

Keret-üveg arány befolyása az ablak hőtechnikai teljesítőképeségére

NÉMETH Dóra¹, ELEK László¹

¹ Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar, Faalapú Termékek és Technológiák Intézet

Kivonat

Az energiahatékonyság iránti igény gyorsan növekszik. Az épületek energetikai tulajdonságának javítását és a megtakarítási lehetőségek minél jobb kihasználását célzó energetikai direktívák, rendeletek közvetlenül hatnak az épületek homlokzatának szerves részét képező ablakszerkezetekre, hiszen egy épület energetikai mérlegében nagy szerepet töltenek be a különböző nyílászáró szerkezetek. Ablakok esetében a hőátbocsátási tényező számításával való meghatározására az EN ISO 10077-1:2005 és EN ISO 10077-2:2004 szabványok adnak útmutatást. A cikk egy adott ablaktípus esetében 15 különböző tok külméretnek megfelelő keret-üveg arány mellett meghatározott hőátbocsátási értékek vizsgálatával mutatja be, hogy ugyanazon ablakszerkezet különböző méretéből adódóan milyen eltérések adódnak. A hőátbocsátási tényezőket a vonatkozó szabványoknak megfelelően a THERM végeeselemes, és a WINDOW numerikus folyadékmechanika módszert alkalmazó szoftverrel határoztuk meg.

Megállapítottuk, hogy egy korszerű, háromrétegű üvegezéssel ellátott ablak esetében a gyakorlatban várható legkisebb és legnagyobb méret esetében érvényes eredő hőátbocsátási tényező értékei közötti eltérés 20%-os mértékű. Ekkora eltérést már figyelembe kell venni az ablak, mint építési célú termék teljesítményjellemzőinek CE jelölésen belüli deklarációjánál, valamint az ablak adott hőtechnikai teljesítményre való tervezésénél is.

Kulcsszavak: nyílászáró, hőátbocsátás, hőátbocsátási tényező, keret-üveg arány, számítógépes modellezés, végeeselem

The effect of frame-to-glazing ratio on the thermal efficiency of windows

Abstract

The demand for energy efficiency is continuously increasing. The directives and regulations concerning the improvement of the energy performance and economics of buildings are directly related to the window structures that constitute an integral part of the building façades. The thermal transmittance of windows can be determined by calculation as stipulated in the standards EN ISO 10077-1:2005 as well as EN ISO 10077-2:2004. The main objective of this research was to demonstrate the variations in the thermal transmittance due to varying size and format for a given window type of enhanced thermal performance. We analyzed 15 windows of different widths and heights. Software packages THERM and WINDOW based on Finite element method (FEM) as well as Computational Fluid Dynamics (CFD) were used to evaluate the overall thermal performance of the window configurations selected for analysis. The calculations showed that the difference of the thermal transmittance values in the case of the largest and smallest applicable sizes of the same window type can reach 20% on the basis of the lowest value. This deviation cannot be neglected when declaring the CE performance values, nor when a manufacturer is designing his products for a given level of thermal performance.

Keywords: windows, heat transfer, heat transfer coefficient, frame-glazing ratio, computer modelling, FEA

Bevezetés

Az Európai Unió irányelvekkel (pl. 91/2002/EK „Energy Performance of Buildings”) szabályozza az épületek energiafelhasználását. Az épületek tervezésekor nagy gondot kell fordítani arra, hogy azok energiahatékonysága a lehető legkedvezőbb legyen. Magyarországon az Európai Unióhoz való csatlakozást követően az épületek hőtechnikai jellemzőire vonatkozó előírásokban jelent meg az energiahatékonyságra irányuló kezdeményezés. Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározására vonatkozóan jelenleg a 40/2012 BM rendelet van érvényben, amely az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 7/2006-os TNM rendelet módosítása. A hatályos rendelet az épületek nyílászáróira vonatkozó hőátbocsátási tényező értékét $1,6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ -ben maximalizálja. Összességében épületeink energiahatékonysága rendkívül kedvezőtlen, az EU-15 országok átlagának kétszerese. Az új (háromszintű) energetikai szabályozás a korábbiakhoz képest hazánkban is szigorúbb feltételeket támasztott az épületekkel szemben (Zöld 2006, Prohászka 2007, Zámbó és Papp 2010).

A szigorodó előírások mellett a felhasználók anyagilag is érdekelték abban, hogy az üzemeltetés során – a lakáskomfort megtartása mellett – minimális energiát használjanak fel. A nyílászárók az épületek homlokzatának általában kis hányadát teszik ki, mégis azok okozzák a legnagyobb hővesztést, mivel még a hőszigetelt ablak hőtechnikai tulajdonsága is jelentősen elmarad a falszerkezetétől (Thomas 2006). Számunkra az lenne az ideális, ha az ablakok hőszigetelését a falazattal azonos értékig tudnánk fokozni.

