

# Fa bordavázás épület hőátbocsátási tényező számítása

Hantos Zoltán, Karácsonyi Zsolt<sup>♦</sup>

2006. szeptember 1-én hazánkban is életbe lépett az új épületenergetikai szabályozás. A számítási eljárás során az épület valamennyi külső és fűtetlen tértől elválasztó szerkezetét külön-külön méretezni kell hőtechnikai szempontok szerint. A térelhatároló szerkezetek hőátbocsátó képességének a rendeletben előírt határérték alatt kell maradnia. A hőátbocsátó képesség jellemzésére a hőátbocsátási tényezőt használjuk. A hőátbocsátási tényező értékének meghatározását két, párhuzamosan érvényes szabvány írja elő. Az egyik az MSZ-04-140-2:1991, a másik az EN ISO 6946. A magyar és az uniós számítási módszer eredményeit hasonlítjuk össze egy fa bordavázás, könnyűszerkezetes épület külső térelhatároló szerkezetein keresztül. Cikksorozatunk első részében a külső falakat vizsgáljuk.

**Kulcsszavak:** Hőátbocsátási tényező, Könnyűszerkezetes épületek, Szabványharmonizáció

## Calculation of the thermal transmittance of a wood-frame housing system

As of the 1st of September, 2006 a new building regulation is in effect in Hungary. According to this regulation, all elements that separate interior and exterior spaces are to be designed for thermal isolation individually. The thermal transmittance of each structure has to remain under a prescribed limit value. Two methods the one described in the Hungarian Standard MSZ-04-140-2:1991 and the European Standard EN ISO 6946 are equally valid for calculating these values. The purpose of this article is to compare these two standards in the case of a wood-frame housing system. In the first part of our article series, the external walls are examined.

**Keywords:** Thermal transmittance, Wood-frame housing, Harmonisation of standards

### Bevezetés

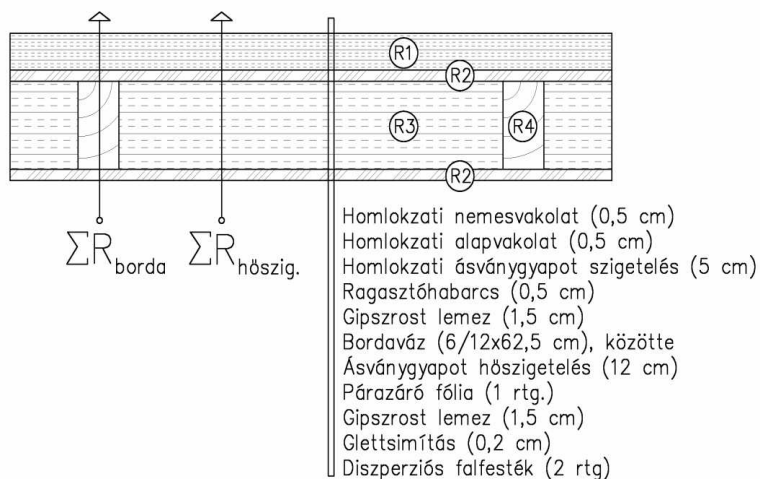
A fa bordavázás, könnyűszerkezetes épület külső falszerkezete réteges felépítésű. A külső falaktól elvárt különböző funkciókat különböző anyagok biztosítják. A tehervisselést a fa bordaelemek, a hőszigetelést a bordaközökbe beépített hőszigetelő-anyag, illetve a homlokzati hőszigetelő-rendszer, a légzárást és állagvédelmet a borítólemezek, illetve a beépített párazáró fólia végzi. A merevítés a borítólemezek és az alkalmazott kötőelemek feladata. A fal hőszigetelő képességének meghatározásánál nem hagyható figyelmen kívül, hogy a falfelület egyes pontjain két – jól elkülöníthető – rétegrend alakul ki: a bordákon, illetve a bordaközökben értelmezett rétegrendek (**1. ábra**). A két rétegrend aránya a felület mentén jelentős: egy általános épület esetén nagyjából 20% bordafelülettel, és 80% bordaköz-felülettel lehet számolni. Ezeket az arányokat könnyen

beláthatjuk, ha megnézzük a **2. ábrán** látható két falpanel-vázlatot. A 2,75 x 5,00 méteres falszakasz nyílások nélkül 16:84 arányú borda-bordaköz felülettel rendelkezik, míg ugyanez a fal két 100/120-as ablaknyílással már 28:72 értékeket vesz fel.

