

LAKÁSSZÖVETKEZETI ÉS TÁRSASHÁZI ÉPÜLETEK ENERGIATAKARÉKOS FELÚJÍTÁSA

Sólyomi Péter okl. gépészmérnök
divízióvezető, ÉMI Kht.

A panelos épületek nagy része az alacsony építési minőség miatt igen rossz állapotban van, és alapvető (nem statikai célú) felújításra szorul. A panelos épületeknél az energiavesztés mértéke igen nagy, de a hőszigetelés megvalósításával, valamint a fűtési rendszer javításával elérhető energiamegtakarítás lehetősége óriási. Ha ezeket az intézkedéseket egy általános felújítással együtt – ami sokszor egyébként is aktuális – elvégezzük, a költségek, illetve az ezzel kapcsolatos megtérülési idő lényegesen csökkenthető.

A panelos épületek kivitelezésekor fennálló irreálisan alacsony energiaárak és a megfelelő építési anyagok hiányának eredményeképpen olyan házak épültek, amelyeknél a hőszigetelés alacsony szintű, a fűtés szabályozása nem megoldott vagy kezdetleges, a számlázás vagy fogyasztásmérés nem az egyedi energiafogyasztás alapján történt, sőt történik még ma is. Ez igen nagy méretű energiafogyasztást, „pazarlást” eredményezett, különösen a panelépületekben.

Hazánkban a lakóépületek fűtési célú energiafogyasztása gyakran 2-3-szorosa a hasonló nyugat-európai értékeknek. A világítási és a fűtési célú energiafogyasztás 250–400 kW·h/m² éves szinten mozog, ugyanez az érték az OECD országokban 150–250 kW·h/m²/év. Skandináviában a jól szigetelt épületeknél ez a fogyasztás 120–150 kW·h/m²/év, és az ún. alacsony energiafogyasztású házak esetén (nagyon jó határolószervezetek, nagyon magas szintű szigetelés, passzív napenergia használata stb.) akár évi 60–80 kW·h/m².

A hőszigetelés vastagságának növelésével, a természetes és a mechanikus szellőzés okozta veszteségek csökkentésével *jelentősen* javítani lehet egy épület energiafogyasztását.

Ha egy épületet az általános állagromlás miatt amúgy is fel kell újítani (régie ablakok kicserélése, a tető javítása stb.), akkor érdemes ezeket a teendőket egy energiahatékony felújítással egybekötni, mivel az energiafogyasztás csökkenése jelentősen lerövidítheti a megtérülési időt.

Az energiafogyasztás csökkenésén túl a termikus felújítás az épület élettartamát is megnövelheti. Ez különösen így van az átnedvesedett épületeknél. Egy külső oldali „második” homlokzat alkalmazásával megvédhetjük az épületet az időjárás viszontagságaitól (beázás és a hőmérséklet-változások okozta szerkezeti elmozdulások),

valamint – a lakók megelégedésére – a hőkomfort szintje jelentősen javul.

A szigetelés gazdaságos vastagsága

A gazdaságos vastagság a legnagyobb energiamegtakarítást eredményezi a legkisebb befektetési költség mellett. Ez az érték függ a klímától, az anyag hőtechnikai jellemzőitől, az anyagköltségtől, a beépítési költségtől és az energiaárártól (energiamegtakarítás). A szigetelés megvalósításának teljes költsége nemlineárisan nő, mert bár a szerelési költség a felület négyzetméterére vonatkozóan fix, az anyagköltség a szigetelés vastagságától függ. Így a szigetelés első cm-e viszonylag többbe kerül, mint a következő cm-ek.

Az energiavesztés a szigetelőanyag vastagságától és a klímától függ. Ez a kapcsolat szintén nemlineáris. A többletmegetakarítások különbsége – egy bizonyos vastagság után 8–10 cm – a szigetelés további centimétereire egyre kisebb és kisebb lesz. A szigetelési vastagság optimuma az a szám, ahol az energiavesztés költsége és a szigetelés költsége a legalacsonyabb. A jelenlegi világpiaci árak mellett Európában a kiegészítő hőszigetelés gazdaságos vastagsága 8–12 cm.

A múltbeli tapasztalatok azt mutatják, hogy az energiaárak igen kevésbé stabilak, gyorsan változnak. Az árváltozásokat sok tényező befolyásolja, ezért gazdaságossági szempontból érdemes a jelenleg gazdaságos szigetelési vastagságnál nagyobb választani.

Költségcsökkentési okokból nagy a kísértés, hogy az épületeknek csak azokat a részeit – pl. a tetőt és az oromzatot – szigeteljük, ahol a legnagyobb a hővesztés (hazánkban ez a legerjedtebb módszer). Azonban ez legtöbbször nem túl gazdaságos, mivel a javítási költségek zömét általában a munkabéreköltség és az állványozási költség, nem pedig az anyagköltség adja. Ha (a felújítással egy időben) a teljes épület hőteljesítménye javul, a fajlagos költség (beruházás/energiamegtakarítás) lényegesen kisebb lesz.

Bizonyos esetekben a részleges szigetelés még ronthat is a helyzeten, mivel a hővesztés megnövekedhet. Ha a szigetelőanyagot az oromfalra ragasztással rögzítik, a falkomponensek nagy mozgása a szigetelőanyag repedéséhez és

szakadásához vezethet, és így az eső behatolhat a szigetelőanyagba és a betonba, elősegítve ezzel, hogy a burkolaton keresztül több hő szökjön ki, és hogy nagyobbak legyenek a hőhidak.

Ahhoz, hogy a felújítás maximálisan hatékony legyen, és az épület felületén keresztüli energiavesztés csökkenjen, fel kell mérni, hogy az alábbi területeken hogy lehet javulást elérni:

- falak,
- tetőzet,
- alagsor,
- az épület külső nyílászáró szerkezetei.

A 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet hatálya – az 1. § (2) bekezdés szerinti kivételekkel – a huzamos tartózkodásra szolgáló helyiséget tartalmazó épületre (épületrészre), illetve annak tervezésére terjed ki, amelyben a jogszabályban vagy a technológiai utasításban előírt légállapot biztosítására energiát használnak.

A rendelet 6. §-a szerinti hatálya kiterjed az iparosított technológiával készült, a 7/2006. TNM rendelet hatálybalépése előtti használatbavételi engedéllyel rendelkező lakóépületek felújítására is.

1. táblázat

A hőátbocsátási tényezők követelményértékei

Épülethatároló szerkezet	A hőátbocsátási tényező követelményértéke, U , $W/(m^2 \cdot K)$
Külső fal	0,45
Lapos tető	0,25
Padlásfödém	0,30
Fűtött tetőteret határoló szerkezetek	0,25
Alsó zárófödém árkád felett	0,25
Alsó zárófödém fűtetlen pince felett	0,50
Homlokzati üvegezett nyílászáró (fa vagy PVC keretszerkezettel)	1,60
Homlokzati üvegezett nyílászáró (fém keretszerkezettel)	2,00
Homlokzati üvegezett nyílászáró, ha névleges felülete kisebb, mint $0,5 \text{ m}^2$	2,50
Homlokzati üvegfal	1,50
Tető-felülvilágító	2,50
Tetősíklablak	1,70
Homlokzati üvegezetlen kapu	3,00
Homlokzati vagy fűtött és fűtetlen terek közötti ajtó	1,80
Fűtött és fűtetlen terek közötti fal	0,50
Szomszédos fűtött épületek közötti fal	1,50
Talajjal érintkező fal 0–1 m között	0,45
Talajon fekvő padló a kerület mentén 1,5 m széles sávban (a lábazon elhelyezett azonos ellenállású hőszigeteléssel helyettesíthető)	0,50

A rendelet követelményrendszere háromszintű:

- a határoló- és nyílászáró szerkezetek hőátbocsátási tényezőire vonatkozó követelmények,
- a fajlagos hővesztés-tényezőre vonatkozó követelmények,
- az összesített energetikai jellemzőre vonatkozó követelmények.

A határoló- és nyílászáró szerkezetek hőátbocsátási tényezőire vonatkozó követelményeket a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet szerint az 1. táblázat tartalmazza.

