

# Az ablakok légzárési teljesítményének változása a környezeti hőmérséklet függvényében\*

BENCSIK Balázs<sup>1</sup>, KOVÁCS Zsolt<sup>1</sup>, DÉNES Levente<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NymE FMK Fa- és Papíripari Technológiák Intézet

## Kivonat

A nyílászárók – mint az épületeink szerves részét képező elemek – elsődleges funkciója, hogy kapcsolatot biztosítsanak a zárt komforttér és a külső környezet között úgy, hogy közben biztosítsák a zárt térben tartózkodó személy megfelelő hő-, akusztikai-, valamint vizuális komfortszintjét. Az épületek tervezése során a nyílászárókat az adott felhasználáshoz előírt teljesítményjellemző értékeik alapján választják ki, azonban azzal nem számolnak a tervezők, hogy a használatból és a környezeti hatásokból kifolyólag azok értékei változhatnak. A beépített nyílászárók az épület homlokfelületén nagy hőingadozásnak vannak kitéve, ami jelentős légáteresztés-változást is eredményezhet. Vizsgálatokkal igazoltuk, hogy a hőmérséklet emelkedésével az ablak légzárása kismértékben javult, míg alacsony hőmérsékleten nagyobb légáteresztés volt tapasztalható. A növekvő légáteresztés nagyobb filtrációs hővesztéséget eredményez, ami kedvezőtlenül befolyásolja az épület energiamérlegét és a bentlakók komfortszintjét.

**Kulcsszavak:** ablak, teljesítőképességi jellemző, hőmérséklet hatása, károsodás

## The air tightness efficiency change of the windows depending on the environment temperature

### Abstract

The primary function of doors and windows as organic parts of a building is to assure a link between the closed comfort space and exterior environment. This connection must guarantee the appropriate thermal, acoustical and visual comfort level of the persons staying in that space. During the design of a building doors and windows are chosen according to their performance characteristics prescribed by different regulations. However, due to the use and environmental effects the initial characteristics' values may change throughout the life cycle of products. For example windows placed on facades suffer from high thermal impact and variations which may cause a significant modification in air tightness of the window. According to the measured values the increasing temperature improved the air tightness of the windows and opposite to this, below the freezing point the air tightness slightly decreased. The growing air leakage results in a higher heat loss by filtration influencing negatively the energy balance of the building and the comfort level of residents.

**Key words:** windows, performance characteristics, thermal impact, degradation

---

\*A kutatás a Talentum – Hallgatói tehetséggondozás feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

This research - as a part of the Development of Student Talent Fostering at WHU, TAMOP 4.2.2. B-10/1-2010-0018 project - was sponsored by the EU/European Social Foundation. The financial support is gratefully acknowledged.

## Bevezetés

Az ablakok átlátszó üvegezett felületeivel a zárt komforttér vizuális határait a külső környezet vizuális határáig lehet növelni, ami kedvező hatással van a helyiség komfortmegítelésére. Az ablakok további kiemelt funkciója, hogy nyitásával biztosítható a komforttérben tartózkodó személyek számára szükséges friss levegő mennyisége. A jó légzárású ablakok azonban az üzemeltetés során mind épületgépészeti, mind pedig komfortelméleti kérdéseket vethetnek fel, mivel csak megfelelő légcserével biztosítható a lakóépületben felszabaduló páratartalom, szén-dioxid és szaghatás eltávolítása, hogy elkerüljük a beteg épület szindrómát (Bánhidai, 2000). Modern, magas energiahatékonyságú épületek, vagy esetleg passzívház esetében a belső térbe a szükséges friss levegő mennyiségét a tervezett légzézési rendszeren (LRV) keresztül juttatják be és szívják el az elhasznált levegőt. Ez utóbbi esetben az ablakoknak alapvetően nem kellene nyithatóknak lenniük, azonban az épületgépészeti rendszer üzemzavara, és egy esetleges tüzeset, vagy bármely más katasztrófa bekövetkezésekor komoly problémát jelenthet az ablakok nyithatóságának hiánya (Magyar, 2007). Ebből az okból, valamint a bezárt-ság érzés elkerülése végett a tervezők igyekeznek nyitható nyílászárók beépítésével megteremteni a külső és a belső tér közötti kapcsolatot. A modern lakóépületek tervezésekor, valamint épület felújításakor, a tervezőnek számos szabványt és előírást kell ismernie és alkalmaznia ahhoz, hogy egy alacsony energiaigényű és jó komfortérzetű épületet hozzon létre. Napjaink építőanyagai és építési technológiák alkalmazásával lehetővé váló racionális fűtési-hűtési energia felhasználás reális igényként jelenik meg az építetők részéről (Specht, 2010); (Sieberath, 2010). A tervezőnek az épület jó energiatanúsítása mellett törekednie kell arra, hogy az MSZ CR 1752-es hatályos hazai és nemzetközi szabványban meghatározott, adott kategóriába tartozó komfortjellemzőknek is megfeleljen. A két igényt kompromisszumok nélkül a legtöbb esetben csak komoly épületfizikai tervezőmunkával és épületgépészettel lehet maradéktalanul kielégíteni. Egy épület energetikai mérlegében nagy szerepet töltenek be a különböző nyílászáró szerkezetek, melyekre az új EU termékszabványában rögzített teljesítményjellemzők vonatkoznak. A teljesítményjellemzők között szerepel az ablakok légzárási követelményértéke is, amit egy adott használatra szánt ablaknak a beépí-

tés pillanatában teljesítenie kell. A beépített ablak a használat következtében számos degradáló hatásnak van kitéve, amelyek a teljesítményjellemzők megváltozásához vezetnek, vagy kedvezőtlenebb esetben a teljes működésképtelen állapot is bekövetkezhet. A modern nyílászáróktól elvárható, hogy teljesítményjellemzőik a működési élettartamuk során célirányos karbantartással, állagmegóvással, bizonyos határok között tartható legyen (Kovács, 2002). A környezeti és használatból következő hatásoktól megnövekedett légáteresztési érték, ami a legtöbb esetben további teljesítményjellemző csökkenéséhez is vezet. A környezeti degradáló hatások között szerepel a napfény fotodegradációja, az ingadozó napi és évszakonkénti hőmérséklet, a csapadék, valamint a szél torlónyomása, amelyek hatással vannak mind a tok és a szárny anyagára és benne a rugalmas gumitömítések anyagminőségére, mind pedig a működtető fém vasalatrendszerre is. Az ablakok rendeltetésszerű működtetése során a megfelelő kenőanyag hiányában elindul a vasalatrendszer mozgó alkatrészeinek a kopása, valamint a rugalmas tömítések elöregedése, kimozdulása a megfelelő pozícióból. Mindegyik hatás az időben halmozódik és a teljesítményjellemzők megbízhatóságát, a hibamentes működés valószínűségét csökkenti. Annak érdekében, hogy olyan terméket tudjunk tervezni, amely a tervezett élettartama során a légzárási teljesítményét adott valószínűséggel a kívánt értéken tudja biztosítani, szükséges ismernünk a termékben adott idő és adott behatás során végbe-menő változásokat, amelyek ismeretében felírható a termék teljesítményjellemzőjének megbízhatósági függvénye. Jelen cikkünkben a környezeti degradáló hatások közül a hőmérsékletváltozás befolyásoló hatását vizsgáltuk. A légzárási eredményeket a nyomás függvényében diagramokban ábráztuk, valamint a variancia-analízis alkalmazásával meghatároztuk az egyes vizsgálati beállításokon mért értékek egyezőségét. Hőkamera segítségével meghatároztuk az ablak tok és szárny kerülete mentén a szivárgási helyek pozícióját is.

## Elméleti háttér

A nyílászárók légzárásának vizsgálati szabványa (MSZ EN 1026:2002) meghatározza, hogy az ablakokat milyen klímán kell vizsgálni, továbbá megadja, hogy a minősítő osztályozáshoz szükséges hőmérséklet, valamint atmoszférikus nyomás kompenzációt milyen összefüggés alkalmazásával kell elvégezni:



$$V_0 = V_x \cdot \frac{293}{273 + T_x} \cdot \frac{P_x}{101,3} \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad [1]$$

ahol:  $V_0$  - standardizált légáteresztés [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]  
 $V_x$  - vizsgálati hőmérsékleten mért légáteresztés [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]  
 $T_x$  - vizsgálati hőmérséklet [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $P_x$  - vizsgálat ideje alatt az atmoszférikus nyomás értéke [kPa]

A kompenzációra azért van szükség, mert a hőmérséklet, valamint a gáz nyomásának változásával a gázok sűrűsége is megváltozik, amely tömegáram változást eredményez. Az [1] összefüggést felhasználva kiszámítható az adott vizsgálati hőmérsékleten és légköri nyomáson mért levegő mennyiségével mért,  $20^{\circ}\text{C}$ -fokos és 101,3 MPa nyomású levegő mennyisége.

Adott hőmérsékletű gáz tömegárama egyenesen arányos a szállított térfogatárammal és a gáz adott hőmérsékletéhez tartozó sűrűséggel:

$$\dot{m}_x = \rho_x \cdot \dot{V}_x \quad [2]$$

ahol:  $\dot{m}_x$  - adott hőmérsékletű gáz tömegárama [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]  
 $\rho_x$  - adott hőmérsékletű gáz sűrűsége [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]  
 $\dot{V}_x$  - térfogatáram [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

A [2] összefüggésből következik, hogy a hőmérséklet csökkenéséből adódó sűrűsénövekedés növekvő tömegáramot eredményez. A nyílászárók résein, valamint a különböző szerkezeti elemeken, építési hézagokon átáramló levegő tömege pedig arányos a filtrációból származó hőárammal, amit az alábbi összefüggéssel számíthatunk:

$$\dot{Q}_{\text{filtráció}} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta t \quad [3]$$

ahol:  $\dot{Q}_{\text{filtráció}}$  - filtrációs hőáram  
 $\dot{m}$  - tömegáram [ $\text{kg}/\text{h}$ ]  
 $c$  - fajhő [ $\text{J}/\text{kgK}$ ]  
 $\Delta t$  - hőmérséklet különbség [K]

Mivel a beépített ablakok általában két különböző hőmérsékletű teret választanak el, ezért szerkezetükben hőmérséklet gradiens jön létre, ami belső feszültségeket és dilatációt eredményezhet. A lucfenyő (*Picea abies*) hűrirányú lineáris hőtágulási együtthatója  $34,6 \cdot 10^{-6} \cdot \alpha$  (Molnár, 1999). Ez azt jelenti, hogy egy 78 mm vastagságú profil  $40^{\circ}\text{C}$

hőmérsékletkülönbség hatására 0,1 mm-t zsugorodik. A dilatáció mellett a hőmérséklet változásával az ablak szerkezeti elemeinek a rugalmassági modulusza is változik. Különösen fontos a fa alkatrészekben hűtés következtében bekövetkező merevség növekedés, ami lucfenyőből (*Picea abies*) készült alkatrészeknél  $1^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletkülönbségre 0,45% merevség-növekedést eredményez (Bodig 1982). A laboratóriumi minősítő vizsgálatok során azonban a vizsgálati szabvány előírja a próbatetek kondicionálását. Ezzel a standardizált módszerrel mért légáteresztési értékek egymással jól összehasonlíthatók, azonban ezek az értékek megváltoznak, mielőtt az ablak beépítésre kerül és valóságos környezeti hatások érik. A hőmérséklet okozta dilatációs méretváltozás mellett jelentős dimenzióváltozást okoz a faanyag nedvességtartalmának változása is. A fa alkatrészek igyekeznek a levegő nedvességtartalmának megfelelő egyensúlyi fanedvességre beállni, ami méretváltozást von maga után. A szerkezet dagadása, valamint zsugorodása következtében a tok és a szárny közötti rések is változnak, ami a zárási szorosság változását eredményezi. Vizsgálatunk elsődleges célja az volt, hogy kimutassuk a hőmérsékletváltozás hatását az ablakok légzárási teljesítményére. A vizsgálat másik célja az volt, hogy hőkamerás felvételek segítségével meghatározzuk a légzárási vizsgálat során kialakuló szivárgási helyek pozícióját. Ennek során az ablakvizsgáló berendezéshez csatlakozó levegő előkészítő egységgel felhevítettük, majd jelenősen lehűtöttük az ablak külső felületét és úgy végeztünk légáteresztés vizsgálatokat.

### Anyagok és módszerek

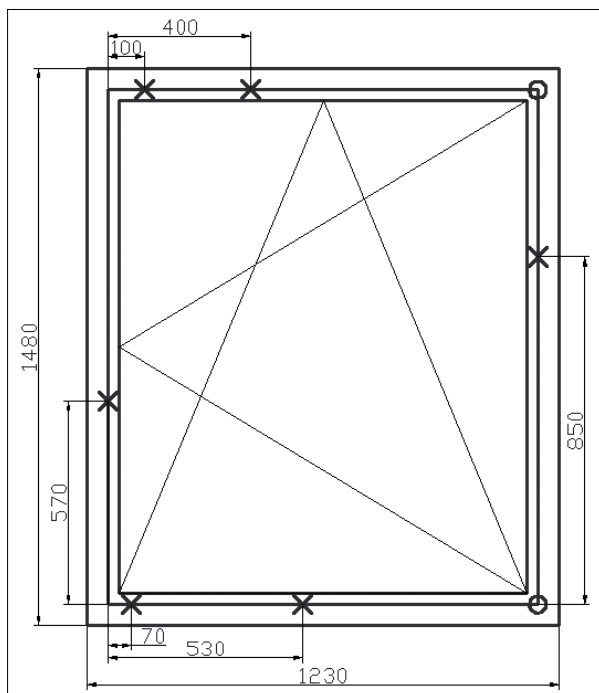
A vizsgálatokhoz egy 1230x1480 mm befoglaló méretű, bukó-nyíló vasalattal szerelt, lucfenyő (*Picea abies*) fafajból készült egyszárnyú, 3 rétegű, hőszigetelt üvegezésű ablakot választottunk, IV 78 Eurofalzos profilalakítású szárnyal. A próbatetet Sigienia-Aubi Titan vasalatrendszerrel szerelték, amely 6 helyen biztosított záródást. A zárfogadók pontos pozícióját az 1. ábra mutatja. Az ablakszárnyban kettő darab EPDM gumitömítés biztosította a rugalmas ütközést. A 78 mm-es profilvastagságnak és a háromrétegű üvegezésnek köszönhetően a vizsgált ablak hőátbocsátási tényezője  $1,10 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$  volt.

A légzárási vizsgálatok elvégzéséhez Holten VHEPC ablakvizsgáló berendezést használtunk, amelyhez egy levegő előkészítő egység is tartozott, ami képes  $2 \text{ m}^3$  vizsgáló levegőnek a hőmérsékletét

-40 °C és +50 °C között temperálni. A kalibrált berendezés az ÉMI Nonprofit Kft. Épületfizikai Szakági Laboratóriumában található. A vizsgálatokat az MSZ EN 1026:2002 vizsgálati szabvány alapján végeztük. Méréseink során a szabványos módszertől csak a vizsgálati hőmérséklet megváltoztatásával és a negatív nyomásfokozatokon mért légáteresztés-vizsgálat elhagyásával térünk el.

A mérésorozat első lépéseként az ablakon vasalatállítást és a gumitömítés épségének ellenőrzését hajtottunk végre, majd 23 °C-on és 62%-os relatív légnedvességgel háromszori ismétléssel légzárási vizsgálatot végeztünk. Ezután következett az ablak vizsgálókamra felőli oldalának felfűtése 45 °C-ra. A kamra felfűtéséhez meleg levegőt használtunk, amelyet a vizsgáló berendezéshez kiépített 1 m<sup>3</sup>-es levegő előkészítő berendezésben állítottunk elő. Mivel a berendezés a környezetből beszívott 23 °C-os és 62%-os relatív nedvességtartalmú levegőt melegítette fel, ezért a levegő relatív páratartalma – a Moliere-féle h-x diagram szerint -23%-ra csökkent, míg hűtés során a levegő telítetté vált.

Amikor a kamra elérte a beállított hőmérsékletet, akkor háromszori ismétléssel megmértük az ablak légzárását, majd a hőmérsékletet fenntartva további két mérést végeztünk szintén három ismétléssel 1 órás időközönként. A méréseket követően a próbatestet 18 órán keresztül pihentettük, ami alatt mind az ablak, mind pedig a vizsgáló berendezés lehűlt



**1. ábra** Zárófogadók helyzete az ablak tokjában

**Figure 1** Fastening hardware positions in the window frame

23 °C-ra. Az alacsony hőmérsékleten történő mérések előtt történt egy újabb 23 °C-os légáteresztés vizsgálat, ami után megkezdődött az ablak kamra felőli oldalának -10 °C-ra történő hűtése. A beállított hőmérséklet elérésekor háromszori légzárási mérés következett, majd ezt követte az ablak továbbhűtése -20 °C-ig és háromszori légáteresztés mérés. A torlónyomás hatására kialakuló tok-szárny közötti rések okozta filtráció helyének meghatározására, a több lehetséges megoldás közül, a hőkamerás felvételt választottuk, kihasználva az ablak két oldalán jelentkező hőmérséklet különbséget. A fényképek elkészítéséhez egy VarioCam HR típusú hőkamerát alkalmaztunk.

### Eredmények és értékelés

A légzárási vizsgálatok során mért légáteresztési értékeket a [2] összefüggést felhasználva átszámítottuk tömegáramra, biztosítva a különböző hőmérsékleten mért áteresztett levegőmennyiségek összehasonlíthatóságát. A 2. számú ábrán a különböző kamrahőmérsékleteken mért légáteresztési értékeket ábrázoltuk a vizsgálati nyomás függvényében. Látható, hogy a hőmérséklet csökkenésével a légáteresztési értékek növekedtek.

Ebből az következik, hogy az ablak légáteresztési értékei és a vizsgálati nyomás, valamint a környezeti hőmérséklet közötti kapcsolatot csak egy két-paraméteres függvénnyel tudjuk a legjobban közelíteni. Az ablak résein keresztül kialakuló filtrációs tömegáramot a hőmérséklet és a vizsgálati nyomás függvényében a 3. ábra szemlélteti.

A 3. ábrán látható mérési pontokra illesztett felület egyenlete megadja a tömegáram, a nyomás és a hőmérséklet közti függvénykapcsolatot:

$$f(x, y) = 0,2831 + 0,0187x + 0,0239y + 0,0007x^2 - 0,0003xy + (1,164 \cdot 10^{-5})y^2 \quad [4]$$

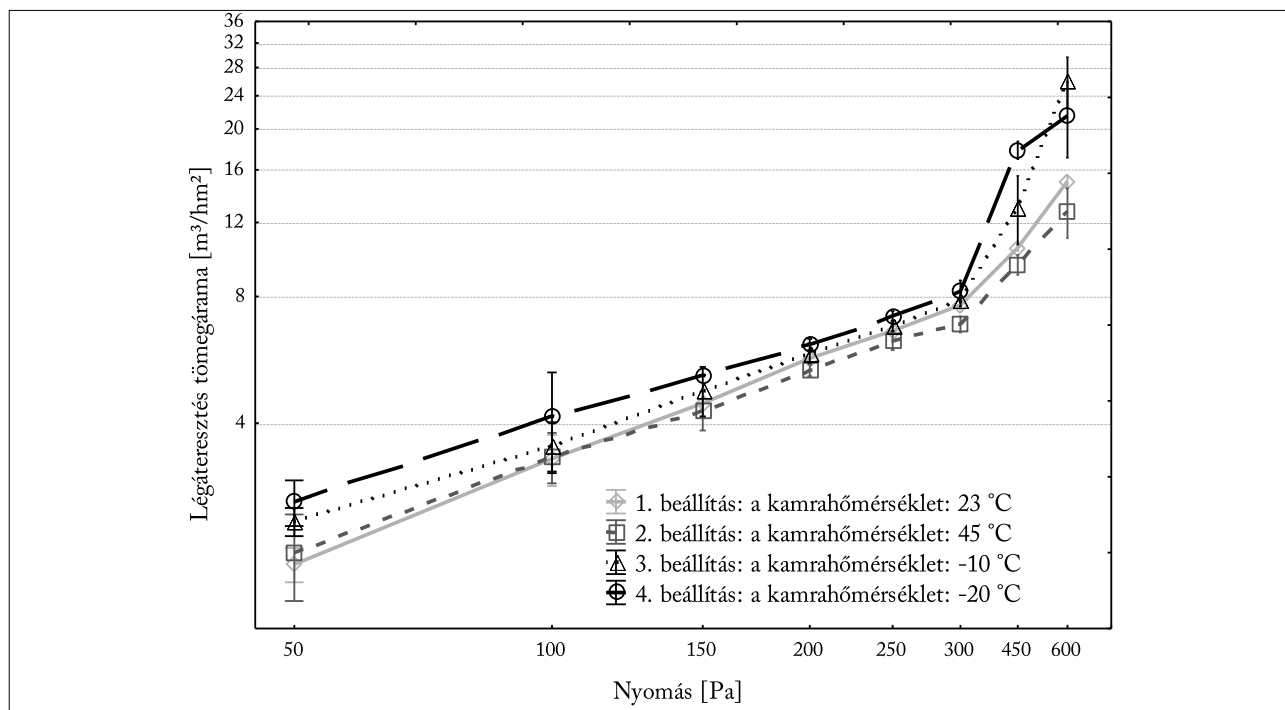
Az 1. táblázat az ablakon átáramló levegő tömegértékének variancia-analízis eredményeit mutatja.

Látható, hogy mindkét faktor F-értéke magas, ami azt jelenti, hogy mind a nyomás, mind pedig a hőmérséklet hatása az ablak légzárására 95%-os megbízhatósági szinten szignifikáns. A Tukey-teszt eredményei azt mutatják, hogy a hőmérsékletnek – mint jellemző környezeti tényezőnek – csak alacsony hőmérsékleti értékeken van jelentős hatása a vizsgált szerkezeti kialakítású ablakok légzárására (2. táblázat).

A jelenség egyik lehetséges magyarázata az, hogy a hőmérséklet emelkedésével a szárnyban található gumitömítés is felmelegedett, aminek hatására annak rugalmassága javult és képes volt kompenzálni

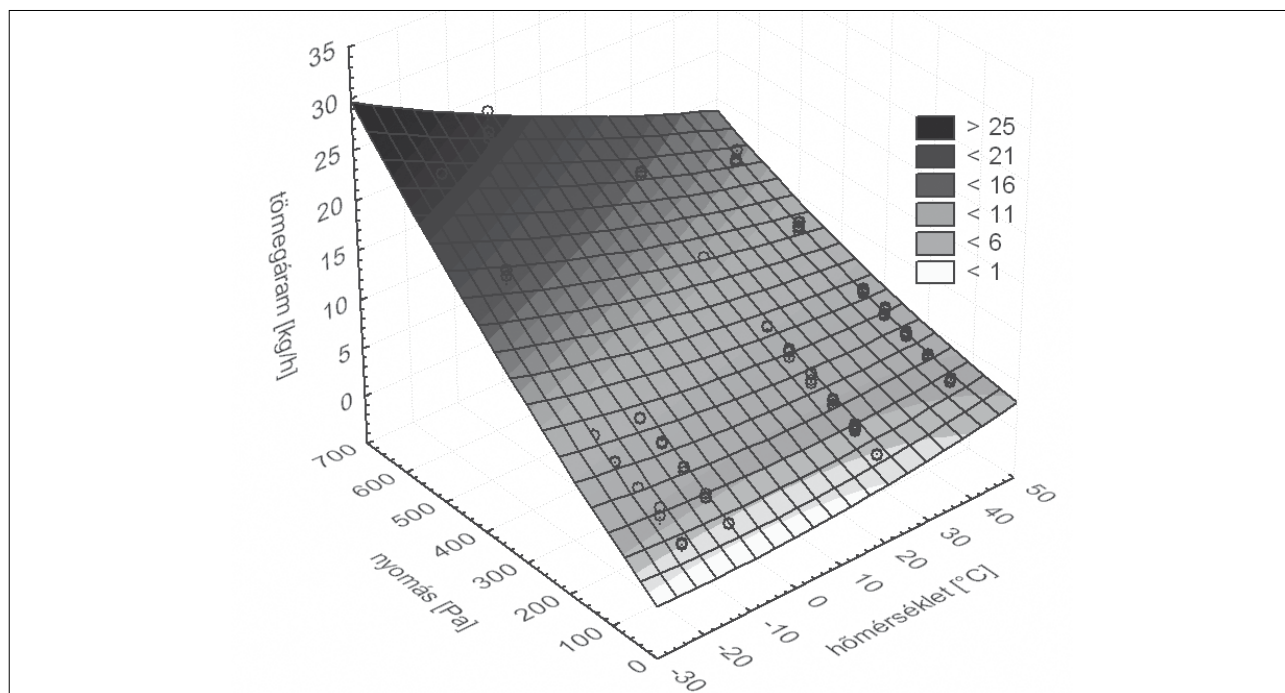
a felmelegedett tok merevségvesztéséből bekövetkező, a felületi torlónyomás hatására kialakuló deformációt. A 45 °C-on mért kedvező légzárási teljesítményhez még az is hozzájárulhatott, hogy a fa alkatrészek a hőmérséklet emelkedésével változtatták keresztmetszeti méretüket. A filtráció helyének meghatározása érdekében készített hőkamerás fel-

vételeken jól látható, hogy a nyomás növekedésével egyre hosszabb szakaszokon jelenik meg légszivárgást jelző lehűlt, vagy éppen felmelegedett terület a tok és a szárny találkozása mentén (4-5. ábra). Mind melegítés, mind pedig hűtés hatására a szivárgás először az ablak felső vízszintes tok-szárny kapcsolatánál jelentkezett, majd a nyomás emel-



**2. ábra** A mért légáteresztési értékekből átszámított tömegáram a hőmérséklet függvényében

**Figure 2** Mass flow calculated from the measured air leakage values depending on the temperature



**3. ábra** Az ablakon átáramló levegő tömegárama a nyomás és a hőmérséklet függvényében

**Figure 3** Mass flow through the window depending on the pressure and the temperature

kedésével folyamatosan terjedt a sarkok felé, majd megjelent a függőleges csatlakozásoknál is. Melegítés hatására kevésbé jelentkezett a pánt felőli oldalon alsó sarkában megjelenő szivárgás, azonban  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on már jól látható a légáteresztést helyét jelző elszíneződés. A képeken megfigyelhető, hogy a pánt felőli oldalon elhelyezett záródási pont környékén nincs szivárgás, ami a megfelelő záródás szorosságára utal. A felső vízszintes tokon elhelyezett két záródási pont körül nem figyelhető meg semmilyen színbeli elváltozás, ami azt jelenti, hogy nem töltötték be funkciójukat és a torlónyomás hatására a szárny elmozdult. Az egyik legintenzívebb elszíneződés az ablak jobb felső sarkától balra, a vízszintes szakaszon jelentkezett ott, ahol a bukó-nyíló vasalat ollókarja is található. A másik kritikus pont pedig az alsó sarokcsapágnál található. Az ablak kerülete mentén jelentkező légszivárgás helye és intenzitása jól összevethető az irodalomban megtalálható hasonló kialakítású ablakon műszeres méréssel meghatározott légszivárgási adatokkal (Kovács 1989).

### Összefoglalás és következtetések

Az ablakok légzárási teljesítményét befolyásoló környezeti tényezők közül a hőmérséklet hatását vizsgáltuk meg, két hőmérsékleti érték,  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  és  $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$  között. A környezeti hőmérséklet változásával az ablak szerkezeti elemeinek méretei az ere-

**1. táblázat** Az ablakon átáramló levegő tömegértékének variancia-analízis eredményei

**Table 1** Variance analysis results of the air mass value flowing through the window

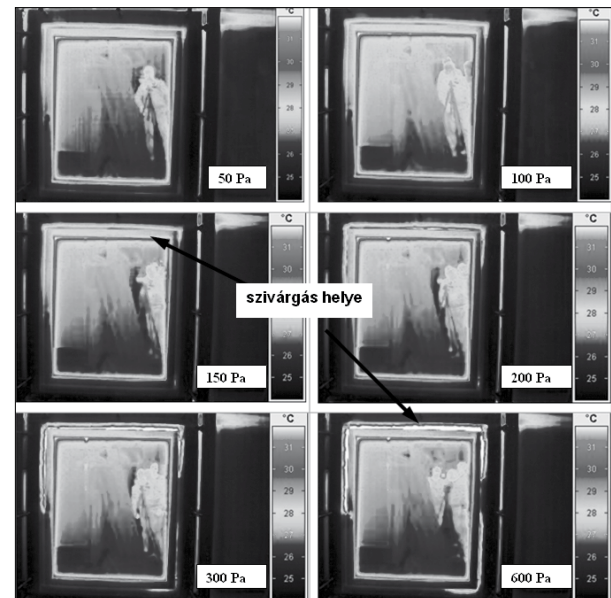
Forrás	df	SS	MS	F	p
nyomás	7	2996,49	428,07	120,71	<0,001
hőmérséklet	3	270,74	90,24	25,45	<0,001
teljes	1	7779,01	7779,01	2193,65	<0,001
maradék	157	556,74	3,54		
Összesen	168	11603	8300,875		

**2. táblázat** A hőmérséklet faktorhatásának kimutatására elvégzett Tukey teszt eredményei

**Table 2** Results of the Turkey's test to demonstrate the factor effect of the temperature

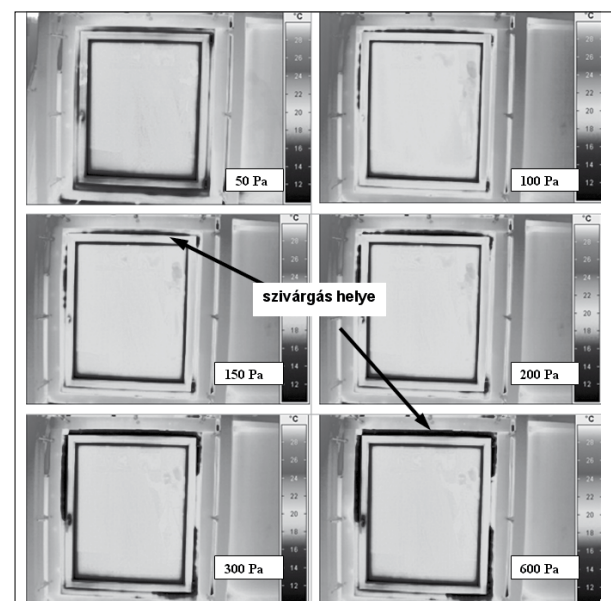
hőmérséklet [ $^{\circ}\text{C}$ ]	"p" valószínűségi változó értékei			
	-20	-10	23	45
-20	-	0,93488	0,00001	0,00001
-10	0,93488	-	0,00001	0,00001
23	0,00001	0,00001	-	0,68943
45	0,00001	0,00001	0,68943	-

deti dimenziójukhoz képest megváltoznak (dilatál), valamint változik a merevségük is, ezért ennek az összetett jelenségnek köszönhetően a valóságban beépített, különböző hőmérsékleti hatásoknak kitett ablakok légáteresztési teljesítménye nem egyezik meg a szabványos módszerrel meghatározott légáteresztési értékekkel. A vizsgált ablak légáteresztési értékei és a vizsgálati nyomás, valamint az ablak hőmérséklete közötti kapcsolat csak egy kétparaméteres függvény-



