

Közel nulla energiafelhasználású épületek felújításának számítási módszerei

Dr. Magyar Zoltán – Baráth Géza*

Abstract

RePublic_ZEB [1] is an IEE funded research project, which aims to develop economically sustainable strategies and policies to enforce the refurbishment of the public building stock towards nZEB levels, according to EU 20/20/20 target. In the research project the nZEB regulations of the participant countries were compared, a common definition of nZEB was proposed. In order to develop strategies and guidelines about refurbishment of the public building stock towards nZEBs reference buildings were defined and costs/benefits analyses of the packages of measures for the refurbishments were performed.

To determine the cost optimal and nearly zero energy levels building energetic calculations were performed on a student hostel with four different methods: the Hungarian calculation method according to national standards for building energetic calculations was run with simplified and detailed mode, an excel tool developed by a participant members of the research project and dynamic simulations run with TRNSys.

This paper presents the results of the four different methods.

1. Bevezetés

Az Európai Unió 2002-ben kiadott Épületenergetikai direktívája (EPBD) [2], majd a 2010-ben elkészült felülvizsgálata (EPBD recast) [3] előírta a tagállamoknak, hogy az irányelvekben foglalt alapelvek alapján dolgozzák ki a tagállami

- számítási módszertant, amellyel az épületek energiafogyasztása meghatározható, és összehasonlítható;
- követelményrendszert, amelynek betartása valamennyi új építésnél vagy jelentős felújításnál kötelező;
- a költségoptimalizált szint és a közel nulla energiaigényű épület definícióját és követelményeit.

A számítási módszertanra európai szabványrendszer készült, melyeket a tagállamok részben vagy teljesen honosítottak, majd a számítási módszertanukba részben (mivel nem kötelező), vagy egészben beépítettek. Ilyen szabványok többek között:

- MSZ EN ISO 15603: Épületek energetikai teljesítőképessége. A teljes energiaigény és az energetikai minőség meghatározása

- MSZ EN ISO 13790: Épületek hőtechnikai viselkedése. A fűtési energiaigény számítása
- MSZ EN 15316: Épületek fűtési rendszerei. A rendszer energiakövetelményeinek és hatékonyságának számításai módszere
- MSZ EN 15243: Épületek szellőztetése. Klimatizált épületek helyiség-hőmérsékletének, terhelésének és energiafelhasználásának számítása
- MSZ EN 15193: Épületek energetikai jellemzői. A világítás energetikai követelményei
- MSZ EN 15459: Épületek energetikai teljesítőképessége. Épületek energetikai rendszereinek gazdaságossági értékelési eljárása

A magyar számítási módszertan (7/2006. (V. 24.) TNM rendelet) saját számítási algoritmus szerint épül fel, az európai szabványokat nem hivatkozza. Így magától értetődő, hogy a számítási eredmények között is eltérések lehetnek. Jelen cikk célja, hogy bemutassa, mekkora eltérések lehetségesek az egyes számítási módszerek között.

2. Az összehasonlító vizsgálatok menete

Az összehasonlítást négy módszer szerint elvégzett számítások alapján készítettük el.

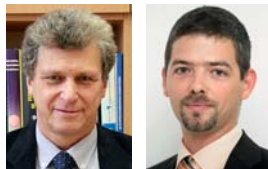
A hatályos magyar jogszabály (7/2006-os TNM rendelet) szerint két változatot készítettünk: valamennyi számítást elvégeztük egyszerűsített és részletes módszerrel is. Első esetben egyszerűsítetten vettük figyelembe a hőhidak hatását, a benapozást és a fűtési hőfokhid számítását, míg a második esetben a hőhidak számítása továbbra is az egyszerűsített elven történt, de a benapozást és a fűtési hőfokhidat részletes módszerrel számítottuk. Minden további bemeneti értéket (meteorológiai adatok, belső hőterhelés stb.) a jogszabály szerinti értékekkel vettük figyelembe. A számítások WinWatt szoftverrel készültek.

