ábrát, 48 táblázatot, valamint az irodalomjegyzékben 181 számozott tétel felsorolást tartalmaz. Az értekezés formai szempontból megfelel az MTA Doktori Szabályzatában foglaltaknak.

A doktori értekezés téziszüze 18 gépelt oldal terjedelmű. A jelölt az új tudományos eredményeket 10 db tézisben foglalja össze. A tézisekhez kapcsolódóan 31 szakirodalmi tételt jelöl meg, amelyek között 8 db társszerzős, lektorált nemzetközi folyóiratban megjelent munka található.

A dolgozat stílusa, nyelvezete jó, gondolatmenete logikus. Az értekezésben, vélhetően a számítógépes szövegszerkesztő használata miatt, néhány helyen gépelési hiba és elütés található, amelyek azonban nem zavarják az érthetőséget.

Furcsának találok, hogy a *Tartalomjegyzéket* megelőzik az abban szereplő *Köszönetnyilvánítás* és a *Fogalommagyarázat* részek, sőt ráadásul a „Tartalomjegyzék” is benne van a „Tartalomjegyzékben”.

A dolgozat szerkezeti felépítésében nem szerencsés alpontot alkalmazni ott, ahol abból csupán egy van (pl. 8.1.1).

Teljes mértékben egyetértek azzal, hogy a disszertáció egyes fejezeteinek és alpontjainak a címe rövid és tömör legyen. Ezzel együtt a címek önmagukban való értelmezését is biztosítani kell. Ez sajnos nem minden esetben sikerült a dolgozatban. Hasonló a helyzet a tézisek megfogalmazása során is, ahol elvárható, hogy azoknak önmagukban is érthetőnek kell lenniük, a teljes disszertációs szövegben való visszakeresés nélkül.

A dolgozat nem mentes azon szakmai zsargon használatától, amelyek az idegen nyelvekből átvett szakkifejezések „magyarosításával” keletkeztek (pl. elektrifikáció), miközben az adott esetekben már van ténylegesen jól használható saját szakkifejezésünk. Ugyanakkor előfordulnak a hétköznapi szóhasználatban sajnos már megszokott hibás szóhasználatból vett kifejezések (pl. áramfogyasztás). Úgy gondolom, hogy a saját szakmai nyelvünk megőrzése és fejlesztése mindannyiunknak kötelessége, jelen esetben beleértve a jelöltet (és persze a bírálót is).

Az értekezés tartalmi részére vonatkozó általános észrevételeim a következők:

A jelölt által végzett tudományos kutatómunka és a benyújtott értekezés témaköre időszerű, és rendkívül fontos mind energiamegtakarítási mind pedig üvegházhatású gázok kibocsátása szempontjából, mivel az EU távlati célkitűzése az, hogy 2050-ig jelentősen energiahatékony és dekarbonizált legyen az európai épületállomány, melyben a közel nulla energiaigényű épületek és a megújuló energia hasznosítás meghatározóak lesznek.

A Jelölt címben jelölt munkájának kiemelt jelentőségét és fontosságát az adja, hogy a magyarországi viszonyok között a meglévő lakóépület-állomány energetikai korszerűsítése jóval nagyobb jelentőséggel bír, mint az új építés. Ez determinálja a hazai lakóépület-

állomány energetikai modellezését, a meglévő állapot feltérképezését és a korszerűsítési lehetőségek elemzését, amelyeket a dolgozat általános célkitűzései foglalják magukba.

A jelölt a kutatási módszerek széleskörű tárházát mutatta be és alkalmazta a kitűzött célok megvalósítása érdekében. Ezek érintik a hazai lakóépület-állomány tipológia létrehozását és azok statisztikai adatainak modellbe való integrálását különös tekintettel a lakóépület típusok jelenlegi energiafelhasználásának meghatározására. A kidolgozott, 23 lakóépület típusból álló tipológia képezte a felmérések és modellezés alapját. Összesen 2029 lakóépület reprezentatív felmérése történt meg,

Részletes észrevételek:

A *Bevezetés* fejezet kutatási téma időszerűségével kapcsolatosan széleskörű hazai és nemzetközi szakirodalmi anyagot dolgoz fel és értékeli az egyes eredményeket. Ezek jó alapot adnak az értekezés célkitűzéseinek végső megfogalmazására. A kutatási célok megfogalmazása egyértelműen megtörtént, mégis áttekinthetőbb lett volna azoknak – a tézisekkel összhangban lévő – pontokba szedett összefoglaló rögzítése is.