Vizsgálatunk egyik célja annak megállapítása, hogy a Magyarországon jelenleg elterjedőben lévő 92 mm-es profilvastagságú tömörfa ablak eredő hőátbocsátási értéke (a filtrációs veszteségek figyelembe vétele nélkül) megfelel-e az előírásoknak, továbbá annak a vizsgálata, hogy az ablak méretének megváltoztatása milyen hatással van a hőátbocsátási értékre. Ennek megállapításához megvizsgáltuk a nyílászáró szerkezetekre vonatkozó szabványokat, az azokhoz tartozó számítási módszereket, illetve felvettünk 15 különböző ablak külméretet, amelyeknél tanulmányoztuk a keret-üveg arány megváltoztatásának hatását.

Tudományos előzmények, épületfizikai alapfogalmak

Az ablakok hőátbocsátását befolyásolja az üvegezés szerkezetének kialakítása, a tok és a szárny rétegfelépítése, ezek kapcsolata, továbbá a beépítés módja. A nyílászárókon áthaladó kifelé irányuló hőáram a hőfokkülönbség okozta transzmissziós hőátbocsátásból, valamint a tömítetlenségeken keresztüli, nyomáskülönbség okozta légcseré (filtráció) hőáram egyenértékéből adódik össze (Kovács 2000). Néhány, légáteresztéssel foglalkozó kutatás rávilágított arra, hogy a filtrációs veszteség töredéke a szerkezet transzmissziós veszteségének (Emery 2006, Ridley 2012), azonban találhatunk olyan kutatási eredményt is, amely szerint a szabályozatlan légcseré megközelítheti, vagy akár meg is haladhatja azt (Bencsik et al 2013). A légzárás teljesítmény nagyságát a környezeti tényezők (pl. nyomás, hőmérséklet) jelentősen befolyásolhatják (Bencsik et al 2012). Az ablakok működtetése nem képzelhető el ütközési hézagok és illesztési rések kialakítása nélkül. Az épületen belül és a környezetben uralkodó légnyomás- és hőmérséklet-különbségek következtében a levegő ezeken a réseken át ki- vagy beáramolhat. Ez a nyílászárók égtáj szerinti tudatos elhelyezésével és az uralkodó szélirányok figyelembevételével csökkenthető (Thomas 2006).

Transzmissziós hőátbocsátás esetében a hő terjedése hővezetéssel, hőáramlással (konvekcióval) és hőszugárással történhet, de a valóságban jellemzően ezek kombinációjával találkozunk. Határoló szerkezeteknél – amilyenek az ablakok is – az egyik oldalon légnemű közegből konvekcióval, valamint a környező melegebb felületről sugárzásos úton belépő hőáram állandósult állapotban a szerkezeten keresztül haladva a másik oldalon lép ki. A hőterjedés ezen összetett módját nevezzük hőátbocsátásnak. Nagysága függ az ablakkeret anyagától, vastagságától, felületi részarányától, illetve az üvegezéstől.

A nyílászárók többrétegű üvegezésén keresztüli hőátvitelhez mind a konvekciós, mind a sugárzásos terjedési mód jelentősen hozzájárul. Előbbi a lég- vagy gázréteg vastagságával fokozódik. A sugárzásos hőátvitel intenzitását befolyásolja a felület emissziós tényezője (ϵ), ami a felületi hőmérsékletre jellemző sugárzási hullámhossz tartományban sugárzó hő elnyelését is befolyásolja. Az üvegfelület tulajdonságainak módosítása, így például fénoxid bevonat felvitele a sugárzásos energia áteresztést hatékonyan mérsékli.

A hőhidaknál távozó hő jelentősen növeli az épület fűtési energiafelhasználását. Hőhidak a különböző hővezetési tulajdonságú anyagok és eltérő geometriai formájú szerkezetek találkozásánál alakulnak ki. Ezek lehetnek pontszerűek, vonal mentiek és foltszerűek. A jobb hővezetésű szerkezeti részeknél erősebb lehűlés tapasztalható. A megnövekedett hőleadás következtében a belső felületek hőmérséklete lecsökken, ami rontja a lakótér kényelemérzetét.

További problémát jelenthet, hogy a lehűlt felületek környezetében páralecsapódás is kialakulhat, ami tartós fennállás esetén a penészképződést is elindíthatja (Zöld 1999).