A fajlagos hővesztés-tényezőre vonatkozó követelményértékek a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet szerint:

$A/V \leq 0,3$	$q_m = 0,2$	$W/(m^3 \cdot K)$
$0,3 \leq A/V \leq 1,3$	$q_m = 0,38 (A/V) + 0,086$	$W/(m^3 \cdot K)$
$A/V \geq 1,3$	$q_m = 0,58$	$W/(m^3 \cdot K)$

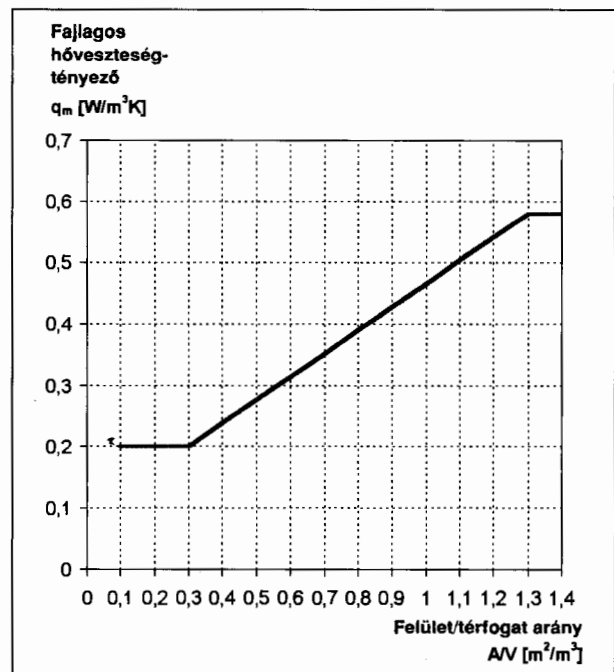
Ahol

A, m^2 : a fűtött épulettérfogatot határoló szerkezetek összfelülete,

V, m^3 : a fűtött épulettérfogat (fűtött légtérfogat),

$q, W/(m^3 \cdot K)$: a fajlagos hővesztés-tényező.

A fűtött épulettérfogatot határoló összfelületbe beszámítandó a külső levegővel, a talajjal, a szomszédos fűtetlen terekkel és a fűtött épületekkel érintkező valamennyi határolás. A fajlagos hővesztés-tényező megengedett legnagyobb értékét a felület/térfogat arány függvényében az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. A fajlagos hővesztés-tényező követelményértéke

Ha a sugárzási nyereségek hatását nem vesszük figyelembe (ez az egyszerűsített eljárásban megengedett, a biztonság javára történő elhanyagolás), akkor a fajlagos hővesztés-tényező követelményértékeiből az épületha-

tároló szerkezetek átlagos hőátbocsátási tényezőjének felső határértéke is származtatható a következő összefüggés szerint:

$$U_m = 0,086 (V/A) + 0,38 \quad W/(m^2 \cdot K)$$

Az átlagos hőátbocsátási tényező értelemszerűen tartalmazza a fajlagos hőveszteség-tényezőnél meghatározott jellemzőket (rétegtervi hőátbocsátási tényező, hőhidak okozta hőveszteség). A sugárzási nyereség nagyságától függően magasabb átlagos hőátbocsátási tényező is megengedhető lehet – ezt a sugárzási nyereség számításával kell igazolni.

Az összesített energetikai jellemzőre vonatkozó követelmények

Az összesített energetikai jellemző számértéke az épület rendeltetésétől, valamint a felület/térfogat aránytól függ, értéke az alábbiakban közölt összefüggésekkel számítható, illetve a 2. ábrából leolvasható. Az épületek összesített energetikai jellemzőjének számértéke nem haladhatja meg az épület felület-térfogat aránya és rendeltetészerű használati módja függvényében a számítási összefüggéssel és diagram formájában is megadott értéket.

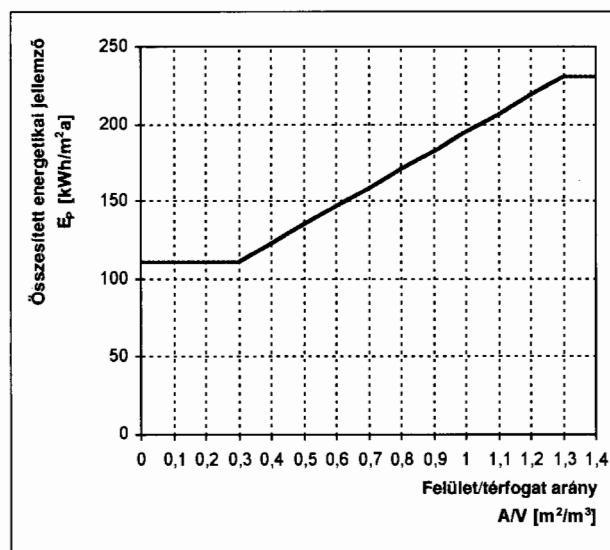
$$\begin{aligned} A/V \leq 0,3 & \quad E_p = 110 & \quad \text{kWh/m}^2\text{a} \\ 0,3 \leq A/V \leq 1,3 & \quad E_p = 120 (A/V) + 74 & \quad \text{kWh/m}^2\text{a} \\ A/V \geq 1,3 & \quad E_p = 230 & \quad \text{kWh/m}^2\text{a} \end{aligned}$$

Ahol

A, m²: a fűtött épülettérfogatot határoló szerkezetek összfelülete,

V, m³: a fűtött épülettérfogat (fűtött légtérfogat),

E_p, kWh/m²a: az összesített energetikai jellemző.



2. ábra. Lakó- és szállásjellegű épületek összesített energetikai jellemzőjének követelményértéke (nem tartalmaz világítási energiaigényt)

A felújításhoz alkalmazott szerkezetek a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet rétegtrendi hőátbocsátási tényezőkre vonatkozó követelményének tükrében

Homlokzati hőszigetelések

A homlokzati határoló falak hőátbocsátási tényezőjére vonatkozó követelményérték: $U_{fal} \leq 0,45 W/(m^2 \cdot K)$. A jellemző átlagos hőátbocsátási tényezők: 0,8–1,7 W/(m²·K), több tucat szerkezeti megoldás létezik. Legnagyobb számban panelos szerkezetű homlokzatok fordulnak elő, ezért vizsgálatunk is erre koncentrált.

A hőszigetelt vasbeton falpanellel készült falszerkezetek a kapcsolatok, nyílászárók környékén erősen hőhidas kialakításúak, megállapítható, hogy a falfelületek intenzív hőszigetelésre van szükség a teljes homlokzati falfelületen.

Az eddigi felújítások során leggyakrabban alkalmazott megoldás a kedvező árú, polisztirolalapú, 40–50 mm rétegvastagságú homlokzati hőszigetelő rendszer. A korábban jellemzően alkalmazott 40–50 mm hőszigetelés-vastagság helyett a rendelet 1. szintjének kielégítéséhez alapszerkezettől függően 60–80 mm rétegvastagság szükséges.

A hőszigetelés rétegvastagságának növelése statikai és tűzvédelmi kérdéseket is felvet. Tűzvédelmi (és épületfizikai) szempontból előnyösen alkalmazhatók a vakolható ásványgyapattal szállított hőszigetelő rendszerek, amelyek fajlagosan számottevően többre kerülnek mint a polisztirolalapú rendszerek. Egyes helyeken (pl. tűzfal hőszigetelése, homlokzati tűzterjedési gát kialakítása) csak „nem éghető” anyag alkalmazható.

Lényeges, hogy a kiválasztott hőszigetelő rendszer rendelkezzen a felhasználáshoz szükséges ÉME (vagy ETA) engedéllyel és Tűzvédelmi Megfelelőség Igazolással (TMI). Az engedélyekben szereplő éghetőségi, ill. homlokzati tűzterjedésre vonatkozó adatok alapján a hőszigetelő rendszer beépíthetőségét egyedileg kell elbírálni az adott épület esetében (a hőszigetelő rendszer csak az engedélyben megadott alkalmazási területen, az alkalmazási feltételek betartása mellett használható fel).

* Éghető anyagú homlokzati hőszigetelő rendszer alkalmazása esetén a homlokzatra kivezetett szellőzők (konyhaszekrény-szellőzők) körül nem éghető anyagú hőszigetelés beépítése szükséges. A típusmegoldásokat hőszigetelő rendszerenként ki kell dolgozni, és homlokzati tűzterjedésvizsgálattal ellenőrizni kell.

A hőszigetelő rendszerek m² árát a hőszigetelő anyagon kívül jelentősen befolyásolhatja az alapfelület minősége is, mert egyes (pl. no-fines) technológiával készült falszerkezetek esetében különleges dűbelekre van szükség.

Kedvező épületfizikai és esztétikai tulajdonságai ellenére hazánkban ritkán alkalmazzák az átszellőztetett légréssel rendelkező, szerelt homlokzati rendszereket. Ennek oka a magas bekerülési költség mellett, hogy szilárd hát-

falazatot igényelnek. Ezeknél a rendszereknél csak A1 „nem éghető” hőszigetelő anyagok alkalmazhatók.

A homlokzatok hőszigetelésével párhuzamosan a lábazatok hőszigetelése is szükséges lehet.

A hőszigetelés mértékének növelésével felértékelődhetnek a felújítás után megmaradó hőhidak is. Nehezen hőszigetelhető helyeken (pl. konzolos erkélyeknél, lodszatérelemnél, utólagos redőnyszekrényknél stb.) a csomópont állagvédelmi ellenőrzése javasolható. Az állagvédelmi ellenőrzésre, illetve a szerkezet hőmérsékleteloszlásának meghatározására igen alkalmasak a két-, illetve háromdimenziós végeelemes számítógépes programok. Ezek a programok költségesek, a tervezők általánosan nem rendelkeznek ilyen eszközzel, ezért a felújítások tervezéséhez típustervenként felújítási hőhidkatalógust biztosíthatna a pályázat kiírója (akár internetes hozzáférési lehetőséggel). A felújítási hőhidkatalógus tervezési időszakban történő alkalmazása nagyban csökkenthetné a hőhidak okozta épületkárok (pl. későbbi penészesedés) kialakulásának a veszélyét.

Lapos tető hőszigetelése

A lapos tetők hőátbocsátási tényezőjére vonatkozó követelményérték: $U_{\text{tető}} \leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Jellemző átlagos hőátbocsátási tényezők: $U = 0,40\text{--}0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, száraz hőszigetelő rétegeket feltételezve.

Az iparosított lakóépületek lapos tetőinek csapadékvíz-szigetelése egy vagy több felújításon általában már túl vannak. Jellemzően egyhéjú melegtetőként egyenes rétegrenddel, vagy kéthéjú hidegtetőként működnek. A fordított rétegrendű tetőként tervezett és megépített tetőket már átalakították egyenes rétegrendűvé.

A kéthéjú hidegtetők az átszellőzésből adódó épületfizikai előnyök mellett azért is előnyösebbek voltak, mert a szigetelés kisebb hibái nem okoztak szükségszerűen beázást.

A lapos tetők esetében is megállapítható, hogy a teljes tetőfelület, illetve az attikafalak, tetőfelépítmények intenzív hőszigetelésére is szükség van. A jelenlegi tetőszigetelési rendszer, illetve a tető állapotának és szerkezetének feltárása és megismerése alapján az utólagos hő- és vízszigetelést meg kell tervezni, és számítással kell igazolni annak megfelelőségét. Minden esetben páratechnikai számítást is kell készíteni! Nem szabad az esetleg fellelhető tervekre hagyatkozni! Amennyiben a meglévő tetőrétegrend nem tartalmaz hatékony párazáró réteget, úgy akár a teljes rétegrend elbontására is szükség lehet.

Javasolt az esetleges szerkezeti átmedvesedések feltárás útján történő ellenőrzése. Nedves, bennmaradó szerkezeti anyagok a felújítás hatékonyságát erősen leronthatják.

Homlokzati nyílászárók

Az iparosított technológiával készült lakóépületekben nagy számban alkalmazott homlokzati nyílászárók jellemző

hőátbocsátási tényezőit a 2. táblázat tartalmazza. A táblázat adatait vizsgálva megállapítható, hogy a legutóbbi időkben korszerű termékekre kicserélt ablakokon és erkélyajtókon kívül az összes homlokzati nyílászáró cserélendő.

2. táblázat

Az iparosított technológiával készült lakóépületek jellemző homlokzati nyílászáróinak hőátbocsátási tényezői

Meglévő nyílászáró szerkezet	A hőátbocsátási tényező, U , $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Homlokzati üvegezett nyílászáró normál hőszigetelő üvegezéssel, PVC keretszerkezettel	2,4–3,0
Homlokzati üvegezett nyílászáró kétrétegű üvegezéssel, fa keretszerkezettel	3,5
Homlokzati üvegezett nyílászáró fém keretszerkezettel, kétrétegű üvegezéssel	4,00
Homlokzati üvegezett nyílászáró fém keretszerkezettel, egyrétegű üvegezéssel	5,00
Homlokzati üvegfal egyrétegű Copilyt üvegezéssel	5,00
Homlokzati üvegfal kétrétegű Copilyt üvegezéssel	3,00

Ablakok, erkélyajtók

A lakásokhoz tartozó fa vagy műanyag keretszerkezettel rendelkező ablakok, erkélyajtók hőátbocsátási tényezőjére vonatkozó követelményérték: $U_{\text{ablak}} \leq 1,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Ez a követelményérték 3-5 kamrás műanyag, ill. fa tokszerkezetű ablakok esetében alacsony emissziós bevonatú üvegezéssel teljesíthető (3. táblázat).

3. táblázat

Tájékoztató adatok nyílászárók tokszerkezeteinek hőátbocsátási tényezőiről

Fa tokszerkezetek	
Profilvastagság, mm	Hőátbocsátási tényező, U_f , $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
56	1,6–1,8
62	1,4–1,5
68	1,2–1,3
80	1,0–1,1

Többkamrás műanyag tokszerkezetek	
Profilvastagság, mm Kamrák száma	Hőátbocsátási tényező, U_f , $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
50–60 (2)	1,8–2,0
58–60 (3)	1,5–1,8
68–75 (4-5)	1,1–1,4

Hőhid-megszakításos fémprofilok	
Profilvastagság, mm Kamrák száma	Hőátbocsátási tényező, U_g $W/(m^2 \cdot K)$
45–55 (2)	3,2–3,8
50–62 (3)	2,4–3,0
68–72 (3)	1,8–2,2

Az üvegezésnek döntő szerepe van a nyílászáró egészének hőátbocsátási tényezőjére. Mára az üvegyártóknak kétrétegű üvegezés esetében $U_g = 0,9-1,1 W/(m^2 \cdot K)$, háromrétegű üvegezés esetében $U_g = 0,4 W/(m^2 \cdot K)$ transzmissziós hőátbocsátási tényező értéket sikerült elérniük. Pályázati szempontból megkövetelhető teljesítmény: $U_g = 1,4 W/(m^2 \cdot K)$.

A teljes ablakra (erkélyajtóra) vonatkozó elvárható teljesítmény $U_w = 1,4 W/(m^2 \cdot K)$ érték. A javasolható érték 4-5 (vagy annál több) kamrás műanyag vagy min. 68 mm vastagságú fa tokszerkezetű ablakok esetében, alacsony emissziós bevonatú üvegezéssel teljesíthető.

Hazánkban az ablakok tekintetében is bevezetésre kerültek az új vizsgálati és a vizsgálati eredmények osztályozására vonatkozó új európai szabványok. Az európai

szabványok (EN) átvételével nemcsak a jelölésekben következnek be lényeges változások, hanem a mérési módszerekben és a mért adatok kiértékelésekben is.

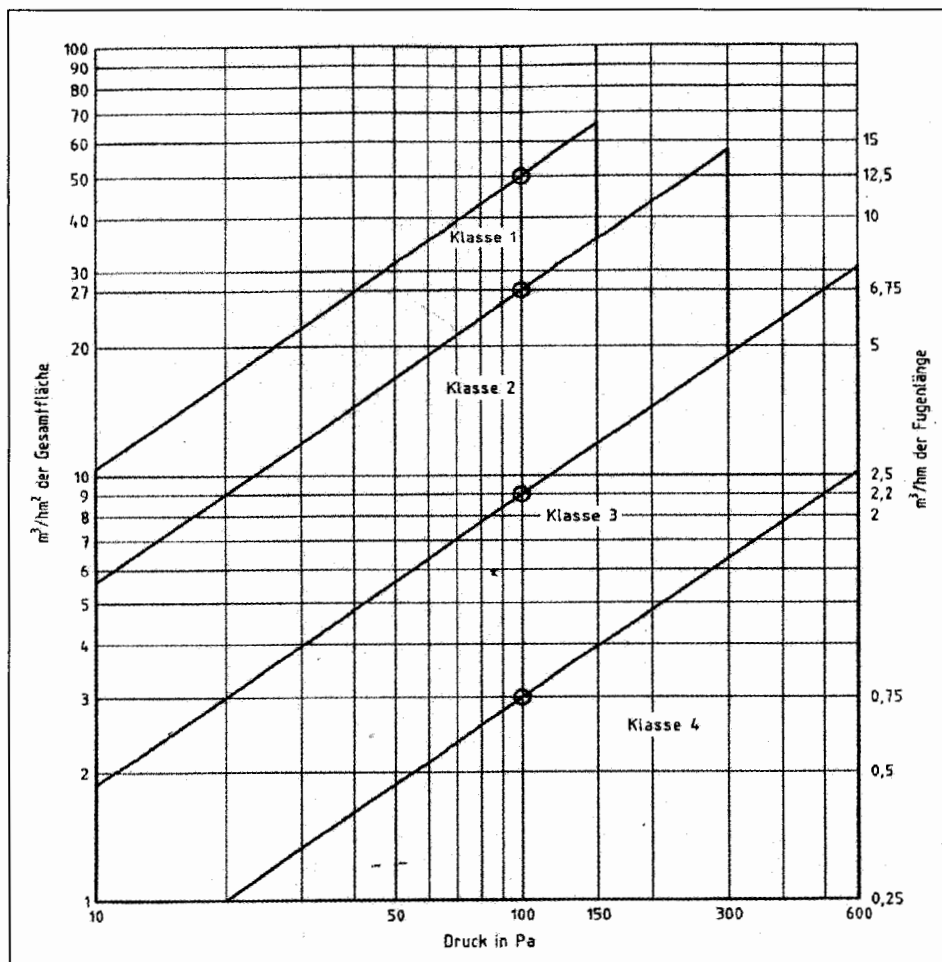
A légáteresztés-vizsgálat során kapott eredményeket az MSZ EN 12207:2001 szerint kell értékelni a 3. ábra alapján.

