

építem **A** házam **e-könyvek**



**Bodnár György – Tóth Balázs**

## **LAKÓÉRZET ÉS GAZDASÁGOSSÁG**

avagy mindaz, amit az építkezési szakzsargonból tudni érdemes!

## Bevezető

Az építkezésnek is (mint minden szakmának) megvan a maga **sajátos és egyedi szakszargonja**, amit egy házépítőnek, házfelújítónak is érdemes legalább nagy vonalakban ismerni, hogy el tudjon igazodni a prospektusok leírásaiban és szót tudjon érteni az építési szakemberekkel. (Nem mellékesen azért is, hogy ne verjék át ezeknek a szakki-fejezéseknek szándékos félremagyarázásával...)

**Ez az e-könyv az építkezés során leggyakrabban használt műszaki paraméterek közérthető magyarázatára vállalkozik – de egy új megközelítésben.**

Azt szeretnénk bemutatni, hogy ezeket a bizonyos paramétereket, mérőszámokat nem az építkezők bosszantására találták ki, hanem éppen azért, hogy a **számukra fontos elvárásokat** valamiképpen **számszerűsíteni** lehessen, és ez alapján **összehasonlíthatóvá váljanak** különböző anyagok, különböző műszaki megoldások.

Melyek az **építkezők legfontosabb elvárásai?**

- Legyen az új ház minél költséghatékonyabban megépíthető, felújítható!
- Legyen az elkészült ház minél költséghatékonyabban üzemeltethető!
- Legyen kellemes az elkészült házban lakni!

Az ebben a könyvben bemutatott paraméterek valójában ezeket az elvárásokat segítenek konkrét, mérhető formába önteni, segítve Önt abban, hogy **minél konkrétan tudja megfogalmazni igényeit** jövődől otthonával szemben, és **felelősebb, költséghatékonyabb döntéseket** tudjon hozni akkor, amikor a szakemberek által felvázolt megoldások közül kell választani.



Ez az e-könyv az **Építem a házam** könyvsorozat 1. kötetének (Az előkészítés) 7. fejezetét tartalmazza, mely önállóan is teljes értékkel bír. A könyvben néhány helyen visszautalás található a nyomtatott könyv más fejezeteire – ezeket meghagytuk, de az itt leírtak enélkül is érthetők.

Az **Építem a házam** könyvsorozatról bővebben itt olvashat: <http://konyvaruhaz.epitemahazam.hu/>

Ha bármi kérdése, észrevétele, javaslata merül fel, írjon nekem a [bodnargy@epitemahazam.hu](mailto:bodnargy@epitemahazam.hu) email-címre!

Kellemes és nagyon hasznos olvasást kívánok!

**Bodnár György**  
Az **Építem a házam** könyvsorozat szerzője

## Tartalom

1. A házépítés során felmerülő általános célok.....	4
2. Mitől kell megvédenie minket egy jó háznak? .....	5
3. Mi kell ahhoz, hogy jól érezzük magunkat otthonunkban? .....	5
3.1. Kellemes hőérzet .....	6
3.1.1. A hő különböző terjedési módjai .....	7
3.1.2. A hőérzetet befolyásoló tényezők .....	10
3.1.3. A levegő páratartalma .....	11
3.1.4. A légmozgás, a huzat .....	11
3.1.5. Hideg felületek közelsége .....	12
3.1.6. Egyenlőtlen hőmérséklet-eloszlás .....	13
3.2. Egészséges, „jó” levegő.....	13
3.3. Elektroszmog .....	15
3.4. A levegő ionizáltsága .....	15
3.5. Megfelelő páratartalom .....	16
3.6. Kis zajterhelés.....	19
3.6.1. Léghanggátlás .....	20
3.6.2. Lépéshangszigetelés .....	21
3.7. Biztonság .....	22
3.7.1. Különböző terhelések .....	23
3.8. És még sok minden más.....	25
4. Mi kell ahhoz, hogy otthonunkat gazdaságosan tudjuk üzemeltetni?.....	25
4.1. Fűtési költségek .....	25
4.1.1. A hőszigetelő képesség .....	26
4.1.2. Egy mintaszámítás – avagy mennyit spórolhatunk jobb U-értékű szerkezettel? .....	30
4.1.3. A hőtároló (hőcsillapítási) képesség .....	33
4.1.4. A hőszigetelő képesség és a hőcsillapítás (hőtárolás) összefüggése .....	34
4.2. Hűtési költségek.....	36
4.2.1. Megint csak egy kis számítás .....	36
4.3. Karbantartási költségek.....	36
4.4. Értékmegőrzés .....	37
5. Mi kell ahhoz, hogy házunk gazdaságosan legyen megépíthető?.....	37
5.1. Célok konkretizálása .....	37
5.2. Utólag minden drágább .....	38
5.3. Minél részletesebb költségvetés.....	38
5.4. Az építkezés teljes szakaszában tudatosan figyeljenek oda arra, hogy mire adnak ki pénzt .....	38
5.5. Törekedjenek az egyszerűsége! .....	38
5.6. Törekedjenek a minőségre!.....	38
6. Építkezzünk környezettudatosan .....	39

Ebben a fejezetben az egész építkezésen átívelő célok meghatározásához kívánunk segítséget nyújtani, miközben megismerkedünk azokkal az építkezés során lépten-nyomon használt műszaki fogalmakkal és paraméterekkel is, amelyek alapján össze lehet majd hasonlítani a célok eléréséhez vezető különböző alternatívákat.

Ez a fejezet semmiképpen sem könnyű olvasmány. Meg szeretnénk mutatni minden fontosabb, az építkezéseknél használt műszaki paraméter lényegét, fizikai tartalmát. Ennek során megpróbálunk egyszerre közérthetőek és szakzerűek lenni, ami – valljuk be – nem könnyű kihívás.

Ennek ellenére bízunk benne, hogy ezt a fejezetet haszonnal forgathatják majd az építkezők, de jó összefoglalásnak fogják találni a szakemberek is.

Az egyes szerkezeti elemek kapcsán felmerülő lehetőségek részletes bemutatásával könyvsorozatunk további kötetei foglalkoznak majd.

Akár most, akár csak később – de **dönteni** mindenképpen kell.

Nem először és nem utoljára felhívjuk a figyelmet arra, hogy egy építkezésen természetesen nem az építetőnek kell döntést hoznia az egyes **konkrét** műszaki megoldásokról – ez a szakemberek dolga. A fő irányokat azonban a megrendelőnek kell kijelölnie. Elvégre ő fogja fizetni a költségeket és ő fogja lakni az elkészült házat.

Olyan ez, mint például az autvásárlás.

El kell dönteni, hogy mi fontos nekünk – a fogyasztás, a kényelem, a sebesség, a befogadóképesség, az extrák, a biztonság, a külső? Benzines vagy dízel gépkocsiban gondolkodunk? Új autót szeretnénk vagy alternatívaként szóba jöhet egy használt is?

**Ki kell jelölni tehát céljainkat, elvárásainkat.**

Ezt követően **fel kell deríteni a kínálatot** és elvárásaink tükrében **össze kell hasonlítani** a szóba jöhető **alternatívákat**.

Végül a racionalitást érzelmi töltettel felruházva (márkanév, divatok, „ebbe ránézésre beleszerettem”) **meg kell hozni a döntést**.

Abba viszont már senki nem akar beleszólni, hogy a gyárban hogyan építsék meg magát a kiválasztott modellt. Valamiképpen ugyanígy kell döntenünk megépítendő házunkról is.

- **Műszaki célok, kritériumok meghatározása**
- Alternatívák felkutatása
- **Alternatívák összehasonlítása** (a célok szem előtt tartásával)
- Döntés

## 1. A házépítés során felmerülő általános célok

Természetesen mindenkinek lehetnek egyedi, speciális igényei is jövődi otthonával szemben, de azért a házépítés kapcsán viszonylag nagy biztonsággal felállíthatók általánosnak mondható célok is.

A bevezetésben szó esett arról, hogy a „ház” első és legfontosabb funkciója eredendően az volt, hogy **megvédje** a bentlakókat az időjárás viszontagságaitól.

A későbbiekben egyre értékesebbé vált az is, hogy egy megfelelően megépített lakóépület **kellemes életteret** is teremtett az ott élők számára.

Egy ház **megépítéséhez** és **üzemeltetéséhez** azonban mindig is erőforrásokra volt szükség. Nem volt mindegy, hogy az építéshez honnan és mennyiért lehetett hozzájutni az építőanyagokhoz (a kőház például sokáig luxus volt).

Ugyanakkor a ház üzemeltetése sosem volt ingyen. Lehet, hogy csak fát kellett gyűjteni hozzá az erdőben, az is lehet, hogy mindezt meg kellett vásárolni – de mindenképpen az volt a jó, ha minél kevesebb tüzelőanyagra volt szükség. Az sem volt túl szerencsés, ha állandóan javítgatni kellett a házikót, folytonosan mesterembereket kellett hívni hozzá.

Jogos elvárássá vált tehát, hogy az épület legyen (gazdaságosan) **fenntartható**.

Aki ma kezd házépítésbe, az valójában most is ugyanezeket a követelményeket támasztja majdani otthonával szemben. A különbség annyi, hogy – szerencsére! – egyre gyakrabban fogalmazódik meg egy, az előző korokban még nem hangsúlyos igény is: legyen **környezetbarát** az épület.

**A házzal kapcsolatos legfontosabb elvárások:**

- **védje meg** őt és családját az időjárás viszontagságaitól (eső, hó, szél, fagy, hőség),
- a lakók **érezzék kellemesen magukat** benne,
- legyen **gazdaságosan megépíthető**,
- később pedig legyen **gazdaságosan üzemeltethető**,
- legyen **környezetbarát**.

Ezek az elvárások olykor ellentmondásban vannak egymással, néha azonban – szerencsére – egy irányba mutatnak. A továbbiakban arról szólnunk, hogy **hogyan lehet konkretizálni az előbb általánosságban felsorolt elvárásokat**. Az itt jelzett fogalmakra és elvekre fogunk visszautalni akkor, amikor sorra vesszük a ház egyes szerkezeti elemeit. Bemutatjuk azokat a műszaki paramétereket is, amelyekkel lépten-nyomon találkozni lehet akár a gyártói prospektusokban, akár a szakemberekkel folytatott tárgyalások során.

## 2. Mitől kell megvédenie minket egy jó háznak?

Az alábbi ábra remélhetőleg jól mutatja, hogy hányféle külső hatás ellen kell megvédenie bennünket a háznak.



7.1. ábra

Külső zaj, a Nap (hő)sugárzása, az eső és a hó, a hideg, a szél, a viharok, a legkülönbözőbb helyeken támadó nedvesség, az esetleges külső behatolások – ezek ellen mind meg kell védenie bennünket a háznak.

## 3. Mi kell ahhoz, hogy jól érezzük magunkat otthonunkban?

A címben feltett kérdésre az egyik nyilvánvaló válasz, hogy a házon kívül maradjanak az imént bemutatott környezeti hatások.

Mi azonban most egy kicsit részletesebben szeretnénk megvizsgálni azt, hogy mi kell a kellemes **lakóérzethez**.

Maga a lakóérzet – sajnos vagy szerencsére – nem számszerűsíthető, éppen ezért nagyon izgalmas téma.

Hogy egy adott környezetben mennyire érezzük jól magunkat, az rengeteg dologtól függ. Megfogalmazható és meg nem fogalmazható **érzeteink összességéből** tevődik össze a kialakuló érzés. A minket körülvevő tárgyak, azok elrendezése, színe, formája, a körülöttünk tartózkodó emberek és állatok mind-mind befolyásolják lakóérzetünket. Ezek azonban már főként a tér- és lakberendezés témakörébe tartoznak és így meghaladják könyvünk kereteit.