A *Szakirodalmi áttekintés* fejezetben elsősorban a szakpolitikai környezet, a lakóépület-állomány modellezési lehetőségei és a fogyasztói magatartás szerepének bemutatására ill. elemzésére koncentrálnak a Jelölt.

A Jelölt a 3.1. ábrán – 2018-as adatok alapján – a végső energiafogyasztás eloszlását mutatja be felhasználási területenként. Kár, hogy nem látunk frissebb adatokat, bár ez is egyértelműen igazolja az épületek kiemelt jelentőségét ebben a kérdéskörben. Hasonló megállapítás mondható el a 3.2., 3.3. és 3.4. ábrák adataival kapcsolatban is. Kérem ezek frissített pótlását.

A disszertációhoz kapcsolódó kutatások részletes folyamatát a *Módszertani áttekintő* fejezet foglalja össze. Az itt leírtak teljes mértékben jól mutatják a Jelölt által végzett értékes, nagyvolumenű munkát, és jelzik annak révén elérhető és javasolt épület korszerűsítési változatokat.

A Jelölt az alkalmazott „bottom-up” vizsgálati modellhez először egy előzetes lakóépület tipológiát hozott létre, amit a kapcsolódó épülettípusokra vonatkozó statisztikai adatok figyelembevételével módosított. Az így kapott, 23 lakóépület típusból álló tipológia képezte a további felmérések és modellezés alapját. Ez fontos része a disszertációnak, tekintettel arra, hogy relevánsan lefedi a jelenlegi hazai épületállományt. Ennek során értékeli a helyiségfűtéssel kapcsolatos mértékadó szempontokat. Külön kiemelhető az a megállapítás, hogy a magyar viszonyok mellett a helyiségfűtés és melegvíztermelés szempontjából nem érdemes más-más tipológiát használni. Ugyanez vonatkozik a klímazónák szerinti megkülönböztetésre is. Ezzel témakörrel kapcsolatban a kérdésem csupán az, hogy az elkövetkezendő tíz év távlatában – az újabb és újabb építészeti tervek és megvalósítások miatt – esetleg várható-e újabb tipológiai kategória bevezetésének szükségessége a jelenleg kidolgozotthoz képest?

A családi házak és társasházak tipológiai illusztrációja nagyon szemléletes (6.2. és 6.3. táblázatok). Kérdésem, hogy a lakóépületek tipológiai mátrixának felállításakor milyen szempontok alapján került *előzetesen* (bár ez később igazolást nyert) meghatározásra a lakások hasznos alapterülete szerinti kategorizálás határértéke (kicsi: 120 m² alatti, nagy: 120 m² vagy nagyobb).

A tipológiai struktúra kidolgozása után került sor a helyszíni épületállomány felmérésére, melynek során 2029 lakóépület került bejárásra, értékelésére független szakértők segítségével

a Jelölt által kidolgozott egységes protokoll szerint. Ennek során fontos szempont volt, hogy a minták kiválasztása épületszám, lakásszám vagy alapterület arányosan történjen-e. Végül a lakásszám szerinti rétegzés melletti – 7.1. és 7.2. táblázatok szerinti – indokolt döntés született.

Külön kiemelendő, hogy a Jelölt ismerteti azokat a kiegészítő adatokat is, amelyekre a a típusba soroláshoz vagy a modellalkotás szempontjából volt szükség, köztük pl. napenergia hasznosítás szempontjából hasznosítható tetőfelülethez szükséges adatok (tetőtípus, benapozott, megfelelő tájolású és dőlésszögű felületek, stb.). Emellett a nagyszámú a sok bizonytalanságot is tartalmazó adatok ellenőrzése és szűrése is megtörtént statisztikai és valószínűségelméleti megfontolások alapján.

A disszertáció egyik legértékesebb fejezete *Az épülettípusok energetikai állapotának értékelése*. Ez alapján definiálható a referencia eredeti állapotot is, ami későbbi összehasonlítások egyik alapját képezi, és a különböző korszerűsítési változatokra vonatkozó számítások kiindulópontját is képezi. A Jelölt később ezekből von le megállapításokat és tesz javaslatokat.

