

DOKTORI ÉRTEKEZÉS BÍRÁLATA

A MAGYARORSZÁGI LAKÓÉPÜLET-ÁLLOMÁNY ENERGETIKAI MODELLEZÉSE,
A KORSZERŰSÍTÉS LEHETŐSÉGEI**Csoknyai Tamás**

PhD, okleveles gépészmérnök

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Gépészmérnöki Kar

Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék

A részletes bemutatás előtt megállapítom, hogy a dolgozat célkitűzéseit és tartalmát tekintve aktuális, a hazai épületállomány energia korszerűsítését, energetikai hatékonyságának javítását szolgálja.

A részemre átadott anyag két jelentős részt tartalmaz:

- a dolgozat részletes leírása és
- a téziszfüzet.

Mindkét anyagot áttekintettem és észrevételeimet főként a dolgozatra figyelemmel fogalmazom meg.

Formai követelmények

Az anyag jól áttekinthető. Tartalomjegyzékkel és fogalom magyarázattal vezeti be ezt az összetett tudományterületet.

A teljes terjedelme 167 oldal, amelyből 116 oldal tekinthető a tényleges tartalmi bemutatásának és ezt 13 fejezet tartalmazza.

A 14. fejezetben a kiegészítő mellékletek találhatóak. Külön egység a táblázatok, az ábrák és a rövidítések jegyzéke.

Előnyös hogy a dolgozat elején a fogalmak meghatározásaival és azok magyarázatával is megismerkedhetünk. Fontos, mivel számos, kevésbé közismert kifejezést is használ.

Rövid bevezetés (1) után a célkitűzéseket (2) határozza meg.

Fontos célkitűzésként: adatokat és eljárásokat kívánt szolgáltatni a szakemberek, a területtel foglalkozó gazdaságpolitikusok részére a különféle szakpolitikai anyagok elkészítéséhez. Előnyös, hogy ezek nagyrésze a későbbiekben a tudományos eredmények ismertetésénél megtalálható. A megfogalmazás nem volt egyszerű feladat, mivel összetett problémakört vizsgál, melyhez pontos adathalmaz és felmérés mindenre kiterjedően nem állt rendelkezésre, Dicséretes, hogy saját vizsgálatokkal, korábbi pályázati munkák eredményeinek felhasználásával készítette az adathalmazokat, majd azokat összevetve modellezésekkel oldotta meg a célja elérését. Nem könnyű feloldani, és objektívnek maradni, mivel számos kérdésben (a jövőt tekintve) nincsenek megbízható gazdaságpolitikai információk. A tudományos eredmények és javaslatok nem függetlenek gazdálkodási kérdésektől, miközben a nemzetközi energetikai körülmények is jelentősen ható tényezők.

Helyesen tette, hogy éppen ezekből a problémákból kiindulva a munkájának határokat szab olyan mértékig, hogy mégis elfogadható, érdemi következtetéseket tudjon levonni. Igyekszik

kirekeszteni azokat makrogazdasági és externális hatásokat, amelyek a jelölt kompetenciáján kívülre esnek. Említi, hogy az adathalmazok jelentős része csapatmunka eredménye, de jelzi, hogy a következtetések levonásához, a módszertan a saját munkája, ami a szerkesztett táblázatokra is érvényes.

A 3. szakirodalmi fejezetet három fő részre bontotta.

Háttér anyagként bemutatta a szakpolitikai környezetet, és a hazai épület állomány fontosabb jellemzőit. Az ezt követő részben a lakóépület állomány modellezésével foglalkozik, bemutatja a modellezési eljárással kapcsolatos irodalmakat. A következő (3.3.2.) részben a rebound hatást jellemzi. Fontos ezek elemzése, mivel lényegi elemek, amelyek kihatnak a későbbi meghatározásokra.

A 4. módszertani áttekintő részben a jövőbeni korszerűsítések szempontjából csoportokat képezett. *A hét csoportban a lehetséges főbb variációkat igyekszik úgy besorolni, hogy a valós élethez a lehető legközelebb álljanak.* Figyelemmel van a meglévő épület állományra és a lehetséges energetikai korszerűsítésekre, beleértve az új technikai eljárások megjelenését is.