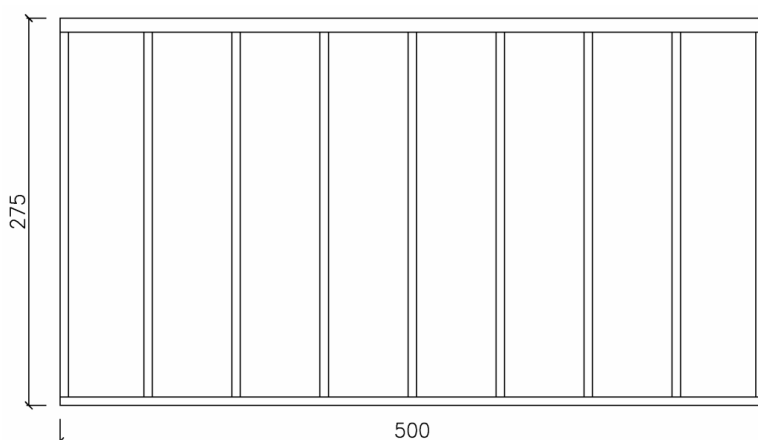
Az ilyen (különböző rétegrendű szakaszokból álló) falfelületek hőátbocsátási tényezőjének meghatározásához mindkét szabvány ad iránymutatást. Számításaink készítésekor a két módszer, illetve az eredmények összehasonlítását tűztük ki célul.

Dolgozatunkkal fel szeretnénk hívni a figyelmet arra is, hogy a könnyűszerkezetes épületek szerkezeteinek hőátbocsátási tényezője a bordák jelenléte miatt magasabb (tehát rosszabb), mint a legtöbb könnyűszerkezetes katalógusban található, rendszerint bordaközre számított érték.

<sup>♦</sup> **Hantos Zoltán** doktorandusz hallgató, NyME Építéstani Intézet  
**Karácsonyi Zsolt** doktorandusz hallgató, NyME Műszaki Mechanika és Tartószerkezetek Intézet

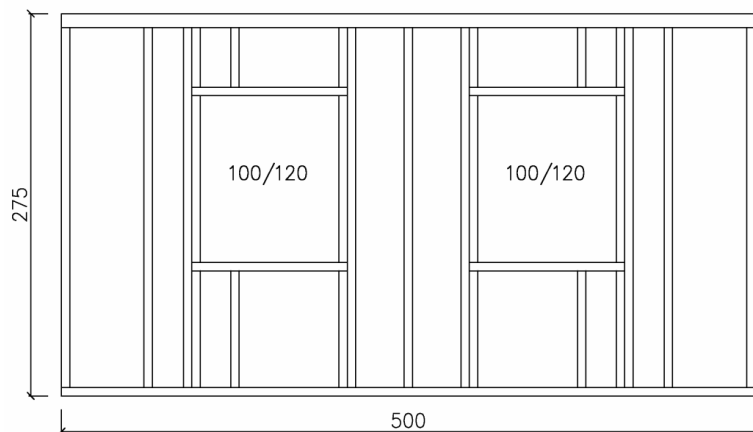


**1. ábra** – Fa-bordavázás épület külső falszerkezetének felépítése, rétegrendje



Teljes felület: 13,75 m<sup>2</sup>  
 Bordafelület: 2,20 m<sup>2</sup> (16%)  
 Hőszig.felület: 11,55 m<sup>2</sup> (84%)

a.



Teljes felület: 11,35 m<sup>2</sup>  
 Bordafelület: 3,21 m<sup>2</sup> (28%)  
 Hőszig.felület: 8,14 m<sup>2</sup> (72%)

b.