Az európai szabványok előírásai alapján a RePublic_ZEB projekt egyik résztvevő intézményében *Corrado* és *Paudos* (Politecnico di Torino, Olaszország) készített szoftvert. Ez a szoftver az EN ISO 15603:2008 alapján – az ebben hivatkozott többi szabványt is felhasználva – számítja ki először az épület energiafelhasználását, majd a beállított felújítási intézkedések különböző kombinációinak hatását vizsgálja energetikai és gazdaságossági szempontok alapján.

A negyedik alkalmazott módszer a dinamikus épületenergetikai szimuláció. A TRNSYS 17-es verziójában dolgoztuk fel a mintaépület háromdimenziós energetikai modelljét, amelyen részletes használati szokásokat tudunk beállítani, és részletes benapozási vizsgálatokat végeztünk.

A számítások során nem vizsgáltuk a hűtési energiaigényt, mert annak számítása a TNM rendelet előírásait alkalmazva

* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék
A szerzők a cikk témájában tartottak előadást a Pollack Expon.



sok becslést tartalmaz. Nem vettük figyelembe a különböző épületgépészeti rendszerek veszteségeit, mert pontos értékek a szimulációt leszámítva nem adhatók meg.

A számítások célja és az összehasonlítás alapja az éves nettó fűtési energiaigény volt.

3. Az elvégzett számítások

3.1 A vizsgált épület

Az összehasonlítások elvégzéséhez egy mintaépület különböző felújítási intézkedéseinek hatását vizsgáltuk valamennyi számítási módszer szerint.

A vizsgált épület Budapest észak-keleti részén található kollégium (1. ábra). Az épület két szárnyból épül fel, ahol a lakoszobák találhatók, a kettőt egy közlekedő tag köti össze. Valamennyi épületrész földszint + 5 emelet magas, a legfontosabb mutatószámokat az 1. táblázat mutatja be.



1. ábra. Az épület homlokzata

1. táblázat. Az épület fontosabb mutatószámai

| | | | |
|---------------------------|---------------|--------|--------------------------------|
| A szintek száma | n | 6 | – |
| Összes nettó szintterület | $A_{f,n}$ | 8 311 | m ² |
| Fűtött térfogat | V_g | 22 509 | m ³ |
| A termikus burok felülete | A_{env} | 6 494 | m ² |
| A/V arány | A_{env}/V_g | 0,289 | m ² /m ³ |

A számítások kiindulási szintjét az épület építéskori szerkezetei jelentették. A homlokzati falak előregyártott, maghőszigetelt vasbeton falpanelek, a nyílászárók részben fém, részben műanyag tokszerkezetű, kétrétegű üvegezéssel szerelt ablakok és ajtók, amelyek állapota a több évtizedes használat miatt erősen leromlott. A lapostető vasbeton födémpanelra felépített egyenes rétegtendű tető, a padló hőszigetelő réteg nélküli. A kiindulási állapot U -értékeit a 2. táblázat mutatja be.

3.2 Felújítási intézkedések

Az egyes felújítási intézkedéseket a RePublic_ZEB projekt céljainak megfelelően határoztunk meg. Valamennyi intézke-

2. táblázat. Az egyes szerkezetek U -értéke kiindulási állapotban

| | | | |
|-----------------------|----------|------|--------------------|
| Homlokzati falpanelek | U_{wl} | 1,12 | W/m ² K |
| Nyílászárók | U_w | 2,6 | W/m ² K |
| | g_w | 0,75 | – |
| Lapostető | U_r | 0,53 | W/m ² K |
| Padló | U_f | 0,3 | W/m ² K |

déssel el kellett érni legalább a költségoptimalizált követelményszintnek megfelelő minőségű épületszerkezetet, vagy a felújításnak ennél jobb teljesítményű szerkezetet kellett eredményeznie.

Az éves nettó fűtési energiaigény számításához elegendő az épületszerkezetek felújítási változatait vizsgálni. Valamennyi szerkezet felújításának különböző szintjeit sorszámokkal azonosítottuk a 3. táblázat szerint.