A következő **5. fejezet a lakásállomány statisztikai adatait tekinti át.** Rámutat, hogy meglehetősen bizonytalanok a bázis adatok, hiszen teljes részletességű számlálás nem valósult meg. *Jelentősebbek a bizonytalanságok, amikor a meglévő, mintegy 4,3 millió lakást csoportosítani kell a korszerűség és a felújíthatóság érdekében.*

A tipológiai (6.) fejezetben módszertani lehetőségeket vizsgál és három megközelítést elemez. *Ezzel pontosabb eredményeket kap, mivel építési időszakonként másfélék az eljárások, mások a geometriai jellemzők is, de a felhasznált építőanyagok, az éghajlati vonatkozások is.* A szintetikus átlagos épület bevezetésével a statisztikai elemzésekben reprezentatívabb eredményekhez jut. Tipológiai mátrixokat képezett, az épületállomány sokszínűségének plasztikusabb áttekinthetősége érdekében. A lakóépületek tipológiai mátrix alapú körülhatárolásánál figyelembe veszi az építési időket, az alkalmazott anyagokat valamint a különféle méreteket. A 23 soros mátrixot képekkel is szemlélteti.

Az (7.) **épületek felmérése** fejezetben kitér ki (7.1) a **mintavételezés módjára.** A felméréndő épületek számának megosztását táblázatban és diagramban rendezte. Az országos lakások számának alakulását a jellemzőbb épülettípusok sokszínűsége miatt, *az elemzés biztonságának fokozása érdekében, helyszíni szemlékkel és külön számításokkal is erősítette.*

Tekintve, hogy a felméréseket nagyszámú szakértő végezte, az egységesítés érdekében saját ellenőrzéseket végzett.

A 8. fejezet az épülettípusok energetikai állapotának értékelésével foglalkozik.

A magam részéről ezt egy nagyon fontos fejezetnek tartom. Számol az épület méretével, az építés időszakokkal stb. Ezekkel a későbbi számításokhoz átlagot tud képezni és előnyösen használja a felület és térfogat arányának szerepét (bemutatását).

Az eredményeit összevetette más felmérések eredményeivel, majd foglalkozik a **határoló szerkezetek hőátbocsátási tényezőivel.** *Megjegyzi, hogy e tényezőket ismerve nem mindegy, nem egyértelmű, hogy hogyan értelmezzük, hiszen az idő múlásával az állapotok jelentősen változnak (a burkoló falak, a nyílászárók stb.). Hasonlóan nem egyértelmű a fűtési rendszerek elemzése, nem meghatározott, hogy a különböző épületeknél milyen módszerekkel méri az energiafelhasználást (egyáltalán van e erre alkalom?).*

Rövid fejezetben (8.5) megemlíti a **használati melegvíz** rendszereket, majd a **gépi szellőztetés** kérdéseit (8.6.).

A felmérése alapján fontos fejezetnek ítélem meg az **alternatív energiaellátás** lehetőségeit (8.7.). *Megállapításai bizonytalanabbak az által, hogy a megújulók alkalmazása meghatározóan függ a jövőbeni gazdaságpolitikától és a technika által biztosított újabb lehetőségektől.* A ma rendelkezésre álló lehetőségeket áttekinti, az adathalmazokat diagramokban szemlélteti, amelyeknél fontos trendek figyelhetők meg.

8.8. fejezetben a számítások alapján ábrázolja a **felmért épületek energetikai jellemzőit**. Meglepő a magas medián és az átlagos eredmény is (277, ill. 307 kWh/m²év).

Az összesített energetikai jellemzők eloszlásfüggvénye a Weibull eloszlást követi (praxisomban csupán a szélenergiánál előforduló eloszlás).

Az anyag értékes része az **energetikai tanúsítványokkal foglalkozó** rész. A tanúsítványok hiányosságait feltárja. Felhívja a figyelmet, hogy a tanúsítvány nem feltétlenül megfelelő képet nyújt, mivel *a jelzések mellé további információk kellenek.* Mindenesetre meglepő a korszerű, vagy azt megközelítő minőségű épületek aránya. Egyben bizonyítja az energetikai korszerűsítés sürgető megkezdését és megvalósítását. *Helyesen ítéli meg, hogy az állományszintű változás nagyon lassú folyamat és számottevő változás csak több évtizedes távlatban érhető el. Az általa javasolt kategória szintek túlzottan szigorúnak tűnnek (persze jó lenne, ha elérhetnénk).*

A 9. fejezetben referencia épület modellekre végez számításokat.

