

A jogszabályi változások következményei a lakóépületek energetikai besorolására 2. rész

Dr. Horváth Miklós – Dr. Horváth Áron – Székely Judit – Dr. Csoknyai Tamás

Kivonat

Cikkünk első részében azt vizsgáltuk meg, hogy milyen a hazai lakóépület állomány energetikai minősége több mint 1500 felmért lakóépület alapján. Mindezt megnéztük a már hatályon kívül helyezett TNM rendelet [1] szerint és a helyette életbe lépett ÉKM rendelet [2] szerint. Láttuk, hogy a számítási módszer megváltozása némileg módosította az épületállományról alkotott képet, de ennek mértéke nem nagyon jelentős. Cikkünk második részében kétféle megközelítéssel megvizsgáljuk az átszámítás lehetőségét a TNM és az ÉKM módszer között.

Ezután ezt az eredményt felhasználva a *Bene* és munkatársai által készített [3], 2016 és 2020 között tanúsított lakóépületek adatain alapuló elemzés eredményeit is átszámítjuk az ÉKM módszertan szerint. Ezáltal többféle becslést nyújtottunk a magyarországi lakóingatlan-állomány energetikai kategóriák szerinti megoszlásáról az ÉKM rendelet keretei között és az elérhető információk függvényében többféle átszámítási megoldást ajánlunk.

Abstract

In the first part of our article, we examined the energy performance of the Hungarian residential building stock based on more than 1500 surveyed residential buildings. We looked at all this according to the old energy rulebook that has already been repealed and a new decree that came into force in its place. It was concluded that the change in the calculation method has slightly altered the picture of the building stock, but the extent is not very significant. In the second part of the article, we examine the possibility of conversion between the old and the new methods with two different statistical approaches.

Then, using the developed formula, the results of the analysis based on data from certified residential buildings prepared by Bene et al. [3] between 2016 and 2020 are also converted according to the new methodology. Thus, we provided several estimates of the distribution of the Hungarian residential real estate stock by energy categories within the framework of the new energy performance regulation.



Dr. Horváth Miklós

Dr. Csoknyai Tamás

BME Gépészmérnöki Kar
Épületgépészeti és Gépészeti
Eljárás technika Tanszék



Dr. Horváth Áron

ELTINGA Ingatlan-
piaci Kutatóközpont /
MEHI (Magyar
Energiahatékonysági
Intézet)

*Székely
Judit,*
Központi
Statisztikai
Hivatal



Átszámítási lehetőségek

Függvénykapcsolat keresés az MS Excel segítségével

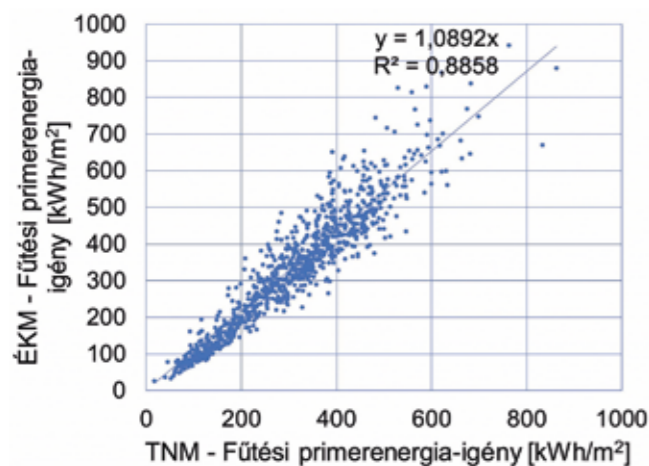
A következő oldalon látható **1 - 3. ábrák** ábrázolják a fűtési-, a melegvíz- és a teljes fajlagos nem megújuló primer energiaigényt az egyes ingatlanok esetén mind az ÉKM, mind a TNM rendelet szerint. Látható, hogy a korreláció magas, de van jelentős szórás. Lineáris kapcsolatot feltételezve, a 0 energiaigény fizikai azonossága miatt konstans nélkül becsülve, a trendvonalak egyenletéből megállapítható, hogy fűtés esetén az ÉKM rendelet [2] 8,9%-kal nagyobb, melegvíz esetén 20%-kal kisebb, a teljes nem megújuló primer energiafelhasználás esetén pedig 6%-kal nagyobb értéket ad nagy átlagban. Az ábrákon a szemléletesség kedvéért a 45 fokos egyenest is feltüntettük.