A felmért lakóépületek átlagos építési ideje 1966 (8.1. ábra), amiből következik, hogy az országos energiafelhasználásban az új, korszerűbb épületek aránya alacsony, és ez még hosszabb ideig is jelentősen meghatározni a szektorális energiafogyasztást. Kérdésem, hogy a 8.3. ábrán mi magyarázza a 20-as tipológiához tartozó kiugró értéket?

A felmérések értékelése során fontos cél volt meghatározni az épületek felújítottságának mértékét. Kérdés, hogy miben kereshetjük a kapott, viszonylagosan alacsony értékek magyarázatát, miközben a 8.2., 8.3. és a 8.4. pontokban – a határoló szerkezetek, a nyílászárók és árnyékolók valamint a fűtési rendszerekre vonatkozóan is az a megállapítás szerepel, hogy azok jelentős mértékben felújításra szorulnak.

Értékes megállapításoknak tartom a 8.7. pontban szereplő alternatív energiaellátásra (biomassza, napenergia, talajhő, termálvíz, stb.) vonatkozó megállapításokat, valamint a felmért 2029 épületre meghatározott számított legfontosabb mutatókat (8.4. és 8.5. táblázatok), amelyek összefoglalják a lakóházra, társasházakra és a teljes állományra vonatkozó átlagértékek az országos lakásszámmal súlyozva.

Külön értékelendő, hogy a Jelölt módszertani javaslatott tesz energiahatékonysági határértékek megállapításához.

A disszertáció másik legértékesebb fejezete *Referencia épület modellek és korszerűsítési opciók*. A Jelölt a felmért minták alapján épülettípusonként egy-egy referencia épület modellt hozott létre, ami alkalmazható a korszerűsítések hatásának vizsgálatára. A 23 kidolgozott épület típusra mintegy 300 racionálisan ajánlható energiahatékonysági felújítási terv- és energetikai számítási változat készült el. A vizsgált korszerűsítések magukban foglalják a komplex épületszerkezeti korszerűsítést valamint a megújuló energia alapú (biomassza, napenergiás, stb.) és kombinált megoldásokat is. A felmért épületek és a modellépületek eredményei között tapasztalható kis mértékű eltérés, de ez nem okozott szignifikáns hibát a felújított változatok számításakor. Ezt igazolják a 9.1. ábrán bemutatott fajlagos hőveszteség tényezőknek valamint a 9.2. ábrán bemutatott fajlagos nettó fűtési energiaigényeknek a felmérések és számítások során kapott értékeinek az összehasonlításai. Összefoglalva megállapítható, hogy a kidolgozott épületmodellek alkalmasak a sokaság modellezésére is.

A disszertáció során bemutatott kutatásnak nem volt elsődleges célja a költségoptimalizált követelményszint meghatározása, így a Jelölt csupán azt elemezte, hogy e követelményszint mekkora megtakarítási potenciált rejt magába a lakóépület-állomány korszerűsítése esetén. Ennek

megfelelően a 9.5. ábra az összesített energetikai jellemző (E_p , kWhm²év) alakulását mutatja be a korszerűsítés nélkül (felmérés alapján) és költségoptimalizált követelményszinteknek megfelelő korszerűsítés esetén. Megjegyzem továbbá, hogy az E_p összesített energetikai jellemző megtalálható a Jelölésjegyzékben, de annak pontos tartalma nincs definiálva, kérem ennek pótlását.

A *Szektoriális kivetítés* fejezetben a jelölt az épületek alapterületére fajlagosított primer energiafelhasználásból és a szén-dioxid kibocsátásból az eredményeket extrapolálta a megyei és országos szintre. Az így kapott primer energia felhasználásokat a 10.2. táblázat, széndioxid emissziókat pedig a 10.3. táblázat tartalmazza. Meghatározta az energiahordozónkénti energiafelhasználásokat is (10.1. táblázat), megadva hogy azok milyen feltételezések mellett érvényesek.

Végezetül érdemes megemlíteni a disszertáció mellékletében megadott 10 tételt, amelyek rendkívül fontos támogató információkat tartalmaznak a dolgozat tudományos értékeinek alátámasztására.

Az értekezés téziseire vonatkozó észrevételeim a következők:

A jelölt az új tudományos eredményeit 10 tézisben foglalja össze.