A hőszigetelő üvegezések hazai megjelenésével előtérbe került az ablakszerkezetek energetikai vizsgálata. Megállapítást nyert, hogy „fa keret esetében a keretarány növelésével az ablakszerkezet hőátbocsátási tényezője csökken” (Fekete 1985). Megjegyzendő, hogy amikor ez a megállapítás született, az üvegezések hőátbocsátási tényezője fa és műanyag ablakok esetében még a keret hőátbocsátási tényezőjének mintegy kétszerese volt. Mára ez a viszony megváltozott, sőt inkább a tok és keret jelenti az ablakok hőszigetelésének gyenge pontját. Ugyanakkor még fokozottabb szerepet kapott az üvegbetét mentén jelentkező peremhatás. Éppen ezért érdekes megvizsgálni, hogy a mai korszerű ablakok esetében az ablak mérete és formátuma milyen mértékben változtatja adott típus esetében az ablak eredő hőátbocsátási tényezőjét.

Modellalkotás, anyag és módszer

A hőátbocsátási tényező vizsgálatát egy 1160×1460 mm-es tok külméretű bukó-nyíló ablakon végeztük. A 92 mm-es profilvastagságú, háromrétegű tömbösített erdeifenyőből (*Pinus sylvestris*) készült ablakban háromrétegű üvegezés kapott helyet. A nemesacél távtartóval ellátott üvegszerkezet rétegtrendje 4-18-4-18-4 mm. Az üvegtáblák közötti térbe argon gáztöltés, míg a két szélső üvegtábla gázréteg felőli felületeire alacsony emissziós bevonat került.

Az ablak hőtechnikai vizsgálatát a szabvány által előírt módon, az üvegezést és a keretszerkezetet együtt elemző szoftver segítségével végeztük, amelynél a modellalkotás grafikus módon történt. Az alkalmazott anyagok többségének anyagtulajdonságát anyagtárból választottuk ki, de a hővezetési és emissziós tényező ismeretében új anyagokat is definiáltunk. Az ablak jellemző és szükséges részéről AutoCad programmal készítettünk metszeteket. Hőáramlási vizsgálatunk során a kaliforniai Lawrence Berkeley Kutatóintézetben kifejlesztett végelem alapú THERM programot, valamint az üvegtáblák közötti kitöltőgáz hőszállításának számításához a folyadékmechanika numerikus módszerein (az impulzus-, tömeg- és hőtranszportot leíró Navier–Stokes-egyenletek diszkretizálásán) alapuló WINDOW szoftvert használtuk. Ez a kétdimenziós hő- és áramlási szimulációs programrendszer a pontszerű hőhidakat nem tudja figyelembe venni, valamint csak időben állandósult folyamatok vizsgálatát teszi lehetővé, de ez esetünkben nem bírt jelentőséggel.

Az egyes anyagtulajdonságok definiálása után a modellbe megfelelő irányultsággal illesztettük be a WINDOW programban összeállított kétrétegű üvegszerkezet függőleges szimmetriasíkkal elvágott felét. Az ablak külső és belső oldalán jellemző peremfeltételek megadását követően (1. táblázat) elvégeztük a szükséges számításokat.

A tok és keret hőátbocsátását az EN ISO 10077-2:2004, az egész ablak hőátbocsátását pedig az EN ISO 10077-1:2005 szabvány szerint határoztuk meg; a vonalmenti hőhid szakaszokat a szárny belső felülete mentén vettük fel.

$$U_w = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_f \cdot U_f + \sum l_g \cdot \psi_g}{\sum A_g + \sum A_f} \quad [1]$$

ahol:

U_w – az ablak eredő hőátbocsátási tényezője [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

A_g – az üvegezett felület nagysága [m^2]

U_g – az üvegezés hőátbocsátási tényezője [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$],

A_f – a tok és szárnykeret vetületi felülete [m^2]

U_f – a tok és szárnykeret átlagos hőátbocsátási tényezője [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

l_g – az üvegezett keretkitöltés szegélyének hossza [m]

ψ_g – az üvegezett keretkitöltés vonalmenti hőátbocsátási tényezője [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

A részletes számítási mód előírásának megfelelően az üvegezést adott hővezetési tényezőjű panellal helyettesítettük. Ezután a keretre vonatkozó hőátbocsátási értéket a 2. képlet szerint határoztuk meg.

