

Háztartások energiafogyasztásának számítása a tervezés során, új módszerek fejlesztésének lehetőségei

Szűts András, Prof. Dr. Krómer István

*Óbudai Egyetem Alkalmazott Informatika Doktori Iskola
szuts.andras@phd.uni-obuda.hu; kromer.istvan@kvk.uni-obuda.hu*

Bevezetés

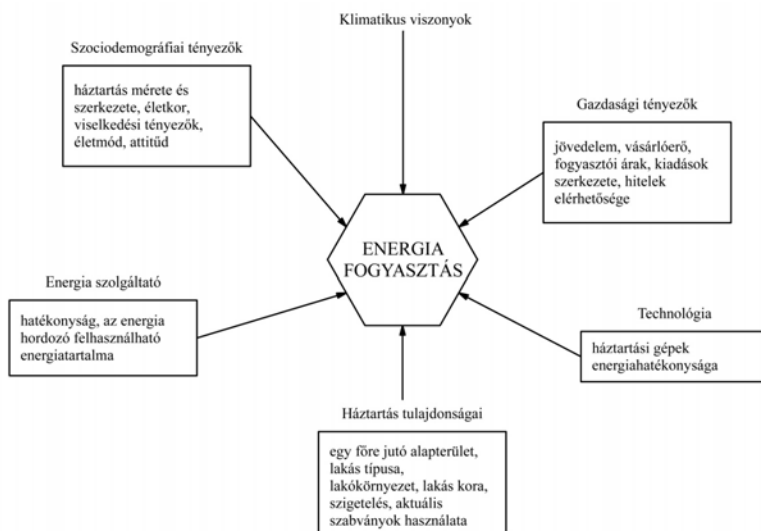
Magyarországon a teljes primer energiafogyasztás több mint egyharmadát a háztartások adják. Napjainkban ezért egyre fontosabb kérdéssé válik az otthonok energiafogyasztásának csökkentése és a felhasználásra kerülő energia hatékonyságának növelése. A pozitív hatás nem csak az üzemeltetők, lakók számára hozhat kézzelfogható hasznot, hanem makrogazdasági szinten is jelentős hatással bírhat.

Véleményünk szerint az energiahatékonyságra való tudatos törekvést már a tervezésekor el kell kezdeni, legyen szó akár új épületről akár felújításról. Ez a törekvés az általános hazai tervezői gyakorlatban többnyire kimerül a 7/2006. TNM rendeletben kötelezően előírt energetikai tanúsítvány elkészítésével, amely kutatásunk szerint nem alkalmas a tervezés során felmerülő energiahatékonysági, energiafogyasztási kérdések teljes körű megoldására, legfőképpen a fogyasztást meghatározó bizonytalansági tényezők kezelésére. A háztartások energiafogyasztására globális szinten számos közvetlen és közvetett tényező hat, amelyek jelentős bizonytalanságokat is hordoznak magukban. A tényezőket az 1. ábrán [1] szemléltetjük.

Amint az 1. ábrán látható egy lakóépület energiafogyasztása számos tényezőtől függ. Témánk szempontjából azonban három fő tényező-csoport emelendő ki:

- az épület koncepcionális kialakítása
- az épületben alkalmazott műszaki megoldások
- a lakóegységet használók magatartása

Szűts András, Krómer István: Háztartások energiafogyasztásának számítása a tervezés során, új módszerek fejlesztésének lehetőségei



1. ábra: a háztartások energiafogyasztására ható tényezők [1]

1. A jelenlegi tervezési gyakorlat

A jelenlegi hazai tervezési gyakorlatban általában, néhány példa értékű projektet kivéve, a rutinszerű, tapasztalati alapú tervezés dominál az energiatudatosság terén. A jogszabályok által előírt kötelező energetikai vizsgálatban a követelményértékek teljesítése a cél, nem az épület ténylegesen várható energiafogyasztásának számítása. Pedig ez utóbbi alapján megbízhatóan tájékoztatható lenne a megrendelő, az építető, vagy a tulajdonos, így készítve az esetleges változtatásokra. Véleményünk szerint a jelenlegi eljárási gyakorlat nem csak egy szereplőnek köszönhető, kialakulása a tervezéstől a használatbavételig tartó folyamat résztvevőinek eltérő attitűdjének és az általuk képviselt különböző gazdasági-társadalmi érdekeknek következménye. Sok esetben alapvető probléma, hogy a tervező számára nem áll rendelkezésre elegendő idő a munkája során felmerülő lehetséges koncepciók és műszaki megoldások részletes vizsgálatára, az optimális megoldás megtalálására. Leginkább ezzel indokolható a tapasztalati úton történő tervezés dominanciája. A problémára megoldást jelentene egy olyan informatikai alapokkal rendelkező döntéstámogató rendszer, amely hatékonyan támogatja a tervezőt, segít a különböző koncepciók és műszaki megoldások vizsgálatában, optimumának megkeresésében. Jelenleg azonban a hazai tervezők többnyire olyan szoftverekkel dolgoznak, amelyek a kötelezően előírt energetikai tanúsítvány számítási módszerére épülnek. A számítás vázlatos ismertetése a következő bekezdésben olvasható.