**2. ábra** – A borda- és hőszigetelés felületek eloszlása a külső falakon, általános nyílások nélküli (a) és két ablakot tartalmazó (b) falszakasz esetében

**A hőátbocsátási tényező meghatározása az MSZ-04-140-2:1991 szerint**

Alkalmazott jelölések:

$k$	– hőátbocsátási tényező (W / m <sup>2</sup> K)
$A_{I\%},4$	– bordafelület (%)
$A_{I\%},3$	– hőszigetelt felület (%)
$R$	– hővezetési ellenállás (m <sup>2</sup> K / W)
$R_I$	– súlyozott hővezetési ellenállás – felső érték (m <sup>2</sup> K / W)
$R_{II}$	– súlyozott hővezetési ellenállás – alsó érték (m <sup>2</sup> K / W)
$R_i$	– hőszigetelő rétegek hővezetési ellenállása (i=1,2,3,4) (m <sup>2</sup> K / W)
$\sum R_4$	– bordánál számított teljes hővezetési ellenállás (m <sup>2</sup> K / W)
$\sum R_3$	– hősz.-nél számított teljes hővezetési ellenállás (m <sup>2</sup> K / W)
$\alpha_i, \alpha_e$	– hőátadási tényezők (táblázatból vett értékek) (m <sup>2</sup> K / W)
$\lambda_i$	– hőszigetelő rétegek hővezetési tényezője (i=1,2,3,4) (W / mK)
$\lambda_{ibe}$	– hőszigetelő rétegek módosított hővezetési tényezője (W / mK)
$\kappa$	– korrekciós tényező (MSZ-04-140-2:1991)

A hőátbocsátási tényező számítása:

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

Hővezetési ellenállás számítása:

$$R = \frac{R_I + 2R_{II}}{3} \quad [2]$$

Súlyozott hővezetési ellenállás felső értékének számítása:

$$R_I = \frac{1}{\frac{A_{I\%},4}{\sum R_4} + \frac{A_{I\%},3}{\sum R_3}} \quad [3]$$

Súlyozott hővezetési ellenállás alsó értékének számítása:

$$R_{II} = R_1 + R_2 + \dots + \frac{1}{\frac{A_{I\%},4}{R_4} + \frac{A_{I\%},3}{R_3}} + \dots + R_n \quad [4]$$

Az egyes rétegek hővezetési tényezői (1. ábra):

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 0,04 \text{ W / mK} \\ \lambda_2 &= 0,30 \text{ W / mK} \\ \lambda_3 &= 0,04 \text{ W / mK} \\ \lambda_4 &= 0,13 \text{ W / mK} \end{aligned}$$

A hőszigetelő réteg hővezetési tényezőjének helyesbítése a beépítési feltételek függvényében:

- homlokzati ásványgyapot szigetelés, amire rávakolnak (MSZ-04-140-2:1991):  
 $\lambda_{1be} = \lambda_1(1 + \kappa) = 0,04(1 + 0,3) = 0,052 \quad [5]$
- táblás ásványgyapot szigetelés, amit függőlegesen építenek be (MSZ-04-140-2:1991):

$$\lambda_{3be} = \lambda_3(1 + \kappa) = 0,04(1 + 0,15) = 0,046 \quad [6]$$

Az egyes rétegek hővezetési ellenállásának a számítása:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{1be}} = \frac{0,05}{0,052} = 0,962$$

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,015}{0,3} = 0,05$$

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_{3be}} = \frac{0,12}{0,046} = 2,609$$

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_4} = \frac{0,12}{0,13} = 0,923$$

A bordánál és a hőszigetelésnél számított teljes hővezetési ellenállás számítása:

$$\sum R_4 = R_1 + R_2 + R_4 + R_2 = 1,985$$

$$\sum R_3 = R_1 + R_2 + R_3 + R_2 = 3,671$$

A fentieket behelyettesítve a [3]-as és [4]-es képletekbe:

$$R_I = \frac{1}{\frac{A_{I\%},4}{\sum R_4} + \frac{A_{I\%},3}{\sum R_3}} = \frac{1}{\frac{0,2}{1,985} + \frac{0,8}{3,671}} = 3,138$$

$$R_{II} = R_I + R_2 + \frac{l}{\frac{A_{[ \% ],4}}{R_4} + \frac{A_{[ \% ],3}}{R_3}} + R_2 =$$

$$= 0,962 + 0,05 + \frac{1}{\frac{0,2}{0,923} + \frac{0,8}{2,609}} + 0,05 = 2,973$$

