

## 1. Problémafelvetés

A meggondolatlan, hőszigetelő nyílászáróra történő ablakcsere épületfizikailag több kárt okozhat, mint amennyi hasznot hozhat. A hagyományos téglafalazatú épületekhez évszázadok alatt fejlesztették ki az épületfizikai problémát nem okozó, ideális szerkezeti vastagsággal és légréteggel bíró kétrétegű ablakszerkezeteket. Ezen ablakokon keresztül létrejövő filtrációs levegőforgalom létfontosságú a lakóterekben keletkező párateherelés elszállítására, így a penészesedés megakadályozására. E diplomamunka kivonat a páraegyensúly fenntartásához szükséges légcsereszám meghatározásával és a tömítetlen, valamint különböző módokon utólagosan tömített történelmi ablakú lakások légcsereszámának számításával igyekszik bizonyítani, hogy természetes szellőzésű lakóterek esetén az ablakok túlzott tömítése és a műanyag nyílászárócsere súlyos páratechnikai problémákhoz vezet. A történelmi, kétrétegű ablakok kis mértékű tömítésével ugyanakkor a légáteresztési tényezőjük csökkenthető, és ezzel (elsősorban) a filtrációs hőátbocsátási tényező mérsékelhető.

## 2. Fal-tok és tok-szárny csatlakozás tömítése

A tok-szárny csatlakozás tömítésével a történelmi, kétrétegű ablakoknak nem csak a filtrációs hőátbocsátási tényező ( $U_{w,inf}$ ) javítható, hanem kis mértékben a transzmissziós hőátbocsátási tényezője ( $U_{w,tr}$ ) is. Az ISO 6946:2007 szabvány alapján ugyanis a zártnak tekinthető levegőrétegek  $R_s$  hőátbocsátási tényezője kisebb, mint a kissé szellőző levegőrétegeké. Az ablak résfelületek tömítéssel való csökkentésének hatására történő  $U_{w,tr}$  javulás a „Történelmi ablakok hőátbocsátási tényezője és annak javítási lehetőségei” diplomakivonat 4. táblázatának fő oszlopaiban követhető nyomon.

A történelmi ablakok tömítésével a filtrációs hőátbocsátási tényezőjük jóval nagyobb mértékben javítható, de túlzott tömítés esetén nagy valószínűséggel párasodási problémák lépnek fel (bővebben: 3. pont). A teljesség kedvéért a diplomamunka kivonat mégis kitér az e módszerrel elérhető hőtechnikai javulásra.

Ablakszerkezetek filtrációs hőátbocsátási tényezője adott nyomáson az ablakszerkezet  $1 \text{ m}^2$  felületén áthaladó légtömegáram  $/V/$ , a levegő sűrűsége  $/\rho/$  és fajhője  $/c/$  alapján számolható az alábbi képlet szerint, vagy ha az  $1 \text{ m}^2$  felületre eső térfogatáram ( $V$ ) helyett az egységnyi réshosszra  $\Delta p = 10 \text{ Pa}$  nyomáskülönbség esetén mérhető légáteresztési tényezőt ( $a$ ) használjuk (**1. képlet**) (mivel  $V=l \cdot a \cdot \Delta p^{2/3}$ ).<sup>1</sup>

$$U_{w,inf} := \frac{V \cdot \rho \cdot c}{A_w} = 0.36 \cdot \frac{V}{A_w} \quad U_{w,inf} := 0.36 \cdot a \cdot \frac{1}{A_w}$$

**1. képlet:** Ablakok filtrációs hőátbocsátási tényezője<sup>1</sup>

$a$  egységnyi réshosszra  $\Delta p=10 \text{ Pa}$  nyomáskülönbség esetén mérhető légáteresztési tényező [ $\text{m}^3/\text{m,h}$ ]

$l$  réshossz [ $\text{m}$ ]

$A_w$  teljes ablakfelület [ $\text{m}^2$ ]

Az ablakokra vonatkozó légáteresztési tényezőket különböző szakirodalmak különböző értékekre javasolják felvenni (**1. táblázat**). A diplomamunka kivonat ezért a 3-3 felvett kétrétegű, történelmi palló- illetve gerébtokos típusablakok légáteresztési tényezőjeként a két forrás által is javasolt, és másik két szakirodalmi ajánláshoz ugyancsak igen közel lévő  $0,6 \text{ m}^3/\text{m,h}, \text{Pa}^{2/3}$  értéket használja, mely  $10 \text{ Pa}$  nyomáskülönbség esetén  $2,78 \text{ m}^3/\text{m,h}, 10 \text{ Pa}$ .

---

<sup>1</sup> Dr. Széll Mária - Transzparens homlokzati szerkezetek diagnosztikája és energia-hatékony, fenntartható felújítása

### Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata

Szakirodalom, Forrás	Ablaktípus, felújítási megoldás	Légáteresztési	
		m <sup>3</sup> /mhPa <sup>2/3</sup>	m <sup>3</sup> /mh10Pa
Dirk Sommer - Sanierung von klassischen Kastendoppelfenstern	Történelmi kétrétegű kapcsolt gerébtokos ablak	1,08-0,65	5,0-3,0
Dr. Barna Lajos - Súlyos gázfogyasztói balesetek tanulságai	Egyrétegű, bukó-nyíló ablak	0,65	3,02
DIN 4701-2:1983 Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden - Tabellen, Bilder, Algorithmen	Normál, nyitható ablak	<b>0,6</b>	<b>2,78</b>
Dr. Várfalvy János PhD - Ablakszerkezetek Légáteresztése - Hőfizikai Laboratórium	Fakeretes, egyszeres ablak		
Dr. Várfalvy János PhD - Ablakszerkezetek Légáteresztése	Fakeretes, kapcs. szárnyú ablak	0,5	2,32
Dr. Várfalvy János PhD - Ablakszerkezetek Légáteresztése	Fakeretes, kettős ablak	0,4	1,86
Dr. Széll Mária - Épületek Rekonstrukciós Tervezése - Transzparens homlokzati szerkezetek energia-hatékony, fenntartható felújítása BME Építőipari Laboratóriumában végzett vizsgálatok alapján	tok és fal közötti hézag tömítése, kávas beépítés	<b>0,28</b>	<b>1,30</b>
	tok és fal közötti hézag tömítése, falvéges beépítés	<b>0,47</b>	<b>2,20</b>
	tok-szárny közti hézag tömítése helyszínen kigumisodó kittel	<b>0,25</b>	<b>1,14</b>
	tok-szárny közti hézag tömítése Schlegel típusú tömítéssel	<b>0,13</b>	<b>0,61</b>
Dr. Várfalvy János PhD - Ablakszerkezetek Légáteresztése	Jó minőségű, tömített ablak	0,02	0,09
Dr. Kakasy László - Segédlet az Épületszerkezettan 7,8,9 tárgyak páratechnikai feladatrésszékének elkészítéséhez	Nagy légzárású ablakok	0,01	0,05

**1. táblázat:** *Eltérő ablakok, ablaktípusok (és ablak felújítási módok) légáteresztési tényezői különböző szakirodalmak szerint [források a táblázatban]*

Az ablakok filtrációs hőátbocsátási tényezője önmagában nehezen értelmezhető, ezért célszerű segítségükkel az ablakok fűtési idényre vonatkozó, filtrációs hőveszteségét ( $Q_w$ ) [kWh/m<sup>2</sup>,idény] is kiszámítani, mely az alábbi összefüggéssel kapható (**2. képlet**):

$$Q_w := U_{inf} \cdot G \cdot 24 \cdot 10^{-3} \quad U_{inf} \text{ filtrációs hőátbocsátási tényező [W/m}^2\text{K]} \\ G \text{ éves fűtési hőfokhid [}^\circ\text{Cnap]}$$

**2. képlet:** *Ablakok filtrációs hővesztesége<sup>1</sup>*

A hőfokhid értéke Magyarországon általában a 2900-3100 °Cnap között mozog 183 fűtési nappal és  $T_b=20$  °C belső hőmérséklettel számolva.

A felvett három palló- és három gerébtokos ablakunk esetén meg kell állapítani a pontos ablakfelületeket és réshosszakat, hogy a légáteresztési tényezőt az 1. táblázat alapján felvéve számolhatóvá váljon ezen típusablakok filtrációs hőátbocsátási tényezője. Az éves fűtési hőfokhidat  $G = 3097$  °Cnapra felvéve ebből tovább számítható az ablakok fűtési idényre vett (transzmissziós tagot nem tartalmazó) filtrációs hővesztesége. A felvett történelmi, kétrétegű, palló- ill. gerébtokos típusablakok eredeti, tömítetlen fal-tok illetve tok-szárny csatlakozású állapotának filtrációs hőátbocsátási tényezőit és hőveszteségeit az alábbi táblázat (**2. táblázat**) kék oszlopai tartalmazzák. Ezek után a lehetséges felújítási módokkal elérhető  $U_{inf}$  és  $Q_w$  értékek az 1. táblázat barnás sorainak légáteresztési tényezőinek felhasználásával számolhatók. A típusablakok fal-tok csatlakozásait utólagosan tömítettnek feltételezve (a pallótokos ablakoknál falvéges beépítés esetén  $a=2,20$  m<sup>3</sup>/m,h,10Pa; míg a gerébtokos ablakok kávas beépítés esetén  $a=1,30$  m<sup>3</sup>/m,h,10Pa légáteresztési tényezővel számolva) a típusablakok filtrációs hőátbocsátási tényezője, és ezzel filtrációs hőveszteségük a 1. táblázat zöld oszlopainak szerint csökkennek. A tok-szárny csatlakozások különböző tömítésével elérhető  $U_{inf}$  és  $Q_w$  értékeket a 2. táblázat utolsó oszlopai tartalmazzák.

## Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata

Ssz.	Ablak paraméterek				Tömítetlen ablak			Tok és fal közti hézag tömítése			Tok és szárny közötti hézag tömítése Helyszínen kigumisodó kített esetén			Schlegel típusú tömítés esetén		
	Palló-/Gerébtkos	Ablakméret	Hőfolyamatokban részt vevő rétegfelület $A_w$ [cm <sup>2</sup> ]	Részhossz $l$ [cm]	légáteresztési tényező $a$ [m <sup>3</sup> /mh10Pa]	filtrációs hőátbocsátási tényező $U_{\text{filtr}}$ [W/m <sup>2</sup> K]	fűtési idényre vett filtr. hővesztesség $Q_{\text{filtr}}$ [kWh/m <sup>2</sup> ,idény]	légáteresztési tényező $a$ [m <sup>3</sup> /mh10Pa]	filtrációs hőátbocsátási tényező $U_{\text{filtr}}$ [W/m <sup>2</sup> K]	fűtési idényre vett filtr. hővesztesség $Q_{\text{filtr}}$ [kWh/m <sup>2</sup> ,idény]	légáteresztési tényező $a$ [m <sup>3</sup> /mh10Pa]	filtrációs hőátbocsátási tényező $U_{\text{filtr}}$ [W/m <sup>2</sup> K]	fűtési idényre vett filtr. hővesztesség $Q_{\text{filtr}}$ [kWh/m <sup>2</sup> ,idény]	légáteresztési tényező $a$ [m <sup>3</sup> /mh10Pa]	filtrációs hőátbocsátási tényező $U_{\text{filtr}}$ [W/m <sup>2</sup> K]	fűtési idényre vett filtr. hővesztesség $Q_{\text{filtr}}$ [kWh/m <sup>2</sup> ,idény]
1	P	85x145	13 118,56	542,4	2,78	4,138	307,56	2,20	3,275	243,39	1,14	1,697	126,12	0,61	0,908	67,49
2	P	95x175	17 554,56	642,4	2,78	3,662	272,22	2,20	2,898	215,42	1,14	1,502	111,63	0,61	0,804	59,73
3	P	95x130	12 959,28	552,4	2,78	4,266	317,08	2,20	3,376	250,93	1,14	1,749	130,03	0,61	0,936	69,58
4	G	140x234	33 354,40	1 156,1	2,78	3,469	257,84	1,30	1,622	120,57	1,14	1,422	105,73	0,61	0,761	56,58
5	G	152x270	40 059,60	1 289,0	2,78	3,220	239,36	1,30	1,506	111,93	1,14	1,321	98,15	0,61	0,707	52,52
6	G	152x266	37 024,63	1 218,5	2,78	3,294	244,81	1,30	1,540	114,48	1,14	1,351	100,39	0,61	0,723	53,72

2. táblázat: Tömítetlen/tömített típusablakok filtrációs hőátbocsátási tényezője és hővesztése

A kétrétegű ablakoknál a külső üvegen nagyobb a páralecsapódás veszélye az alacsonyabb felületi hőmérséklet miatt, mint a belsőn, ezért a légzárásnál figyelembe kell venni, hogy mindig a belső tér felé legyen zártabb az ablak. Télen, ha a belső, fűtött tér meleg, párás levegője bejut a két ablak közé, akkor a benne lévő nedvesség lecsapódhat a külső hideg üvegen.<sup>2</sup>

## A kétrétegű történelmi ablakok ütközőinek tömítési módzatai:

- Tömítés felragasztható, öntapadós szigetelőcsíkkal (posztó, szivacs stb.): Rövid, pár éves élettartamú megoldás, de olcsó, egyszerű és házilag is kivitelezhető. Hogy csukáskor a szárny ne feszüljön, meg kell győződni, hogy a tömítés csak oda kerüljön, ahol az ablak nem fekszik össze teljesen. E tömítést lehet egyszerre mindkét (külső és belső) ablakszárnyánál is alkalmazni, mivel nem biztosít teljes légmentes zárást, így hagyományos lakásoknál, nem gépi szellőztetésű tereknél ajánlott elsősorban.<sup>2</sup>
- Tömítés pisztolyból nyomható festhető akrillal: Az ablakok tömítésének olcsó és házilag is kivitelezhető módja. Az akril egy diszperziós alapú, egykomponensű, képlékenyen rugalmas tömítőanyag, mely száradása után vágható. A belső ablakszárnyak tokra ráfekvő ütközőire kell az akrilból folyamatos csíkot felhordani, majd egy vékony formaelválasztó fóliával letakarva és az ablakszárnyakat becsukva kell megvárni míg felveszi az ellendarab alakját és megszilárdul. Szilárdulás után a fólia eltávolítandó, és az ütközőkből kinyomódó akrilfelesleg levágandó, végül pedig tetszés szerint festhető. E tömítési módszer előnye, hogy passzítás nélkül, egy vetemedett ablak esetében is jó eredményt ad.<sup>2</sup>
- Tömítés gumiprofittal: Ez a megoldás sok esetben horonymarást igényel, ami egy nem visszafordítható, roncsolásos eljárás. Azonos gumiprofil alkalmazása esetén a változó hézagtav tömítésére nem kifejezetten eredményes, ezért javasolt inkább az öntapadós, felragasztható profilok alkalmazása. A "V" profilos megoldás azért ajánlott, mert nincs nagy helyigénye, nem szorul tőle az ablak. Ezen kívül könnyen visszaszedhető, ha úgy tapasztaljuk, hogy túlságosan légzáróvá váltak ablakain.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Lőrinczi Zsuzsa – Történelmi ablakaink védelmében – Felújítási módzatok a korabeli szerkezetek megtartásával

### 3. Ablakok szükséges filtrációja a páramérleg szempontjából

Az ablakok filtrációs levegőforgalma nem csak a filtrációs hőátbocsátási tényező ( $U_{inf}$ ) szempontjából meghatározó, hanem a lakóterek páraháztartásának szempontjából is kulcsfontosságú.

Az egészséges élettér feltétele ugyanis a szellőzés biztosítása. Történelmi épületeink gépi szellőztetés nélkül működtek, és felújításuk során nem feltétlenül szükséges a mesterséges szellőztetésre történő áttérés, mivel ez energiaigényes, illetve a többlakásos lakóházak legnagyobb részénél a gépi szellőztetés több okból sem oldható meg. A hagyományos ház szellőzésének működési elve az, hogy a nyílászárók ütközőinél körben beszívódó levegő a kéményeken és a réseken át távozik, a helyiségek levegője e légmozgással cserélődik. Az állandó, lassú gravitációs légcseré biztosítja a belső terek oxigéntartalmának pótlását és az elhasznált, páradúsabb levegő elvezetését.<sup>2</sup>

Ha ez az alapszellőzés megszüntetésre kerül – akár új, nagy légzárású PVC ablakok beépítése, akár a meglévő, történelmi, kétrétegű ablakok túlzott tömítése miatt –, akkor penészes, dohos környezet alakulhat ki. A penészképződés feltételei ugyanis<sup>3 4</sup>:

- Nedvesség jelenléte kapilláris vagy felületi kondenzáció formájában, 3-5 napig.
- Gomba spórák jelenléte a levegőben. Szaporodásra képes penészgomba elemek a levegőben mindig vannak, és a jelen lévő több ezer faj között mindig található olyanok, amelyek számára az adott hőmérséklet- és fényviszonyok megfelelőek.
- Oldott tápanyag jelenléte.
- Megfelelő pórusméret.

A feltételekből látszik, hogy az egyedüli igazi védekezési lehetőség a penészképződés ellen, ha sikerül megakadályozni a nedvesség jelenlétét a felületen és a kapillárisokban. Ez a belső felületi hőmérséklet növelésével (pl. hőszigeteléssel, hőhidak megszüntetésével), vagy a belső levegő parciális vízgőznyomásának csökkentésével (pl. szellőztetéssel) érhető el. Mivel ez előbbi megoldás nem része a diplomamunka témájának (történelmi épületek esetén igen korlátozott lehetőségű), e pont az utóbbi lehetőséget vizsgálja.

A helyiségek rendeltetésszerű használatával együtt jár a nedvességfejlődés. Ez származhat az emberek, háziállatok, szobanövények nedvességleadásából, párologtatásából, különböző háztartási tevékenységből (pl. főzés, mosás, ruhaszárítás) vagy létrejöhet szabad vízfelszínnek párologása következtében (pl. fürdés, zuhanyozás, akvárium, mosogató, stb.). A keletkező nedvesség a szellőző levegővel (filtrációval) és az épület határolószervezetein keresztül diffúzióval igyekszik távozni. A diffúzióval a határolószervezeten át távozó vízgőz az állagvédelem szempontjából igen fontos, de a helyiség nedvességmérlege szempontjából mennyisége elhanyagolhatóan kicsi.

A kondenzációs folyamat lényege, hogy a külső levegő alacsony hőmérsékleten és kis abszolút nedvességtartalommal, alacsony vízgőz koncentrációval ( $c_e$ ) bejut a lakótérbe, ott hőt és nedvességet vesz fel. (Hőmérséklete  $t_i$ , a vízgőz koncentrációja  $c_i$  lesz. Ezzel  $1\text{ m}^3/\text{h}$  szellőző légáram  $c_i - c_e$  mennyiségű vízgőzt vesz fel, egyben relatív nedvességtartalma is megnő.)<sup>3</sup>

Ez a levegő ( $t_i$  és  $\varphi_i$  állapotjellemzőkkel) a határolószervezeten belső felülete mentén, a határrétegben változatlan abszolút nedvességtartalom mellett lehül a felület hőmérsékletére, és ezért ott relatív nedvességtartalma megemelkedik. Ha e relatív nedvességtartalom  $\varphi > 75\%$ ,

<sup>3</sup> Dr. Tóth Péter – Penész, állagvédelem – 2009.05.05 – Széchenyi István Egyetem, Környezetmérnöki Tanszék

<sup>4</sup> Dr. Józsa Zsuzsanna – Hőszigetelések anyagai, könnyűbeton 2. előadása

### Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata

akkor kapilláris kondenzáció, ha  $\varphi = 100\%$ , akkor felületi kondenzáció kezdődik. Ha a 75%-nál magasabb relatív nedvességtartalom tartósan (3-5 napig) fennáll, a penészképződés nagyon valószínű.<sup>3</sup>

Megállapítható, hogy adott belső hőmérséklet, adott felületi hőmérséklet mellett egységnyi térfogatáramú szellőző levegő  $\Delta c$  nedvességkoncentrációja mennyivel emelkedhet, hogy a határretegben a levegő relatív nedvességtartalma éppen 75% legyen és ebből adott nedvességfejlődéshez számítható az állagvédelmi szempontból szükséges szellőző levegő térfogatáram<sup>3</sup>.

### 3.1. A páramérleg számításának menete

A jelenlegi épületenergetikai szabályozások (7/2006 TNM rendeletet, 40/2012. (VIII. 13.) BM rendelet) a nyílászáró szerkezetek légáteresztését az épület fűtésének éves nettó hőenergia-igényének számításánál veszik figyelembe. Az átlagos légcsereszámmal számítandó az éves nettó fűtési hőigény, mely a 7/2006.(V.24.)TNM rendelet 3. mellékletben megadott, az épület rendeltetésétől függő adat (**3. táblázat**). Ezek a légcsereszám tervezési értékei.

Az épület rendeltetése	Átlagos légcsereszám fűtési idényben „n” {1/h}
Lakóépület	0,5
Irodaépület	0,8
Oktatási ép.	0,9

*3. táblázat: Átlagos légcsereszám az épület rendeltetésétől függően<sup>5</sup>*

A lakóépületek tervezési légcsereszámja tehát  $n = 0,5$  1/h. A kötelező légcsereszám előírt értékét azonban a nedvességmérlege szabja meg, mivel ez helyiségenként és lakásonként változhat a páratelhelés függvényében. Érdemes ezért részletesebben is megnézni, hogy átlagos lakásokban mennyi pára fejlődhet, ebből  $1 \text{ m}^3$  friss levegővel mennyi szállítható el, és mennyi friss levegő szükséges a páraegyensúly fenntartásához.

A kapott eredmények összevethetők a nyílászárók filtrációs levegőforgalmával, és értékelhetjük a történelmi, kétrétegű ablakok természetes szellőzését, a tömítési módokat, valamint a modern, nagy légzárású PVC ablakokat a páramérleg szempontjából.

Az irodaépületek és oktatási épületek esetén szükséges óránkénti 0,8 1/h illetve 0,9 1/h értékű légcsereszám biztosításához szükséges ablakfeltételek vizsgálata nem szükséges, mivel ezen épülettípusok több esetben is mesterségesen szellőztetettek, illetve nincs olyan huzamosabb idő, mely során az ablakok nyitásával történő szellőztetés ne lenne megoldható (mint pl. lakóépületeknél az alvásra számolható éjszakai 8 óra), ezzel a zárt nyílászárók melletti légcsereszámuk jelentőségét veszti.

<sup>5</sup> 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról

## Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata

### 3.1.1. A fejlődő pára mennyiségének meghatározása

A lakások és lakások helyiségeire vonatkozó nedvességterheléseket és nedvességforrásokat az MSZ 04-140/2 szabvány tartalmazza. A különböző lakosszámú, különböző rendeltetésű lakásokban különböző háztartási tevékenységek végzése esetén a fejlődő pára mennyisége a legpontosabban az alábbi (4. táblázat) táblázat segítségével határozható meg<sup>6</sup>.

A nedvességforrás megnevezése	A nedvességterhelés értéke	Mértékegység
Emberek nedvességleadása kis intenzitású tevékenység esetén	50	g/h,fő
Emberek nedvességleadása közepes intenzitású tevékenység esetén	150	g/h,fő
Emberek nedvességleadása nagy intenzitású tevékenység esetén	250	g/h,fő
Zuhanyozás	2500	g/h
Cserepes szobanövény	5-15	g/h,db
Szabad vízfelszín	40	g/m <sup>2</sup> h
4,5 kg száradó ruha, centrifugálva	50-200	g/h
4,5 kg száradó ruha,centrifugálás nélkül	100-500	g/h

4. táblázat: MSZ-04-140/2: A nedvességterhelés méretezési érték – A források szerint – M.4.1. melléklet 36. táblázata<sup>7</sup>

A lakások átlagos nedvességterhelésére a helyiségek átlagos nedvességterheléséből is lehet következtetni (5. táblázat).

A helyiség megnevezése	A nedvességterhelés [g/h]	
	átlagos értéke	csúcserkéke
Lakószoba	200	-
Félszoba	120	-
Konyha	250	600-1500
Fürdőszoba	250	700-2500

5. táblázat: MSZ-04-140/2: A nedvességterhelés méretezési érték - Lakások helyiségei – M.4.1. melléklet 35. táblázata<sup>7</sup>

A fenti két táblázat segítségével meghatározható a lakások nedvességterhelésének mértéke. Általános esetben, átlagos lakosszámú és méretű lakások esetén, az általános nedvességterhelések középértékeiknek figyelembe vételével kapott eredményeket az alábbi táblázat összegzi (6. táblázat). A táblázatból megállapítható, hogy általános esetben a különböző légtérfogatú és nedvességterhelésű lakások esetén a fajlagos nedvességterhelés kb. 1,75 - 5,5 g/h,m<sup>3</sup> értékűre tehető.

<sup>6</sup> Dr. Kakasy László - Segédlet az Épületszerkezettan 7,8,9 tárgyak páratechnikai feladatrészének elkészítéséhez – BME Épületszerkezettani Tanszék

<sup>7</sup> MSZ-04-140-2:1991 - Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai – Hőtechnikai Méretezés – ICS 91.120.10

## Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata

Fajlagos nedvesség-terhelés [g/h,m <sup>3</sup> ]	Fejlődő pára mennyisége [g/h]											
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	
Lakás légtérfogata [m <sup>3</sup> ]	75	2,67	4,00	5,33	6,67	8,00	9,33	10,67	12,00	13,33	14,67	16,00
	100	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00
	125	1,60	2,40	3,20	4,00	4,80	5,60	6,40	7,20	8,00	8,80	9,60
	150	1,33	2,00	2,67	3,33	4,00	4,67	5,33	6,00	6,67	7,33	8,00
	175	1,14	1,71	2,29	2,86	3,43	4,00	4,57	5,14	5,71	6,29	6,86
	200	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
	225	0,89	1,33	1,78	2,22	2,67	3,11	3,56	4,00	4,44	4,89	5,33
	250	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	2,80	3,20	3,60	4,00	4,40	4,80
	275	0,73	1,09	1,45	1,82	2,18	2,55	2,91	3,27	3,64	4,00	4,36
	300	0,67	1,00	1,33	1,67	2,00	2,33	2,67	3,00	3,33	3,67	4,00
	325	0,62	0,92	1,23	1,54	1,85	2,15	2,46	2,77	3,08	3,38	3,69
	350	0,57	0,86	1,14	1,43	1,71	2,00	2,29	2,57	2,86	3,14	3,43
	375	0,53	0,80	1,07	1,33	1,60	1,87	2,13	2,40	2,67	2,93	3,20
	400	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
	425	0,47	0,71	0,94	1,18	1,41	1,65	1,88	2,12	2,35	2,59	2,82
	450	0,44	0,67	0,89	1,11	1,33	1,56	1,78	2,00	2,22	2,44	2,67
475	0,42	0,63	0,84	1,05	1,26	1,47	1,68	1,89	2,11	2,32	2,53	
500	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	

6. táblázat: A fajlagos nedvességterhelés értéke különböző légtérfogatú és nedvességterhelésű lakások esetén

### 3.1.2. 1 m<sup>3</sup> friss levegővel elszállítható pára mennyiségének meghatározása

A lakásba jutó friss levegő mennyisége megegyezik az eltávozó használt levegővel, csak a nedvességtartalma és a hőmérséklete lesz más. A bejutó friss levegő felmelegszik és ezáltal megnő vízpára megtartó képessége.

Az 1 m<sup>3</sup> friss levegő által elszállítható pára mennyiségének kiszámításához mindenekelőtt tisztában kell lenni a Magyarországra jellemző, különböző hónapokra vett kültéri és beltéri légállapotokra vonatkozó statisztikai adatokkal, melyeket szintén az MSZ 04-140/2 szabvány tartalmaz (7. táblázat).