Ugyanakkor a lineáris kapcsolat fizikai alapon teljes mértékben nem megmagyarázható. Vannak ugyan olyan bemenő konstansok, amelyek az ÉKM rendeletben mások, mint a TNM rendelet [1] esetén (például családi házakra a melegvíz fajlagos nettó hőenergia igénye vagy egyes primer tényezők), de ezek összességében nem meghatározók. Szemléletesebben mutatják a **4. ábra**, illetve az **5. ábra** trendvonalai azt, hogy a fogyasztás függvényében hogyan alakul a két számítási módszer eredménye. Ezeken az ÉKM rendelet szerinti E_p érték függvényében olvasható le az a szorzó, amivel a TNM rendelet szerinti E_p értéket megszorozva megbecsülhetjük az ÉKM rendelet szerinti E_p értéket. A szórás azonban jelentős: a legnagyobb R^2 logaritmus regressziós függvény esetén adódott, de értéke így is igen alacsony. Látható, hogy 200 kWh/m²év felett az ÉKM rendelet a TNM rendelethez képest inkább nagyobb, alatta pedig inkább kisebb értéket ad. Minél jobb az épület, annál inkább. Az is megállapítható, hogy a családi és a társasházak között nincs jelentős különbség, mert a két regressziós görbe közel áll egymáshoz, elfogadható az 5. ábra trendvonalát használni általánosan.

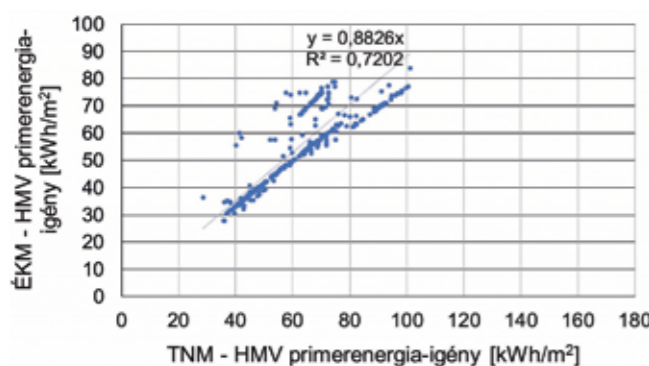
Meg kell azonban jegyezni, hogy alacsony E_p értékek esetén alacsony a mintaszám, mindössze 27 épület (a minta 1,7%-a) tekinthető az ÉKM rendelet szerint közel nulla energiafelhasználásúnak („A” vagy jobb kategória, ld. 1), 70 kWh/m²év alatt alig van épület a mintában. Ezért az ábrák alapján meghatározott függvények alacsony E_p értékek esetén kevésbé megbízhatók, főleg ha figyelembe vesszük, hogy a manapság gyakori hőszivattyús hőellátás a mintában még szinte egyáltalán nem fordult elő.

Ki kell emelni, hogy hőszivattyúk esetén ez a módszer nem megbízható, mert a villamos áram primer tényezője a jogszabály váltással 1,8-ról 2,3-ra nőtt (azaz míg a régi számítás szerint – egy hibás általános értelmezés miatt – az 1 kWh

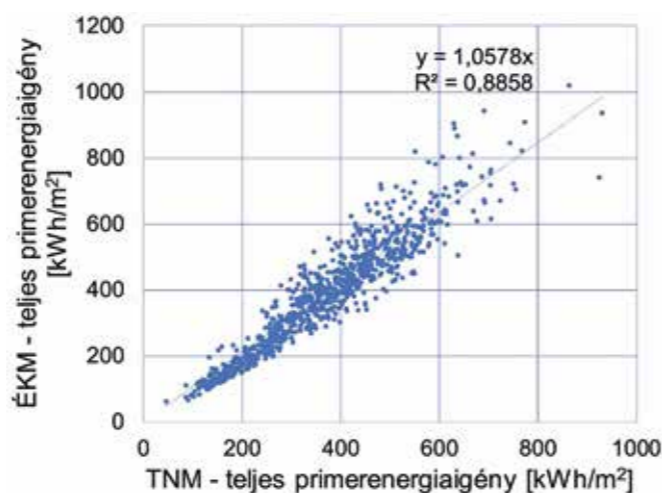
hőszivattyú által elfogyasztott villamos energiához 1,8 kWh primer energiafogyasztás adódott, az új számítás szerint ez 2,3 kWh-ra nőtt), tehát az 1 alatti váltószám vélhetően nem jó. Ugyanakkor a teljesítménytényezők is változtak. Használható váltószám meghatározásához erre az esetre további vizsgálatok szükségesek.