Csak utalni szeretnénk arra, hogy háznak felépítése és szerkezete ugyanakkor sokban meghatározza a lakberendezés későbbi lehetőségeit, így ha valaki például elkötelezett feng-shui hívő, akkor célszerű már a tervezés fázisába ilyen szakértőt bevonni.

Mi most azokkal az érzetekkel szeretnénk foglalkozni, amelyek valamilyen módon **szorosan kapcsolódnak háznak szerkezetéhez és a felhasznált építőanyagokhoz**.

**A kellemes lakóérzethez szükséges legfontosabb tényezők:**

- kellemes hőérzet,
- egészséges, „jó” levegő,
- kevés elektroszmog,
- a levegő megfelelő ionizáltsága,
- a levegő megfelelő páratartalma,
- kis zajterhelés,
- biztonságérzet.

### 3.1. Kellemes hőérzet

Napjainkban „természetes” elvárásnak számít az, hogy lakásunkban (annak minden helyiségében!) télen-nyáron **folyamatosan** nagyjából **egyforma, kellemesnek mondható** hőmérséklet uralkodjék.

Nem volt ez mindig így (és a világ jó néhány táján ma sincsen így). Elődeink szervezete sokkal nagyobb kihívások elé került a környezeti hőmérsékletre való alkalmazkodás terén, mint napjainkban. Valószínűleg az alkalmazkodáshoz felhasznált nagyságrenddel több energia létrehozása gyorsabban „amortizálta” szervezetüket – többek között ezért is éltek rövidebb ideig. (Persze ennek a kérdésnek van egy másik megközelítése is: a nagyobb viszonytagságnak kitett népek/emberek ellenállóbbak lettek!)

Nem is olyan régen még természetesnek számított, hogy télen a család csak egyetlen közösségi helyiséget fűtött (többnyire praktikusán a konyhát, ahol a meleg egyben a főzés célját is szolgálta) és a hideg elleni védekezésben sokkal nagyobb szerep jutott – otthon is – az **öltözködésnek**. Ez sok helyütt ma sincs másképp: a jólét ellenére is egy angol kőházban a pulóver az általános viselet.

Az eddigiek alapján azt mondhatnánk, hogy a kellemes hőérzethez mindössze annyi szükséges, hogy **megfelelő szoba-hőmérsékletet** varázsoljunk magunk köré.

A hőérzet azonban nem ilyen egyszerűen megtárgyalható témakör.

Mindennapi tapasztalataink alapján tudhatjuk, hogy

- **ugyanazt a szobahőmérsékletet** egyesek túl melegnek, mások túl hűvösnek tartják;
- szeles időben **ugyanazt a hőmérsékletet** hidegebbnek érezzük;
- párás időben **ugyanazt a hőmérsékletet** melegebbnek vagy éppen hűvösebbnek érezzük (az ebben rejlő ellentmondásról nemsokára szólnunk – a lényeg, hogy a párás levegő ritkán jó a hőérzetünknek);
- hideg felületek közelében **ugyanazon hőmérséklet** mellett is didergünk („húznak a falak”).

Először is le kell szögezni, hogy **az ember hőérzete szubjektív** dolog (és mint ilyen objektív mérőszámokkal kevésbé mérhető). És hogy mi minden befolyásolja hőérzetünket? Nézzük először felsorolásszerűen, aztán a legfontosabb pontokkal foglalkozunk kicsit részletesebben is.

#### A hőérzetet befolyásoló fontosabb tényezők:

- a környező levegő hőmérséklete;
- a környező levegő hőmérsékleti eloszlása (a helyiség függőleges hőmérséklet-eloszlása);
- a levegő relatív páratartalma;
- a levegő mozgási sebessége (szél, huzat, stb.);
- a környező felületek átlagos sugárzási hőmérséklete;
- a saját hőtermelés és hőleadás;
- a ruhánk hőszigetelő képessége.

Ahhoz, hogy megértsük, ezek a tényezők miért és hogyan befolyásolják hőérzetünket, meg kell ismerkednünk a **hőterjedés különböző módjaival** (amelyek alapfokú ismerete mindenképpen szükséges lesz például ahhoz, hogy el tudjuk dönteni, milyen fűtési módot választunk a házukba).

Testünk „üzemi hőmérséklete” valamivel kevesebb mint 37 °C.

Szervezetünk egy bonyolult hűtő-fűtő rendszerrel gondoskodik arról, hogy belső hőmérsékletünk **állandó** maradjon.

Ennek a szabályozási folyamatnak része az is, hogy **ha környezetünk hőmérséklete** jelentősen **megemelkedik**, akkor **izzadni** kezdünk. A verejtékmirigyek termelte izzadság kijut a bőrfelületre és ott elpárolog. A párolgás, mint halmazállapot-változás energiát igényel – ez az energia vonódik el a bőrfelülettől, hőmérséklet csökkenést okozva.

Ezzel egyidejűleg a bőr irharétegében elhelyezkedő kapilláris érhalózat (ez négyzetcentiméterenként több kilométernyi apró erecskéből áll!) is kitágul, lehetővé téve, hogy a test belsejéből több vér áramoljon a bőrfelszín közelébe és ott a „vérben szállított hő” leadódjon a környezet felé. Egy olyan hőcsere zajlik, ahol a vér a közvetítő közeg: a felmelegedett test belsejében felveszi a „főlös” hőt és kijuttatja a test felszínére. A bőrfelszín közelébe jutó több vér miatt pirulunk ki izzadás közben.

Amikor viszont környezetünk lehűl, akkor **fázunk**. A kapilláris erek összehúzódnak, ezáltal biztosítva, hogy minél kevesebb vér kerüljön a bőrfelszín alá, ahol túlzottan lehűlve kerülne vissza a szervezet belsejébe. Hidegben ezért tűnünk sápadtabbnak.

Még nagyobb hidegben remegni, vacogni kezdünk. Izmaink önkéntelenül összehúzódnak majd elernyednek és ez a ritmikus belső mozgás – mint minden mozgás – hőtermeléssel jár együtt. (A szőrtüszők melletti izmok megfeszülése idézi elő a szőrszálak felmelegedését – ekkor leszünk libabőrösek.)

Az érfalak a hideg (vagy akár csak hűvös) külső hőmérséklet hatására nem csak a bőr alatti rétegben szűkülnek össze. Az összehúzóulás hatására romlik a keringés, az izmok „bekötődnek”, mozgásuk korlátozottá válik – reumás, ízületi problémák jelenhetnek meg.

Ha a külső hideg huzamosabb ideig tart, akkor szervezetünk az előbbieken túl több tápanyag elégetésével is biztosítani próbálja, hogy kellő mennyiségű „belső hő” ellensúlyozza a testfelületen óhatatlanul bekövetkező hővesztéséget.

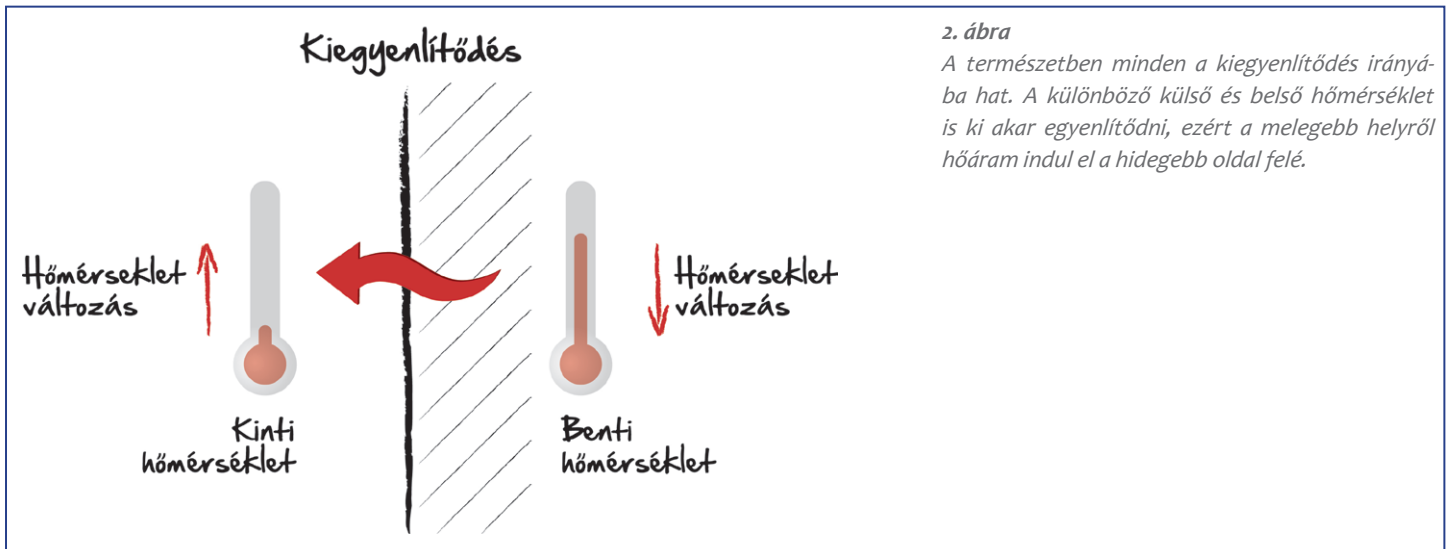
Mindkét helyzet a szervezet egyensúlyi állapotától eltérő, és mint ilyen, **kellemetlen érzetet** kelt bennünk. Ezen túl láthattuk, hogy szervezetünk válaszreakciói **energiát is felemésztenek**.

### 3.1.1. A hő különböző terjedési módjai

A fizika egyik alapvető fontosságú tétele, hogy a természetben minden a **kiegyenlítődés** irányába hat.

Ha például a tér két pontján különböző a hőmérséklet (és a két hely valamilyen formában összeköttetésben áll egymással), akkor a rendszer magától, teljesen „automatikusan”, megpróbálja kiegyenlíteni ezt a hőmérséklet-különbséget: a magasabb hőmérsékletű helyről **hőterjedés** indul meg az alacsonyabb hőmérsékletű hely irányába.

Az eláramlott hőmennyiség csökkenti a magasabb hőmérsékletű hely hőfokát és növeli az alacsonyabb hőmérsékletűt – mindaddig, amíg a rendszer (amely magában foglalja a tér két kiindulási pontját) egyetlen, közös, közbülső hőmérsékletre nem „áll be”. (2. ábra)



2. ábra

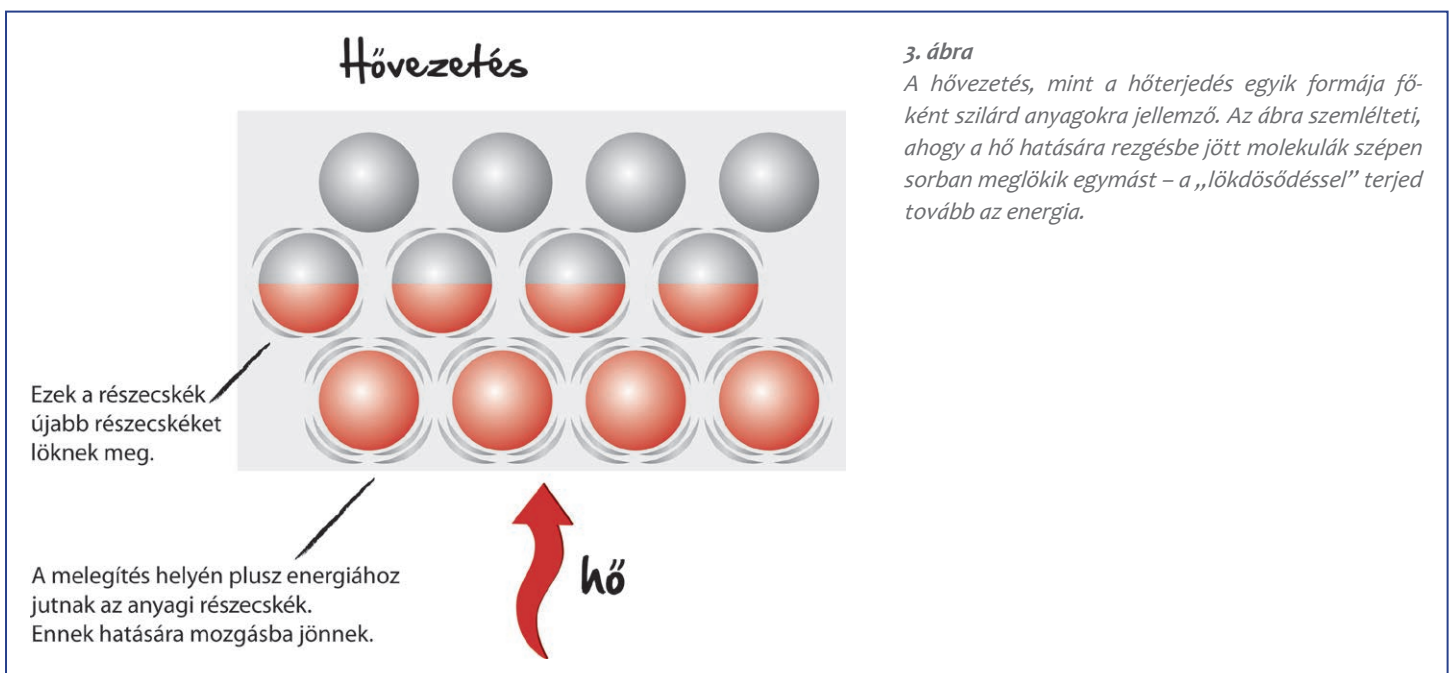
A természetben minden a kiegyenlítődés irányába hat. A különböző külső és belső hőmérséklet is ki akar egyenlítődni, ezért a melegebb helyről hőáram indul el a hidegebb oldal felé.

Ez a bizonyos **hőterjedés többféle formában** jöhet létre:

- hővezetés,
- hőáramlás és
- hősugárzás révén.

Ha a két térbeli pont között szilárd anyag vagy nyugalomban levő folyékony illetve gáz halmazállapotú anyag található, akkor a hőáramlás ezen keresztül hővezetés formájában jön létre.

A hő (azaz az energia) **részecskéről részecskére** terjed „szépen sorban”. A melegítés helyén plusz energiához jutnak az anyagi részecskék. Ennek hatására mozgásba jönnek (pontosabban nagyobb „tágasságú” rezgések jönnek létre, mint korábban), elérnek a szomszédos részecskékig, meglökik azokat, amelyek így szintén mozgási energiához jutnak. Aztán ezek újabb részecskéket löknek meg – és így tovább. (3. ábra)



3. ábra

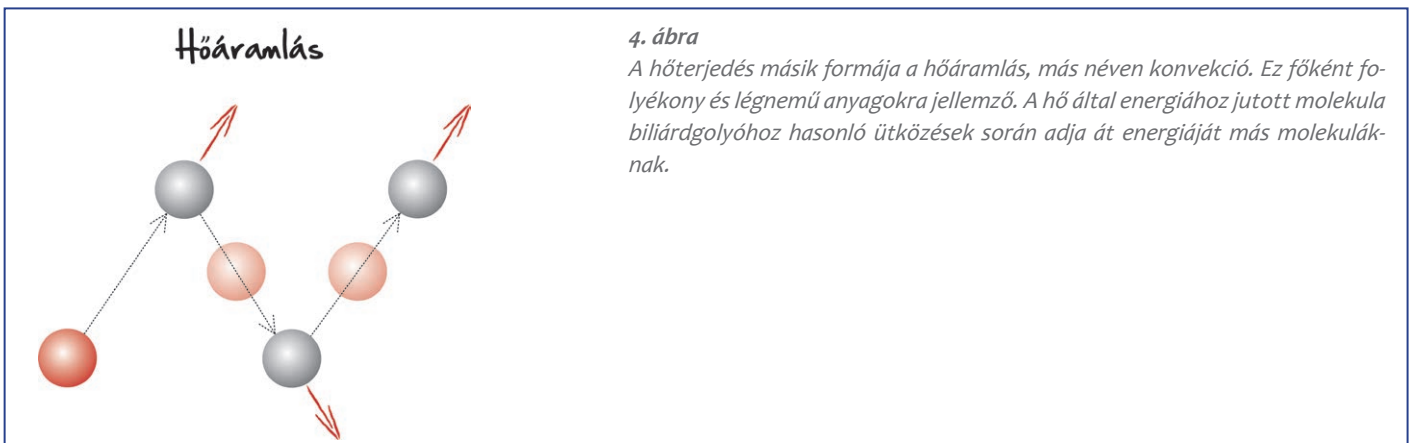
A hővezetés, mint a hőterjedés egyik formája főként szilárd anyagokra jellemző. Az ábra szemlélteti, ahogy a hő hatására rezgésbe jött molekulák szépen sorban meglökik egymást – a „lökődéssel” terjed tovább az energia.

Mivel a részecskék a **szilárd** anyagokban vannak a legközelebb egymáshoz, így ez a hőterjedési forma **leginkább** az ilyen halmazállapotú anyagokban „érvényesül” leginkább.

Az előbb említett „részecskék” valójában minden anyagban mások és mások. Kémiai kötésük eltérő erőssége miatt könnyebben vagy éppen nehezebben hozhatók mozgásba, így az **anyagok hővezetési képessége** is eltérő, azaz **anyagfüggő**.

(Gondoljunk például arra, hogy ha egy fémrúd, például egy kötőtű egyik végét melegíteni kezdjük, akkor a másik vége is igen hamar át fog forrósodni. Ha viszont ugyanezt egy fapálcával tesszük meg, akkor a hőt csak akkor fogjuk érezni, ha az égés már elérte a tartó kezünket: a fém/pálca/ sokkal jobb hővezető, mint a fa/pálca/).

A légnemű (**gáz halmazállapotú**) anyagokban a részecskék jóval szabadabban, kötetlenebbül helyezkednek el. Ha egy részecskével hőt (energiát) közlünk, akkor az az így kapott energiával mozgásba jön és nekiütközik egy másik részecskének. Energiája egy részét átadja neki (amitől az is mozgásba jön), a maradék segítségével tovább „pattan” és meglök egy másik, még nyugalomban levő részecskét. (Egy szócikkben találóan pilótajátékhoz hasonlították ezt a folyamatot: egy részecske meglök tízet, amelyek egyenként újabb tízet – és így tovább). Ebben az esetben a részecskék tehát elhagyják a helyüket (mert a légnemű anyagban van elegendő tér mindehhez) és **mozgásuk során magukkal viszik a megkapott (hő)energiát**. (4. ábra) Ezt a hőterjedést nevezzük **hőáramlásnak** (más néven **konvekciónak**). Ebben az esetben a hőt egy közvetítő közeg **szállítja**. (Ne felejtjük el, hogy a hővezetésnél nem mozgott a közvetítő közeg!)



4. ábra

A hőterjedés másik formája a hőáramlás, más néven konvekció. Ez főként folyékony és légnemű anyagokra jellemző. A hő által energiához jutott molekula biliárdgolyóhoz hasonló ütközések során adja át energiáját más molekuláknak.

A szállító anyag többnyire levegő, de lehet akár víz is – ezekben a halmazállapotokban ugyanis a részecskék kevésbé kötöttek kémiai kötéseik révén. (Ha jól belegondolunk, a melegvíz-használat is ilyen hőtranszport: a kazán hője felmelegíti a vizet, mint közvetítő közeget, amely a csapból kifolyva felmelegíti a kezünket, átadva a hőjét a „célállomáson”.)

Konvekció révén **igen gyorsan képes terjedni a meleg**, de mindehhez **közvetítő közegre van szükség** – mint ahogy a hővezetéshez is.

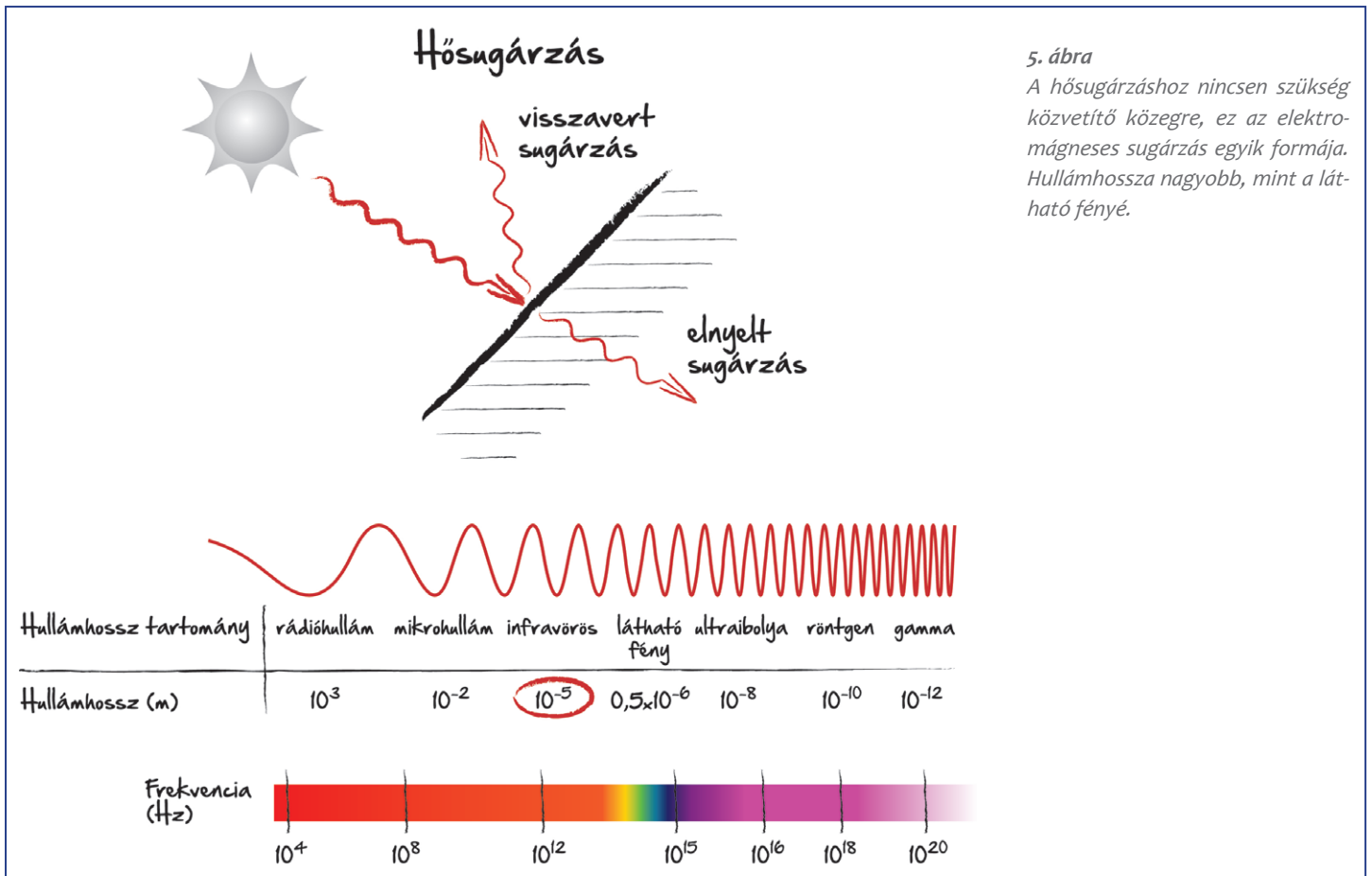
A harmadik hőátadási mód specialitása, hogy **nincsen szükség közvetítő közegre** és annak részecskéire a két különböző hőmérsékletű pont között. A **hősugárzás** esetében a hőáram (**elektromágneses**) **sugárzás** formájában terjed.

A hősugárzás legjobb példája a Nap, amelynek sugarai éppen így jutnak el a Földre (a világűr légüres terén át). A hőérzet akkor keletkezik, amikor a sugarak **megérkeznek** például a testünkre, **elnyelődnek és a sugárzásban terjedő energia átadódik**. (Érdemes megjegyezni, hogy az adott helyre, adott felületre megérkező sugárzásnak **csak egy része** nyelődik el és növeli így a hőmérsékletet, egy másik része visszaverődik. (5. ábra) Az elnyelési ún. abszorpciós képesség szintén anyagfüggő.)

A hősugárzás jellegzetessége, hogy – a fényhez hasonlóan – **egyenes irányban terjed**. Ezért van az, hogy ha például egy hősugárzót az arcunkra irányítunk, akkor az arcunk szinte meggyullad, de 50 centivel arrébb a kezünk elképzelhető, hogy fájni fog.

Fontos még megjegyezni, hogy két tárgy közötti hőcsere szinte mindig a fenti hőátadási módok **kombinációjaként** jön létre – csak éppen hol ez, hol az a mód a **meghatározó**.

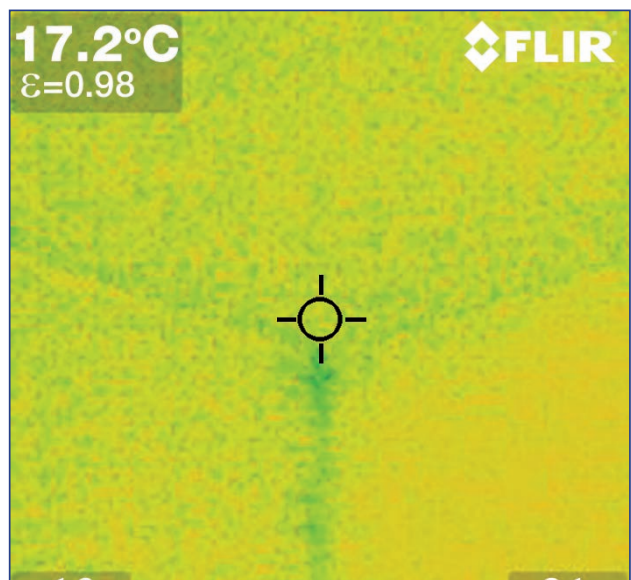
Ha eszünkbe jut egy **termosz**, akkor biztosan emlékezni fogunk minderre. A termoszok kettős fala közül kiszivattyúzzák a levegőt, így téve lehetetlenné a két réteg közötti hővezetési és konvekciós hőterjedést, azaz a hőleadást vagy a hőfelvételt.



5. ábra

A hőszugárzáshoz nincsen szükség közvetítő közegre, ez az elektromágneses sugárzás egyik formája. Hullámhossza nagyobb, mint a látható fényé.

Szemünk nem alkalmas látni a hőszugárakat, de van olyan eszköz, amellyel a hagyományos fotókhoz hasonló képek készíthetők róluk. A **hőfényképekről** már esett szó a 4. fejezetben – ezek igen jól mutatják egy ház hőtechnikailag gyenge pontjait. Talán ennél is izgalmasabb példa lehet a vadászatnál és az akciófilmekben is oly sokszor feltűnő, sötétben is látó távcső.

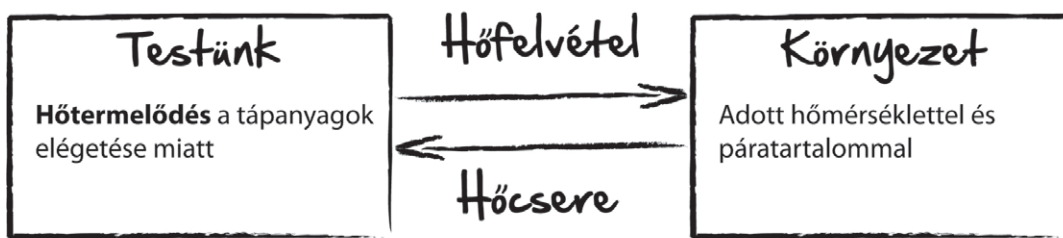


6. ábra

A 4.19. ábrán „rossz példákát” mutattunk be. Íme egy átlagon felül szigetelt lakóhelyiség, amelyben a falsarok sem hőhíd. Mindegyik határoló felület egyformán (kellemes) hőmérsékletű.

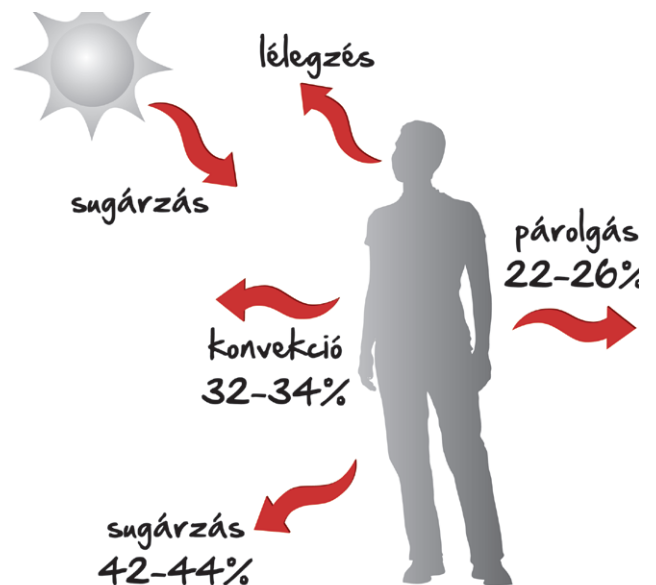
Forrás: Felföldi Kft.

## 3.1.2. A hőérzetet befolyásoló tényezők



## Hőleadás

- hősugárzással (bőrön át)
- konvekcióval (bőrön át)
- lélegzéssel (szájon át)
- párolgással (a bőrön át)



7. ábra

Testünk és a környezet között is hőcsere zajlik – a hőmérséklet-kiegyenlítődés irányában. Ennek fő „terepe” a bőrünk.

**Egyensúlyi állapotban** testünk ugyanannyi hőt ad le, mint amennyit felvesz. Ehhez arra van szükség, hogy **testfelületünk** átlaghőmérséklete megegyezzen a bennünket körülvevő levegő átlaghőmérsékletével.

Általánosságban elmondható, hogy **testünk hőleadása 42–44%-ban sugárzással, 32–35%-ban konvekcióval, 21–26%-ban párolgással bonyolódik.** (7 ábra)

Ha meztelenül járnánk-kelnénk a lakásban, akkor ehhez az egyensúlyhoz átlagosan 30 °C-os átlaghőmérsékletre lenne szükség. A korábban említett 37 °C hőmérséklet testünk belső, ún. maghőmérséklete, testfelületünk ennél alacsonyabb hőfokú – annál melegebb, minél több véredény van az adott testtájon.

A **hőszigetelő ruházat** segítségével azonban elérhető, hogy az egyensúly alacsonyabb szobahőmérséklet mellett is létrejöhessen.

Ha a környezeti feltételek megváltoznak, akkor a szervezet igazodni próbál ehhez, megkísérli fenntartani az egyensúlyi állapotot.

Ha a levegő melegszik, akkor a szervezet a bőrfelület hőmérsékletét is növeli, ha a levegő lehül, akkor pedig csökkenti. Ha a külső meleg levegő hőmérséklete átlépi a maghőmérsékletet, akkor már nincs mód arra, hogy a hőáramlás iránya a testből kifelé mutasson. Ilyenkor az egyedüli hővesztési mód a párolgás, az izzadás lesz.

Röviden azt mondhatjuk, hogy **testünk akkor érzi jól magát, ha minél kevesebb energiát kell mozgósítania hőháztartása egyensúlyban tartására.** (Kivéve, ha a szaunában szándékosan izzasztjuk magunkat...)

A kellemes állapot az, ha a két folyamat közel **egyensúlyban** van. Ha több hőt adunk le, mint amit nyerünk, akkor **fázni** fogunk. Ha viszont környezetünk túl meleg ahhoz, hogy a testünk által megtermelt hőt „elvezesse”, akkor **melegünk** lesz és izzadni kezdünk.

A **saját hőtermelés nagysága** egyébként függ attól is, hogy mennyire vagyunk aktívak. Ha mozgunk, akkor testünk több tápanyagot éget el, nő a „belső hőnk”, testfelületünk hőmérséklete is emelkedik.

Mi „zavarhatja meg” ezt a most felvázolt hőcsere-folyamatot?

Elődeink például remekül(?) aludtak egy hideg szobában is, mindehhez csak egy meleg dunyhára és hálósipkára volt szükség.

### 3.1.3. A levegő páratartalma

Párának a **vízgőzt**, azaz a légnemű halmazállapotú vizet nevezzük (bár természetesen a levegő páratartalma nem csak vízből áll, hanem még jó néhány alkotóelemből).

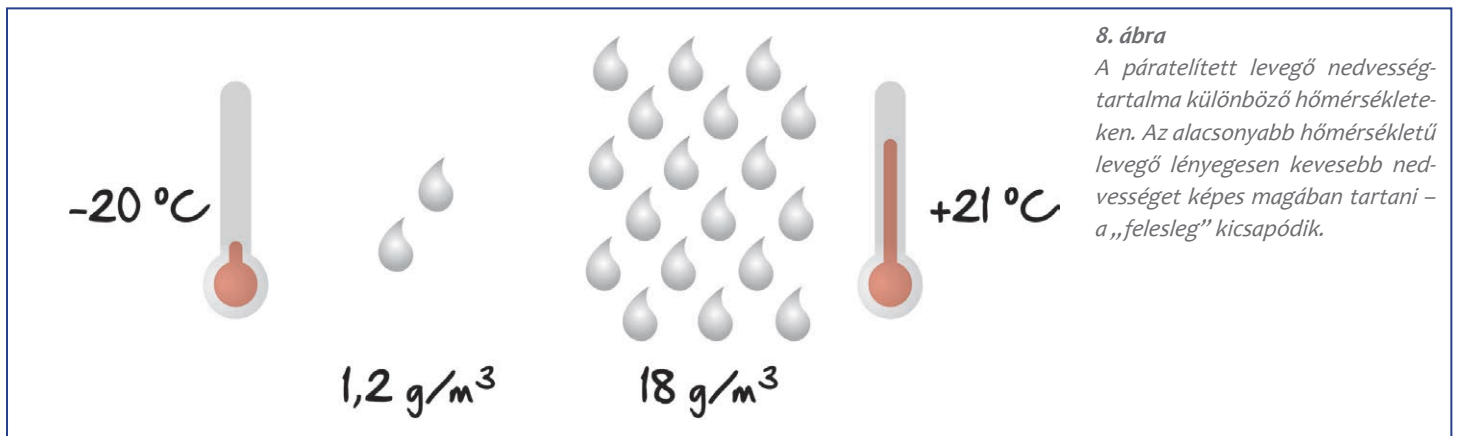
Bizonyos hőmérsékleten a pára (vízgőz) **lecsapódik**: **folyékony** halmazállapotúvá válik. Ezt a „kicsapódási hőmérsékletet” nevezik **harmatpontnak**.

**Adott hőmérsékletű levegő adott mennyiségű párárt tud magában tartani** (ezt a maximumot nevezik telítési állapotnak). **Ha a nedvességtartalma efölé emelkedik**, akkor a „felesleg” folyékony alakban kicsapódik – ezt nevezik kondenzációnak (ez egyébként a ködképződés alapja is). A harmatpont tehát függ a hőmérséklettől. **Minél alacsonyabb a levegő hőmérséklete, annál kevesebb párárt képes magában tartani.**

A hétköznapi életben is használt **relatív páratartalom** kifejezés azt mutatja, hogy a tényleges páratartalom hány százaléka a lehetséges maximális (telítési) páratartalomnak (érzékszerveinkre lefordítva: mennyire párás vagy éppen a száraz a levegő).

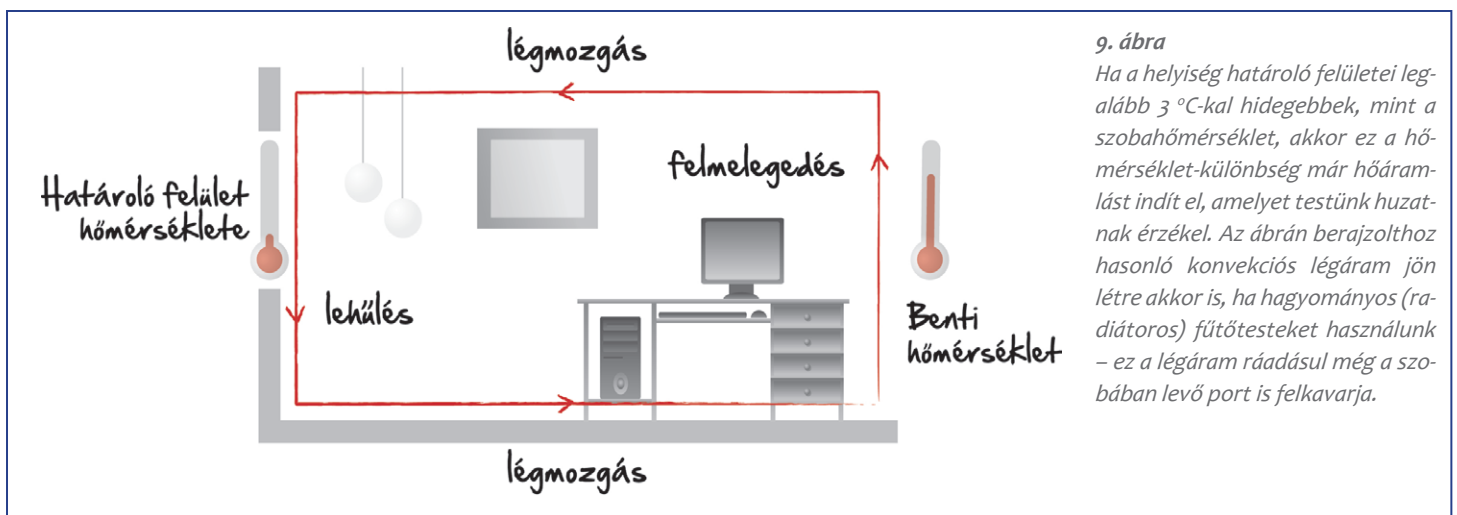
Ha nagy a relatív páratartalom, akkor a bennünket körülvevő levegő már alig képes nagyobb mennyiségű vízgőz magába fogadására – bőrünk felületéről sem. A bőrfelületi párolgás megnehezül, testünk izzadáson alapuló hőmérséklet szabályozása nehezebbé válik – füllesztőnek érezzük a meleget. **A párás meleg levegőben tehát ugyanazt a hőmérsékletet melegebbnek érezzük.**

A párás levegő azonban hidegben sem jó. Mivel a nedves levegő jobb hővezető, mint a száraz, így télen hideg, nedves levegőben a hő könnyebben távozik el bőrünk felületén keresztül – ilyen levegőben jobban **fázunk**. **A belső magas páratartalom tehát akár hidegben, akár melegben ront a hőérzeten, ezért kerülendő. A ház szerkezeti elemeinek kialakításakor törekedni kell majd arra, hogy a belső felesleges pára eltávozhasson** – de lehetőleg ne a szerkezetekben gyűljön fel! (Nemsokára még azt is látni fogjuk, hogy a túlzott páratartalom más okokból is káros lehet.)



### 3.1.4. A légmozgás, a huzat

**Ugyanazt a hőmérsékletet szélben alacsonyabbnak érezzük** – gondoljunk csak arra, hogy például a Balatonból kijövet hogy borzongunk ugyanolyan hőmérséklet mellett, ha közben feltámad a szél. Ennek oka, hogy a légmozgás hőáramlást (konvekciót) hoz létre: a testünk által felmelegített levegőt a szél elfújja, a helyére áramló hűvösebb levegő pedig azonnal újabb hőt fog elvonni a bőrfelületről. A hővesztés tehát intenzívebb.



Ehhez azonban nem kell okvetlenül erős szél, már alig észrevehető légmozgás is létrehozza ugyanezt a hőérzet-csökkenést - ha nem is olyan intenzív formában, mint egy viharos szél esetében.

Ilyen **huzat** kialakulhat akkor, amikor szellőztetéskor a légáram átjárja a lakást, de finomabb formában bezárt ablakok mellett is, **ha a határoló felületek belső hőmérséklete több mint 3 °C-kal alacsonyabbá válik, mint a belső levegő hőmérséklete.** Ez a hőmérséklet-különbség már konvekciós légáramot indít meg, amelyet tesztünk „huzatnak” fog érzékelni. (9. ábra)

Ezért (is) igen fontos, hogy **a falak és födémelek belső hőmérséklete minél kevésbé legyen hideg!**

### 3.1.5. Hideg felületek közelsége

Mindannyian tapasztaltuk már, hogy hiába vesz bennünket körül viszonylag meleg levegő, ha valamilyen hideg tárgy található a közelünkben, akkor az kellemetlen borzongást okoz. (Legtipikusabb példák a hideg fémtárgyak).

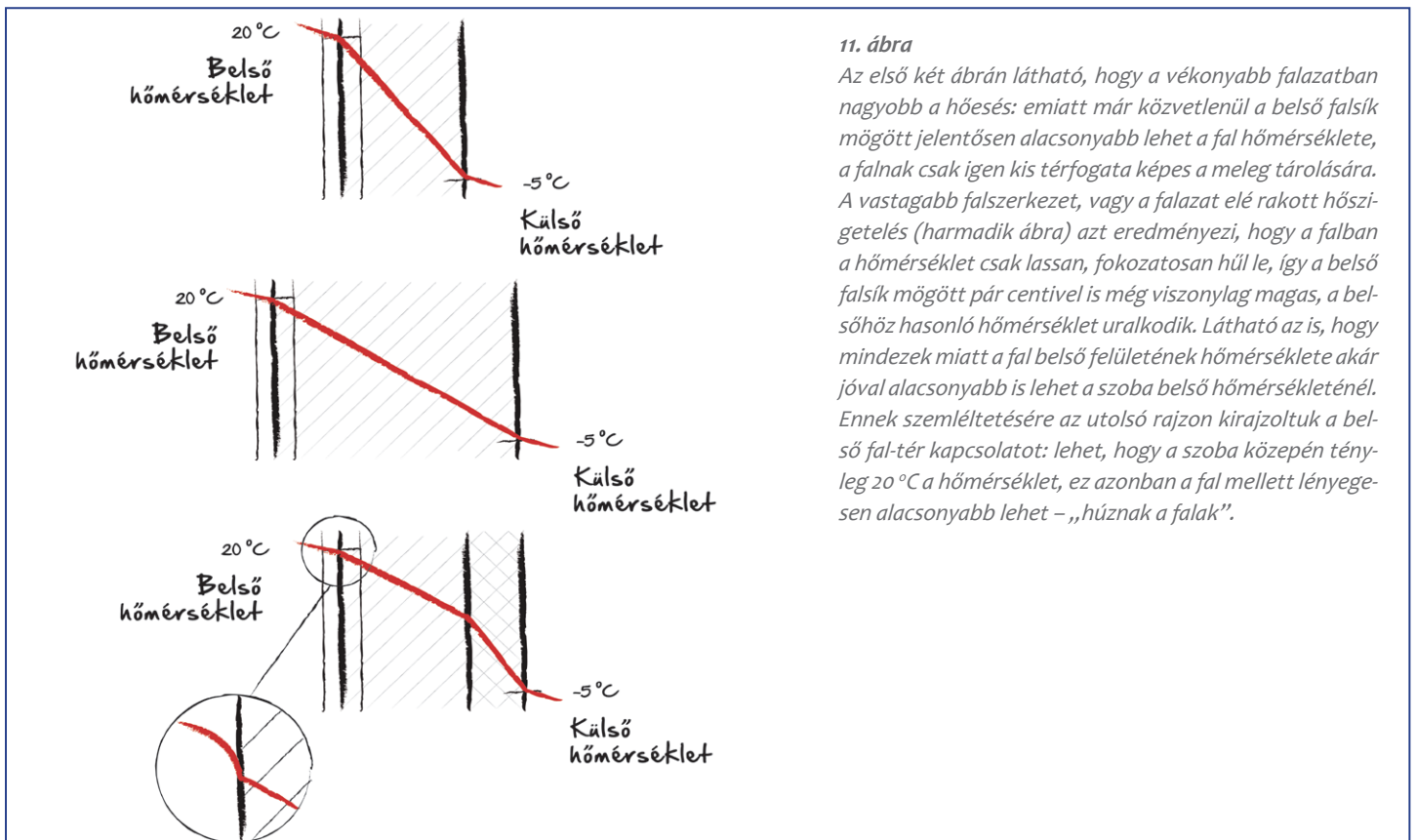
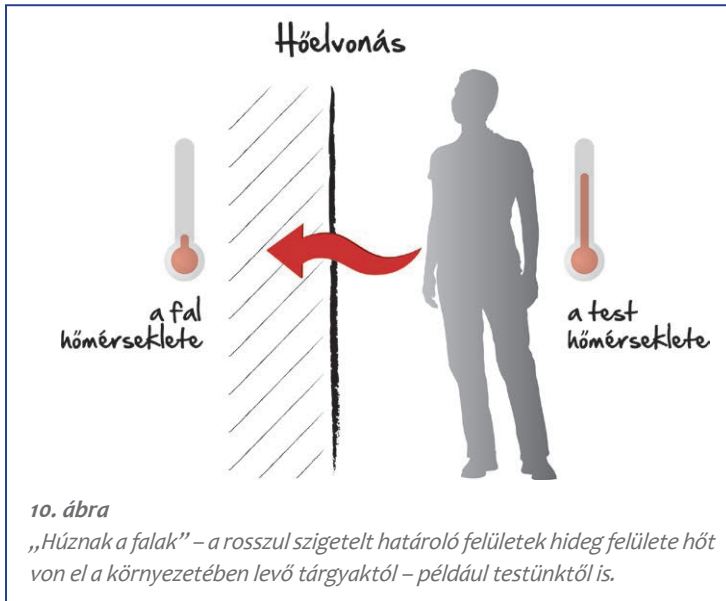
**Hiába melegítette fel a fűtőtest a helyiség levegőjét, ha hidegek a falfelületek, akkor azt mondjuk (és érezzük), hogy „húznak a falak”** – és ez bizony nem éppen kellemes hőérzetet okoz.

A magyar nyelv erre használt kifejezése igencsak kifejező, de egyszersmind pontos is.

Láttuk, hogy a test hőleadása jelentős mértékben hősugárzás formájában történik. A hő sugárzással mindig a melegebb helyről a hidegebb felé terjed. Ily módon **bármilyen hideg test hőt von el a közelébe kerülő testtől** – például testünkötől. Fontos, hogy a hősugárzáshoz nem kell közvetítő közeg, így a hőelvonáshoz hozzá sem kell érnünk az adott hideg tárgyhöz vagy felülethez! (10. ábra)

Példaként nézzük meg, hogy mi történik egy vékonyabb és/vagy rosszabb hőszigetelő, valamint egy vastagabb és/vagy jobb hőszigetelő határoló elem esetében.

+20 °C-os belső és -5 °C-os külső hőmérséklet mellett a hőmérséklet-eloszlás a szerkezeten belül valahogy így fest (11. ábra).



A fal **felületének** hőmérséklete a felületet két oldalról körülvevő térrész hőmérsékletének átlagaként alakul ki. Ott, ahol már közvetlenül a felület alatt jelentősen alacsonyabb a hőmérséklet, ott alacsonyabb felületi hőmérséklet fog létrejönni (a belső érintkező levegő hőmérsékletét az egyszerűség kedvéért tekintjük állandónak). Az eredmény az első esetben + 17 °C-os, a másodikban + 19 °C-os falfelületi hőmérséklet! A szoba +20 °C-os hőmérséklete és a rosszabbul szigetelt falfelület + 17 °C-os hőmérséklete közötti 3 °C-os hőmérséklet-különbség már elég lenne az imént vázolt huzatképződéshez!

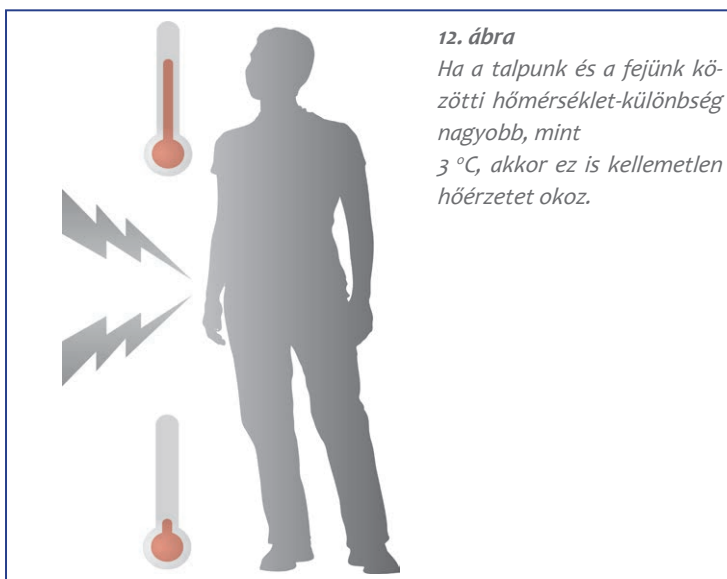
**A hőérzet szempontjából tehát kulcskérdésnek minősül a határoló felületek hőmérséklete is.** Ezért sem mindegy, hogy milyen hőszigetelő-képességre építjük házunk falait és földemeit.

### 3.1.6. Egyenlőtlen hőmérséklet-eloszlás

Ha **a talpunk és a fejünk között a levegő hőmérséklete több mint 3 °C-kal eltér**, akkor ez a függőleges hőmérséklet-különbség is **kellemetlen (hő)érzést fog okozni.** (Ez tapasztalat. Engedjék meg, hogy a konkrét fizikai magyarázatot most mellőzzük...)

Hogy ez az állapot hogyan jöhet létre? A meleg, felfűtött levegő – kisebb sűrűsége miatt – felemelkedik és helyébe hidegebb levegő áramlik. Így a szoba felsőbb „légrétegei” melegebbek lesznek, mint az alsók. Majd látni fogjuk, hogy a jó fűtési rendszerek egyik ismérve, hogy ezt a hőmérséklet-eloszlást egyenletesebbé teszik.

Az eddigieket összegezve megállapíthatjuk, hogy hőérzetünk akkor a legkellemebb, ha a lakásban (beleértve a határoló felületeket is!) **minél egyenletesebb hőmérséklet-eloszlás** uralkodik és a bennünket körülvevő hőmérséklet közel van a normál belső hőmérsékletből kialakuló testfelületi hőmérséklethez – ez utóbbi megfelelő öltözködéssel szabályozható.



12. ábra

Ha a talpunk és a fejünk közötti hőmérséklet-különbség nagyobb, mint 3 °C, akkor ez is kellemetlen hőérzetet okoz.

**Házunk tervezésekor tehát a hőérzet valamennyi összetevőjét figyelembe kell venni!**

**A jó hőérzet kialakulásért a ház határoló szerkezetei (falak, földemek, aljzatok), fűtési-hűtési rendszere és saját életvitelünk, szokásaink (például öltözködésünk, szellőztetési szokásaink) együttesen felelősek. Csak ezek szoros és megtervezett összhangja fogja biztosítani az optimális eredményt!**

### 3.2. Egészséges, „jó” levegő

Hippokratész, akit az orvostudomány atyjának tartanak, azt állította, hogy **az ember legfontosabb tápláléka a tiszta levegő.**

Ez az első hallásra meglepő, sarkos kijelentés azonnal érthetőbbé válik, ha elgondolkozunk azon, hogy naponta körülbelül 1 kg élelmet, 3 kg folyadékot és 15 kg (!) levegőt veszünk magunkhoz – szervezetünk ebből állítja elő a létezéshez szükséges energiát.

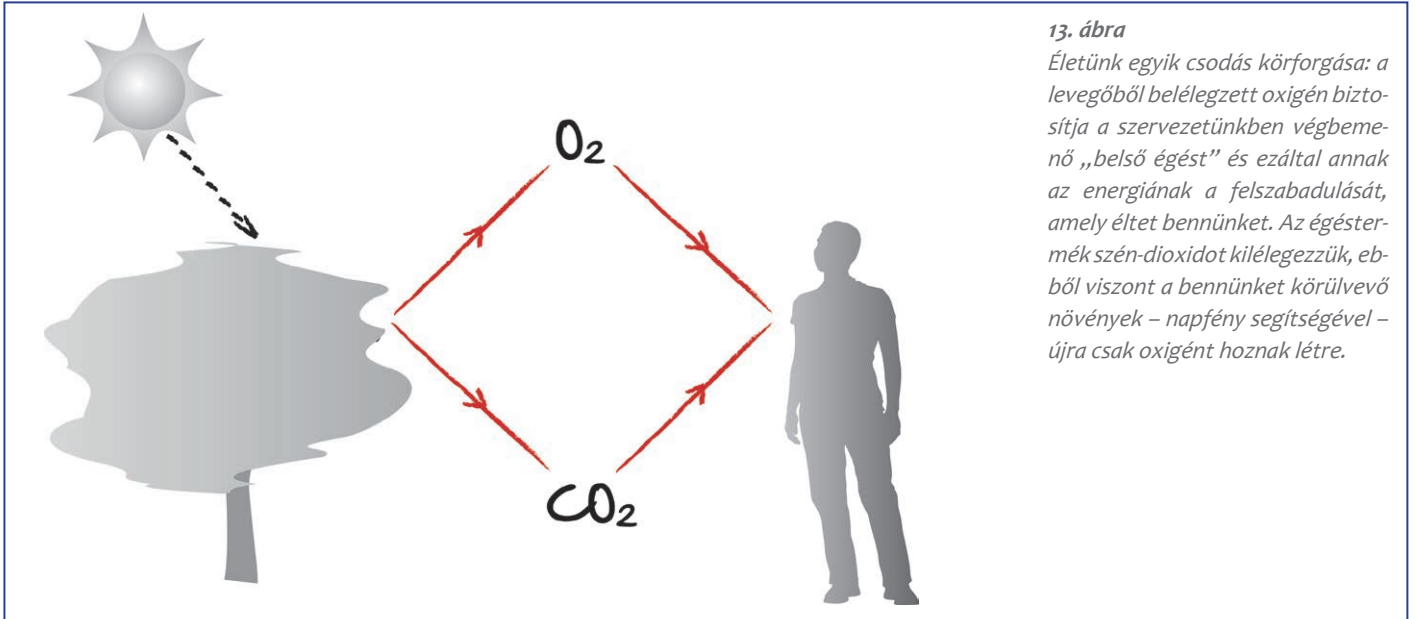
Tapasztalatból mindannyian tudjuk, hogy **energia** – a hétköznapi életben – **égéskor szabadul fel.** Az égéshez pedig **oxigénre** van szükség. Az emberi testben ez a „belső égés” a sejtekben zajlik. Az emésztőrendszer által lebontott szénhidrátok, cukrok a belélegzett levegőben található oxigén segítségével égnak el. Mind a tápanyagok, mind az oxigén a véráram segítségével jut el a sejtekhez. Mint minden égésnek ennek is vannak melléktermékei: ezek a szén-dioxid (CO<sub>2</sub>) és a víz.

Ezeket is a vér szállítja el a sejtektől és (többségében) kilégzéssel kerülnek ki a testünkből.

Ha minden élőlénynek ilyen anyagcseréje lenne, akkor a légkörből igen hamar eltűnne az éltető oxigén és felszaporodna a mérgező szén-dioxid.

Szerencsére a természet csodálatos felépítésének köszönhetően olyan élőlények is körbevesznek bennünket, amelyek képesek ezzel ellentétes folyamatra: a szén-dioxidból állítanak elő oxigént. Ezek az élőlények a növények, a folyamat pedig nem más, mint a **fotoszintézis.** A növények leveleiben található klorofill nevű anyag – napfény segítségével – levegőből, vízből és szén-dioxidból cukrot (azaz tápanyagot) állít elő és ezen folyamat közben oxigén szabadul fel (13. ábra).

Lakásunkban azonban csak kevés növény található – igaz minél több, annál többet tudnak segíteni az oxigéndús levegő előállításában. Miközben mindennapi életünket éljük otthonunkban, folyamatosan lélegzünk: belégzéskor fogyasztjuk a helyiség levegőjében található oxigént, kilégzéskor pedig növeljük a mérgező szén-dioxid koncentrációját.



13. ábra

Életünk egyik csodás körforgása: a levegőből belélegzett oxigén biztosítja a szervezetünkben végbemelő „belső égést” és ezáltal annak az energiának a felszabadulását, amely életet bennünket. Az égéstermékek szén-dioxidot kilélegezzük, ebből viszont a bennünket körülvevő növények – napfény segítségével – újra csak oxigént hoznak létre.

Azán ha egy idő után túlzottan lecsökken az oxigén-koncentráció, akkor elkezd fájni a fejünk, csökken a teljesítőképességünk (mert szervezetünk nem képes égéssel elegendő energiát előállítani). Álmatlanok leszünk, közérzetünk rosszá válik, nő a légúti megbetegedések kockázata, sőt még testünk öregedésének folyamata is felgyorsul.

A régi lakásokban ez a probléma kevésbé jelentkezett, mert az épületszerkezet hézagos illesztései a falakon, de leginkább a nyílászárókon folyamatos légcserét biztosítottak (persze közben hatalmas energiavesztésért is jelentettek).

A mai épületek ennél már sokkal jobban szigetelnek. Sajnos ennek mellékhatása, hogy **a folyamatos légcseréről valamilyen mesterséges úton kell gondoskodni**. Ez vagy rendszeres szellőztetést jelent (aminek jelentőségére még rengetegszer fel fogjuk hívni a figyelmet!) vagy valamilyen mesterséges szellőztető-berendezés beépítését.

Érdeemes megjegyezni, hogy az előírások éppen ilyen épületbiológiai szempontok miatt meghatározzák, hogy **egy helyiség minimális friss levegővel való ellátottsága 25 m<sup>3</sup>/óra/fő, az ajánlott érték pedig 50 m<sup>3</sup>/óra/fő**. (Egy embernek nyugalmi állapotban körülbelül 32 m<sup>3</sup> friss levegőre van szüksége óránként.)

Az egészséges levegő azonban nem csak a megfelelő oxigéntartalomtól az, ami.

Egy kísérlet során Németországban vizsgálták a lakások levegőjének **szennyezettségét**.

Arra a meglepő eredményre jutottak, hogy azoknak a zárt helyiségeknek a levegője, amelyben életünk nagy részét leéljük, 10–20-szor szennyezettebb, mint egy-egy forgalmas nagyvárosi útkereszteződés! Ennek oka, hogy a szabad térben különböző természetes folyamatok – szél, eső, pára – folyamatosan tisztítják, cserélik a levegőt, ez azonban a lakáson belül nem tud megvalósulni.

A légszennyezés legfontosabb eleme a **por**.

Ez az, amit minden háziasszony elborzadva figyel meg akár portörleskor, akár egy-egy őszi délutánon, amikor alacsony szögben süt be a szobába a nap.



14. ábra

A por a mi lakásunkban is jelen van – talán kicsit kevésbé művészi...

Forrás: www.sxc.hu

A por sokféle összetevőből áll. Lehámlott apró bőrdarabkáink ugyanúgy jelen vannak benne, mint a „kosz” legkülönfélébb mikroszkopikus megjelenése. Por természetesen nemcsak a lakásunkban keletkezik, hanem nagy mennyiségben a természetben különböző ásványok, különböző anyagok porladása során is. Ha az ember megbolygatja a talajt és ha nincs ami megkösse a szálló port (például növények), akkor az hatalmas távolságokra képes eljutni.

A szabad szemmel is látható, a hajszál vastagságával megegyező, körülbelül 70 mikron átmérőjű por nagy részét szervezetünk „beépített” szűrőrendszere - orrunk, nyálkahártyánk - jó hatásfokkal megszüri, legfeljebb többet tüsz-szentünk és köhögünk.

Az igazi veszélyt az ennél sokkal kisebb, láthatatlan „mikroszennyeződések” okozzák, amelyek gyakorlatilag akadálytalanul jutnak el a tüdőbe és ott letapadhatnak, asztmát, allergiás tüneteket okozva. Egy megdőbbentő vizsgálati eredmény szerint egyetlen lélegzetvétellel 40–75 000 ilyen porszemcsét lélegzünk be – egyetlen napon egy teáskanálnyi mikroport... A porhoz kötődve ráadásul nagyon sokféle káros „dolog” is „utazik”: pollenek, atkák, atkaürülék, penészgombák, vírusok, dezodorok vegyi permetei, dohányfüst – és még hosszan sorolhatnánk. Mivel a porkoncentráció a gravitáció miatt a talaj felett a legmagasabb, ezért a veszélynek leginkább a kisgyermek van kitéve.

Ugyanilyen **porszenyeződést okozhatnak a beépített építőanyagok is**. Ráadásul ami jó az oxigénellátás okán, az hátrányos por-szempontról: a por nagy része szellőztetéskor kerül a lakásba, de mi magunk is hurcoljuk ruházatunkon, a mikropor pedig a tömítéseken is „átverekszli” magát. Védekezni ellene építészeti elég reménytelen, különböző pormegkötő berendezések használata jelenthet erre csak megoldást. Persze az sem mellékes, ha az ablakot kitéve kisebb porkoncentrációjú levegő áramlik a lakásba: vidéki, növényzettel telibb környéken lakók, illetve pormentesített, „aszfaltos” utcában élők ebből a szempontból előnyben vannak.

### 3.3. Elektroszmog

Sajnos az előbb említett pormegkötő berendezések többsége is elektromos energiával működik – csakúgy, mint háztartási berendezéseink jelentős része.

A berendezések környezetében, de a falban vezetett vezetékek közelében is az elektromos áram hatására elektromos és mágneses terek, elektromágneses sugárzások alakulnak ki. Manapság ezt nevezik **elektroszmognak**.

Az biztos, hogy ezek a sugárzások hatással vannak szervezetünkre – bár ennek mértékéről és mibenlétéről a mai napig vitatkoznak a tudósok. (Az ökoházakban futó vezetékekben éppen ezért például csak a felhasználás idején áramlik elektromosság, egyébként egy automatika áramtalanítja az áramkört.)

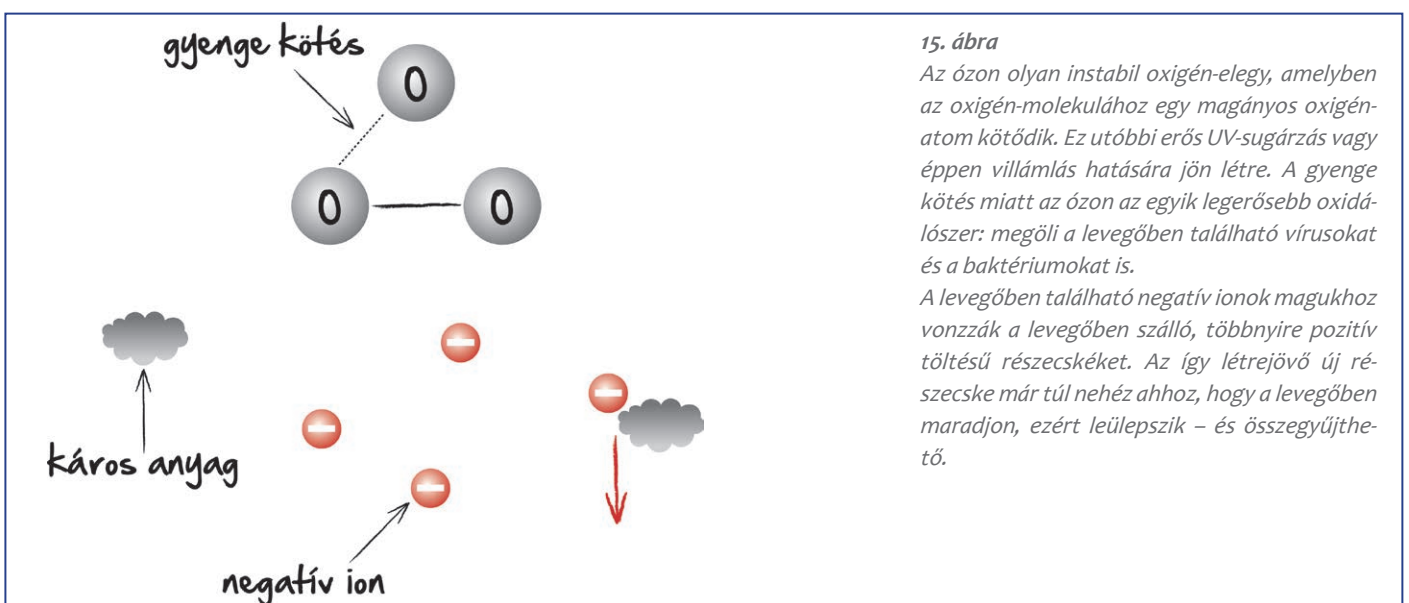
### 3.4. A levegő ionizáltsága

A levegő főként nitrogénből és oxigénből álló gáz. Az egyes atomok alapvetően semlegesek: ugyanannyi pozitív töltésű proton található bennük (az atommagban), mint amennyi negatív töltésű elektron (kering körülöttük).

Különböző behatásokra, mint amilyen a föld radioaktív sugárzása, a napsugárzás, a kozmikus sugárzás, azonban ez az egyensúly felbomlik: egyes elektronok leszakadnak az atommag körüli pályáról és átugranak egy közelben található másik atom külső pályájára. A visszamaradt atomban túlsúlyba kerülnek a pozitív töltésű részecskék – pozitív ion jön létre –, a másik atom viszont negatív töltésű elektron „felesleggel” fog bírni – negatív ionná válik.

Hosszas vizsgálatok azt állapították meg, hogy a különböző ionok különböző hatással vannak szervezetünkre.

A **negatív ionok hatása jótékony**. Ehhez hasonló hatású például az oxigén egy speciális módosulata, az **ózon is**.



Az ózon a frissesség érzetét kelti, élettanilag fokozó hatása van (a természetben vihar után vagy vizesések mellett, a hegyekben érezhetjük mindezt).

A **pozitív ionok** ezzel ellentétben **gyengítőek**. Feszültséget, álmoságot, fáradékonyságot, figyelemcsökkenést okozhatnak. A levegőben a pozitív nitrogén-ionnak van ilyen hatása.

A szabad levegőben a pozitív és negatív ionok nagyjából egyensúlyban vannak. Egy zárt térben azonban különböző folyamatok és berendezési tárgyak felboríthatják az egyensúlyt: a dohányfüst, a száraz levegő, a műanyag szőnyeg, a légkondicionálás, az elektromos berendezések tere – mind-mind a pozitív ionok túlsúlyát idézik elő.

Ez ellen úgy védekezhetünk, ha minél kevesebb nem-természetes folyamatot és anyagot engedünk be otthonunkba. Végül esetben itt is használhatunk olyan levegő ionizáló berendezést, amely elősegíti a negatív ionok létrehozását a szobai levegőben.

### 3.5. Megfelelő páratartalom

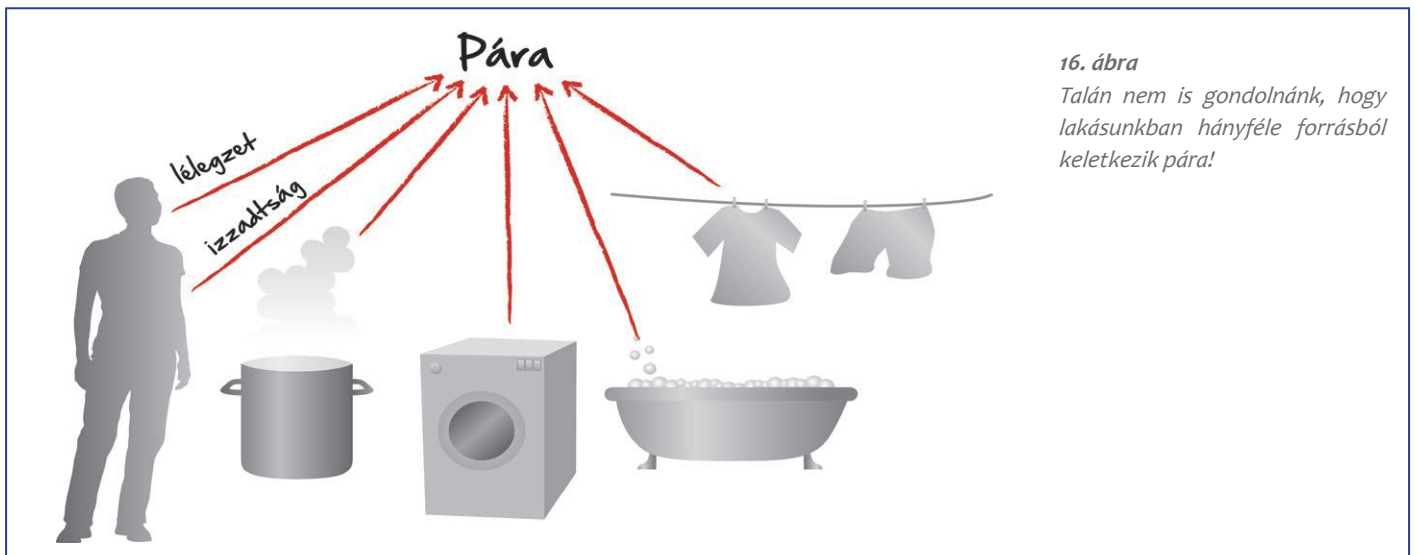
A bennünket körülvevő levegő páratartalma nem csak hőérzetünk szempontjából lényeges.

Kilégzéskor nem csak szén-dioxid, de vízgőz is kijut a szervezetünkből. Ezen túl bőrünkön keresztül is izzadunk – ami a páráképződés egy másik forrása.