2. Az energetikai tanúsítvány

Magyarországon az energetikai tanúsítvány elkészítése a 7/2006. TNM rendeletben előírt számítás szerint történik. A számítás három szinten ír elő követelményértéket egy épület számára:

1. szint: az összesített energetikai jellemző
2. szint: a fajlagos hővesztéstényező
3. szint: a hőátbocsátási tényezők

A hőátbocsátási tényezők a határoló felületek műszaki paramétereinek alapján egzakt módon számíthatók, a határoló felületek átlagos hőátbocsátását adják meg. A fajlagos hővesztéstényező is műszaki paraméterek alapján számítható, azonban itt a szabvány figyelembe veszi a passzív (sugárzási) nyereségeket is, így egy fajlagos éves energiavesztésértéket kapunk. Kutatásunk szempontjából a szabályozás első szintje, az összesített energetikai jellemző releváns. Az összesített energetikai jellemző számítása során az alábbi fogyasztók fajlagos primer energiaigényét vesszük figyelembe:

- fűtés,
- melegvíz előállítás,
- szellőzési rendszerek,
- gépi hűtés,
- beépített világítás.

A fajlagos energiaigények számítása az alábbi táblázatban összefoglalt tervezési adatok alapján történik.

1. táblázat: A 7/2006. TNM rendeletben alkalmazott tervezési adatok [2]

Az épület rendeltetése	Légcsere- szám fűtési idényben n [1/h]			Használati melegvíz nettó hőenergia igénye q_{HMV} [kWh/m ² /a]	Világítás energia igénye q_{vil} [kWh/m ² /a]	Világítási energia igény korrekciós szorzó $u^4)$	Szakaszos üzem korrekciós szorzó $s^5)$	Belső hő- nyereség átlagos értéke q_b [W/m ²]
	1)	2)	3)					
Lakóépületek	0,5			30	(4) ⁹⁾	-	0,9	5
Irodaépületek	2	0,3	0,8	9	11	0,7	0,8	7
Oktatási épületek	2,5	0,3	0,9	7	6	0,6	0,8	9

⁹⁾ Lakóépületek esetében nem kell az összevont jellemzőben szerepeltetni

A táblázatból kiolvasható, hogy a jogszabály a légcsereszám, a használati melegvíz és a belső hőnyereség tekintetében egy átlagos fogyasztói értéket vesz figyelembe, illetve lakóépületek esetén a világítás energia igényét nem szerepelteti az összevont energetikai jellemzőben. Ezek alapján belátható, hogy amennyiben egy épület tervezése során mindössze a kötelező energetikai tanúsítványban előírt követelmények teljesítésére törekcsenek, gyakorlatilag figyelmen kívül hagyják a fogyasztói magatartást. Így a ténylegesen várható energiafogyasztás nem kerül meghatározására. A 7/2006. TNM rendeletben valószínűleg az épületek objektív összehasonlíthatósága végett alkalmaznak általános tervezési adatokat lakóépületekre vonatkozóan.

Egy építési beruházás tervezési fázisában véleményünk szerint lényegesebb szempont a várható tényleges energiafogyasztás megbízható meghatározása, mint a más épületekkel való összehasonlíthatóság. Egy beruházó, megrendelő, aki lakóépületek esetén gyakran maga a tulajdonos, könnyebben készíthető az igényei, illetve az alkalmazandó építészeti, műszaki megoldások megváltoztatására, a leendő vagy felújítandó épület, lakóegység energiahatékonyabbá tételére, ha tudja, hogy az általa megrendelt épület, lakás az üzemeltetés során mennyi energiát fog fogyasztani és így mekkora költségek várhatóak. Ha egy ilyen módszer sikeresen bekerülne a tervezési gyakorlatba, annak igen lényeges hatása lehetne az építési projektekre a megvalósulás és az üzemeltetés tekintetében, így az országos primer energia fogyasztás vonatkozásában is.