1. ábra. A fűtési fajlagos nem megújuló primerenergia-igény az ÉKM rendelet szerint (függőleges tengely) és a TNM rendelet szerint (vízszintes tengely) meghatározva; a minta összes épületére (társas- és családi házak). Egy adatponthoz tartozó vízszintes tengelyen leolvasható érték egy mintaépület TNM szerint számolt fűtési primerenergia-igénye, a függőleges tengelyen leolvasható érték pedig ugyanazon épület ÉKM szerint számolt azonos mutatója.

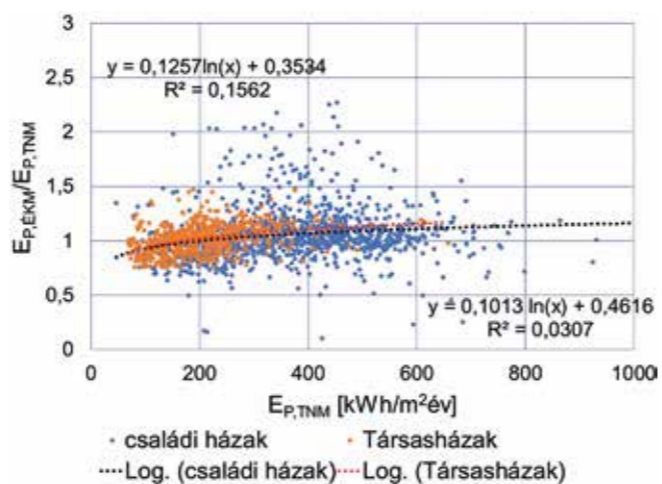


2. ábra. A melegvízellátás fajlagos nem megújuló primerenergia-igénye az ÉKM rendelet szerint (függőleges tengely) és a TNM rendelet szerint (vízszintes tengely) meghatározva; a minta összes épületére (társas- és családi házak). Egy adatponthoz tartozó vízszintes tengelyen leolvasható érték egy mintaépület TNM szerint számolt melegvízellátási primerenergia-igénye, a függőleges tengelyen leolvasható érték pedig ugyanazon épület ÉKM szerint számolt azonos mutatója.



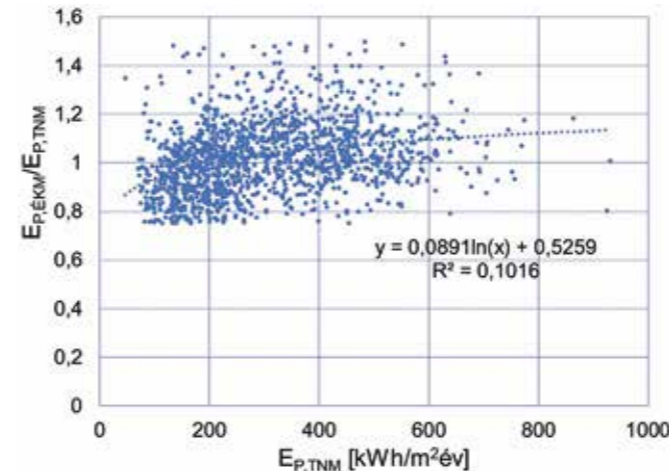
3. ábra. Az épületek teljes fajlagos nem megújuló primerenergia-igénye az ÉKM rendelet szerint (függőleges tengely) és a TNM rendelet szerint (vízszintes tengely) meghatározva; a minta összes épületére (társas- és családi házak).

Egy adatponthoz tartozó vízszintes tengelyen leolvasható érték egy mintaépület TNM szerint számolt teljes primerenergia-igénye, a függőleges tengelyen leolvasható érték pedig ugyanazon épület ÉKM szerint számolt azonos mutatója.