Légállapot jellemzők		Hónapok											
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
beltéri hőmérséklet	t <sub>i</sub>	20°C	20°C	20°C	20°C	22°C	24°C	26°C	24°C	22°C	20°C	20°C	20°C
beltéri relatív páratartalom	φ <sub>i</sub>	65%	65%	65%	65%	70%	70%	70%	70%	70%	65%	65%	65%
kültéri hőmérséklet	t <sub>e</sub>	-2°C	0°C	5°C	13°C	19°C	22°C	25°C	23°C	18°C	12°C	5°C	0°C
kültéri relatív páratartalom	φ <sub>e</sub>	90%	85%	74%	73%	70%	70%	63%	67%	73%	80%	86%	91%

7. táblázat: MSZ-04-140/2: Légállapot jellemzők téli és nyári nedvességtartalom változás számításához – M.3.8. melléklet 34. táblázata<sup>7</sup>

### Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata

Különböző hőmérsékleteken a levegő telítettségi vízgőztartalma más és más. A levegő különböző hőmérsékleten vett telített légállapotához tartozó nedvességtartalmait az alábbi táblázat tartalmazza (**8. táblázat**).

Levegő hőmérséklet	0°C	1°C	2°C	3°C	4°C	5°C	6°C	7°C	8°C	9°C
	Telítettségi vízgőztartalom g/m <sup>3</sup>									
30°C	30,34	30,51	30,67	30,84	31,01	31,17	31,34	31,51	31,68	31,85
29°C	28,74	28,90	29,05	29,21	29,37	29,53	29,69	29,85	30,02	30,18
28°C	27,21	27,36	27,51	27,66	27,81	27,96	28,12	28,27	28,43	28,58
27°C	25,75	25,89	26,04	26,18	26,32	26,47	26,62	26,78	26,91	27,06
26°C	24,36	24,49	24,63	24,77	24,91	25,04	25,18	25,32	25,46	25,61
25°C	23,03	23,16	23,29	23,42	23,55	23,68	23,82	23,95	24,03	24,22
24°C	21,76	21,89	22,01	22,14	22,26	22,39	22,52	22,64	22,77	22,90
23°C	20,56	20,68	20,80	20,92	21,04	21,16	21,28	21,40	21,52	21,64
22°C	19,41	19,53	19,64	19,75	19,87	19,98	20,10	20,21	20,33	20,44
21°C	18,32	18,43	18,54	18,65	18,75	18,86	18,97	19,08	19,19	19,30
20°C	17,29	17,39	17,49	17,59	17,69	17,80	17,90	18,01	18,11	18,22
19°C	16,30	16,40	16,49	16,59	16,69	16,79	16,89	16,98	17,08	17,19
18°C	15,36	15,45	15,55	15,64	15,73	15,83	15,92	16,01	16,11	16,20
17°C	14,47	14,56	14,65	14,73	14,82	14,91	15,00	15,09	15,18	15,27
16°C	13,63	13,71	13,79	13,88	13,96	14,04	14,13	14,21	14,30	14,39
15°C	12,83	12,90	12,98	13,06	13,14	13,22	13,30	13,38	13,46	13,54
14°C	12,06	12,14	12,21	12,29	12,36	12,44	12,52	12,59	12,67	12,75
13°C	11,34	11,41	11,48	11,56	11,63	11,70	11,77	11,84	11,91	11,99
12°C	10,66	10,73	10,79	10,86	10,93	11,00	11,06	11,13	11,20	11,27
11°C	10,01	10,07	10,14	10,20	10,27	10,33	10,40	10,46	10,53	10,59
10°C	9,40	9,46	9,52	9,58	9,64	9,70	9,76	9,82	9,89	9,95
9°C	8,82	8,88	8,93	8,99	9,05	9,10	9,16	9,22	9,28	9,34
8°C	8,27	8,32	8,38	8,43	8,49	8,54	8,60	8,65	8,71	8,76
7°C	7,75	7,80	7,85	7,90	7,96	8,01	8,06	8,11	8,16	8,22
6°C	7,26	7,31	7,36	7,41	7,45	7,50	7,55	7,60	7,65	7,70
5°C	6,80	6,84	6,89	6,94	6,98	7,03	7,07	7,12	7,17	7,21
4°C	6,36	6,40	6,45	6,49	6,53	6,58	6,62	6,67	6,71	6,75
3°C	5,95	5,99	6,03	6,07	6,11	6,15	6,19	6,24	6,28	6,32
2°C	5,56	5,60	5,64	5,68	5,71	5,75	5,79	5,83	5,87	5,91
1°C	5,20	5,23	5,27	5,30	5,34	5,38	5,41	5,45	5,49	5,52
0°C	4,85	4,88	4,92	4,95	4,99	5,02	5,06	5,09	5,13	5,16

**8. táblázat:** Levegő különböző hőmérsékleten vett telített légállapotához tartozó nedvességtartalmai<sup>8</sup>

A 8. táblázat alapján tehát az 7. táblázat az adott (átlag)hőmérsékletekhez tartozó telítési páratartalmakkal ( $y_{tg}$ ) kibővíthető. Ezután, mivel a relatív páratartalom az abszolút nedvességtartalom és az adott hőmérséklethez tartozó telítési páratartalom hányadosa, a belső és külső levegő abszolút nedvességtartalma egy-egy szorzással számítható ( $c_e$  és  $c_i$ ). Végül az 1m<sup>3</sup> friss levegővel elszállítható pára mennyisége, vagyis a beltérbe jutó friss levegő által felvehető vízpára mennyisége ( $\Delta c$ ) a két abszolút nedvességtartalom különbségeként számítható (**9. táblázat**).

<sup>8</sup> DIN 4108-3:2001-07 – Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3 – Klimabedingter Feuchteschutz



## Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata

Légállapot jellemzők		Hónapok											
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
beltéri hőmérséklet	$t_i$	20°C	20°C	20°C	20°C	22°C	24°C	26°C	24°C	22°C	20°C	20°C	20°C
beltéri hőmérsékletre tartozó telítési páratartalom	$Y_{t,i}$	17,29 g/m <sup>3</sup>	17,29 g/m <sup>3</sup>	17,29 g/m <sup>3</sup>	17,29 g/m <sup>3</sup>	19,41 g/m <sup>3</sup>	21,76 g/m <sup>3</sup>	24,36 g/m <sup>3</sup>	21,76 g/m <sup>3</sup>	19,41 g/m <sup>3</sup>	17,29 g/m <sup>3</sup>	17,29 g/m <sup>3</sup>	17,29 g/m <sup>3</sup>
beltéri relatív páratartalom	$\varphi_i$	65%	65%	65%	65%	70%	70%	70%	70%	70%	65%	65%	65%
belső levegő abszolút nedvességtartalma	$c_e$	11,24 g/m <sup>3</sup>	11,24 g/m <sup>3</sup>	11,24 g/m <sup>3</sup>	11,24 g/m <sup>3</sup>	13,59 g/m <sup>3</sup>	15,23 g/m <sup>3</sup>	17,05 g/m <sup>3</sup>	15,23 g/m <sup>3</sup>	13,59 g/m <sup>3</sup>	11,24 g/m <sup>3</sup>	11,24 g/m <sup>3</sup>	11,24 g/m <sup>3</sup>
kültéri hőmérséklet	$t_e$	-2°C	0°C	5°C	13°C	19°C	22°C	25°C	23°C	18°C	12°C	5°C	0°C
kültéri hőmérsékletre tartozó telítési páratartalom	$Y_{t,e}$	3,76 g/m <sup>3</sup>	4,85 g/m <sup>3</sup>	6,8 g/m <sup>3</sup>	11,34 g/m <sup>3</sup>	16,3 g/m <sup>3</sup>	19,41 g/m <sup>3</sup>	23,03 g/m <sup>3</sup>	20,56 g/m <sup>3</sup>	15,36 g/m <sup>3</sup>	10,66 g/m <sup>3</sup>	6,8 g/m <sup>3</sup>	4,85 g/m <sup>3</sup>
kültéri relatív páratartalom	$\varphi_e$	90%	85%	74%	73%	70%	70%	63%	67%	73%	80%	86%	91%
külső levegő abszolút nedvességtartalma	$c_i$	3,38 g/m <sup>3</sup>	4,12 g/m <sup>3</sup>	5,03 g/m <sup>3</sup>	8,28 g/m <sup>3</sup>	11,41 g/m <sup>3</sup>	13,59 g/m <sup>3</sup>	14,51 g/m <sup>3</sup>	13,78 g/m <sup>3</sup>	11,21 g/m <sup>3</sup>	8,53 g/m <sup>3</sup>	5,85 g/m <sup>3</sup>	4,41 g/m <sup>3</sup>
1m <sup>3</sup> friss levegővel elszállítható pára mennyisége (beltérbe jutó friss levegő által felvehető vizpára mennyisége)	$\Delta c$	7,85 g/m <sup>3</sup>	7,12 g/m <sup>3</sup>	6,21 g/m <sup>3</sup>	2,96 g/m <sup>3</sup>	2,18 g/m <sup>3</sup>	1,65 g/m <sup>3</sup>	2,54 g/m <sup>3</sup>	1,46 g/m <sup>3</sup>	2,37 g/m <sup>3</sup>	2,71 g/m <sup>3</sup>	5,39 g/m <sup>3</sup>	6,83 g/m <sup>3</sup>

9. táblázat: 1 m<sup>3</sup> friss levegő által elszállítható pára mennyiség hónapoként

## 3.1.3. A páraegyensúly fenntartásához szükséges légcsereszám meghatározása

Óráként szükséges légcsereszám (n) [1/h]	Hónapok												
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
	1m <sup>3</sup> friss levegővel elszállítható pára mennyisége ( $\Delta c$ ) [g/m <sup>3</sup> ]												
	7,85	7,12	6,21	2,96	2,18	1,65	2,54	1,46	2,37	2,71	5,39	6,83	
Fajlagos nedvességterhelés [g / h·m <sup>3</sup> ]	1,75	0,22	0,25	0,28	0,59	0,80	1,06	0,69	1,20	0,74	0,65	0,32	0,26
	2,00	0,25	0,28	0,32	0,68	0,92	1,22	0,79	1,37	0,84	0,74	0,37	0,29
	2,25	0,29	0,32	0,36	0,76	1,03	1,37	0,88	1,54	0,95	0,83	0,42	0,33
	2,50	0,32	0,35	0,40	0,84	1,15	1,52	0,98	1,72	1,05	0,92	0,46	0,37
	2,75	0,35	0,39	0,44	0,93	1,26	1,67	1,08	1,89	1,16	1,01	0,51	0,40
	3,00	0,38	0,42	0,48	1,01	1,38	1,82	1,18	2,06	1,26	1,11	0,56	0,44
	3,25	0,41	0,46	0,52	1,10	1,49	1,98	1,28	2,23	1,37	1,20	0,60	0,48
	3,50	0,45	0,49	0,56	1,18	1,61	2,13	1,38	2,40	1,47	1,29	0,65	0,51
	3,75	0,48	0,53	0,60	1,27	1,72	2,28	1,47	2,57	1,58	1,38	0,70	0,55
	4,00	0,51	0,56	0,64	1,35	1,84	2,43	1,57	2,75	1,68	1,48	0,74	0,59
	4,25	0,54	0,60	0,68	1,44	1,95	2,58	1,67	2,92	1,79	1,57	0,79	0,62
	4,50	0,57	0,63	0,73	1,52	2,07	2,74	1,77	3,09	1,90	1,66	0,83	0,66
	4,75	0,60	0,67	0,77	1,60	2,18	2,89	1,87	3,26	2,00	1,75	0,88	0,70
	5,00	0,64	0,70	0,81	1,69	2,30	3,04	1,97	3,43	2,11	1,84	0,93	0,73
5,25	0,67	0,74	0,85	1,77	2,41	3,19	2,06	3,60	2,21	1,94	0,97	0,77	
5,50	0,70	0,77	0,89	1,86	2,53	3,34	2,16	3,78	2,32	2,03	1,02	0,81	
hónapok átlagos légcsereszám	0,46	0,51	0,58	nyári hónapok figyelmen kívül hagyva							0,67	0,53	
fűtési idény átlag légcsereszám	0,55												

10. táblázat: Fűtési hónapokban szükséges óránkénti légcsereszám eltérő pára-terhelések esetén

## **Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata**

A páraegyensúly fenntartásához szükséges légcsereszám a fajlagos nedvességtartalom és az 1 m<sup>3</sup> friss levegő által elszállítható pára mennyiségének hányadosa. Az óránként szükséges légcsereszám értékének jelentése, hogy a lakásban levő levegő ekkora százalékanak kell kicserélődni óránként ahhoz, hogy ne növekedjék a levegő páratartalma [38].

A különböző páratelhelésű és méretű lakások fajlagos nedvességterhelése és az esztendő eltérő hónapjaiban elszállítható páramennyiségek különböző óránkénti szükséges légcsereszámokat határoznak meg (**10. táblázat**). A fűtési idény hónapjait nézve az átlagos szükséges légcsereszám  $n = 0,46-0,67$  1/h közötti érték, melyek átlaga 0,55 1/h.

A 10. táblázat alapján tehát megállapítható, hogy a 3.1 pontban közölt  $n=0,5$  1/h átlagos tervezési légcsereszám nagyjából egybevág az átlagos páratelhelésű és méretű lakóépületek esetén számítható szükséges légcsereszámmal, de nagyobb fajlagos nedvességterhelés vagy kedvezőtlenebb hónapok esetén a szükséges légcsereszám lehet magasabb is.

### **3.2. Klasszicista társasház lakásainak filtrációs levegőforgalma**

Miután megállapítottuk az általános esetben szükséges légcsereszámot, vizsgáljunk meg, hogy egy pallótokos ablakkal ellátott átlagos klasszicizmus korabeli lakóház esetén miként alakul a lakások filtrációs levegőforgalma a hagyományos ablakok illetve azok különböző tömitései esetén.

A vizsgálathoz kiválasztott, Győr belvárosában található Bécsi kapu tér 3. szám alatti klasszicista lakóház zárt sorú beépítés utolsó épülete, téglány alaprajzú átlósan leszelt délkeleti sarokkal, nyugati homlokzatán egy-egy sarok-, illetve középrizalittal. Az első emeleten szalagkeretes, kiülő tükrökkel kapcsolt, egyenes szemöldökpárkányú, a földszinten és a második emeleten mélyített szalagkeretű pallótokos ablakok találhatóak. A belső udvari homlokzatot az egymástól eltérő tömeg- és részletképzésű rizalitok és a keretelés nélküli nyílások szabálytalan sora tagolja<sup>9</sup>. (**1. kép**).

A szabálytalan alaprajzi beosztású földszint alapvetően kéttraktusos rendszerű. Az első és a második emelet alaprajzi elrendezését az oldalfolyosós-szobasoros felosztás határozza meg. Ezek alapján az épület 11 eltérő alapterületű lakásra tagolható, melyek közül négy a földszinten, kettő az első emeleten, öt pedig a második emeleten kap helyet (**1. számú melléklet**). Az épület jelenleg nincs használatban, felújításra vár.

Az épület földszintjén jellemzően 85x145-ös, az első emeletén jellemzően 97x178-as, míg a második emeletén jellemzően 94x130-as középfelnyíló, tokosztós és üvegosztós pallótokos ablakok találhatóak (**2. képek**) (**1. számú melléklet**<sup>10</sup>). Ezen ablakok réshosszai a 2. pont 2. táblázatában már ismertetésre kerültek. A hagyományos pallótokos ablakok és azok különböző tömitési lehetőségeivel elérhető légáteresztési tényezői az 2. pont 1. táblázatában találhatóak.

A kiválasztott klasszicista lakóház különböző lakásainak zárt nyílászárók melletti filtrációs levegőforgalmát és légcsereszámát a 11. táblázat számolja mind a jelenlegi, tömitetlen ablakok, mind a tok-fal csatlakozás illetve a tok-szárny csatlakozás kittes, illetve Schlegel típusú tömitése esetén.

<sup>9</sup> Műemléki tudományos dokumentáció és értékleltári kézirat – Archi.doc Építésziroda Kft és Régi Jó Kft – Csomortány Levente, Gömörö Judit, Rozmann Viktor – Bp, 2008.10.30

<sup>10</sup> Műemléképület és kazamata rekonstrukciója: Győr, Bécsi kapu tér 1-3. hrsz. 7483 – Felmérési terv – Archi.doc Kft – Józsa Dávid – 2008.06.12.

**Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata**

*1. kép: Győr, Bécsi kapu tér 3. klasszicista lakóháza /2011.02.27/*



*2. képek: Győr, Bécsi kapu tér 3. klasszicista lakóház pallótokos ablakának jellemző csomópontjai /2011.02.27/*

## Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata

Emelet	Lakás száma	Lakás alapterület [m <sup>2</sup> ]	Lakás légterfogat [m <sup>3</sup> ]	Külsőre nyíló ablakok		Fűtetlen térre nyíló ablakok		Külsőre nyíló ajtók		Fűtetlen térre nyíló ajtók		Tömítetlen nyílászárók		Tok és fal közti hézag tömítve		Tok és szárnny közötti hézag kittel tömítve		Tok-szárnny hézag Schlegel tömítéssel	
				Ablakok száma, mérete	Rés-hossz [cm]	Ablakok száma, mérete	Rés-hossz [cm]	Ajtók száma, mérete	Rés-hossz [cm]	Ajtók száma, mérete	Ajtók száma, mérete	Rés-hossz [cm]	Filtr. levegő-forgal. [m <sup>3</sup> /h]	Lég-csere szám [1/h]	Filtr. levegő-forgal. [m <sup>3</sup> /h]	Lég-csere szám [1/h]	Filtr. levegő-forgal. [m <sup>3</sup> /h]	Lég-csere szám [1/h]	Filtr. levegő-forgal. [m <sup>3</sup> /h]
Fsz. I.	37,19	119,20	3db 85x145 pt	1627,2	-	-	-	-	1db 88x198	572	61,96	0,52	52,52	0,44	35,28	0,30	26,65	0,22	
Fsz. II.	78,09	247,26	4db 85x145 pt 3db 93x165 pt 1db 49x36 pt	4011,0	-	1db 91x211	604	-	-	-	139,53	0,56	116,27	0,47	73,75	0,30	52,49	0,21	
Fsz. III.	30,53	98,09	2db 85x145 pt	1084,8	-	-	-	1db 89x196	570	-	56,61	0,58	50,31	0,51	38,81	0,40	33,07	0,34	
Fsz. IV.	34,35	106,07	4db 85x145 pt	2169,6	-	-	-	1db 84x198	564	-	86,48	0,82	73,90	0,70	50,90	0,48	39,40	0,37	
1.em I.	158,65	471,39	8db 97x178 pt 3db 99x168 pt 1db 97x157 pt 1db 93x175 pt	8246,2	1db 110x228-155	742,4	-	-	1db 90x210 1db 118x244 ksz	1568	288,11	0,61	237,55	0,50	145,19	0,31	99,00	0,21	
1.em II.	78,61	241,08	6db 97x178 pt 2db 128x174 pt 1db 115x74 pt	6198,0	-	-	-	-	1db 94x186	560	188,68	0,78	152,73	0,63	87,03	0,36	54,18	0,22	
2.em I.	38,56	107,84	3db 94x130 pt	1657,2	-	-	-	-	1db 95x192	574	62,85	0,58	53,24	0,49	35,68	0,33	26,89	0,25	
2.em II.	25,77	72,41	1db 94x130 pt	552,4	-	-	-	-	1db 95x192	574	32,14	0,44	28,94	0,40	23,08	0,32	20,15	0,28	
2.em III.	32,94	92,45	2db 94x130 pt	1104,8	1db 93x122 pt 1db 58x65 pt	682,4	-	-	1db 94x186	560	59,06	0,64	50,13	0,54	33,87	0,37	25,73	0,28	
2.em IV.	31,11	88,37	2db 94x130 pt	1104,8	1db 95x132 pt	552,4	-	-	1db 95x190	570	57,07	0,65	48,62	0,55	33,23	0,38	25,53	0,29	
2.em V.	78,87	223,90	8db 94x130 pt 1db 62x63 pt	4579,2	-	-	-	-	1db 95x192	574	144,09	0,64	117,53	0,52	68,99	0,31	44,72	0,20	