3. Új módszerek fejlesztési lehetőségei

Az előzőekben ismertetett problémára megoldást jelenthet egy, a tervezői folyamatba integrált rendszer fejlesztése, amely segítségével személyre szabhatóan számítható a tervezett lakóépület, lakóegység várható energia fogyasztása. A rendszernek alapvetően a fogyasztói igények és lehetőségek felmérésére kell épülnie, hiszen e tényezők hordoznak jelentős bizonytalanságot. Továbbá, ha csak közvetetten is, de meghatározzák az alkalmazandó műszaki tényezőket is. Így az igények és lehetőségek felmérése alapján határozható meg az optimális megoldás, az abban alkalmazott műszaki megoldások, illetve a fogyasztói magatartásból adódó bizonytalanságok, amelyek jelentősen befolyásolják egy háztartás energiafogyasztását. Fontos, hogy a kidolgozott rendszer valós felmérésen alapuló adatokat használjon, így elkerülve az energiafogyasztás esetleges túl- vagy alábecslését.

A tervezési folyamat során a tervezőknek számos szempontot kell figyelembe venniük az optimális megoldás keresésekor. Az leglényegesebb tervezési változók (a bevezetésben szereplő koncepcionális kategória elemei), amelyek alapvetően befolyásolják az épület energiafogyasztását, a környezeti terhelést, a lakók kényelmét, a fűtési és hűtési energiaigényt valamint a világítás igényét [3]:

- az épület formája,
- a tájolás,
- az épülettömeg,
- az üvegezés típusa és aránya,
- az árnyékolási jellemzők.

A gyakorlatban az előbb felsorolt öt tényezővel rendelkezhet a tervező „viszonylag” szabadon, ezek felhasználásával próbál egy olyan koncepciót kialakítani, amely mind az energetikai szempontnak, mind a megrendelő szempontjainak (esztétika, az épület költsége) megfelelő. A valós gyakorlatban azonban szinte lehetetlen, hogy a tervező az előző öt tényezővel leírt összes változatot megtervezze, megmodellezze, még azzal az egyszerűsítéssel élve is, hogy ezen öt tényező lényegében csak az épület legfőbb tulajdonságait hordozza. Egy épület (lakás) tervezése alapvetően is rendkívül komplex feladat, azonban az energiahatékonyságra és az energiafogyasztás csökkentésére való törekvés még komplexebbé teszi. Így nyilvánvalóan valamilyen hatékony segítségre van szüksége a tervezőnek munkája folyamán.

A gyakorlatban jelenleg a mérnöki szimuláción alapuló megoldások terjedtek el. Számos ilyen szoftvert dolgoztak ki világszerte az épületek energiahatékonyságának értékelésére, némelyeket épületenergetikai szabványok kidolgozására is alkalmaznak [4]. A szimulációs módszerek legfőbb hátránya esetünkben, hogy csak egy kész tervre vonatkozóan használhatóak, illetve mivel legnagyobb részben a tervezett épület műszaki paramétereire épülnek a fogyasztói szokások figyelembe vétele nem megoldott. A tervezőknek alapvetően egy gyors, hatékony megoldásra lenne szükségük, hogy már a koncepcióalkotás során megfelelő becslést tudjanak adni az épület várható energiafogyasztásáról. Mára több modellt is kidolgoztak világszerte az épületek energiafogyasztásának becslésére, ezek főbb tulajdonságait a következő táblázat tartalmazza.

2. táblázat: Épület energiafogyasztásának számítására használható modellek és tulajdonságaik [4]

Módszer	Modell	Futási sebesség	Szükséges adatok	Pontosság
Teljes szimuláció	Nagyon bonyolult	Lassú	Részletes	Nagyon pontos
Egyszerűsített szimuláció	Bonyolult	Gyors	Egyszerűsített	Pontos
ANN	Bonyolult	Gyors	Statisztikai adatok	Pontos
SVM	Nagyon bonyolult	Lassú	Statisztikai adatok	Nagyon pontos

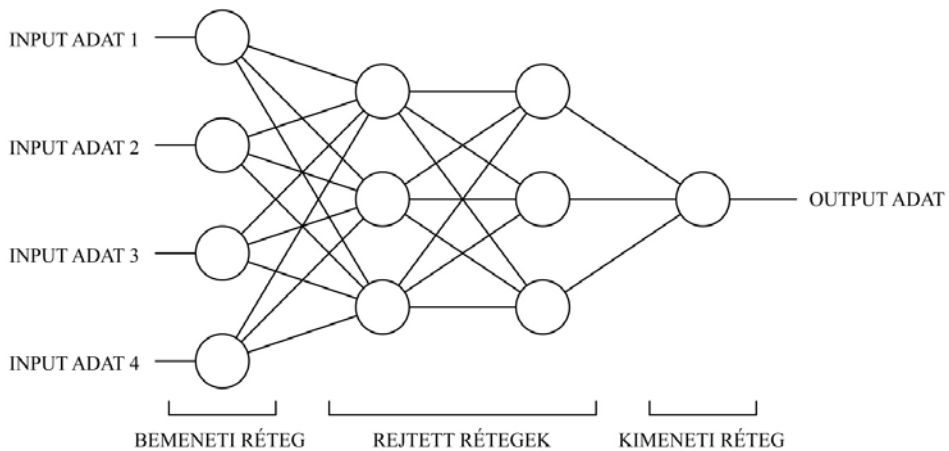
A szimulációs módszerek, melyeket hozzávetőlegesen ötven éve fejlesztenek, két jól elkülöníthető csoportba tartoznak, megkülönböztetünk átfogó, részletes és egyszerűsített módszereket. A teljes szimuláció gyakorlatilag minden fogyasztót és minden környezeti paramétert figyelembe vesz a számítás során, ennek köszönhető a modell bonyolultsága, lassúsága és a részletes bemenő adatok szükségessége. Az egyszerűsített szimulációs módszerek valamilyen irányban korlátozásokat tartalmaznak, mint például épület méret, időjárási viszonyok stb., ezért nem alkalmazhatóak teljes körűen az energiafogyasztás számítása során, annak ellenére, hogy többnyire gyors a futási sebességük. A mesterséges neurális háló alapú modell (ANN) az egyik legnépszerűbb modellezési technika épületek energetikai számításai során. Ez a modelltípus nagyon jól használható nem-lineáris problémák megoldására és hatékony komplex feladatokban is [4]. Mindezek mellett még a bemenő adatok előkészítésére is alkalmas. A szupport vektor gép (SVM) modelleket egyre szélesebb körben alkalmazzák az iparban és a kutatásban. Rendkívül hatékony módszer a nem-lineáris problémák megoldására kis mennyiségű rendelkezésre álló adat esetén is [4].

A különböző modellek elemzése alapján egy mesterséges neurális háló alapú modell rendelkezik a számunkra szükséges rendszer megfelelő működéséhez lényeges tulajdonságokkal, azonban más mesterséges intelligencia alapú modellek további fejlesztési lehetőségei is adóttak az épületenergetika témakörében. A következőkben a fogyasztói magatartásból származó bizonytalanságok kezelésének egyik lehetséges alternatívájával foglalkozunk.

4. A fogyasztói magatartás bizonytalanságainak kezelése

Az előző bekezdésekben vázolt, a tervezési folyamatba integrálható rendszer egyik legfontosabb része a fogyasztói magatartás által okozott bizonytalanságokat kezelő modell. Amint azt korábban említettünk, a hazai gyakorlatban a tervezési folyamat részét képező energetikai tanúsítás során a lakóépületeknél nem szükséges szerepeltetni a világítás energiaigényét, illetve a gépészeti rendszereken kívül más elektromos fogyasztók energiaigényét, pedig ezek lényeges hányadát alkotják a teljes energiafogyasztásnak. A szabály valószínűleg azért alakult így, mert egy lakóépület esetében a villamos energia ezen területeken történő használata hordozza a legnagyobb bizonytalanságot a fogyasztói magatartásnak köszönhetően. Az eltérő fogyasztói szokások modellezésére a rendelkezésünkre álló kutatási eredmények alapján leginkább egy mesterséges neurális háló alapú modell lehet alkalmas. A számítógépes, mesterséges neurális háló alapú modellek alapötletét a valódi idegsejtek felépítése és annak hálózata adta. A valódi idegsejtek hálózatához hasonlóan a mesterséges neurális hálózatok is rendelkeznek tanulási képességgel, a gyorsaság és a hibátűrő képesség tulajdonságával. A neurális háló alapú módszer alkalmas az energiafogyasztásra ható számos tényezők közötti összefüggés modellezésére [5]. Esetünkben a feladat megoldására egy többrétegű

neurális háló alapú modell használható, mely a bemeneti rétegen megjelenő megfelelő adatok hatására számítja a kimenő adatot, adatokat.



2. ábra: többrétegű neurális háló felépítése

A neurális háló bemeneti rétegének adatait a fogyasztói szokásoknak megfelelően kell kiválasztani. A fogyasztókra vonatkozó legfontosabb tényezők kutatásunk szerint, a műszaki paraméterek kihagyásával [6]:

- a háztartás jövedelme,
- a lakás típusa,
- a lakhatás formája (tulajdonos, bérlő),
- a lakás mérete,
- a település nagysága,
- a lakásban lakó gyerekek száma,
- a lakásban lakó felnőttek száma,
- az otthontartózkodók száma a nappali időszakban.

Véleményünk szerint mindezek az alábbi kiegészítésre szorulnak:

- a háztartásban élők legmagasabb iskolai végzettsége,
- a dolgozók aránya a háztartásban.

A felsorolt tényezők összességének figyelembevételével, megfelelő mennyiségű minta alapján felépített adatbázissal a neurális háló betanítható. Az így kapott mesterséges modell előre becsült hibahatáron belüli eredmények számítására képes, tehát a fogyasztói szokások által okozott bizonytalanság a háztartás energiafogyasztásának számítása során kezelhetővé válhat. A számítás során kapott eredmények és a műszaki paraméterek alapján meghatározott mutatók felhasználásával kellően megbízható becslést kaphatunk az épület, lakás vagy háztartás energiafogyasztására vonatkozóan. Az eredményt az tervezési-építési folyamat során nemcsak a tervező, hanem a megrendelő és a tulajdonos is hasznosíthatja.

5. Összefoglalás

Napjainkban a háztartások energiafogyasztásának csökkentése, és a felhasznált energia hatékonyságának növelése mind gazdaságilag, mind társadalmilag rendkívül jelentős cél. E cél elérése érdekében már az épületek, lakások tervezésénél fontos a várható tényleges energiafogyasztás megbízható becslése, mivel ezen adatok befolyásolhatják az egész építési projekt kimenetelét, így csökkentve a tényleges primer energiafogyasztást. Egy épület tervezése alapvetően is igen komplex feladat, amelynek komplexitását növeli, hogy az energiafogyasztás becsléséhez számos további tényezőt kell figyelembe venni, azok bizonytalanságaival együtt. Ezen összetett feladat megoldására a hagyományos tervezői gyakorlat nem teljes körűen alkalmas, szükséges valamilyen informatikai alapokkal rendelkező rendszer fejlesztése, amely hatékonyan tudja segíteni a tervezőt a tervezési folyamat során meghozandó döntéseiben. Megoldásként alkalmas lehet egy mesterséges neurális háló alapú modell a fogyasztói szokások által okozott bizonytalanságok kezelésére.

Irodalomjegyzék

- [1] Doris A. Fuchs, Sylvia Lorek (2000) 'An inquiry into the impact of globalization on the potential for 'sustainable consumption' in households', Report presented at the Workshop on Sustainable Household Consumption: Impacts, Goals and Indicators for Energy-use, Transport and Food, ProSus/CSTM, Enschede, 17.-19.11.2000., <http://doc.utwente.nl/67163/1/Fuchs00inquiry.pdf>
- [2] TMN rendelet 7/2006. (V. 24) Az épületek energetikai jellemzőinek a meghatározásáról
- [3] Gero, J. S., Neville, D. C. and Radford, A. D. (1983) 'Energy in context: A multi-criteria model for building design', Building and Environment, vol 18, no 3, pp99–107 idézte: D. Kolokotsa, C. Diakaki, E. Grigoroudis, G. Stavarakakis and K. Kalaitzakis (2009)

- [4] Hai-xiang Zhao, Frédéric Magoulès (2012) 'A review on the prediction of building energy consumption', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol 16, pp3586-3592
- [5] Merih Aydinalp, V. Ismet Ugursal, Alan S. Fung (2002) 'Modeling of the appliance, lighting, and spacecooling energy consumptions in the residential sector using neural networks', *Applied Energy*, vol 71, pp87-110
- [6] Merih Aydinalp, V. Ismet Ugursal, Alan S. Fung (2004) 'Modeling of the space and domestic hot-water heating energy-consumption in the residential sector using neural networks', *Applied Energy*, vol 79, pp159-178
- [7] D. Kolokotsa, C. Diakaki, E. Grigoroudis, G. Stavrakakis and K. Kalaitzakis (2009) 'Decision support methodologies on the energy efficiency and energy management in buildings', *ADVANCES IN BUILDING ENERGY RESEARCH*, vol 3, pp121-146
- [8] Baumann Mihály, Dr. Csoknyai Tamás, Dr. Kalmár Ferenc, Dr. Magyar Zoltán, Dr. Majoros András, Dr. Osztrólczy Miklós, Szalay Zsuzsa, Prof. Zöld András (2009) 'Épületenergetika segédlet', PTE Pollack Mihály Műszaki Kar
- [9] Altrichter Márta, Horváth Gábor, Pataki Béla, Strausz György, Takács Gábor, Valyon József (2006) 'Neurális hálózatok', Panem