3. táblázat. Az egyes felújítási intézkedések szintjei

| Szerkezet | | Nr. | Érték |
|------------------|----------------------------------|-----|-------|
| Homlokzati falak | U_{wl} [W/m ² K] | 1 | 0,23 |
| | | 2 | 0,21 |
| | | 3 | 0,19 |
| Nyílászárók | U_w [W/m ² K] | 1 | 1,1 |
| | | 2 | 1,0 |
| | g [–] | 1 | 0,61 |
| | | 2 | 0,33 |
| Lapostető | U_r [W/m ² K] | 1 | 0,17 |
| | | 2 | 0,16 |
| | | 3 | 0,15 |

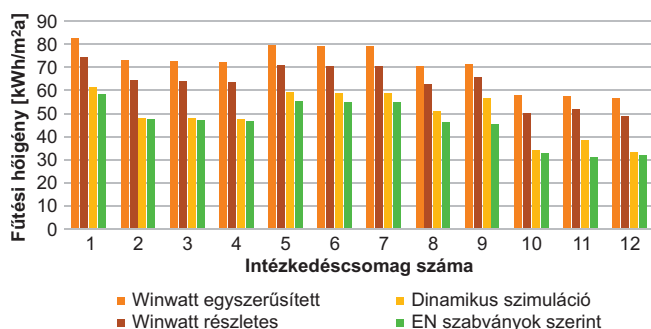
A felújítási intézkedések különböző változataiból intézkedéscsomagok készültek. A számítási módszerek összehasonlításához nincs szükség valamennyi elképzelhető kombináció vizsgálatára, ezért néhány esetet választottunk ki, amelyen az eredmények összehasonlíthatók. Vizsgáltuk valamennyi intézkedés önálló hatását is, más felújítási intézkedések nélkül. Vizsgáltuk továbbá valamennyi szerkezet legjobb, és legrosszabb szintjeiből képezett intézkedéscsomagot. A számítások elvégzése során, az ablakok g -értékének vizsgálatához indokoltnak láttuk egy további intézkedéscsomag felvételét, amely a legvastagabb szigetelést tartalmazza a homlokzati falakra és a lapostetőre, viszont az alacsonyabb értékekkel bíró ablakot építi be. A vizsgált csomagok összefoglalását mutatja be a következő oldalon látható 4. táblázat, a 3. táblázatban megismert azonosító számok alkalmazásával.

4. Eredmények

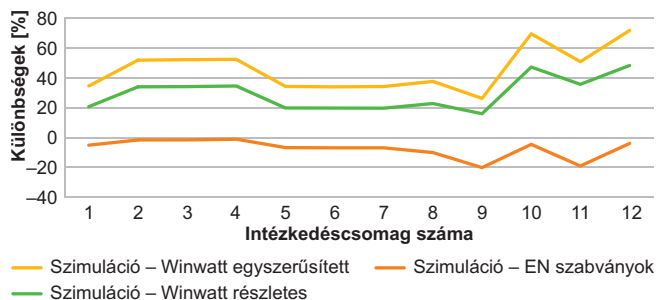
Az egyes számítási módszerek eredményei jelentős eltérést mutatnak, azonban fontos összefüggések figyelhetők meg. A számítási eredményeket a 2. ábra mutatja be, a különböző módszerek közötti eltérés pedig a 3. ábrán található.

4. táblázat. A vizsgált felújítási intézkedés csomagok

| A csomag sorszáma | Homlokzati falak | Lapostető | Nyílászárók |
|-------------------|------------------|-----------|-------------|
| 1 | meglévő | meglévő | meglévő |
| 2 | 1 | meglévő | meglévő |
| 3 | 2 | meglévő | meglévő |
| 4 | 3 | meglévő | meglévő |
| 5 | meglévő | 1 | meglévő |
| 6 | meglévő | 2 | meglévő |
| 7 | meglévő | 3 | meglévő |
| 8 | meglévő | meglévő | 1 |
| 9 | meglévő | meglévő | 2 |
| 10 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 3 | 3 | 2 |
| 12 | 3 | 3 | 1 |



2. ábra. A fűtési energiaigény számítások eredményei



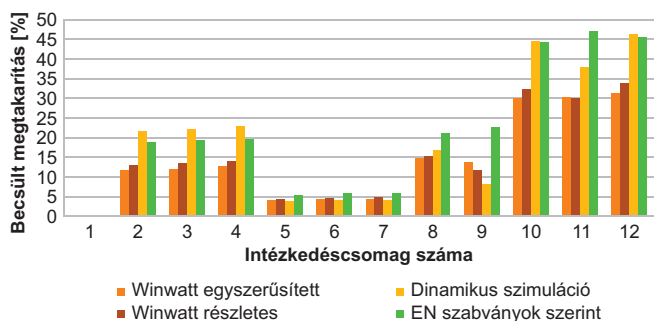
3. ábra. A fűtési energiaigény számítások eredménye közötti eltérések

A meglévő állapot fűtési hőigénye 60 ± 2 kWh/(m²a) a dinamikus szimuláció és az MSZ EN szabványok szerint, viszont lényegesen, 20 – 35%-kal nagyobb a TNM rendelet szerint számítva. A falak hőszigetelésével ez az érték 46,8 – 48,0 kWh/(m²a) értékre csökkenthető, a szimuláció és az MSZ EN szabványok között ekkor sincs jelentős eltérés, viszont tovább nő, 34 – 53%-kal magasabb a TNM rendelet szerinti számítás eredménye. A tető felújításával a különböző szintű szigetelés 54,8 – 59,0 kWh/(m²a) hőigényt eredményez, itt a szabványok szerint számolva már 6 – 7%-kal alacsonyabb eredményt kapunk, a TNM rendelet szerint viszont 20 – 35%-kal magasabb ez az érték.

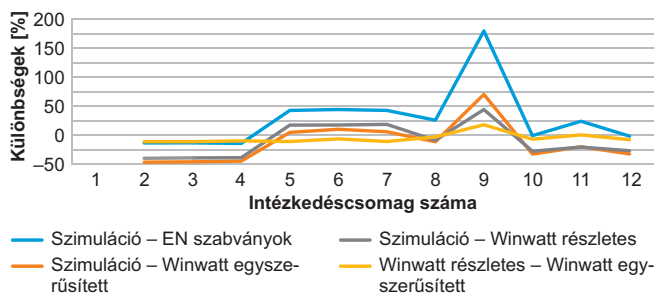
A nyílászárók cseréjénél a g -érték számítása nagy hatással lehet a végeredményre, ezt figyelhetjük meg az eredményekben is. Csak az ablakok cseréje esetén a kisebb U érték és alacsonyabb g érték összességében nagyobb fűtési hőigényt eredményezhet. Szimuláció esetében ez 51,1 kWh/(m²a) és 56,4 kWh/(m²a). Az MSZ EN szabványok szerinti számítás ennél kedvezőbb, de fordított arányú eredményt mutat, 46,0 kWh/(m²a) és 45,1 kWh/(m²a) értékekkel. A TNM rendelet szerinti számítások itt is 26 – 37%-kal magasabb eredményeket adnak, a szimulációhoz hasonlóan a 8-as csomag a kedvezőbb.

A több intézkedést tartalmazó csomagok a korábbiakhoz hasonló eredményt mutatnak. A szimuláció szerinti fűtési energiaigény 33,0 – 38,1 kWh/(m²a). Az MSZ EN szabványok szerinti számítás ennél kb. 5%-kal ad kedvezőbb értéket, kivéve a 11-es intézkedés csomagot. Ez megerősíti a feltételezést, hogy a szoftver a g -értéket esetleg hibásan kezeli. A TNM rendelet szerint számítva, egyszerűsített módszerekkel 56,7 – 57,8 kWh/(m²a), míg részletes számítással 48,9 – 50,2 kWh/(m²a) az eredmény, ami a korábbiaknál is nagyobb, akár 70%-nál is nagyobb eltérést jelent.

Energetikai felújítások tervezésénél fontos szempont a várható megtakarítás. A fenti számítások alapján a fűtési energiaigényben számított megtakarításokat mutatja be a 4. ábra, a különböző módszerek eredményei közötti eltérést pedig az 5. ábra.



4. ábra. Becsült megtakarítás a fűtési energiaigényben



5. ábra. A becsült megtakarítások közötti eltérések

A becsült megtakarítások számítása során a szabványok alapján kiszámított eredmények a homlokzat hőszigetelése esetén 13 – 14%-kal jeleznek kisebb megtakarítást, a tető szigetelése esetén viszont 42 – 45%-kal nagyobbak az eredmények. A kombinált csomagok esetén viszont hasonlóak a számítások, 2% alatti az eltérés, ha a feltehetően hibás g -érték számítás tartalmazó csomagokat (9 és 11) nem tekintjük.

Hasonlóak az eredmények a TNM rendelet szerinti számítás esetén is, viszont valamennyi becsült megtakarítás a korábbiaknál alacsonyabb értéket mutat. Nincs nagy eltérés viszont az egyszerűsített és részletes számítások között, a várható megtakarítás közötti eltérés a legtöbb esetben maximum 10%.

5. Összegzés

A vizsgálat során összehasonlítottunk négy számítási módszert, a hazai jogszabályok szerinti egyszerűsített és részletes számítási módszereket, az európai szabványok szerinti számítás és a dinamikus szimulációt. Egy mintaépület példáján valamennyi módszerrel kiszámítottuk az éves nettó fűtési energiaigényt, majd megvizsgáltuk ennek változását különböző felújítási intézkedések hatására, végül kiszámoltuk az egyes intézkedések várható megtakarítását.

A kapott eredmények alapján megállapítottuk, hogy a dinamikus szimuláció és az európai szabványok a legtöbb esetben közeli eredményt adnak, pedig részletességük, a meteorológiai adatok pontossága nagyban eltér egymástól.

A hazai számítási módszerek közül nem okoz meglepetést, hogy az egyszerűsített módszer szerint lényegesen nagyobb fűtési hőigényt kapunk. Fontos megállapítás viszont, hogy még a részletes számítás is magasabb értéket eredményezett, mint a másik két számítási módszer. Ennek oka lehet az igen elnagyolt meteorológiai adatok használata, a téli átlaghőmérsékletként használt alacsony méretezési érték, a belső hőnyereségek becslése.

Fokozottan energiahatékony épületek tervezése során ezek az elnagyolt értékek egyre nagyobb hatással vannak az épület energetikai egyensúlyára, ezért pontos számításokat csak rész-

letesebb számítási módszerekkel kaphatunk. Egy felújítás tervezése során a számítási hibák összegződnek és a várható megtakarítás számítása során igen nagy, akár 50% közeli eltéréseket is tapasztalhatunk. A megfelelő számítási módszer kiválasztása a jövőben egyre nagyobb jelentőségűvé válik.

Irodalomjegyzék

- [1] RePublic_ZEB, IEE project, <http://www.republiczeb.org/>
- [2] European Parliament and of the Council, 2002. The Directive 2002/91/EU of the European Parliament on the energy performance of buildings (EPBD), Official Journal of the European Communities, L 1.
- [3] European Parliament and of the Council, 2010. The Directive 2010/31/EU of the European Parliament on the energy performance of buildings (EPBD recast), Official Journal of the European Union, 53.
- [4] European Committee for Standardization. EN 15603:2008. Energy performance of buildings – Overall energy use and definition of energy ratings; July 2008.
- [5] European Committee for Standardization. EN ISO 13790:2008. Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling; March 2008.
- [6] European Committee for Standardization. EN 15316:2007 (series). Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies.
- [7] European Committee for Standardization. EN 15243:2007. Ventilation for buildings – Calculation of room temperatures and of load and energy for buildings with room conditioning systems; August 2007.
- [8] European Committee for Standardization. EN 15193:2007. Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting; September 2007.
- [9] European Committee for Standardization. EN 15459:2007. Energy performance of buildings – Economic evaluation procedure for energy systems in buildings; November 2007.