1. táblázat Peremfeltételek az EN ISO 10077:1 és EN ISO 10077:2 szerint

Table 1 Boundary conditions according to EN ISO 10077:1 and EN ISO 10077:2

Belső léghőmérséklet: Θ_i	20 °C
Külső léghőmérséklet: Θ_e	0 °C
Belső hőátadási ellenállás: R_{si}	0,13 $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
Külső hőátadási ellenállás: R_{se}	0,04 $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
Vonalmenti hőhidvesztési tényező: ψ_g	0,06 $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$$U_f = \frac{L_f^{2D} - U_p \cdot b_p}{b_f} \quad [2]$$

ahol:

- U_f – a keret hőátbocsátási tényezője [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
- L_f^{2D} – a szelvény egységnyi hosszának hőátbocsátása helyettesítő panellel [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]
- U_p – a panel hőátbocsátási tényezője [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
- b_f – a keret vetületi szélessége [m]
- b_p – a panel látható szélessége [m]

A vizsgált modellnek – a szabvány által meghatározott panellel helyettesített üvegszerkezet kivételével – tartalmaznia kell minden felhasznált anyagot. A keretre vonatkozó U_f érték meghatározáshoz először a 3. képlet alapján ki kellett számolnunk a helyettesítő panelra vonatkozó hőátbocsátási értéket (U_p). A 3. képletben az EN ISO 10077 szabványjelöléseitől eltérően szándékosan nem a hőátadási tényezők reciprokával azonos átadási ellenállások betűjelét (R_{se} ill. R_{si}) alkalmaztuk, mivel az alkalmazott THERM program az átadási tényezők értékeit kéri inputként.

$$U_p = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + R + \frac{1}{\alpha_i}} \quad [3]$$

ahol:

- α_e – a külső ablakfelület hőátadási tényezője [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
- α_i – a belső ablakfelület hőátadási tényezője [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
- R – a panel hővezetési ellenállása [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]

A vonal menti hőátbocsátási tényező meghatározásához a valós üvegezést és keretszerkezetet kellett figyelembe venni (4. képlet).

$$\psi = L_\psi^{2D} - U_f \cdot b_f - U_g \cdot b_g \quad [4]$$

ahol:

- Ψ – a vonal menti hőátbocsátási tényező [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]
- L_ψ^{2D} – a szelvény egységnyi hosszának hőátbocsátása üvegezéssel [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]
- U_f – a keret hőátbocsátási tényezője [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
- U_g – az üvegezés központi részének hőátbocsátási tényezője [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
- b_f – a keret vetületi szélessége [m]
- b_g – az üvegezés látható szélessége [m]

A vonatkozó európai szabvány lényege, hogy a jellemző metszet elemzéséből az ablakkeretre meghatározott egyenértékű hőátbocsátási érték (U_p) az üvegezéstől és osztástól független. A numerikus eljárással meghatározott vonal menti hőátbocsátási tényező magába foglalja az üvegezés, a távtartó és a keret kölcsönhatásai miatti többlet hőáramokat, amely egy helyre koncentrálnak. Ebből következik, hogy egy adott típusú ablakkeret esetében annak hőátbocsátási tényezője mindig ugyanaz az érték lesz, függetlenül attól, hogy milyen üvegszerkezettel bír. Az üvegezés teljes látható felületére az üvegtábla központi részére érvényes hőátbocsátási tényezőt vettük figyelembe, amit a WINDOW programmal határoztunk meg.

A szerkezet két végén adiabatikus feltételt, míg a hőáramlás irányában a szerkezet két oldalán a szabvány által előírt peremfeltételeket definiáltunk. A számítógépes modellezés során, mint említettük, az európai szabványokat, illetve azok számítási módszerét a THERM végeselem program használatával alkalmaztuk.

A hivatkozott EN szabványok forrása ISO EN 15099-es szabvány, mely az üvegezés, a távtartó és a keret közötti kölcsönhatások miatti többlet hőáramok figyelembe vételére két lehetséges módot ír le. Megjegyzendő, hogy ezek közül az EN szabványok nem azt a változatot írják elő, mint amelyiken a THERM program használatának leírása alapul. Az EN szabvány szerinti számítási módszer esetében egy adott keretprofilra meghatározott hőátbocsátási érték független az üvegbetét típusától. Ez nem áll fenn a THERM program alkalmazására vonatkozó leírás követésével. A nemzetközi szabvány az üvegezés peremén egy adott szélességű szegélyszávot definiál, erre vetítve határozza meg az említett okok miatti többlet-hőáramokat. Így az ablakkeretre meghatá-