Követelményként megfogalmazható, hogy az ablakok és erkélyajtók légáteresztése a 4. osztályba essen, azonban legfeljebb 4 emelet magasságig, illetve középen felnyíló ablakok esetében a 3. osztály is megengedett. A bejárati ajtók légáteresztése a 3. osztályba essen.

Számos iparosított technológiával készült lakóépület forgalmas közút mellett helyezkedik el, ezek nyílászáró cseréjénél az általános és hőtechnikai követelményeken túl az akusztikai követelményeket is figyelembe kell venni.

A lakásbejárati ajtók esetében figyelembe kell venni a vonatkozó tűzállósági határértékre vonatkozó követelményeket is (lásd 2/2002. BM rendelet 5. melléklet I/3. fejezet 1.5.5. pontját, ill. az I/4. fejezet 3. pontját). Franciaerkélyek tűzvédelmi megfelelősége csak laboratóriumi homlokzati tűzterjedés-vizsgálat eredménye alapján bírálható el.

A nyári túlmelegedés elkerülése érdekében árnyékolók



3. ábra. Légáteresztési osztályok az MSZ EN 12207:2001 alapján

vagy külső árnyékolókkal egybeépített ablakok beépítése is kívánatos.

A korszerű homlokzati nyílászárók természetes nyomásviszonyok (5–10 Pa) mellett teljesen légzáróak, ezért a minimálisan szükséges 0,5 1/óra légcseréhez szükséges légbevezetést és a megfelelő elszívást gépészeti eszközökkel biztosítani szükséges.

Az épületek légtömörégi szintjeire vonatkozó követelmények

Hőérzeti és higiéniai szempontból a használatban lévő épületek esetében egy minimális légcsereszámot biztosítani kell. Minimális légcseré: $n_{\min} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ (4. táblázat).

4. táblázat

Légtömörégi szintek az MSZ EN 832:2002 F melléklet szerint		
Többlakásos épület	Családi ház	
$n_{50} < 2$	$n_{50} < 4$	magas
$2 \leq n_{50} \leq 5$	$4 \leq n_{50} \leq 10$	közepes
$5 < n_{50}$	$10 < n_{50}$	alacsony

Követelmények a DIN 4108-7:2001 szerint

Mért lakás	n_{50}	w_{50}	q_{50}
	[1/h]	[m ³ /m ² h]	[m ³ /m ² h]
Természetes szellőztetés	3	7.8	3
Gépi szellőztetés	1.5	3.9	3

A szellőzéssel kapcsolatosan fontos kiemelni, hogy bár az energiatakarékosság dicséretes dolog, de a „tömítsd el mozgalom” rendkívül nagy veszélyeket rejt magában, és felvetődik a kérdés, hogy a megtakarítás megéri-e. Van olyan országok, ahol különböző törvényi szabályozásokkal írják elő a kívánatos mértékű, állandó szellőzést a lakóhelyiségekben. Meg kell találni azt a módot a szellőzés megvalósítására – a mai rendkívül jól légzáró ablakok mellett is –, amely a lakóknak se kellemetlen. A ma még igen ritkán, de remélhetően rövidesen egyre inkább elterjedő ablakszellőzők (résszellőzők) és a helyesen használt meglévő szellőzési rendszer legtöbbször megoldja ezeket a gondokat.