Általában referenciaértékhez viszonyítja a különféle energia hordozókkal elérhető fajlagos fűtési igényeket és variációnként a különbözőségeiket. A választott épületformáknál eredeti és költségoptimalizált értékkel számol. Az eredeti szinte minden esetben jóval nagyobb, gyakran többszöröse a költségoptimalizáltnak. Első lépésben megvizsgálja, hogy megújuló energiák nélkül, csak az épületek korszerűsítésével (a különféle lehetőségekkel) milyen energiamegtakarítás értékek érhetőek el. *A legnagyobb megtakarítást a komplex rendszerrel éri el, ahol a gépészetet, hőszigetelést és a nyílászárók korszerűsítését is elvégzi. A küszöbértéket csak a nyílászárók korszerűsítésével éri el. Megjegyzem, hogy a fajlagos energiafelhasználás mellett nagy jelentőséggel bír a hagyományos rendszereknél adódó károsanyag kibocsátás (elsősorban a különféle gázok- és a porszennyeződés a meghatározó). A különböző korszerűsítéseknél csak a gépészetet vizsgálva téves eredményt kaphatunk, hiszen igen jelentős a költségvonzata a biológiai anyagok tüzelésre alkalmassá tétele. Ez vonatkozik a szemcsézettségre, a nedvességtartalomra és a szennyezettségre. Ezért nem tartom elégségesnek a jelzett kategorizálást.*

Az elektromos rendszerre való áttérés ugyancsak bonyolult, mivel a megoldások összefüggnek az épület kialakításával. Nem elégséges csupán a hűtés korszerűsítése, szükséges hozzá az épület, építmény megfelelő átalakítása is. Nem jelent azonos költséget a levegős hőszivattyú, vagy a vizes megoldás alkalmazása.

Pontosan nem tudtam értelmezni a 9.11 ábrát ahol az EP (eredeti állapot) különböző további elnevezéseit használja. *Mit ért a költségoptimalizált érték alatt, miközben a viszonyítási alapként a felmért eredeti állapotot jelöli meg? A hűtésre vonatkozóan ugyancsak nehezen áttekinthető a feldolgozás. Nem teljesen világos hogy a transzmissziós szerep alatt részleteiben mit ért. Ezért 9.12. ábra előtti bekezdést, a megfogalmazást pontosítani kellene.*

Lényeges a napkollektorokra vonatkozó fejezet, de a variációk meglehetősen nehezen kategorizálhatók. *Mind a napkollektorok, mind a foto-villamosegységek elhelyezése*

nagymértékben függ az épület tetőszerkezetének kialakításától és tájolásától, amely alapvetően meghatározza a várható termelésüket.

Megjegyzem, hogy a napkollektorokkal és napelemekkel kapcsolatos jellemzők várhatóan módosulnak, mivel a PV elemekre jellemző teljesítmények (sokféle fejlesztéssel) számottevően növekedtek. A kettő együttes alkalmazása (saját tapasztalataim alapján is) kevésbé gazdaságos. Ma már jobbnak hat csak a foto-villamosrendszerek használata és annak az integrálása az épület villamos energia rendszerével. Jelen körülmények között, amikor napelemek telepítését az urbánus környezetben, nem feltétlen objektív okok alapján engedélyezik, a kollektorok számával nem célszerű foglalkozni.

Várhatóan (rövidesen) előtérbe kerülnek az intelligens rendszerek, amelyek már a közvetlen kereskedelmi szempontokat is felvetnek a hálózatra történő kiadással kapcsolatban. A problémák felvetését és az alkalmazott számítási, csoportosítási módszereket elfogadom, de ezek ellenére az értékelést néhány év múlva tovább kell gondolni. Várható, hogy az urbánus területeken a villamos hálózatok átépítése, a kétirányú transzformátorok használata jelentős mértékben megváltoztatja a jelen helyzetet. Ehhez kapcsolható az akkumulátorok költségének változásai, valamint a használati lehetőségeik a családi házaknál. A helyzetet jól szemlélteti a 9.19. ábra, ahol a napelemes termelés a nyári időszakban minden túlhalad. Ezért is a közösségi hálózatok gazdaságos használata, okos energiamérési rendszerekkel történő kiegészítése nélkül nehezen képzelhető el.

A 9.22. ábrán a fajlagos primer energiaigényt összeveti a napelemek által maximálisan kiváltható energiával. Hiányolom hogy a hagyományos levegő-levegő hőszivattyúknál nem vette figyelembe, hogy ezekkel a berendezésekkel ma már az átmeneti időszakokban a fűtés is gazdaságosan megoldható.

Az 10.2 és 10.3. táblázatok az olvasó számára áttekinthetetlenek. Jobb lenne csak a mellékletben közölni és itt csupán a tapasztalatokat megosztani az olvasóval.

A 107. oldal biomasszára vonatkozó megállapításai helyesek. Részletes áttekintése alapján megállapítja, hogy az energetikai célú biomassza felhasználás szerepe változik. Megítélésem szerint a családiházaknál már középtávon is jelentősebben mérséklődik, hosszú távon az alkalmazásuk nem perspektivikus.