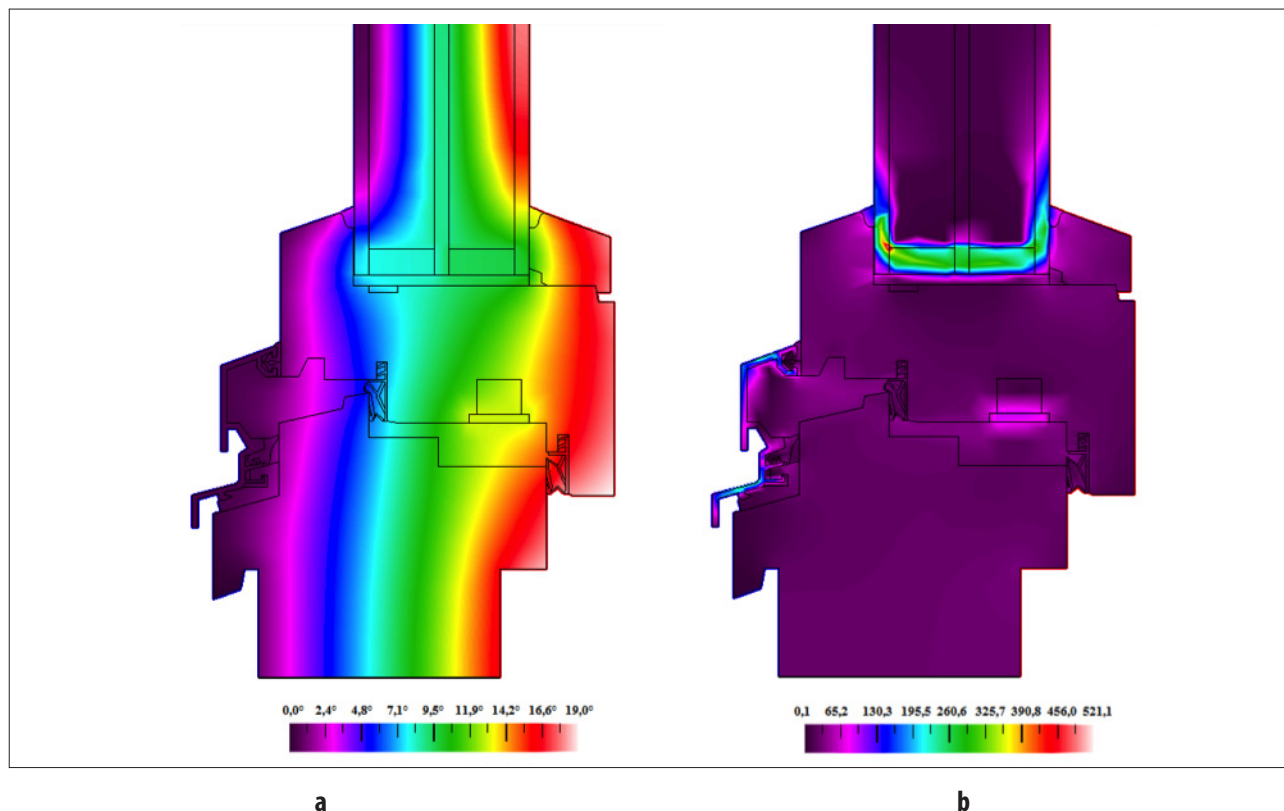
rozható hőátbocsátási érték nem lesz független az üvegszerkezet típusától, mivel a többlet-hőáramok egy, az üvegezés típusától és a távtartótól függő része a keret hőátbocsátási tényezőjében fog megjelenni (Elek 2012).

Munkánk második szakaszában az eddig leírtak ismétlésével meghatároztuk a 15 különböző méretű, de ugyanolyan szerkezetű ablak eredő hőátbocsátását. Arra voltunk kíváncsiak, hogy az ablak keret-üveg arányának megváltozása mennyire befolyásolja az ablak teljes hőátbocsátását. Az ablakok tok külméretét 560×560 mm-es mérettől 100 mm-es ugrásokkal (a könnyebb összehasonlíthatóság miatt a négyzetes alakot megtartva) egészen 1960×1960 mm-ig növeltük.

Eredmények, értékelés

A vizsgált 92 mm vastag 1160×1460 mm tok külméretű tömörfa ablak hőmérséklet és hőáramsűrűség színsáv ábrája (a függőleges alsó metszetet esetében) az 1. ábrán látható.

Ez alapján információt kaptunk arról, hogy a szabvány szerint beállított peremfeltételek teljesülése esetén a szerkezet egyes rétegeiben milyen hőmérsékletértékek alakultak ki, de az is megfigyelhető, hogy az eltérő hővezetésű szerkezeti részek következményeként az egyes hőmérsékleti zónák miként hajolnak, illetve tolódnak el. A hőáramsűrűség eloszlási kép segítségével a szerkezet azon területeit tudtuk azonosítani, ahol az átáramló hőenergia mennyisége jelentősebb. Ezeken, az 1.b ábrán kékes-zöldes színnel jelölt kritikus helyeken nagyobb hőveszteség alakul ki, így a szerkezeti részek, felületek fokozottabban át tudnak hűlni. Az ilyen helyeket nevezük hőhidaknak. Az ablakvizsgálatok során legnagyobb mértékben az üvegezés keretbe illesztésénél jelentkezett ez a hatás, amely számunkra a belső felület mentén a legkritikusabb, hiszen ezek a páralecsapódás tipikus helyei. Az üvegezések keretbe illesztésénél a függőlegeshez képest jelentősen elhajlanak a hőmérséklet szintvonalak. Ez a távtartó hatás a hőáramsűrűség színsáv ábrákon is jól kivehető. A szimulációs eredmények szerint a vizsgált hármás üvegezés az energetikai méretezési peremfeltételek mellett a távtartó mentén közel $200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ intenzitású hőveszteséget mutat. Az EN ISO 10077 szabványcsomag alapján meghatározott részeredményeket, illetve eredő hőátbocsátási értéket a 2. táblázat tartalmazza. A vizsgált tömörfa ablak (160×1460 mm) eredő hőátbocsátási értéke ($U_w=0,6718 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$) a jelenleg érvényben lévő határérték ($U_w=1,6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$) alatt van.