$R_I$  és  $R_{II}$  értéket a [2] képletbe behelyettesítve:

$$R = \frac{R_I + 2R_{II}}{3} = \frac{3,138 + 2 \cdot 2,973}{3} = 3,028$$

A fenti eredményt behelyettesítve a [1] képletbe:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + R + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 3,028 + \frac{1}{24}} = 0,31$$

A régi számítási eljárással egy általános rétegtendű (**1.ábra**) fa bordaváz, könnyűszerkezetes falszerkezet hőátbocsátási tényezője:  $k = 0,31 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$  értékre adódik.

### A hőátbocsátási tényező meghatározása az EN ISO 6946 szerint

Az alkalmazott jelölések:

- $A_{[ \% ],4}$  – bordafelület (%)
- $A_{[ \% ],3}$  – hőszigetelt felület (%)
- $R_T$  – hővezetési ellenállás ( $\text{m}^2\text{K} / \text{W}$ )
- $R'_T$  – súlyozott hővezetési ellenállás – felső érték ( $\text{m}^2\text{K} / \text{W}$ )
- $R''_T$  – súlyozott hővezetési ellenállás – alsó érték ( $\text{m}^2\text{K} / \text{W}$ )
- $R_i$  – hőszigetelő rétegek hővezetési ellenállása ( $i=1,2,3,4$ ) ( $\text{m}^2\text{K} / \text{W}$ )
- $R_{Si}$  – belső felületi ellenállás (táblázatból vett érték) ( $\text{m}^2\text{K} / \text{W}$ )
- $R_{Se}$  – külső felületi ellenállás (táblázatból vett érték) ( $\text{m}^2\text{K} / \text{W}$ )
- $\sum R_4$  – bordánál számított teljes hővezetési ellenállás ( $\text{m}^2\text{K} / \text{W}$ )
- $\sum R_3$  – hősz.-nél számított teljes hővezetési ellenállás ( $\text{m}^2\text{K} / \text{W}$ )
- $U$  – hőátbocsátási tényező ( $\text{W} / \text{m}^2\text{K}$ )
- $\Delta U_g$  – hőátbocsátási korrekciós tényező,

ami a hőszigetelő anyag közötti légréstől adódik (EN ISO 6946, D.) ( $\text{m}^2\text{K} / \text{W}$ )

$\Delta U_f$  – hőátbocsátási korrekciós tényező, ami a hőszigetelő anyag rögzítéséből adódik (EN ISO 6946, ( $\text{m}^2\text{K} / \text{W}$ ))

$\lambda_i$  – hőszigetelő rétegek hővezetési tényezője ( $i=1,2,3,4$ ) ( $\text{W} / \text{mK}$ )

A hőátbocsátási tényező számítása:

$$U = \frac{1}{R_T} + \Delta U_g + \Delta U_f \quad [7]$$

A hővezetési ellenállás számítása:

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} \quad [8]$$

A súlyozott hővezetési ellenállás felső értékének számítása:

$$R'_T = \frac{1}{\frac{A_{[ \% ],4}}{\sum R_4} + \frac{A_{[ \% ],3}}{\sum R_3}} \quad [9]$$

Súlyozott hővezetési ellenállás alsó értékének számítása:

$$R''_T = R_{Si} + R_I + R_2 + \dots + \frac{l}{\frac{A_{[ \% ],4}}{R_4} + \frac{A_{[ \% ],3}}{R_3}} + \dots + R_n + R_{Se} \quad [10]$$

Az egyes rétegek hővezetési tényezőjének a felvétele:

$$\lambda_1 = 0,04 \text{ W} / \text{mK}$$

$$\lambda_2 = 0,30 \text{ W} / \text{mK}$$

$$\lambda_3 = 0,04 \text{ W} / \text{mK}$$

$$\lambda_4 = 0,13 \text{ W} / \text{mK}$$

Az egyes rétegek hővezetési ellenállásának a számítása:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0,05}{0,04} = 1,25 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,015}{0,3} = 0,05 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_3} = \frac{0,12}{0,04} = 3,00 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_4} = \frac{0,12}{0,13} = 0,923 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