Az összefoglalás fejezete tömör, jól áttekinthető és az ezzel foglalkozó szakembereknek fontos és jól felhasználható információkat szolgáltat.

A 12. fejezet foglalkozik az új tudományos eredményekkel (tézisek).

A bevezető részében (helyesen) megállapítja, hogy a konkrét észrevételei, a tudományos eredményei milyen körülmények között hatnak, mely régiókra lehetnek igazak.

Az 1. tézist elfogadom, mint a meglévő állapot korrekt, tudományos felmérését. Az eredményekben nem kételkedem.

*A 2. tézis (módszer) a nagyszámú és sokféle lakóépületet tipológiai mátrixok képzésével egyszerűsíti. A kivetítést a teljes épületállományra meggyőző, **elfogadhatónak tekintem** (a vetítés helytálló).*

*A 3. tézist ugyancsak **elfogadom**. Az energiahatékonyságra vonatkozó módszert megfelelőnek találom.*

A 4. tézis. A módszert és a hatékonysági **skálát elfogadom.** *A kapott számok információként jók, de ilyen pontossággal kevésbé tartom a határokat meghatározónak (~, vagy tól – ig kellene).*

Az **5. tézis.** Biomassza alapú hőtermelésre vonatkozó megállapítások az átlátható középtávon relevánsak is lehetnek, de jelentős változás várható, hiszen önmagában a tüzelőberendezés nem jelent a hatékony fűtést, ha az előkészítés a feldolgozás és a tárolás nincs tökéletesen megoldva. A trend inkább negatív lehet, mivel a hatékony használathoz számos (nem olcsó eljárásokat szorgalmazó) intézkedés kell. Inkább a csökkenéssel számolnék. **A tézist rövidíteném, egyértelműbb állásfoglalás kellene.**

A 6. tézis. A 25%-os szám **önmagában kevés,** mivel nincs megjelölve a kapacitási arány. Ez vonatkozik a korszerűsítésre is. Egyértelmű a PV előnye a kollektorral szemben. *A hatékonysági megállapítások elfogadhatók, de a beépített kapacitások mértékétől, a költségektől nem lehet elvonkoztatni.* A megújuló energiák használatának a **költséghatékonyság a közérthetőbb jellemzője** és még nem beszéltünk az urbánus környezet villamos hálózatának rendezési költségeiről.

A 7. tézist elfogadom. Egyértelműbb lenne, ha megjelöli: pl. a primer oldal: talaj vagy víz, a szekunder oldal: víz vagy levegő?

A 8 tézis. Az építése vonatkozólag csak **kiegészítésekkel tudom elfogadni.** A transzmisszióra, az épület burokra vonatkozóan kitévelt az anyagban nem látom teljesen bizonyítottnak.

A 9. tézist, az alkalmazott módszer alapján kapott tendenciákat elfogadom. A napelemek alkalmazására vonatkozóan jól alátámasztott, viszont a végeredmények függenek a gazdaságpolitikai körülményektől, a gazdasági szabályozástól. A végzett számítások a jelen gazdaságpolitikai állapotot szemléltetik. Több európai országban is másként hatnak, a hálózati szolgáltatás preferenciáitól függően (de a hő-szivattyúzás leírását is pontosítani kellene).

A 10. tézis. A helyben termelhető megújuló energiahasznosítás lehetőségeit taglalja és több megállapítást is tartalmaz. **E tétel utolsó előtti mondatát elfogadom.** A többinél nem teljesen pontosak a megfogalmazások, pl. a hőszivattyú adja a legnagyobb megtakarítást, igen, de: milyen a rendszer? Nagyobb társasház csoportra a geotermikus energia hálózat csatolása már kifejezetten gazdaságos (nem említi). Magyarország kedvező helyzete miatt igen fontos lehet.

Összességében a dolgozatot kiválóan tartom. Ismereteimet is kiegészítve pontosabb áttekintés nyújt a hazai épületállomány üzemeltetési, energetikai vonatkozásaira. Korszerű tudományos módszereket használ, ami az alapadatok sokfélesége, bonyolultsága miatt nagyobb megbízhatóságot szolgáltat. Az eredményeket a konkrét felmérésekkel, validáltnak tekintem. Megállapításai számottevően általános érvényűek.

Ezek alapján a dolgozatot nyilvános vitára alkalmasnak tartom.

Gödöllő, 2023. 04. 06.

Prof. Dr. Tóth László DSc

professor emeritus

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem