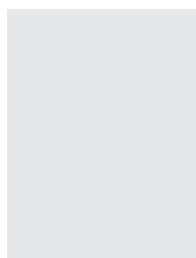


Szűts László, okl.
építőmérnök, TÉ
épületenergetikai
tanúsító
szl.bme@gmail.com



Dr. Szalay Zsuzsa
okl. építészmérnök,
adjunktus, BME
Építőmérnöki Kar,
Építőanyagok és
Magasépítés Tanszék
szalay.zsuzsa@epito.
bme.hu



Lőrinczi Zsuzsanna,
okl. építészmérnök,
műemlékvédelmi
szakmérnök
info@6bt.hu,
zsuzsa.lorinczi@6bt.
hu

Történelmi ablakok hőtechnikai tulajdonságai

A történelmi épületek legértékesebb jellemző épületszerkezetei közé tartoznak a pallótokos vagy gerébtokos kéthéjú ablakok. Egyre jellemzőbb tendencia, hogy a történelmi ablakokat, vélelmezett „rossz” hőtechnikai tulajdonságaik miatt kibontják, és műanyag-
ra cserélik, pedig legtöbb esetben felújíthatók és megmenthetőek lennének (1. ábra). Ezzel komoly kárt okoznak a történelmi épületek építészeti megjelenésén, rontják a városképet, és az egyrétegű ablak nem egyszer épületfizikai szempontból is újabb problémákat, több kárt okoz, mint ha a régi kétrétegű ablak maradt volna meg [1,2].

A történelmi, kétrétegű fa ablakszerkezetekre az építőipari köztudatban lévő és a tervezési ajánlásokban ökölszabályként használt hőátbocsátási tényezők általában pontatlanok, a szakirodalomban szereplő értékek pedig nagy szórást mutatnak. A cikk célja útmutatást nyújtani a történelmi nyílásszerkezetek hőátbocsátási tényezőjének szabványos számítására, és ezzel bizonyítani, hogy ezek az ablakok egyáltalán nem olyan „rosszak”.

A számítások szerint a magyar kétrétegű (kéthéjú) ablakok jellemző hőátbocsátási tényezője $U_w = 1,99\text{--}2,38 \text{ W/m}^2\text{K}$, (átlagosan $2,19 \text{ W/m}^2\text{K}$), társított szerkezetekkel $U_{w\text{átlagos}} = 1,69\text{--}1,97 \text{ W/m}^2\text{K}$ (átlagosan: $1,83 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Kulcsszavak: történelmi, kapcsolt gerébtokos, nyílászáró, társított szerkezet, hőátbocsátási tényező

Historic buildings are characterized by traditional structures and building elements, one of the most valuable of which are traditional windows. These traditional casement windows are extracted from the walls more and more frequently and replaced with modern insulating windows because they are perceived to be in a bad condition, although in most cases they could be renewed and saved. This causes serious damage to the building's architectural image and the cityscape. The replacement windows often do more harm from the point of view of building physics than if the old windows had stayed in the wall.

The paper's goal is to prove that the heat transfer coefficient of traditional wood casement windows is misjudged by the public and often also in design recommendations, and the insulating ability of these windows is considerably underestimated. This paper shows the standardized numerical calculation method of the heat transfer coefficients for double-layer windows and calculates them for a wide range and different types of windows, proving they are not as bad as often thought. According to the calculations, the typical thermal transmittance for Hungarian casement windows is $U_w = 1,99\text{--}2,38 \text{ W/m}^2\text{K}$ (on average $2,19 \text{ W/m}^2\text{K}$) and with roller shutter or wooden solid wings $U_{w\text{average}} = 1,69\text{--}1,97 \text{ W/m}^2\text{K}$ (on average $1,83 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Kulcsszavak: historic, casement window, shutter, thermal transmittance