1. ábra A 92 mm-es profilvastagságú tömörfa ablak függőleges alsó metszetének hőmérséklet (a) és hőáramsűrűség (b) színsáv ábrája
Figure 1 Heat flow (a) and colour band (b) images of the bottom section of a solid wood frame window of 92 mm frame thickness

A vizsgálat másik része különböző tok külméretű ablakok összehasonlítására irányult. Ezeknél az ablakoknál a keret-üveg arányt a 2. ábra szemlélteti. A vizsgált tartományban a keret aránya 25–60% között változott, ami nem hagyható figyelmen kívül. A vizsgált 15 különböző méretű ablak eredő hőátbocsátási értékeit a 2. ábrán ábrázoltuk.

A kapott eredmények jól szemléltetik, hogy ugyanazon típusú ablakszerkezet esetében az ablak tok külméretének változása milyen hatással van az eredő hőátbocsátási értékre. Minél nagyobb az ablak mérete – ezzel együtt az üvegezés felületi aránya –, annál kisebb lesz az U_w érték. Az általunk vizsgált, háromrétegű üvegezéssel rendelkező ablak esetében a keret és üvegezés felületi arányának hatása ellentétes Fekete (1985) korábbi hőszigetelő ablak generációkra tett megállapításával. A vizsgált tartományon belül az U -érték változás közel 20%-os, ami jelentősnek mondható.

Esetünkben a keret-üveg arányát a 3. ábra szemlélteti. A vizsgált tartományban a keret aránya 25–60% között változott; az ilyen mértékű változás a beépítésre kerülő, eltérő méretű, formátumú és osztású ablakok esetében várhatóan előfordul.