11. táblázat: Klasszicista lakóház lakásainak filtrációs levegőforgalma és légcsereszámja hagyományos és tömített pallótokos ablakok esetén

### **Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata**

A fenti **(11. táblázat)** táblázat alapján látható, hogy az eredeti, tömítetlen pallótokos ablakok esetén a legkisebb lakás kivételével a zárt nyílászárók mellett létrejövő filtrációs levegőforgalomból számolható légcsereszám sehol sincs 0,5 1/h alatt.

Egy esetleges felújítás során a pallótokos ablakok tok és fal közti hézagát tömítve az így lecsökkentett légcsereszám még mindig szinte az összes lakásnál meghaladja a 0,5 1/h-t, a legkisebb lakásnál is 0,40 1/h. Ezen értékek mellett a beltéri levegő relatív nedvességtartalma általános páratelhelés mellett huzamosabb ideig sem éri el a  $\varphi = 75\%$ -ot, így a kapilláris kondenzáció és az emiatt beinduló penészesedés veszélye nem fenyeget.

A szárnyak kittes tömítése azonban már egy lakás kivételével mindenhol 0,3-0,4 1/h közé csökkenti az óránkénti légcsereszámot, Schlegel típusú tömítéssel pedig szinte minden lakás légcsereszámja 0,3 1/h alá csökken. Ez azt jelenti, hogy zárt nyílászárók mellett óránként a lakás levegőjének kevesebb, mint három tizede cserélődik, vagyis intenzív páratelhelés esetén pár óra alatt, de átlagos páratelhelés esetén is akár pl. egy éjszaka alatt létrejöhet a kapilláris kondenzáció.

### **3.3. Századfordulós társasház lakásainak filtrációs levegőforgalma**

A klasszicista lakóház mintájára vizsgáljuk meg, hogy egy gerébtokos ablakokkal ellátott átlagos, századfordulós, historizáló lakóház esetén miként alakul a lakások filtrációs levegőforgalma hagyományos ablakok illetve azok különböző tömítései esetén.

A vizsgálatához kiválasztott Budapest VIII. kerületében található József körút 18. szám alatti épület 1896-ban épült hagyományos, belső zárt udvaros, függőfolyósos lakóház. Átmenő telken elhelyezkedő épület, két utcai homlokzata van a nagykörútra és a Bacsó Béla utcára.

A földszinten változó funkciók kaptak helyet (üzletek, boltok, vendéglátó ipari egységek), míg az emeleteken többnyire lakások találhatók. A körút felőli homlokzatot **(3. kép)** tagozatok és két erkély díszíti. Erről az oldalról lehet bejutni a belső udvarba **(5. kép)**, és innen közelíthetők meg a lakások a lépcsőházakon és a nem körbefuttatott függőfolyósokon keresztül. A földszinten üzlethelyiségek találhatók. A Bacsó Béla út felőli homlokzaton **(4. kép)** is vannak díszítő tagozatok, de a legtöbb ablaknál beszerelt korszerű redőnytök rontja az összképet. A földszinten szintén üzlethelyiségek vannak. A ház két, részben különálló egységre bontható. A nagykörút felé eső rész földszint és négy emelet; míg a Bacsó Béla utca felé néző épületrész földszint és 2 emelet.<sup>11</sup>

Az ablakok szempontjából a két utcai homlokzat korántsem egységes. Az ablakok méretei és kiosztása általában szintenként változó, és sokszor egy emeleten belül is több fajta ablak színesíti az épület képét. A nagykörút felőli homlokzaton az első emeleten egy ablakot és egy erkélyajtót cseréltek PVC-re, míg a Bacsó Béla utcai homlokzaton a földszinten és az első emeleten is vannak műanyag nyílászárók. A belső udvari ablakok sokkal egységesebbek, a földszinti ablakok az udvar két hosszabb oldalán 117(106)x252(242) méretű, míg az emeleteken 120(109)x218(208)-as aszimmetrikus alakú rétegekből felépülő pallótokos ablakok **(6. kép) (2. számú melléklet)**. A társasháznak eredetileg apró légudvari ablakai is voltak, de ezeket mára – lakástól függően – vagy műanyag nyílászáróra cserélték, vagy befalazták, ezért ezek filtrációja a későbbi számítás során elhanyagolható. A társasház különböző emeleti alaprajzait a lakások megjelölésével és ablaktípusok és -méretek feltüntetésével a 2. számú melléklet<sup>11</sup> tartalmazza (*ablakok felmérése: 2012.12.02*).

<sup>11</sup> Bukta Katalin, Simon Péter, Dr. Lányi, Dr. Várfalvi, Dr. Kontra – Fenntartható Épületfelújítás – TDK – 2010. nov

**Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata**

---



*3. kép: Budapest, József körút 18. alatti századfordulós lakóház nagykörüti homlokzata /2012.12.02/*



*4. kép: Budapest, József körút 18. sz. alatti századfordulós lakóház Bacsó B. utcai homlokzata /2012.12.02/*

### Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata



5. kép: Budapest, József körút 18. sz. alatti századfordulós lakóház belső udvara /2010.09.27/ [41]

Nyílászáró helye	Nyílászáró mérete [cm]	Nyílászáró típusa	Réshossz [cm]
József körüti homlokzat	77(65)x237(228)	nyíló kgt ablak	598
József körüti homlokzat	110(100)x237(228)	középfelnyíló kgt ablak	865
József körüti homlokzat	100x237	nyíló pvc ablak	776
József körüti homlokzat	100x300	középfelnyíló erkélyajtó	1100
József körüti homlokzat	120(109)x218(208)	középfelnyíló kgt ablak	868
József körüti homlokzat	110x300	nyíló pvc erkélyajtó	820
József körüti homlokzat	110x300	középfelnyíló erkélyajtó	1120
József körüti homlokzat	120(109)x208(198)	középfelnyíló kgt ablak	788
József körüti homlokzat	77(65)x208(198)	nyíló kgt ablak	525
József körüti homlokzat	65(53)x208(198)	nyíló kgt ablak	443
Belső udvar	117(106)x252(242)	középfelnyíló kgt ablak	978
Belső udvar	120(109)x218(208)	középfelnyíló kgt ablak	868
Belső udvar	70(57)x252(242)	nyíló kgt ablak	577,5
Belső udvar	70(57)x218(208)	nyíló kgt ablak	499,6
Belső udvar	100(90)x252(242)	nyíló kgt ablak	825
Bacsó Béla utcai homlokzat	170x242(150)	3 szárnyú nyíló kgt ablak	880
Bacsó Béla utcai homlokzat	170x350	középfelnyíló pvc kapu	955
Bacsó Béla utcai homlokzat	100(90)x237(228)	nyíló kgt ablak	776
Bacsó Béla utcai homlokzat	140(128)x237(228)	középfelnyíló kgt ablak	1048
Bacsó Béla utcai homlokzat	100(90)x208(198)	nyíló kgt ablak	681
Bacsó Béla utcai homlokzat	140(128)x208(198)	középfelnyíló kgt ablak	920

12. táblázat: Bp. József körút 18 lakóház jellemző nyílászárói és azok réshosszai

**Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata**

**6. kép:** Budapest, József körút 18. sz. alatti századfordulós lakóház gerébtokos ablakai

A József körút 18. szám alatti társasház különböző nyílászáróinak típusait, méreteit és réshosszait a 12. táblázat foglalja össze. A hagyományos gerébtokos ablakok és azok különböző tömítési lehetőségeivel elérhető légáteresztési tényezői az előbbiekhöz hasonlóan az 2. pont 1. táblázatában található.

A kiválasztott századfordulós lakóház különböző lakásainak zárt nyílászárók melletti filtrációs levegőforgalmát és légesereszszámát a 13. táblázat számolja mind a jelenlegi, tömítetlen ablakok, mind a tok-fal csatlakozás illetve a tok-szárny csatlakozás kites, illetve Schlegel típusú tömítése esetén.



## Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata

Emelet	Lalasz száma	Lalasz alapterület [m <sup>2</sup> ]	Lalasz térfogat [m <sup>3</sup> ]	Külső nyíló ablakok, erkélyajtók			Lépcsőházi és függőfolyosói ajtók		Jelenlegi állapot				Gerébtokos ablakok lehetséges felújítási módjai			
				Ablakok száma, mérete	Rész hossz		Ajtók száma, mérete	Rész hossz	Filtr. lev. Légcse-forgalom részám [m <sup>3</sup> /h]	Filtr. lev. Légcse-forgalom részám [l/h]	Tok és fal közti hézag tömítve	Filtr. lev. Légcse-forgalom részám [m <sup>3</sup> /h]	Filtr. lev. Légcse-forgalom részám [l/h]	Tok és szárny közti hézag kittel	Filtr. lev. Légcse-forgalom részám [m <sup>3</sup> /h]	Tok-szárny hézag Schlegel
					Hagyom. nyílászáró	Hőszig. nyílászáró										
Fsz.	L01	28,84 m <sup>2</sup>	109,59 m <sup>3</sup>	3db 106x242 gt	2934,0 cm		1db 120x250	660 cm	106,65	0,97	63,22	0,58	58,53	0,53	25,08	0,23
Fsz.	L02	21,33 m <sup>2</sup>	81,05 m <sup>3</sup>	2db 106x242 gt	1956,0 cm		1db 120x250	660 cm	79,46	0,98	50,51	0,62	47,38	0,58	25,08	0,31
Fsz.	L03	36,42 m <sup>2</sup>	138,40 m <sup>3</sup>	1db 170x242 gt 1db 170x350 pvc	880,0 cm 955,0 cm		1db 120x250	660 cm	50,40	0,36						
Fsz.	L04	58,57 m <sup>2</sup>	222,57 m <sup>3</sup>	2db 90x242 pvc 2db 57x242 pvc 1db 170x350 pvc		3955,0 cm	1db 120x250	660 cm	28,64	0,13						
Fsz.	L05	29,63 m <sup>2</sup>	112,59 m <sup>3</sup>	4db 106x242 gt	3912,0 cm		1db 120x250	660 cm	133,83	1,19	75,94	0,67	69,68	0,62	25,08	0,22
1.em	L11	69,16 m <sup>2</sup>	262,81 m <sup>3</sup>	2db 65x228 gt 1db 100x228 gt 1db 110x300 gt	3181,0 cm		1db 150x250	950 cm	124,53	0,47	77,45	0,29	72,36	0,28	36,10	0,14
1.em	L12	54,89 m <sup>2</sup>	208,58 m <sup>3</sup>	5db 109x208 gt	4340,0 cm		2db 120x250	1320 cm	170,81	0,82	106,58	0,51	99,64	0,48	50,16	0,24
1.em	L13	44,60 m <sup>2</sup>	169,48 m <sup>3</sup>	4db 109x208 gt	3472,0 cm		1db 120x250	660 cm	121,60	0,72	70,22	0,41	64,66	0,38	25,08	0,15
1.em	L14	106,13 m <sup>2</sup>	403,29 m <sup>3</sup>	3db 109x208 gt 2db 65x228 gt 1db 110x237 pvc 1db 110x300 pvc	3800,0 cm 1596,0 cm		1db 120x250	660 cm	132,16	0,33						
1.em	L15	86,30 m <sup>2</sup>	327,94 m <sup>3</sup>	1db 57x208 gt 1db 109x208 gt 2db 90x228 gt 2db 128x228 gt	5015,6 cm	5015,6 cm	1db 150x250	950 cm	180,05	0,55	105,82	0,32	97,79	0,30	71,21	0,22
1.em	L16	91,09 m <sup>2</sup>	346,14 m <sup>3</sup>	1db 57x208 pvc 1db 109x208 pvc 2db 90x228 pvc 2db 128x228 pvc		5015,6 cm	1db 120x250	660 cm	29,59	0,09						
1.em	L17	46,23 m <sup>2</sup>	175,67 m <sup>3</sup>	4db 109x208 gt	3472,0 cm		1db 120x250	660 cm	121,60	0,69	70,22	0,40	64,66	0,37	25,08	0,14
2.em	L21	69,16 m <sup>2</sup>	262,81 m <sup>3</sup>	2db 109x208 gt 1db 110x300 gt	2856,0 cm		1db 150x250	950 cm	115,50	0,44	73,23	0,28	68,66	0,26	36,10	0,14
2.em	L22	54,89 m <sup>2</sup>	208,58 m <sup>3</sup>	5db 109x208 gt	4340,0 cm		2db 120x250	1320 cm	170,81	0,82	106,58	0,51	99,64	0,48	50,16	0,24
2.em	L23	44,60 m <sup>2</sup>	169,48 m <sup>3</sup>	4db 109x208 gt	3472,0 cm		1db 120x250	660 cm	121,60	0,72	70,22	0,41	64,66	0,38	25,08	0,15

13/1. táblázat: Százafordulós lakóház lakásainak filtrációs levegőforgalma és légszerezése a jelenlegi állapotuk és a gerébtokos ablakok tömítése esetén

## Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata

Emelet	Lakás száma	Lakás alapterület [m <sup>2</sup> ]	Lakás térfogat [m <sup>3</sup> ]	Külsőre nyíló ablakok, erkélyajtók			Lépcsőházi és függőfolyosói ajtók		Jelenlegi állapot				Gerébtokos ablakok lehetséges felújítási módjai			
				Ablakok száma, mérete	Rész hossz		Ajtók száma, mérete	Rész-hossz	Tömítetlen nyílászárók		Tok és fal közötti hézag tömítve		Tok és szárny közötti hézag kittel		Tok-szárny hézag Schlegel	
					Hagyom. nyílászáró	Hőszig. nyílászáró			Filtr. lev. forgalom [m <sup>3</sup> /h]	Légcse-reszám [l/h]	Filtr. lev. forgalom [m <sup>3</sup> /h]	Légcse-reszám [l/h]	Filtr. lev. forgalom [m <sup>3</sup> /h]	Légcse-reszám [l/h]	Filtr. lev. forgalom [m <sup>3</sup> /h]	Légcse-reszám [l/h]
2.em	L24	106,13 m <sup>2</sup>	403,29 m <sup>3</sup>	5 db 109x208 gt 1 db 110x300 gt	5460,0 cm		1 db 150x250	950 cm	187,89	0,47	107,08	0,27	98,34	0,24	36,10	0,09
2.em	L25	86,30 m <sup>2</sup>	327,94 m <sup>3</sup>	1 db 57x208 pvc 1 db 109x208 pvc 2 db 90x198 gt 2 db 128x198 gt	3202,0 cm	1367,6 cm	1 db 150x250	950 cm	126,35	0,39						
2.em	L26	91,09 m <sup>2</sup>	346,14 m <sup>3</sup>	1 db 57x208 gt 1 db 109x208 gt 2 db 90x228 gt 2 db 128x228 gt	4569,6 cm		1 db 120x250	660 cm	152,11	0,44	84,48	0,24	77,17	0,22	25,08	0,07
2.em	L27	46,23 m <sup>2</sup>	175,67 m <sup>3</sup>	4 db 109x208 gt	3472,0 cm		1 db 120x250	660 cm	121,60	0,69	70,22	0,40	64,66	0,37	25,08	0,14
3.em	L31	77,82 m <sup>2</sup>	295,72 m <sup>3</sup>	1 db 57x208 gt 1 db 109x208 gt 3 db 109x198 gt	3731,6 cm		1 db 150x250	950 cm	139,84	0,47	84,61	0,29	78,64	0,27	36,10	0,12
3.em	L32	58,22 m <sup>2</sup>	221,24 m <sup>3</sup>	5 db 109x208 gt	4340,0 cm		1 db 120x250	660 cm	145,73	0,66	81,50	0,37	74,56	0,34	25,08	0,11
3.em	L33	79,99 m <sup>2</sup>	303,96 m <sup>3</sup>	7 db 109x208 gt	6076,0 cm		1 db 120x250	660 cm	193,99	0,64	104,07	0,34	94,35	0,31	25,08	0,08
3.em	L34	87,23 m <sup>2</sup>	331,47 m <sup>3</sup>	1 db 57x208 gt 1 db 109x208 gt 3 db 109x198 gt	3731,6 cm		1 db 150x250	950 cm	139,84	0,42	84,61	0,26	78,64	0,24	36,10	0,11
4.em	L41	77,82 m <sup>2</sup>	295,72 m <sup>3</sup>	1 db 57x208 gt 1 db 109x208 gt 2 db 65x198 gt 4 db 53x198 gt	4189,6 cm		1 db 150x250	950 cm	152,57	0,52	90,56	0,31	83,86	0,28	36,10	0,12
4.em	L42	58,22 m <sup>2</sup>	221,24 m <sup>3</sup>	5 db 109x208 gt	4340,0 cm		1 db 120x250	660 cm	145,73	0,66	81,50	0,37	74,56	0,34	25,08	0,11
4.em	L43	79,99 m <sup>2</sup>	303,96 m <sup>3</sup>	7 db 109x208 gt	6076,0 cm		1 db 120x250	660 cm	193,99	0,64	104,07	0,34	94,35	0,31	25,08	0,08
4.em	L44	87,23 m <sup>2</sup>	331,47 m <sup>3</sup>	1 db 57x208 gt 1 db 109x208 gt 2 db 65x198 gt 4 db 53x198 gt	4189,6 cm		1 db 150x250	950 cm	152,57	0,46	90,56	0,27	83,86	0,25	36,10	0,11