Bevezetés

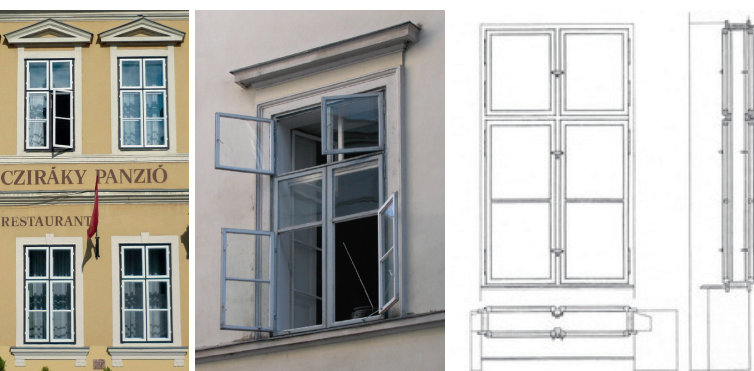
A magyar történelmi ablakokat a megmaradt ablakok számát is figyelembe véve két fő csoportra lehet osztani [3]:



1. ábra: A cserélt nyílászárók megváltoztatják a homlokzat karakterét

1. *klasszicista és romantikus épületek* (fő építési idejük: 1800–1857) ablakai *pallótokos* kétrétegű, kifelé-befelé felnyíló ablakok. Jellemzőjük, hogy külső ablakrétegük a külső falsíkon van (2–4. ábra). Lehet vízszintes és függőleges tokosztójuk is, melyre a szárnyak falcosan záródnak. Kezdetben a külső szárnyat nyáron zsalugáterre lehetett cserélni, később a belső oldali spalettás megoldás terjedt el. Hátrányuk, hogy a külső szárnyak a szemöldöknél és a vízszintes tokosztónál beázhatnak, ha a felettük lévő kis vízvető lécz már tönkrement, és nincs túlnyújtva az ablakszárnyakon. (Ez ellen a felső tok-szárny csatlakozás gumütközős zárásával és a szélnyomás hatására esetleg bejutó víz szakszerű kivezetésével lehet védekezni.)

2. *romantikus, historizáló, szecessziós és még későbbi épületek* kapcsolt gerébtokos kétrétegű ablakai (fő építési idejük 1855–1930): befelé-befelé nyíló faszerkezetek (5–6. ábra). A jellemző városi ablak felül egy harmadoló vízszintes tokosztóval készült. Általában egyszeres vagy kétszeres káva mögé építették. A szárnyak kettős felütközéssel csukódtak a gerébtokokra.

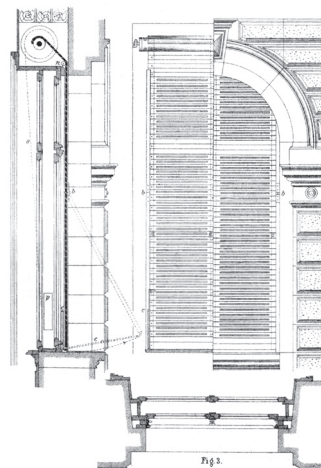


- bal: A Gróf Cziráky Panzió pallótokos klasszicista, hatos osztású ablakai
 közép: Nyolcas osztású, alul többszörösen felnyíló klasszicista ablak
 jobb: Pallótokos, kifelé-befelé nyíló ablak szerkezeti rajza



5. ábra: Kapcsolt gerébtokos ablak, Erzsébet körüti neobarokk (historizáló) stílusú épület ablaka

6. ábra: Kapcsolt gerébtokos esslingeni faredőnyös ablak szerkezeti rajza



A reneszánsz és barokk korból fennmaradt ablakok száma elenyésző, komoly műemléki értékük miatt csak restaurálásuk javasolt, ezért nem képezik a vizsgálat tárgyát. A legtöbb megmaradt történelmi nyílászáró a kiegyezést követően az I. világháborúig épült házakban van, melyek már kapcsolt gerébtokos ablakok. Az akkori szigorú előírások miatt legalább a külső szárnyuk időálló vörösfenyőből készült, ezeknek a nyílászáróknak jó része még ma is ép állapotú a gyakran már pergő mázolás alatt. A vízvető és a fakeret 1 db faanyagból készült, nem utólagos rátétként, a többgenerációs tartósságot ez is biztosította [4].

A hőátbocsátási tényező számítása a szabványok szerint

A történelmi, kétrétegű fa ablakszerkezetekre az építőipari köztudatban lévő és a tervezési ajánlásokban ökölszabályként megadott hőátbocsátási tényezők általában pontatlanok, a szakirodalomban szereplő értékek pedig nagy szórást mutatnak (2,05–4,0 W/m²K) [5]. Ennek több oka van: egyrészt történelmi ablaktípusról lévén szó, viszonylag kevés kutatási eredmény ismert, másrészt a különböző forrásokban más lehet a hőátbocsátási tényező értelmezése. A régebbi szabványokban az ún. névleges hőátbocsátási tényező a transzmissziós és filtrációs tag összege volt (ún. „k” érték). A mai épületenergetikai rendelet és szabványok ezzel szemben az ablakok *transzmissziós hőátbocsátási tényezőjét* határozzák meg (U_w érték), és az infiltrációból származó szellőzési veszteségeket máshol, egy külön tagban veszik figyelembe. Könnyen belátható, hogy az előbbi értelmezés magasabb értéket eredményezett.

A hatályban lévő szabvány az ablakok hőátbocsátási tényezőjének számítására az MSZ EN ISO 10077-1:2007, mely alapvetően egy egyszerűsített módszert közöl. A hőátbocsátási tényező számításának bizonyos lépéseire (főleg kétrétegű ablakok esetén) ezen kívül egyéb szabványok is szükségesek (pl. MSZ EN ISO 6946:2008, MSZ EN 673:2012).



Kétrétegű ablak esetén a szabvány a hőátbocsátási tényezőt a következő képlet alapján számolja [6]:

$$U_w = \frac{1}{\frac{1}{U_{w,ext}} - R_{si} + R_s - R_{se} + \frac{1}{U_{w,int}}} \quad (1),$$

ahol

$U_{w,ext}$: külső ablakréteg hőátbocsátási tényezője [$W/(m^2K)$],
 $U_{w,int}$: belső ablakréteg hőátbocsátási tényezője [$W/(m^2K)$],
 R_{si} ; R_{se} : belső, illetve külső ablakréteg felületi hőátadási ellenállása,
 a másik réteget figyelmen kívül hagyva [$(m^2K)/W$],
 R_s : a közties levegőréteg hővezetési ellenállása [$(m^2K)/W$].

Amint látható, a teljes ablakszerkezet hőátbocsátási tényezőjének kiszámításához szükségünk van a külső és belső ablakréteg saját U_w értékére és a köztük lévő levegőréteg hővezetési ellenállására.

A kétrétegű ablakokat felépítő külső és belső ablakrétegek saját hőátbocsátási tényezőjének megállapítása az egyrétegű nyílászárókhoz használatos összefüggéssel történik. Egyrétegű ablakszerkezetek transzmissziós hőátbocsátási tényezője az üvegezés és a keretszerkezet hőátbocsátási tényezőinek és felületeinek szorzatösszegeként számolható az alábbi képlet szerint [6]:

$$U_w = \frac{A_g \times U_g + A_f \times U_f + l_g \times \psi_g}{A_g + A_f} \quad (2),$$

ahol

U_w : teljes ablakszerkezet hőátbocsátási tényezője [$W/(m^2K)$],
 U_g : az üvegezés hőátbocsátási tényezője [$W/(m^2K)$],
 A_g : az üvegezés felülete [m^2],
 U_f : a keretszerkezet hőátbocsátási tényezője [$W/(m^2K)$],
 A_f : a keretszerkezet felülete [m^2],
 l_g : az üvegezés kerülete [m],
 ψ_g : üvegezés beépítés vonalmenti hőátbocsátási tényezője [$W/(mK)$].