Az 1. tézis egy 23 elemből álló épületenergetikai tipológiai mátrix kidolgozásával kapcsolatos, amely alkalmas a hazai lakóépület-állomány energetikai értékelésére és modellezésére. Az épületek bemeneti paraméterei statisztikailag szignifikáns darabszámú, reprezentatív módon kiválasztott és felmért valós épület tulajdonságai alapján kerültek meghatározásra. A tézist új tudományos eredménynek fogadom el.

A 2. tézis a lakóépületek típus szerinti bontásában azok energetikai szempontból releváns fajlagos indikátor értékeinek (energiahordozónkénti végső energiaigény, a nem megújuló primerenergiaigény és széndioxid kibocsátás) meghatározásával foglalkozik, és eredményeket extrapolálja az a lakóépület-állomány egészére. Meghatározza a hazai lakóépület-állomány fajlagos nem megújuló primerenergia igényét. A tézist új tudományos eredménynek fogadom el.

A 3. tézis a „bottom-up” módszerrel meghatározott országos energiafelhasználás és az országos energiamérlegből kiadódó értékek összevetésével foglalkozik, és értékeli az eltérés okait. Ez döntően mérnöki munkának tudható be, így az ilyen formában megfogalmazott tézist új tudományos eredménynek nem fogadom el.

A 4. tézis olyan hatékonysági skála létrehozására szolgáló módszer kidolgozásával kapcsolatos, amely a lakóépület-állomány felmérési adatain alapul, és alkalmas az új épületekre vonatkozó sajátos szempontok figyelembevételére is. A felmérési minta adatai alapján sarokszámokat határoz meg a magyarországi kategória határok megállapításához. A tézist új tudományos eredménynek fogadom el.

Az 5. tézis A hazai a családi ház állomány biomassza hőtermelésre való átállításának lehetőségeit számszerűsíti és értékeli. Épülettípusonként meghatározza a jellegzetes, tűzifa alapú hőtermelőre történő átállási változatok indikátorait (fajlagos végső és nem megújuló primer energiafelhasználások). A tézist új tudományos eredménynek fogadom el.

A 6. tézis a hasznos tetőfelületek figyelembe vételével a teljes lakóépület-állományra vonatkozó napkollektoros használati melegvíz előállításra és napelemes villamos energiatermelésre szolgáló hasznosítási potenciál meghatározásával foglalkozik. Megállapításokat tesz a nem megújuló primer energiaigény változásra, annak elérhető

értékeire mind az energiahatékonysági korszerűsítés nélküli, mind pedig a korszerűsítési esetekben. A tézist új tudományos eredménynek fogadom el.

A 7. tézis a lakóépületek fűtésének és melegvzellátásának villamos hőellátásra való átállításának mértékét vizsgálja, és indikátorokat határoz meg az eredeti állapothoz viszonyítva. A tézist új tudományos eredménynek fogadom el.

A 8. tézis a gépi hűtés lakóépületekben való alkalmazását vizsgálja. Megállapításokat von le a nem megújuló primer energiafelhasználásról az általános alkalmazás esetén árnyékolók nélkül, a korszerűsítéssel kombinálva illetve az épületburok energetikai felújítása során. A tézist új tudományos eredménynek fogadom el.

A 9. tézis a lakóépületek különböző villamos hőellátási módozatait elemzi napelemek együttes alkalmazása esetén, hogy milyen mértékben lehet kiváltani a nem megújuló primerenergia felhasználást. Társasházak és családi házak esetén is megadja az éves és a havi szemléletben végzett számítás eredményeket. A tézist új tudományos eredménynek fogadom el.

A 10. tézis a helyben termelhető megújuló energia hasznosítás lehetőségeit tárgyalja legfeljebb egy illetve két megújuló energiára épülő technológiák alkalmazása esetén. Épülettípusonként meghatározza, hogy a kidolgozott referencia szerkezeti felújítás mellett milyen mértékű nem megújuló primer energiamegtakarítás realizálható. A tézist új tudományos eredménynek fogadom el.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a doktori munka tudományos eredményeit elegendőnek tartom az MTA doktora cím megszerzéséhez. A nyilvános védés kitűzését javaslom.

Budapest, 2023. 07. 31.



Farkas István
a műszaki tudomány doktora