4. ábra. Az ÉKM rendelet szerint és a TNM rendelet szerint meghatározott E_p érték hányadosa; a minta összes épületére (társas- és családi házak); vízszintes tengelyen a TNM rendelet szerinti E_p érték.

Az egy adatponthoz tartozó, a vízszintes tengelyen leolvasható érték egy mintaépület TNM szerint számolt teljes primerenergia-igénye, a függőleges tengelyen leolvasható érték pedig ugyanazon épület ÉKM szerint számolt és TNM szerint számolt teljes azonos teljes primerenergia-igények hányadosa



5. ábra. Az ÉKM rendelet szerint és a TNM rendelet szerint meghatározott E_p érték hányadosa; a minta összes épületére (összes épület); a vízszintes tengelyen a TNM rendelet szerinti E_p érték. Egy adatponthoz tartozó, a vízszintes tengelyen leolvasható érték egy mintaépület TNM szerint számolt teljes primerenergia-igénye, a függőleges tengelyen leolvasható érték pedig ugyanazon épület ÉKM szerint számolt és a TNM szerint számolt teljes azonos teljes primerenergia-igények hányadosa.

Statisztikai modellezés

Az előzőekben bemutatott, hogy a korábbi TNM és a jelenlegi ÉKM rendelet szerinti számítási módszer eredményei között nincs egyszerű determinisztikus kapcsolat. A számítások eredménye függ az ingatlan részletes jellemzőitől. Ebben a részben azt mutatjuk be, hogy statisztikai alapon mennyire áll közel a két számítás eredménye a rendelkezésre álló épületek változatos halmazán. Specifikálunk egy olyan minimális modellt is, amelyben az ingatlanra vonatkozó információk nélkül is átváltható a primerenergia-igény az előző és a jelenlegi rendszer között.

Először azt mutatjuk be, hogy a folytonos skálán mért és az elemi módszerekkel egyszerű kategóriaváltozókká alakítható épületjellemzők figyelembevételével milyen statisztikai kapcsolat áll fenn a két számítási módszer eredménye között.

A változók csoportosítása az alábbiakban látható. Vizsgálataink során több összevonást is kipróbáltunk a kategóriák között, és az eredmények nem változtak számottevően, ezért tanulmányunkban csak egy specifikációt mutatunk be.

Folytonos változók

- $E_{F,TNM}$ (magyarozott változó) – a fűtés fajlagos nem megújuló primerenergia-igénye a TNM rendelet szerint,
- $E_{F,ÉKM}$ (magyarozott változó) – a fűtés fajlagos nem megújuló primerenergia-igénye az ÉKM rendelet szerint, az összes fűtött szinterterületre,
- q_{TNM} – a fajlagos hőveszteség tényező, azaz az egy fűtött légköbméterre jutó hőveszteség sugárzási nyereségekkel csökkentett értéke a TNM rendelet szerint,
- $q_{ÉKM}$ – a fajlagos hőveszteség tényező az ÉKM rendelet szerint.

Kategória változók

Az építés éve

- 1945 előtt épült
- 1945-59 között épült
- 1960-79 között épült
- 1980-89 között épült
- 1990-2010 között épült
- 2010 után épült

A lakások száma

- 1-3 lakás
- 4-9 lakás
- 10+ lakás

Épülettípus

- családi ház (1-3 lakás)
- társasház (4 és több lakás)

Falazat

- panel
- vályog
- egyéb
- egyéb iparosított

Az energiaforrás típusa – fűtés

- földgáz
- h hőszivattyús áram
- pb gáz
- szén
- tűzifa, biomassa
- elektromos áram
 - o elektromos áram
 - o csúcson kívüli elektromos áram
- távfűtés
 - o fűtőművi távfűtés
 - o fűtőművi távfűtés (biomassa, megújuló)
 - o fűtőművi távfűtés (gáz, szén, olaj, nukl)
 - o távfűtés kapcsolt energiatermelés
 - o távfűtés, szolgáltató által megadva
 - o távfűtés + kapcsolt energia, (gáz, szén, olaj, nukleáris)

Az energiaforrás típusa – hmv

- földgáz
- pb gáz
- szén
- tűzifa, biomassa
- elektromos áram
 - o elektromos áram
 - o csúcson kívüli elektromos áram
- távfűtés