A szabvány szerint a (2) képlet számlálójában lévő utolsó (az üveg vonalmenti beépítésre vonatkozó) tag szimpla üvegezés esetén (tehát hagyományos történelmi ablakoknál) elhanyagolható.

A számítás során az első lépés a pontos geometriai adatfelvétel. A hőtechnikai számításokra jellemző módon a hőtranszport-folyamatokban részt vevő felületeket kell elemenként összegezni, ami a belső oldalról látható felületeket jelenti. A keretszerkezet felületébe tartozik a tok, a szárnyak, a tokosztó(k) és üvegosztó(k) felülete, tehát minden faanyagú felület. A keretfelület és az üvegfelület összegének meg kell egyeznie az ablak beépítési méretéből számítható felülettel. Szerkezetből, tagoltságtól és díszítettségtől függően az ablakok üvegfelületének és keretfelületének aránya igen eltérő lehet, még egy épületen belül is. Jelen számítások éppen ezért széles tartományban, 55–70%-os üvegfelület arány esetén vizsgálják a hőátbocsátási tényezőt. (A legfrissebb építészettörténeti vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a legtöbb fennmaradt lakóépület-ablak ennek a tól-ig értéknek a számtani átlagába esik: 60–65%-os üvegfelület aránnyal. A 70%-os üvegezés inkább már a középületek nagyobb belmagasságú épületeihez készült nagyobb üvegezésű ablakait jellemzi.)

A geometriai adatfelvétel után meg kell állapítani az üvegezés és a fa keretszerkezet hőátbocsátási tényezőjét. Az MSZ EN ISO 10077-1 szabvány az üveg hővezetési tényezőjére $\lambda=1 W/(mK)$ -t, a keményfákéra $\lambda=0,18 W/(mK)$ -t, a puhafákéra $\lambda=0,13 W/(mK)$ -t

ajánl. Ezek alapján a történelmi ablakokra jellemző, 1,2–3 mm vastagságú, egyrétegű üvegtáblák hőátbocsátási tényezője $U_g=5,8 W/(m^2K)$ -re vehető fel. A keretszerkezet U_f hőátbocsátási tényezőjének megállapításához a vastagság mellett el kell dönteni, hogy a tok és szárny milyen fából készült (az alapanyagok közül a tölgy [$\rho \approx 700 kg/m^3$] kemény, míg a jellemző luc(fenyő) és vörösfenyő [$\rho \approx 500 kg/m^3$] puhafának számít). A pallótokos és kapcsolt gerébtokos ablakokra a legjellemzőbb a 43–45 mm-es vastagságú, puhafából (fenyőből) készült keretszerkezetek voltak, melyek U_f hőátbocsátási tényezője 1,95 $W/(m^2K)$ értékre vehető fel.

Ezen adatok felvétele után már számítható a külső ($U_{w,ext}$), illetve a belső ($U_{w,int}$) ablakréteg saját hőátbocsátási tényezője (2), és behelyettesíthetők a kétrétegű ablak hőátbocsátási tényezőjének képletébe (1). Az utolsó lépés az ablakrétegek közti levegőréteg hőtechnikai értékeinek felvétele. Egész pontosan a másik réteg elhanyagolásával kapott külső ablakréteg belső oldali hőátadási ellenállására (R_{si}) és belső ablakréteg külső oldali hőátadási ellenállására (R_{se}), valamint a levegőréteg hőátbocsátási ellenállására (R_s) van szükségünk. A szabvány normál emissziós tényezőjű, függőleges ablaküvegek esetén $R_{se} = 0,04 m^2K/W$ és $R_{si} = 0,13 m^2K/W$ értéket ajánl. A közbenső levegőréteg hőátbocsátási ellenállásának (R_s) felvételére az MSZ EN ISO 10077 C mellékletében található táblázat. Azonban ez csupán nem szellőző, és maximálisan 50 mm vastag légrétegek esetén ad értékeket [4].