A bordánál és a hőszigetelésnél számított teljes hővezetési ellenállás számítása:

$$\sum R_4 = R_{Si} + R_1 + R_2 + R_4 + R_2 + R_{Se} = 0,1 + 1,25 + 0,05 + 0,923 + 0,05 + 0,04 = 2,413$$

$$\sum R_3 = R_{Si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_2 + R_{Se} = 0,1 + 1,25 + 0,05 + 3,00 + 0,05 + 0,04 = 4,490$$

Behelyettesítés a [9]-es és [10]-es képletekbe:

$$R'_T = \frac{1}{\frac{A_{[\%],4}}{\sum R_4} + \frac{A_{[\%],3}}{\sum R_3}} = \frac{1}{\frac{0,2}{2,413} + \frac{0,8}{4,490}} = 3,831$$

$$R''_T = R_{Si} + R_1 + R_2 + \frac{I}{\frac{A_{[\%],4}}{R_4} + \frac{A_{[\%],3}}{R_3}} +$$

$$R_2 + R_{Se} = 0,1 + 1,25 + 0,05 +$$

$$+ \frac{I}{\frac{0,2}{0,923} + \frac{0,8}{3,00}} + 0,05 + 0,04 = 3,559$$

A fenti eredményeket a [8]-as képletbe helyettesítve:

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} = \frac{3,831 + 3,559}{2} = 3,695$$

A hőátbocsátási tényező ezek után a [7] szerint számítható:

$$U = \frac{1}{R_T} + \Delta U_g + \Delta U_f = \frac{1}{3,695} + 0,01 + 0,032 = 0,31$$

A új, EU szabvány szerinti számítási eljárással egy általános rétegendű fa bordaváz, könnyűszerkezetes falszerkezet (**1. ábra**) hőátbocsátási tényezője:  $U = 0,31$  (W / m<sup>2</sup>K) értékre adódik.

#### *Az eredmények összehasonlítása*

Az EN ISO szabvány szerinti számítás eredménye adja a magasabb értéket, de az eltérés mindössze 3%-os. A két, érvényben lévő szabvány számítási menete a főbb pontokban megegyezik. Eltérés a

korrekciós tényezők figyelembevételében és a borda-bordaköz felületek súlyozásának számításában van. A korrekciós tényezőket mindkét szabvány esetében a hőszigetelő rétegekre kell alkalmazni, azok beépítési, szerelhetőségi tulajdonságai miatt. Általánosságban elmondható, hogy a fa bordaváz kitöltésére használatos szálas hőszigetelő anyagoknak alacsony a test-sűrűsége, így a függőleges beépítés után roskadásra hajlamosak. A magyar szabvány ezt a jelenséget egyértelműen figyelembe veszi, míg az európai szabvány eleve csökkentett hővezetési tényező (ún. deklarált hővezetési tényező) használatát írja elő a gyártók számára, ami azután tervezési értéként használható. A végeredmény tekintetében a különbségek nem jelentősek.

#### *Összefoglalás*

Számításaink során meghatároztuk egy – ma Magyarországon általános – fa bordaváz épület külső falszerkezetének hőátbocsátási tényezőjét a még érvényes magyar, és a már érvényes európai szabvány szerint. A számolásnál figyelembe vettük, hogy egy átlagos külső falszerkezet esetén a falfelület 20%-a bordaváz, és csupán 80%-a a hőszigetelő anyaggal kitöltött bordaköz. A két számítási módszer eredményei között nincs nagyságrendi eltérés. Ez azzal magyarázható, hogy néhány részletet kivéve a két módszer alapelvei megegyeznek. Cikksorozatunk következő részében a borított gerenda zárófödémrel foglalkozunk.

#### *Felhasznált irodalom:*

1. MSZ-04-140-2:1991. *Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai, hőtechnikai méretezés.*
2. EN ISO 6946:1999. *Épületszerkezetek és épületelemek. Hővezetési ellenállás és hőátbocsátás.* Általános számítási módszerek