13/2. táblázat: Százafordulós lakóház lakásainak filtrációs levegőforgalma és légcsereszám a jelenlegi állapotuk és a gerébtokos ablakok tömítése esetén

### Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata

A fenti (**13. táblázat**) táblázat alapján látható, hogy az eredeti, tömítetlen gerébtokos ablakokat tartalmazó lakások esetén a zárt nyílászárók mellett létrejövő filtrációs levegőforgalomból számolható légcsereszám sehol sincs 0,4 1/h alatt. Újra megállapítható, hogy ezen értékek mellett a beltéri levegő relatív nedvességtartalma általános páratelhelés mellett huzamosabb ideig sem éri el a  $\phi = 75\%$ -ot, így a kapilláris kondenzáció és az emiatt beinduló penészesedés veszélye nem fenyeget. A kisebb lakásoknál, ahol a kis légtérfogathoz képest sok ablak tartozik a légcsereszám mindenhol meghaladja a 0,65 1/h-t, és elérheti akár az 1,2 1/h-t is. Főleg ezen lakásoknál célszerű vizsgálni a különböző tömítési lehetőségekkel elérhető filtráció csökkenést. Ismét megállapítható, hogy a tok-fal csatlakozás esetleges utólagos tömítése sok lakás esetén még megengedhető, a szárnyak kittes tömítése már kevesebb lakás esetén ajánlott, míg a Schlegel típusú tömítés a légcsereszám túlzott lecsökkenését eredményezné, ezért nem javasolt.

A részleges vagy teljes műanyag nyílászárócserén átesett lakások légcsereszáma minden esetben 0,4 1/h alatti. Ez ismét csak azt jelenti, hogy zárt nyílászárók mellett nem tud elegendő levegő cserélődni, vagyis intenzív páratelhelés esetén pár óra alatt, de átlagos páratelhelés esetén is akár pl. egy éjszaka alatt létrejöhet a kapilláris kondenzáció. Ezen lakások ablakainak további tömítése nem ajánlott, így a táblázatban sem tartalmazza az ezekhez tartozó értékeket.

### 3.4. Általános lakótér filtrációs levegőforgalma és légcsereszáma

A két kiválasztott – történelmi, kétrétegű ablakokkal ellátott – társasházban lévő lakások filtrációs levegőforgalmának vizsgálata után nézzük meg, hogy általános esetben miként alakulhat egy átlagos lakótér zárt nyílászárók melletti filtrációs levegőforgalma (**14. táblázat**).

A számításokhoz használjuk a következő, jó közelítést adó feltételeket:

- Az ablakok összfelülete a lakás alapterületének hetede. Mivel ez a 19. századi, 20. század eleji lakóépület-tervezésének ökölszabálya volt, átlagos lakásméreteken ma is jól közelíti a valóságot (persze az azóta eltelt több mint száz év során történt lakásátalakítások, összenyitások és szétválasztások sok esetben eltolták ezt az arányt).
- A lakás légtérfogata átlagos 3,6 m-es belmagassággal számított, ugyanis a 19. század boltozott födémes lakóházaitól a 20. század eleji historizáló társasházakig ez a legjellemzőbb belmagasság érték.
- Az ablakok általános, középnyíló kétrétegű, történelmi fatokos ablakok, melyek esetén fent áll, hogy a felületük és a réshosszuk közötti átlagos arány 28.
- A lakások méretének növekedésével általános esetben együtt jár a bejárati ajtók, erkélyajtók, légudvari ablakok és egyéb rések méretének vagy számának növekedése. Ezt arányosítva a lakások alapterületére 5m<sup>2</sup>-enként 20 cm réshossz növekedéssel közelítsük e hatást.
- Az ablakok mind külső térre nyílnak, így az átlagosan  $\Delta p = 10\text{Pa}$  nyomáskülönbség esetén mérhető légáteresztési tényezőjük használandó. A hagyományos, kétrétegű, történelmi ablakok esetén ez legyen 2,78 m<sup>3</sup>/h,m,10Pa (2. pont).
- Az ajtók mind küszöbvel rendelkező, az ablakokkal egykorú és azonos szerkezetű nyílászárók, melyek külső, de viszonylag szélvédett térre (pl. belső udvar, belső udvari függőfolyosó), vagy fűtetlen, jól szellőző térre nyílnak. Az így használható légáteresztési tényezőjük: 3,8m<sup>3</sup>/h,m,10Pa<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Dr. Várfalvi János PhD – Ablakszerkezetek légáteresztése – BME Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék

## Történelmi ablakszerkezetek hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata

lakás alap- terület	lakás lég- térfogat (bm:3,6m)	ablakok felülete	ablakok rés- hossza	ajtók és egyéb rések hossza	Tömítetlen ablakok		Tok-szárny csatlakozás kites tömítése			
					filtrációs levegő- forgalom	légcseré- szám	Egy rétegen		Mindkét rétegen	
							filtrációs levegő- forgalom	légcseré- szám	filtrációs levegő- forgalom	légcseré- szám
[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[cm]	[cm]	[m <sup>3</sup> /h]	[1/h]	[m <sup>3</sup> /h]	[1/h]	[m <sup>3</sup> /h]	[1/h]
20	72	2,86	1020,41	660	53,45	0,74	45,08	0,63	36,71	0,51
25	90	3,57	1275,51	680	61,30	0,68	50,84	0,56	40,38	0,45
30	108	4,29	1530,61	700	69,15	0,64	56,60	0,52	44,05	0,41
35	126	5,00	1785,71	720	77,00	0,61	62,36	0,49	47,72	0,38
40	144	5,71	2040,82	740	84,85	0,59	68,12	0,47	51,39	0,36
45	162	6,43	2295,92	760	92,71	0,57	73,88	0,46	55,05	0,34
50	180	7,14	2551,02	780	100,56	0,56	79,64	0,44	58,72	0,33
55	198	7,86	2806,12	800	108,41	0,55	85,40	0,43	62,39	0,32
60	216	8,57	3061,22	820	116,26	0,54	91,16	0,42	66,06	0,31
65	234	9,29	3316,33	840	124,11	0,53	96,92	0,41	69,73	0,30
70	252	10,00	3571,43	860	131,97	0,52	102,68	0,41	73,39	0,29
75	270	10,71	3826,53	880	139,82	0,52	108,44	0,40	77,06	0,29
80	288	11,43	4081,63	900	147,67	0,51	114,20	0,40	80,73	0,28
85	306	12,14	4336,73	920	155,52	0,51	119,96	0,39	84,40	0,28
90	324	12,86	4591,84	940	163,37	0,50	125,72	0,39	88,07	0,27
95	342	13,57	4846,94	960	171,22	0,50	131,48	0,38	91,74	0,27
100	360	14,29	5102,04	980	179,08	0,50	137,24	0,38	95,40	0,27
105	378	15,00	5357,14	1000	186,93	0,49	143,00	0,38	99,07	0,26
110	396	15,71	5612,24	1020	194,78	0,49	148,76	0,38	102,74	0,26
115	414	16,43	5867,35	1040	202,63	0,49	154,52	0,37	106,41	0,26
120	432	17,14	6122,45	1060	210,48	0,49	160,28	0,37	110,08	0,25
125	450	17,86	6377,55	1080	218,34	0,49	166,04	0,37	113,74	0,25

14. táblázat: Általános lakás filtrációs levegőforgalma és légcsereszámja tömítetlen és tömített hagyományos, kétrétegű, történelmi ablakok esetén

A fenti (14. táblázat) táblázatból látható, hogy az iménti feltételezésekkel számított általános lakóterek filtrációs levegőforgalma miként alakul. Megállapítható, hogy az alapterület növekedésével a légcsereszám egyre kisebb lesz (mivel a légtér fogat nagyobb ütemben nő, mint az ablakfelületek nagysága), de általános méretű lakások esetén (20-125m<sup>2</sup>) a légcsereszám sehol nem csökken 0,49 1/h alá.

Mivel a tok-fal csatlakozás utólagos tömítése több munkával jár, mint a tok-szárny csatlakozások tömítése, és az eredményük is eltérő kávas illetve falvéges beépítés esetén, koncentráljunk az utóbbira. A 2. pont 1. táblázata alapján a kites tömítéssel elérhető légáteresztési tényező 1,14 m<sup>3</sup>/h,m,10Pa, ezért a csak egy rétegen használt tömítés esetét közelítsük (2,78+1,14) / 2 = 1,96 m<sup>3</sup>/h,m,10Pa értékkel.

A fentiek alapján számolva a 14. táblázat 2. eredményoszlopai tanúsága szerint körülbelül 80m<sup>2</sup> nagyságú lakásméretig a kétrétegű ablakok egy rétege tömíthető a filtrációs hőveszteség csökkentése érdekében anélkül, hogy a zárt nyílászárók melletti filtrációt a kapilláris kondenzáció kialakulása és penészesedés szempontjából veszélyes szintre csökkentenénk.

A 3. eredményoszlopot vizsgálva megállapítható, hogy bár a nagyon kis alapterületű (garzon)lakások (20-30 m<sup>2</sup>) esetén elméletileg az ablakok mindkét rétegének tömítése után is elegendő a légcsereszám, ez mégsem javasolt, ugyanis tipikusan e kis lakásoknak van az átlagnál jóval magasabb páratelhelése (a főzés, fürdés, szárítás, párologtatás kis légtér fogat mellett), így az itt szükséges légcsereszám sokszor 0,5-0,6 1/h is lehet télen.