A hagyományos kétrétegű palló- és gerébtokos ablakok közbenső légrétege átlagosan 15–20 cm vastagságú, és szinte mindig valamekkora mértékben szellőző légréteg, hiszen a tok-szárny csatlakozásnál nincs tömítés, és sokszor az ablakok passzívra sincsenek. Az MSZ EN ISO 6946:2008 szabvány foglalkozik ilyen vastagságú, zártnak tekinthető, kissé szellőző, valamint jól szellőző levegőrétegek hőátbocsátási ellenállásának számításával. A szabvány szerint egy vertikális levegőréteg zártnak tekinthető, ha vízszintes folyóméterre vetítve 500 mm^2 -nél kisebb részfelülettel rendelkezik, ekkor a hővezetési ellenállása $R_s = 0,18 m^2K/W$. A levegőréteg jól szellőző, ha vízszintes folyóméterre vetítve 1500 mm^2 -nél nagyobb részfelülettel rendelkezik, ekkor a hővezetési ellenállása $R_s = 0,13 m^2K/W$. Végezetül a levegőréteg enyhén szellőző, ha vízszintes folyóméterre vetítve 500 mm^2 -nél nagyobb, de 1500 mm^2 -nél kisebb részfelülettel rendelkezik. Ekkor a hővezetési ellenállása az alábbi képlettel számítható [7]:

$$R_s = \frac{1500mm^2 - A_V}{1000mm^2} R_{T,u} + \frac{A_V - 500mm^2}{1000mm^2} R_{T,v} \quad (3),$$

ahol

A_V : szellőző nyílás mérete m^2 -enként [mm^2],
 $R_{T,u}$: zárt légréteg hővezetési ellenállása [m^2K/W],
 $R_{T,v}$: szellőző légréteg hővezetési ellenállása [m^2K/W].

Tekintettel a hagyományos kétrétegű palló- és gerébtokos ablakokra jellemző méretére és osztására, megállapítható, hogy egy jól passzított ablak közbenső levegőrétege az MSZ EN ISO 6946:2008 szabvány szerint zártnak tekinthető, míg egy nem passzított ablak közbenső levegőrétege enyhén szellőzőnek feltételezhető. Előbbi esetben a hővezetési ellenállás $R_s = 0,18 m^2K/W$ értékű, utóbbi esetben pedig jellemző méretű és osztású ablakok átlagos résméreteivel számolva a hővezetési ellenállás $R_s = 0,16 m^2K/W$ értékűre vehető fel.

Az összes paraméter felvétele után immár számolhatók a különböző kétrétegű, történelmi ablakok hőátbocsátási tényezői az MSZ EN ISO 10077-1 szabvány szerint. Az 1. táblázat összesen 16 üvegfelület-arány és kétféle résfelületnagyság esetén mutatja be a jellemző anyagú és keretvastagságú magyarországi palló- és gerébtokos ablakok hőátbocsátási tényezőjét.

Az adott ablak hőátbocsátási tényezője a táblázat segítségével könnyen kikereshető, ha ismerjük a résfelület nagyságát (hogy az ablak passzított, vagy sem), illetve az ablak üvegarányát. A pallótokos ablakoknál a külső és belső ablakok mérete azonos, míg a kapcsolt gerébtokos (befelé-befelé nyíló) ablakok külső és belső ablakrétegei eltérnek egymástól (továbbá például a belső szárnyakon nincsen üvegosztó, míg a külső sűrűbben osztott: ez jellemző a szecessziós és nemzeti romantikus stílusban épült házakra). Bár a táblázat egyes cellái azonos ablakrétegekből felépülő szerkezetek hőátbocsátási tényezőit tartalmazzák, a táblázat mégis használható eltérő rétegű ablakok U_w értékének meghatározására is. Ehhez egyszerűen meg kell határozni az adott ablak hőátbocsátási tényezőjét mind a külső, mind a belső réteg paramétere alapján, majd a két érték átlagát kell venni.

A táblázatban látható, hogy szabványos számolással igazolható a történelmi, kétrétegű ablakok hőátbocsátási tényezőjéről, hogy jóval kedvezőbbek, mint az építőipari köztudatban lévő, a tervezési ajánlásokban gyakran ökölszabályként használt értékek. Megállapítható, hogy a Magyarországon legjellemzőbb, 55–70%-os üvegfelület arányú, 45 mm-es luc vagy fenyő keretű, passzított kétrétegű, történelmi ablakok esetén a teljes ablak transzmissziós hőátbocsátási tényezője 1,99–2,27 W/m^2K között változhat.

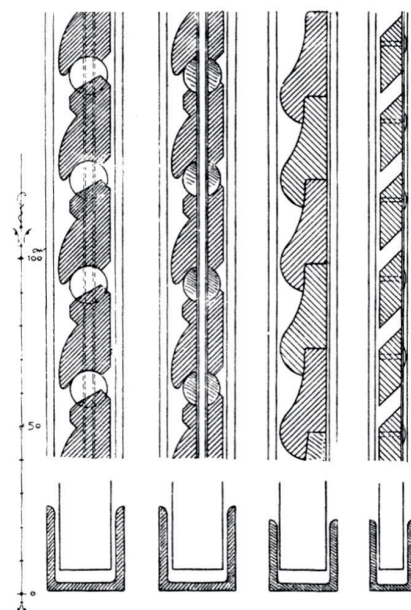
Üvegezés aránya: A_g/A_w	U_w [$W/(m^2K)$]	
	Nem passzított	Passzított
55%	2,076	1,993
56%	2,096	2,012
57%	2,116	2,030
58%	2,136	2,049
59%	2,156	2,067
60%	2,176	2,086
61%	2,196	2,104
62%	2,217	2,122
63%	2,237	2,141
64%	2,257	2,159
65%	2,277	2,178
66%	2,297	2,196
67%	2,317	2,215
68%	2,337	2,233
69%	2,358	2,251
70%	2,378	2,271

1. táblázat: Kétrétegű, történelmi ablakok hőátbocsátási tényezője az MSZ EN ISO 10077-1 szabvány alapján számítva. (Megjegyzés: Néhány általános típusablakot végeeselemes számítógépes modellezéssel is ellenőriztünk, mely a numerikus számítási módszerhez hasonló értékeket eredményezett, ezzel igazolva azok helyességét.)

A társított szerkezetek hatása

A történelmi ablakok gyakran spalettával vagy redőnnyel készültek (7. ábra). 1880–1885 előtt inkább a belső spaletta volt jellemző, melyet elsősorban az utcafronti ablakoknál használtak, de gyakran az udvari homlokzatokon is megjelentek. 1880–1890 után a spaletták helyett inkább az esslingeni redőnyök váltak általánossá. Az utcafronton minden esetben megtalálhatóak voltak ezek a szerkezetek, de a belső udvari benapozott oldalakon is előfordultak. Ezeknek a szerkezeteknek jó része még ma is megtalálható, legfeljebb az eredeti esslingeni redőny falamellait műanyagra cserélték, de az eredeti falba rejtett redőnyszerkevény felhasználásával. A kitémasztható karú külső oldali árnyékoló szerkezetek értéke, hogy egyszerűek, működőképesek, felújíthatóak és kívülről nem látszó szerkezetek, mert redőny-szerkevénybe, a külső ablakkeretezések mögé vannak rejtve.

7. ábra:
Kitémasztható
karú esslingeni
redőnyös ablak
metszete és
nézete [8]





A társított szerkezet előnye, hogy nemcsak nyáron biztosít kiváló (résein átszellőző) árnyékolást, hanem leengedett, vagyis zárt állapotban a téli hőveszteséget is csökkenti. Magának a redőnynek a hővezetési ellenállása mellett a közbezárt légrétegnek is van ellenállása.

A 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet is lehetővé teszi ennek figyelembevételét: a nyílászáró hőátbocsátási tényezője „tartalmazhatja a társított szerkezetek hatását is, ekkor a társított szerkezet »nyitott« és »csukott« helyzetére vonatkozó hőátbocsátási tényezők számtani átlaga vehető figyelembe”. Ez arra utal, hogy télen időarányosan átlagosan a nap tizenkét órájában van nyitva, és tizenkét órában zárva a társított szerkezet a kinti fényviszonyoknak megfelelően (a biztonság javára közelítve).

A zárt társított szerkezet hatása az MSZ EN ISO 10077 szabvány szerint hővezetési ellenállás növekményként vehető figyelembe:

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R} \quad (4),$$

ahol

U_{ws} : az ablak hőátbocsátási tényezője zárt társított szerkezettel [$W/(m^2K)$],

U_w : az ablak hőátbocsátási tényezője [$W/(m^2K)$],

DR : a hővezetésiellenállás-növekmény a zárt társított szerkezet, valamint a szerkezet és az ablak közé bezárt légréteg miatt [$(m^2K)/W$].

A hővezetésiellenállás-növekmény függ a társított szerkezet hőtechnikai tulajdonságaitól és légáteresztésétől. A légáteresztés szempontjából öt kategóriát különböztetnek meg a „nagy mértékben légáteresztőtől” a „légtömör” társított szerkezetig. A spaletták és esslingeni redőnyök a szabvány szerint tipikusan az „átlagosan légzáró” kategóriába sorolhatóak. A hővezetési ellenállás növekmény ekkor:

$$\Delta R = 0,55R_{sh} + 0,11 \quad (5),$$

ahol

R_{sh} : a társított szerkezet hővezetési ellenállása, számított vagy mért érték [$(m^2K)/W$]

Amennyiben nem ismerjük a társított szerkezet ellenállását, a szabvány tartalmaz jellemző értékeket (2. táblázat).

A jellemző DR értékek tehát 0,16 (m^2K)/W esslingeni redőnyök és 0,22 (m^2K)/W vastag spaletták esetén. Amennyiben a társított szerkezet légtömörsege átlagosnál jobb, ez az érték magasabb is lehet, ám ez a régi szerkezetek esetén nem jellemző.

Az 1. táblázatban kiszámított jellemző szerkezetű kapcsolt gerébtokos ablakok esetén azokhoz különböző társított szerkezetet feltételezve, a hatásukkal elérhető U_w érték javulását az alábbi táblázat összesíti (3. táblázat). Társított szerkezetek megléte mellett az

Típus	A társított szerkezet jellemző hővezetési ellenállása, R_{sh} [m^2K/W]	A hővezetésiellenállás-növekmény, DR [$(m^2K)/W$]		
		Nagy mértékben légáteresztő	Átlagosan légáteresztő	Légtömör vagy kissé légáteresztő
Faredőny	0,10	0,12	0,16	0,22
Faspaletta, 25–30 mm vastagság	0,20	0,14	0,22	0,30

2. táblázat: A hővezetésiellenállás-növekmény különböző társított szerkezetek esetén [6]



Üvegezés aránya: Ag/Aw	Társított szerkezet nélkül vagy annak nyitott állapotában	U _w [W/(m ² K)]			
		Spalettával		Redőnyvel*	
		zárt állapotban	átlagosan	zárt állapotban	átlagosan
55%	1,993	1,386	1,690	1,511	1,752
56%	2,012	1,395	1,704	1,522	1,767
57%	2,030	1,403	1,717	1,532	1,781
58%	2,049	1,412	1,731	1,543	1,796
59%	2,067	1,421	1,744	1,553	1,810
60%	2,086	1,430	1,758	1,564	1,825
61%	2,104	1,438	1,771	1,574	1,839
62%	2,122	1,447	1,785	1,584	1,853
63%	2,141	1,455	1,798	1,595	1,868
64%	2,159	1,464	1,812	1,605	1,882
65%	2,178	1,472	1,825	1,615	1,897
66%	2,196	1,481	1,839	1,625	1,911
67%	2,215	1,489	1,852	1,635	1,925
68%	2,233	1,497	1,865	1,645	1,939
69%	2,251	1,506	1,879	1,655	1,953
70%	2,271	1,514	1,893	1,665	1,968

*Az eltérő szerkezetű redőnyök miatt a redőnyszerkevény hatása az U_w érték számításában nem lett figyelembe véve a jobb összehasonlíthatóság érdekében.