A teljes modell és tömörítése

A lineáris regressziós modell magyarázó változói között megtalálható az összes fent felsorolt változó, így a fűtött szinterterület, a TNM rendelet szerinti fajlagos hőveszteség tényező, az építés éve, a lakások száma, az épület típusa (ház vagy lakás), a falazat, az energiaforrás típusa (fűtés és melegvízellátás esetén), a fűtés típusa, illetve a TNM rendelet szerinti primerenergia-igény ($E_{P,TNM}$). A teljes modellben ezekkel a változókkal magyarázzuk a 2024-es primerenergia-igényt ($E_{P,ÉKM}$). A megfigyelések száma 1522, a modell R -négyzet értéke 93,1%, azaz nem determinisztikus, de nagyon erős kapcsolat áll fenn

az ÉKM és a TNM számítási módszer között. A függvény-állandókat az **1. táblázat** mutatja be, amely az összehasonlíthatóság kedvéért már tartalmazza két kompaktabb modell becsült együtthatóit is.

1. táblázat. Lineáris regressziós modellek becsült együtthatói

	1. teljes modell	2. mikro-cenzushoz igazított modell	3. minimális modell
Konstans	48,564	-13,371	-19,328
$E_{P,TNM}$	0,985	1,098	1,108
Összes fűtött szinterület (fűtött közös terekkel)	0,000	-16,353	
q (fajlagos hővesztés tényező) 2018	27,196		
ep45 1945 előtt épült	22,397		
ep60 1946-1960 között épült	22,630		
ep80 1961-1980 között épült	13,384	-8,080	
ep2000 1981-2000 között épült	4,540		
ep2010 2001-2010 között épült	1,263	-19,289	
lakásszám1 1-3 lakásos épület	-11,512		
lakásszám4 4-10 lakásos épület	-3,201		
társasház 1 lakásosnál több		8,095	
fala egy egyéb iparosított	-11,516,		
fala panel panel	-3,214		
fala mud vályog	-12,669		
futen gaz fűtés energiaforrás a gáz	-59,953		
futen hsziv fűtés, energiaforrás a hőszivattyú	2,614		
futen pbgaz fűtés, energiaforrás a pb-gáz	-91,059,		
futen szen fűtés, energiaforrás a szén	-12,539,	33,819	
futen tav távfűtés	-15,359		

futen fa fafűtés	-63,081	8,370	
hmv aram Melegvíz energia: áram	12,911		
hmv szén Melegvíz energia: szén	0,823,		
hmv táv Melegvíz: táv	7,364		
hmv fa Melegvíz energia: fa	37,069,		
fut hsziv fűtés: hőszivattyú	-75,261		
fut kasan fűtés: kazán	-5,478		
fut tav: fűtés: táv	-61,289		

A magas illeszkedési érték, több együttható bizonytalan becslése, valamint a sok változó adatigénye miatt felmerül a kérdés, hogy tömörebb modellek mennyire ragadják meg a TNM és az ÉKM módszer között a kapcsolatot. Az ebben a fejezetben deklarált statisztikai – és nem elméleti – alapon szelektáltunk ezért a modell változói között. A táblázat középső eredményoszlopának együtthatói alapján a stepwise módszerrel specifikált változókkal magyarázzuk a 2024-es primer energiaigényt ($E_{P,ÉKM}$). A megfigyelések száma 1521, a modell R -négyzet értéke 92,7%.

A becslés eredményeként adódó összefüggés:

$$E_{P,ÉKM} = -13,371 + 1,098 \cdot E_{P,TNM} - 16,353 \cdot K_1 - 19,289 \cdot K_2 + 33,819 \cdot K_3 - 8,080 \cdot K_4 + 8,095 \cdot K_5 + 8,370 \cdot K_6$$

ahol

$K_1 = 1$ ha az épület 2000 és 2009 között épült (egyébként értéke 0)

$K_2 = 1$ ha az épület 2010 és 2015 között épült (egyébként értéke 0)

$K_3 = 1$ szénfűtés esetén (egyébként értéke 0)

$K_4 = 1$ ha az épület 1980 és 2000 között épített (egyébként értéke 0)

$K_5 = 1$ ha az épület társasház (egyébként értéke 0)

$K_6 = 1$ fafűtés esetén (egyébként értéke 0)

Tehát például – a többi jellemző értékének változatlansága mellett – a társasházak számított energiaigénye 8,095 kWh/m²év értékkel nagyobb az ÉKM rendelet szerinti számításban. Természetesen az ingatlanok jellemzőinek sokrétű eltérése miatt ezek az együtthatók nem értelmezhetők hatásként, hanem a statisztikai alapon becsült átszámítási módszer értékeiként használhatók.