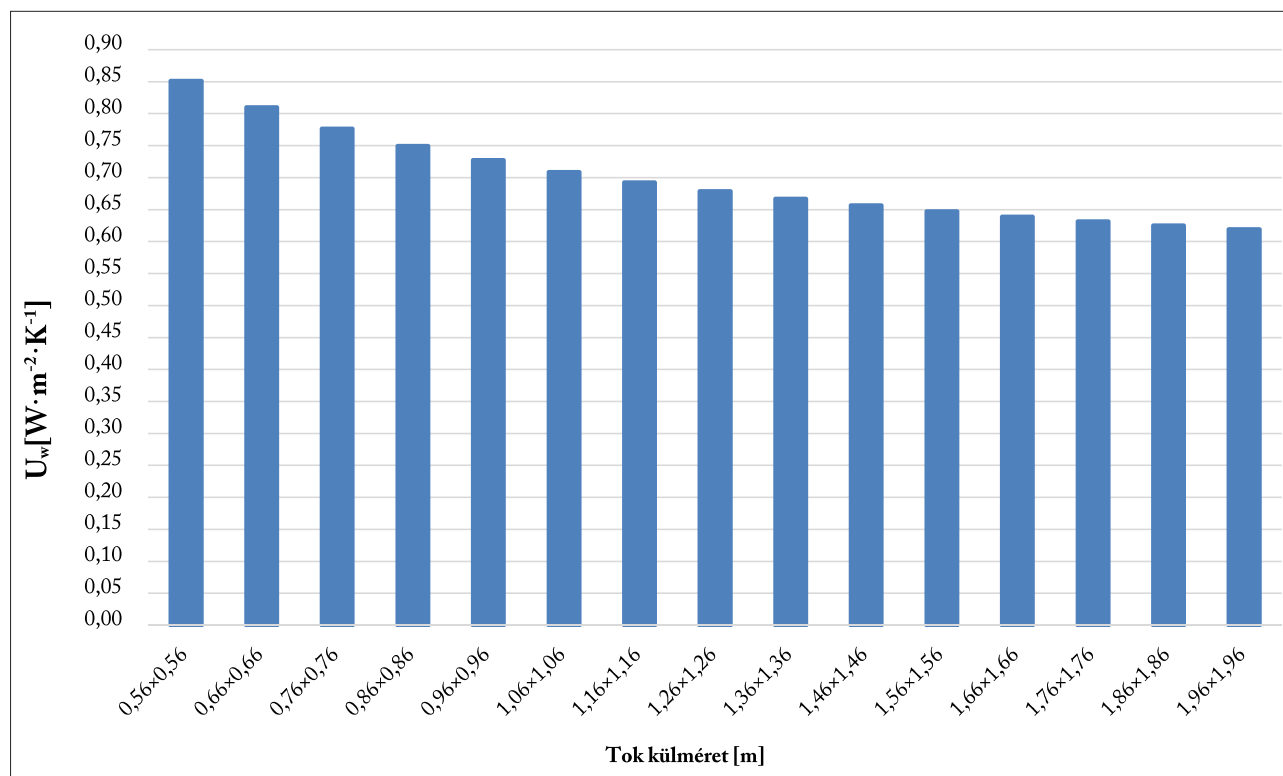
Összefoglalás

Kutatásaink során, a jelenleg érvényben lévő szabványok útmutatásai alapján végelem modellezéssel meghatároztuk egy korszerű háromrétegű üvegezéssel rendelkező tömörfa ablak eredő hőátbocsátási értékét, valamint az általunk meghatározott 15 különböző ablak külméret esetében megvizsgáltuk a keret-üveg arány befolyását az ablak eredő hőátbocsátására. Esetünkben – és a legtöbb korszerű ablakszerkezet esetében – már nem érvényes a bevezetőben idézett Fekete (1985) megállapítás.

2. táblázat Az 1160×1460 mm-es külméretű ablak jellemző értékei

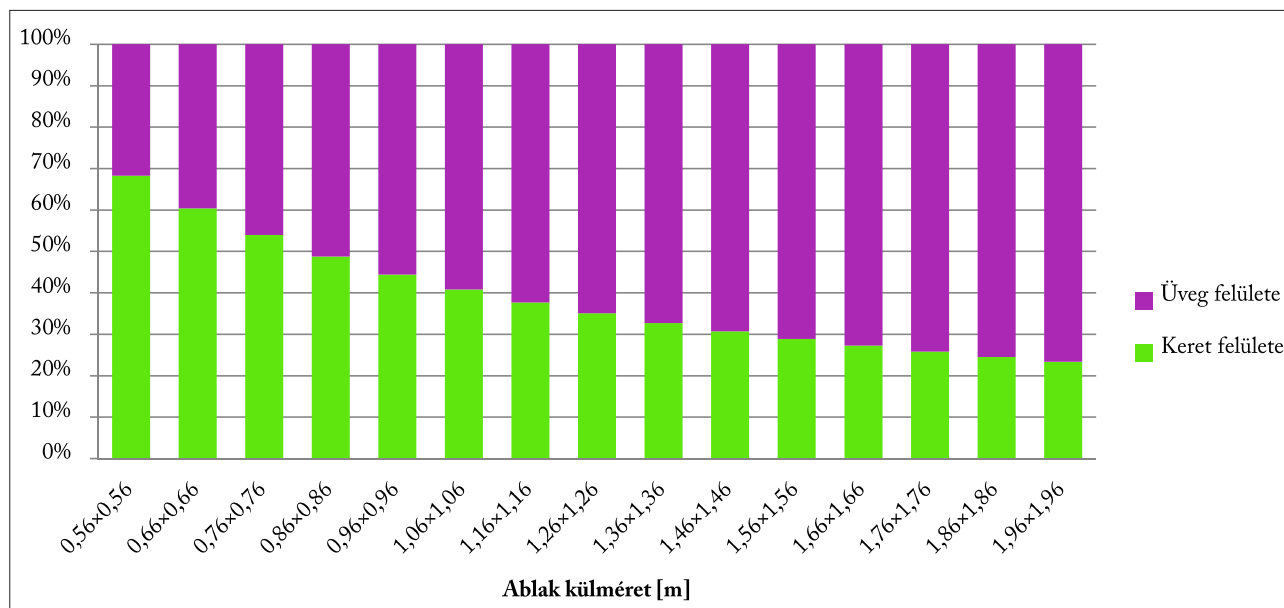
Table 2 Characteristic values of a 1160×1460 mm size window

	Vízszintes metszet	Függőleges felső metszet	Függőleges alsó metszet
L_e^{2D} [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	0,4130	0,5050	0,5458
U_p [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	0,6487	0,6487	0,6487
U_f [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	0,9664	0,9659	1,1671
$L\psi^{2D}$ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	0,3417	0,4125	0,4534
Ψ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	---	---	---
U_w [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	0,6718		



2. ábra A vizsgált ablakok eredő hőátbocsátási értékének változása a tok külméret változásának függvényében

Figure 2 Total heat transfer value of the examined windows as a function of window size



3. ábra A vizsgált ablakok keret-üveg aránya

Figure 3 The frame-to-glazing ratio of the analysed windows

Megállapítottuk, hogy egy korszerű, háromrétegű üvegezéssel ellátott ablak esetében a gyakorlatban várható legkisebb és legnagyobb méret esetében érvényes eredő hőátbocsátási tényező értékei közötti eltérés 20%-os mértékű.