3. táblázat: **Átlagos légáteresztésű társított szerkezetek hatása a zártnak tekinthető közbenső levegőrétegű (passzított) gerébtokos ablakokra az EN ISO 10077 szerint**

ablakokat az épületenergetikai számításokban az átlagos, azaz a „nyitott” és „zárt” állapotuk számtani közepével lehet figyelembe venni.

Konklúziók

A számítások bizonyítják, hogy a történelmi kétrétegű fa ablakszerkezetekre az építőipari köztudatban lévő és a tervezési ajánlásokban ökölszabályként használt hőátbocsátási tényezők pontatlanok. Szinte minden esetben jócskán alulbecsülik ezen ablakok hőszigetelő képességét, és kedvezőtlen U értékkel veszik figyelembe őket akár az épületenergetikai minősítésnél, akár egy korszerű, szigetelt nyílászáróval történő összehasonlításuk esetén. Ezért a történelmi, kétrétegű ablakok széles skáláján vizsgáltuk a hőátbocsátási tényezőt szabványok szerinti számítási móddal.

A táblázatokban megadott értékek előnye, hogy teljesen szabványos számítási mód szerint határoztuk meg őket az EN ISO 10077 alapján. Így az ez alapján meghatározható ablak-hőátbocsátási tényezők hiteles, harmonizált európai szabvány szerinti értékek, melyek mentesek bármilyen nem szabványos közelítéstől, számítási módtól és paramétertől.

A táblázatok segítségével egyszerűen és gyorsan kikereshetők a különböző paraméterű ablakok hőátbocsátási tényezői, így az épületenergetikai számítás során könnyen kezelhetők a különböző ablaktípusok.

A hazai jellemző kapcsolt gerébtokos ablakok hőátbocsátási tényezője 1,9–2,3 W/m²K közötti érték. Amennyiben az ablak társított szerkezettel (redőnyvel vagy spalettával) rendelkezik, ezek hatását érdemes figyelembe venni, mivel így átlagosan további 15–20%-kal csökken az átlagos hőátbocsátási tényező. A társított szerkezetek használata tekinthető a legegyszerűbb „energiahatékony”

intézkedésnek”. Az ablakok így már megközelítik a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet 1. melléklete szerinti követelményértéket. A történelmi ablakok hőtechnikai jellemzői különböző egyszerű és összetettebb beavatkozásokkal tovább javíthatóak, melyeket a következő lapszámában megjelenő cikkünkben foglalunk össze.

Köszönetnyilvánítás

A cikk részben Szűts László *Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata* című MSc diplomamunkáján alapszik. Szalay Zsuzsa munkáját a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatta.

Irodalom

- [1] Bakonyi Dániel, Becker Gábor: *A gerébtokos ablakok cseréjének épületfizikai következményei*, Magyar Építőipar 2010. 6. szám, 223–226. oldal.
- [2] Tömböly Cecília: *Történelmi ablakszerkezetek körül kialakuló hőhidak problémája*, Magyar Építőipar 2014., 5. sz. 1–4. oldal.
- [3] Vukov Konstantin: *Ablakok*, 6Bt Kiadó, Budapest, 2004.
- [4] www.ablakprofilok.hu (2016.02.20.)
- [5] Szűts László: *Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata*. MSc Diplomamunka, BME Építőmérnöki Kar, 2012.
- [6] MSZ EN ISO 10077-1:2007 Ajtók, ablakok és társított szerkezetek hőtechnikai viselkedése. A hőátbocsátási tényező számítása. 1. rész: Általános előírások.
- [7] MSZ EN ISO 6946:2008 Épületszerkezetek és épületelemek. Hővezetési ellenállás és hőátbocsátás. Számítási módszer.
- [8] Krauth und Mayer: *Das Schreinerbuch die Bauschreinerei*, 1899.