A tömörebb, minimális modellnek alig alacsonyabb az R -négyzet értéke a teljes modellhez képest (92,7% vs. 93,1%), azaz jól tömöríti az információt.

A minimális modell

A gyakorlati számítások során előfordulhat az az eset, hogy semmilyen épületjellemező nem áll rendelkezésre az ingatlanról. Ezért ebben a második regresszióban megmutatjuk, hogy csak a korábbi (TNM-es) energiaigény ismerete milyen statisztikai kapcsolatban áll az új számítási eredménnyel. A lineáris regressziós modell magyarázó változója a TNM rendelet szerinti primerenergia-igény ($E_{P,TNM}$), amivel a 2024-es primerenergia-igényt magyarázzuk ($E_{P,ÉKM}$). A megfigyelések száma 1521, a modell R -négyzet értéke 92,5%, nem sokkal kisebb a teljes modelléhez képest. Ez a képlet lehetővé teszi azt is, hogy a TNM rendelet alapján kiszámított értékeket statisztikai alapon az ÉKM rendelet szerinti értékre számítsuk át, az ingatlan bármilyen jellemzője nélkül.

$$E_{P,ÉKM} = -19,328 + 1,108 \cdot E_{P,TNM}$$

A minimális modell nem módosul számottevően, ha a számításokat külön-külön végezzük el családi házakra és társasházakra vonatkozóan.

Ekkor a családi házakra vonatkozóan 0,89%-os R^2 mellett a következő összefüggés adódik:

$$E_{P,ÉKM} = -26,123 + 1,119 \cdot E_{P,TNM}$$

A társasházak esetében az R^2 0,93%, a függvény pedig a következő:

$$E_{P,ÉKM} = -25,097 + 1,155 \cdot E_{P,TNM}$$

A magyarországi lakóingatlan állomány primerenergia-igény szerinti megoszlásának becslése energiatanúsítványok alapján

Az előzőekben ismertetett teljes modell képlete alapján elvégeztük a mikro-cenzuson alapuló állománybecslés átváltását. A modell segítségével egy korábbi, a mikro-cenzuson alapuló, TNM rendeletre épülő számítás eredményeit [1] váltottuk át az ÉKM rendelet szerinti esetre. A hivatkozott cikk a 2016. január 1. és 2020. december 31. között készült lakóépület tanúsítványok adatait értékelte.

Az állományt reprezentáló mikro-cenzus adatbázison is elvégezve az átváltást a **2. táblázat** adódik a régiók szerinti

átlagokra, a **3. táblázat** pedig a taxonómia szempontból releváns 15%-os határértékekre az ÉKM rendelet szerinti primerenergia igény határok becslésére. Az ország teljes lakásállományára korábban elkészült [3], a TNM rendelet szerinti becslés alapján átlagosan 281 kWh/m²a volt a lakások energiaigénye. A lakásállományt reprezentáló mikro-cenzus állományon valamennyi rekord tartalmazott egy TNM szerinti becsült energiaigény-adatot. Ezeket az egyedi becsléseket a mikro-cenzusban elérhető épületjellemezők felhasználásával számítottuk át – a 2. modell fentiekben ismertetett képlete alapján – az ÉKM szerinti értékre. Az így átváltott értékek országos átlaga 291 kWh/m²a lett. A becslések alsó és felső 15 percentilis értékét és régiós alakulását a 3. táblázatban mutatjuk be. A legjobb minőségű 15% határa a korábbi, TNM szerint megállapított 161-ről 155-re módosult az új számítási rendszerben. A legrosszabb 15% határa 445-ről 429-re csökkent az ÉKM szerinti rendszerben.