**4. ábra** Az ablak hőkamerás felvételei  $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os kamrahőmérsékleten

**Figure 4** Heat camera images at a chamber temperature of  $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$



**5. ábra** Az ablak hőkamerás felvételei  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os kamrahőmérsékleten

**Figure 5** Heat camera images at a chamber temperature of  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$



nyel írható le, ami azt bizonyítja, hogy az ablak szerkezetében a hőmérséklet hatására változások mennek végbe. A vizsgált ablakon feltárt kritikus szivárgási helyek megegyeznek a szakirodalomban közölt, műszeres méréssel megállapított szivárgási helyekkel, ezért megállapítható, hogy a hőkamerával készített felvételek jól alkalmazhatók a szobahőmérséklettől eltérő kamrahőmérsékleten történő légzárásvizsgálat közbeni szivárgási rések feltérképezésére.

#### Köszönetnyilvánítás

A kutatás az intelligens termékek, regionális stratégiája c. TAMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0006 V. alprojekt keretében valósult meg.

#### Irodalomjegyzék

- Bodig, J., Jayne; A. B. (1982) *Mechanics of Wood and Wood Composites*. Van Nostrand Reinhold Publishing, New York, N.Y. 572. old.
- Bánhidi L., Kajtár L. (2000) *Komfortelmélet*. Műegyetemi Kiadó, Budapest 187-202. old.
- Hessinger J. (2010) User comfort through sound insulation and adequate air quality. *International Rosenheim Window & Facade Conference* (2010) Rosenheim 7–8 October 2010, Germany
- Kovács Zs. (1989) Ablakok és ajtók műszaki jellemzőkre való tervezése. Oktatási segédlet, Sopron. 12-14. old.
- Kovács Zs. (2002) Ajtók, ablakok épületfizikai és szilárdsági jellemzői. In: Molnárné Posch P. szerk. *Faipari Kézikönyv II. Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron*. 271-290. old.
- Magyar T. (2007) A helyiség-átöblítés szerepe a légtechnika energiatudatos tervezésében. *Magyar Épületgépészet, LVI. Évfolyam, 2007/5* 7-11. old
- Molnár S. (1999) *Faanyagismeret*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest. 241. old.
- MSZ EN 1026:2001; Ablakok és ajtók. Légzáróság. Vizsgálási módszer.
- MSZ EN 12207:2001; Ajtók és ablakok. Légáteresztés. Osztályba sorolás.
- MSZ CR 1752:2000; Épületek szellőztetése. Épületek belső környezetének tervezési alapjai.

## Néhány hazai fafaj kérgének hőszigetelő képessége\*

RONYECZ Ildikó<sup>1</sup>, MOHÁCSI Kristóf<sup>1</sup>, PÁSZTORY Zoltán<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NymE FMK Innovációs Központ

#### Kivonat

Manapság egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a különböző szigetelőanyagok tulajdonságainak javítására. Emellett számos tanulmány és vizsgálat igazolja, hogy a fa építési felhasználása kevesebb szén-dioxid kibocsátással jár, alacsonyabb energiafelhasználású, újrahasznosítható és ezáltal sokkal környezetkímélőbb, mint egyéb, általánosan elterjedt építőanyagoké.

Kutatásainkban arra kerestük a választ, hogy a különböző lombos illetve tűlevelű fafajok aprított kérgé mennyire állja meg a helyét a szigetelőanyagok körében. A következő öt fafaj kérgét vizsgáltuk meg: fehér akác (*Robinia pseudoacacia*), Pannónia nyár (*Populus euramericana cv. Pannónia*), vörösfenyő (*Larix decidua*), lucfenyő (*Picea abies*) és erdeifenyő (*Pinus silvestris*). A vizsgálatot nedves állapotban és az összehasonlíthatóság miatt 12%-os nedvességtartalom is elvégeztük. Az eredmények arra utalnak, hogy a fafaj mellett a nedvességtartalom is döntő mértékben befolyásolja az apríték hőszigetelő képességét. A kapott eredményeink egyértelműen igazolják, hogy néhány fafaj kérgéből készített aprítéknak létjogosultsága van a szigetelőanyagok között. A legtöbb hagyományos szigetelőanyaggal szemben a kéreg

\*A kutatás a Talentum – Hallgatói tehetséggondozás feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TAMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

This research - as a part of the Development of Student Talent Fostering at WHU, TAMOP 4.2.2. B-10/1-2010-0018 project - was sponsored by the EU/European Social Foundation. The financial support is gratefully acknowledged.