A vizsgálatainkkal igazolt eltéréseket figyelembe kell venni az ablak, mint építési célú termék teljesítményjellemzőinek CE jelölésen belüli deklarációjánál, valamint az ablak adott hőtechnikai teljesítményre való tervezésénél is. Bár a CE (*Conformité Européenne*) jelölés nem megkülönböztető minőségi jel, hanem a termék megfelelőségét igazolja (Zámbó és Papp 2010), a vásárlók tájékoztatását az adott méretű termékre vonatkozó hőátbocsátási érték jobban szolgálná.

Természetesen a szerkezeti jellemzőkön túl az eredő hőátbocsátást nem csak a méret, hanem az ablak formátuma is befolyásolja (négyzet, fekvő, vagy álló téglalap stb.), ugyanis azon túl, hogy a peremhosszak is változnak, az üvegezési arány a hasonló idomok méretváltozása esetében is változik, de változik ugyanolyan felületi méret esetén a különböző oldalarányokkal is!

Az általunk alkalmazott módszert követve, a keret-üveg arányát tervezési alapelvként lehetne figyelembe venni. Eddigi tapasztalataink szerint a kutatások jelentős része az ablakok hőszigetelésének fokozására irányul, de jelen vizsgálatunkkal rávilágítottunk arra, hogy az eredő hőátbocsátási értéket tekintve, az ablak külmérete is fontos tényező, ezért indokolt lenne az ablakforgalmazóknak a tényleges ablakméretet figyelembe vevő hőátbocsátási értékeket feltüntetni.

Irodalomjegyzék

- 40/2012. (VIII.13.) BM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról. in: Magyar Közlöny 2012/107. Magyar Hivatalos Közlönykiadó, Budapest, 2012
- 7/2006. (V.24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról. in: Magyar Közlöny 2006/62. Magyar Hivatalos Közlönykiadó, Budapest, 2006
- Bencsik B., Kovács Zs., Dénes, L. (2013) A nyílászárók légzárási teljesítménycsökkenésének hatása a filtrációs hőveszteségre. Faipar 61 (4)
- Bencsik B., Kovács Zs., Dénes L. (2012) Az ablakok légzárási teljesítményének változása a környezeti hőmérséklet függvényében. Faipar 60 (1)
- Elek L., Kovács Zs. (2012) Comparison of alternative calculation methods of thermal performance of windows; International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies; 21-22 November 2012; Budapest, Hungary, Óbuda University
- Emery AF., Kippenhan CJ. (2006) A long term of residential home heating consumption and the effect of

- occupant behavior on homes in the Pacific Northwest constructed according to improved thermal standards, *Energy* 31:677e93
- EN ISO 10077-1:2005: Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance - Part 1: Simplified method
- EN ISO 10077-2:2004: Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance - Part 2: Numerical method for frames
- Fekete I. (1985) *Épületfizika kézikönyv*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 91–110. old.
- Kovács Zs. (2000) *Épületfizikai alapfogalmak és követelmények*. Wittmann Gy. szerk. Mérnöki faszerkezetek I. Mezőgazdasági szaktudás Kiadó, Budapest, 160–197. old.
- Prohászka R.: Az épületenergetika helyzete hazánkban. In: *Magyar Építéstechnika, Az Építési Vállalkozók Országos Szövetségének lapja* 45/6
- Ridley I., Fox J., Oreszczyn T., Hong H. S. (2006) The Impact of Replacement Windows on Air Infiltration and Indoor Air Quality in Dwellings, *International Journal of Ventilation* Vol. 1 (3) 209–218 old.
- Thomas K. (2006) *Az energiatakarékos építkezés kézikönyve*. Z-Press Kiadó Kft., Miskolc
- WINDOW 6 / THERM 6, 2006. Research Version User Manual For Analyzing Window Thermal Performance, Windows & Daylighting Group, Building Technologies Program, Environmental Energy Technologies Department Lawrence Berkeley National Laboratory Berkeley, CA 94720 USA
- Zámbó L., Papp I. (2010) Nyílászárók CE-jelölése és a forgalomba hozatal dokumentumai, *Magyar Asztalos és Faipar*, 2010/09, 103–105. old.
- Zöld A. (2006) *Az új épületenergetikai szabályozás*, Terc Kiadó, Pécsvárad