2. táblázat. A magyarországi lakóingatlan állomány energetikai kategóriák szerinti becsült megoszlása

	Családi házak	Társasházak	Összesen
A és B	27 675	43 328	71 003
C	38 799	150 104	188 903
D	87 394	285 314	372 708
E	145 675	348 590	494 265
F	208 073	317 749	525 822
G	385 780	334 556	720 336
H	683 397	178 570	861 967
I	1 224 061	28 233	1 252 294
Összesen	2 800 854	1 686 444	4 487 298

3. táblázat. A magyarországi lakóingatlan állomány regionális megoszlása a taxonómia szempontból releváns 15%-os határértékek feltüntetésével (kWh/m²a)

	Átlag	Felső 15% határa	Alsó 15% határa	Átlag	Felső 15% határa	Alsó 15% határa	Átlag	Felső 15% határa	Alsó 15% határa
Budapest	283	159	409	215	124	310	229	126	333
Pest megye	306	166	441	184	121	250	289	153	430
Közép-Dunántúl	340	212	454	195	139	255	288	162	429
Nyugat-Dunántúl	326	191	442	196	138	258	281	158	422
Dél-Dunántúl	359	253	445	190	106	287	308	159	434
Észak-Magyarország	375	267	463	209	141	279	328	186	452
Észak-Alföld	364	254	456	198	150	253	326	184	446
Dél-Alföld	362	263	443	203	125	276	321	183	435
Mindösszesen	343	219	449	205	127	286	291	155	429

Összegzés

Láthattuk, hogy a régi TNM és az új ÉKM rendelet közötti módszertani eltérések nem teszik lehetővé az egyszerű és közvetlen átszámítást, ugyanakkor statisztikai elemzéseink révén sikerült jellemző trendeket és korrelációkat feltárni. Ezek az eredmények alapul szolgáltak egy új energiahatékonysági skála kidolgozásához, amely megfelel az EPBD és az EU Taxonómia előírásainak. Az általunk javasolt skála nemcsak az épületállomány energetikai állapotának pontosabb reprezentációját teszi lehetővé, hanem az épületek energiahatékonysági eloszlását is figyelembe veszi, hozzájárulva ezzel az épületállomány dekarbonizációjára irányuló hosszú távú célkitűzések megvalósításához.

Kidolgoztunk egy többváltozós modellt a TNM rendelet szerinti EP érték átszámítására az ÉKM rendelet módszertana szerint, illetve egy minimális modellt is ugyanerre a célra, amelyben csak a TNM rendelet szerinti E_p érték a magyarázó változó. Igazoltuk, hogy a többváltozós modell csak alig pontosabb a minimális modellnél, ezért elegendő az utóbbit alkalmazni. Fontos felhívni a figyelmet arra, hogy a javasolt képletek csak becslést adnak, nem helyettesítik a pontos számításokat. A cikkben a becslés pontosságáról is adtunk számszerű információkat.

A kutatás korlátja volt az, hogy egy 2015-ös épületállomány felmérésen alapult. Akkor még nem voltak jellemzők a közel nulla energiaigényű épületek. Ezért a kevés adatpont miatt **100 kWh/m²év primer energiafelhasználás alatt az átszámítási pontosság rohamosan romlik, 70 kWh/m²év alatt pedig nem alkalmas az átszámításra.** Ahhoz, hogy erre a tartományra is megbízható módszert adjuk, további kutatások szükségesek.

A Bene és munkatársai tanulmányának [1] adatain végzett átszámításaink révén sikerült becslést nyújtanunk a magyarországi lakóingatlan-állomány energetikai kategóriák szerinti megoszlásáról az ÉKM módszertan alapján. A hivatkozott tanulmány a 2016. és 2020. között készült tanúsítvány adatokat értékelte a TNM rendelet szerint, ennek eredményeit váltottuk át az új módszerre.

Az eredmények különösen fontosak lehetnek a bankszektor és a döntéshozók számára, akik az energiahatékonysági beruházások finanszírozásában kulcsszerepet játszanak.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Magyar Nemzeti Bank finanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- [1] 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról
<https://njt.hu/jogszabaly/2006-7-20-6F>
- [2] 9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról
<https://njt.hu/jogszabaly/2023-9-20-8X>
- [3] Bene Mónika – Ertl Antal – Horváth Áron – Mónus Gergely – Székely Judit: A magyarországi lakóingatlan-állomány energiaigényének becslése; Hitelintézeti Szemle, 22. évf. 3. szám, 2023. szeptember, 123–151. oldal.