És akkor még nem is beszéltünk arról, hogy a főzés, a mosás, a tisztálkodás, a ruhaszárítás mind-mind növelik otthonunk páratartalmát (16. ábra).

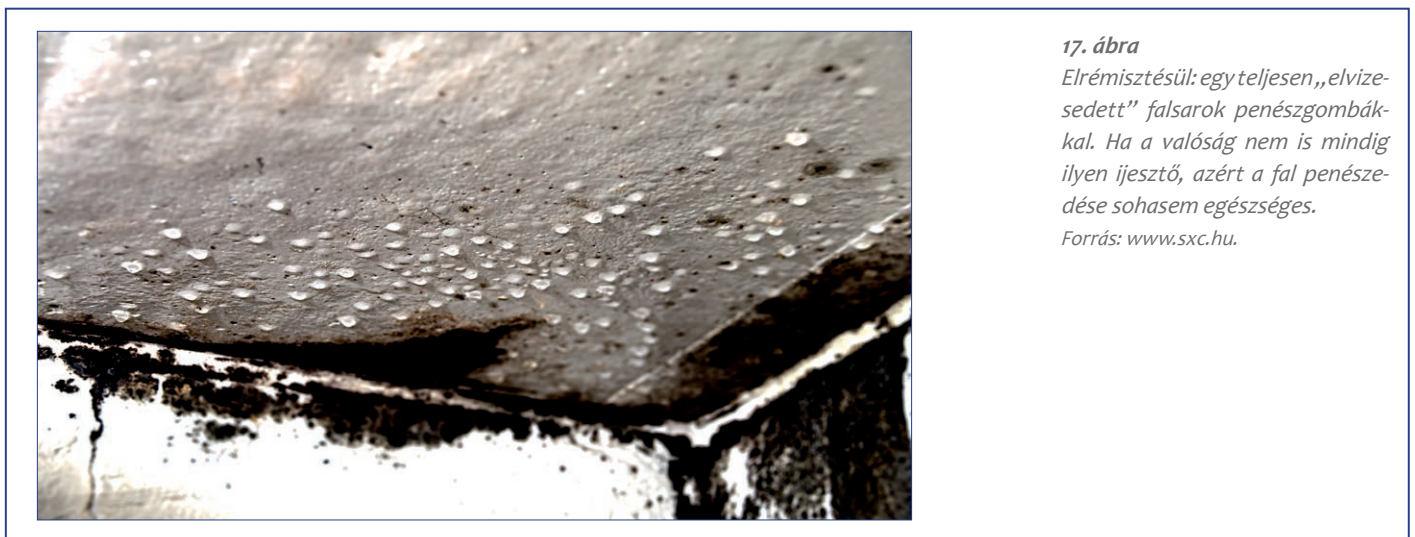
Ha **túl száraz** körülöttünk a levegő, akkor légutaink kiszáradnak, köhögéses, asztmás tünetek léphetnek fel, légutaink begyulladhatnak. (Erről főként panelházak távfűtéses lakásainak lakói tudnának mesélni.)

Ha ellenben **túl páradús** szobánk levegője, akkor ez remek táptalajt fog jelenteni sokféle mikroorganizmusnak. A párásabb levegőt jobban kedvelik az atkák, a különböző baktériumok (Staphylococcus, Streptococcus) és a legkülönbözőbb gombafajták (például a penészgombák).



16. ábra

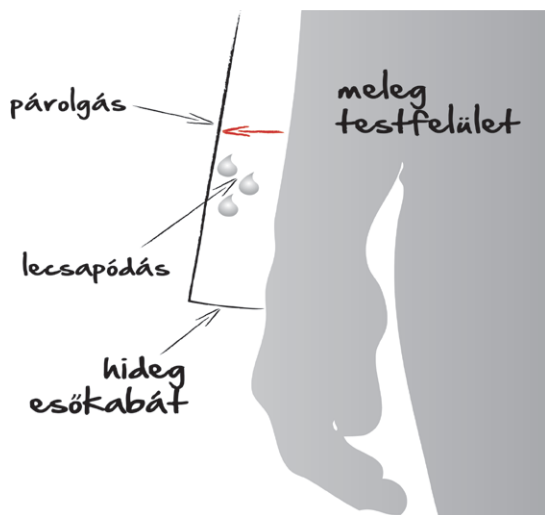
Talán nem is gondolnánk, hogy lakásunkban hányféle forrásból keletkezik pára!



17. ábra

Elrémisztésül: egy teljesen „elvizedett” falsarok penészgombákkal. Ha a valóság nem is mindig ilyen ijesztő, azért a fal penészedése sohasem egészséges.

Forrás: [www.sxc.hu](http://www.sxc.hu).



18. ábra

A hidegebb levegő kevesebb vizet képes magában tartani, mint a meleg. A meleg testfelületről izzadság útján távozó párából ezért az esőkabát hidegebb felületén kicsapódik a nedvesség egy része – az esőkabát belseje nedves lesz.

Hogy hogyan jön létre ez a nem túl gusztusos jelenség?

Képzeld el, hogy egy hűvös, esős őszi napon ki kell menjened az utcára. Ezúttal nem esernyőt ragadnak, hanem egy nejlon esőkabátot kapnak magukra. Aztán ahogy haladnak a járdán egyre inkább azt tapasztalják, hogy az esőkabát belseje vizes lett.

– Biztosan átázott – gondolják.

Pedig nem ez történt.

Már esett szó arról, hogy a hideg levegő kevesebb vízgőzt képes magában tartani, mint a melegebb. A „feleslegessé” váló vízgőz kénytelen kicsapódni és víz formájában kiválni a levegőből.

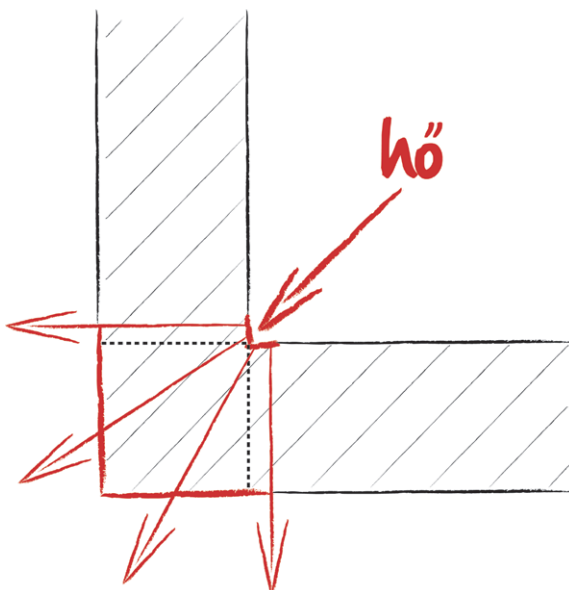
Itt is ez játszódik le. A testünk izzad, a vízgőz elhagyja a bőrfelületet. A nejlon esőköpeny azonban nem engedi eltávozni. A pára találkozik a köpeny hideg felületével és hirtelen kicsapódik. Így kerül az esőkabát belső felületére a nedvesség.

Ma az ajánlások többsége **35–45%-os relatív páratartalmat javasol** a lakásokba. Egészségügyileg ennél magasabb, 50–70%-os lenne ideális, „baktériummentesség” szempontjából viszont ennél alacsonyabb, 25–35%-os.

Látszik tehát, hogy **a lakásban felgyülemlt pára eltávolítása több szempontból is kulcskérdés a kellemes lakóérzethez**. Érdemes **kerülni a párazáró építőelemeket**, de már most előre bocsátjuk, hogy a probléma kezelése **csak megfelelő szellőztetéssel**, esetleg szabályozott légcserélő gépészeti berendezéssel lehetséges. (A teljesség kedvéért megemlíjtjük, hogy ugyanakkor az épület **bizonyos helyein** fontos szerephez jut a belső oldali párazárás: elég csak a fürdőszoba csempézésére, vagy a tető, esetleg egy szerelt homlokzat **párazáró/párafékező fóliáira** gondolni.)

Érdemes megemlíteni, hogy a **penészgombák** felületeken telepednek meg – ami még károsabb következményekkel jár, mintha csak a levegőben lennének jelen.

Ugyanez játszódik le nem tökéletesen megépített otthonunkban is. Ha a belső felgyülemlt pára talál egy **lokális hideg felületet**, akkor oda lecsapódik. Ha a nedvesség néhány napon keresztül fennmarad, akkor ez már ideális táptalajt képez a penészgombák számára (17. ábra).



19. ábra

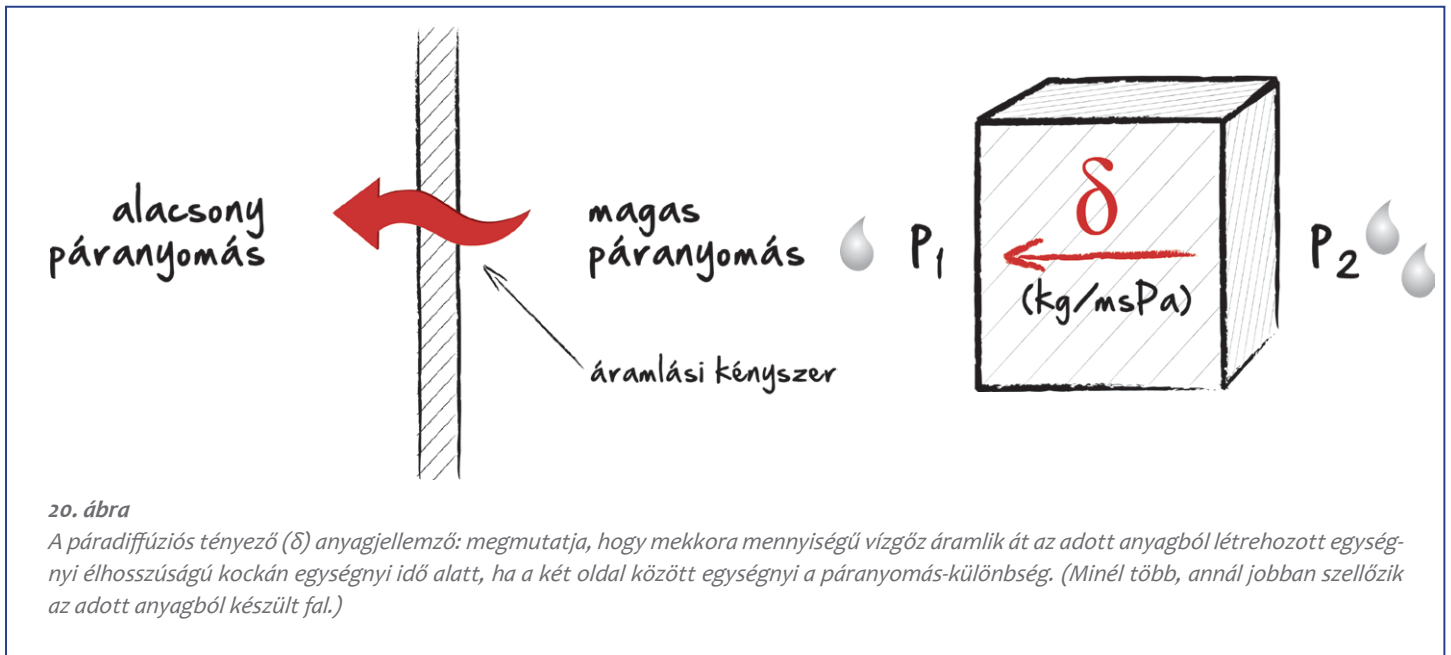
A falsarkok tipikusan veszélyes „lokális hideg helyek”. Ezen a helyen a külső hűlő felület lényegesen nagyobb, mint a belső, melegítő felület.

Ilyen lokális hideg pontok akkor jönnek létre, ha az adott hely **hőszigetelő-képessége** valamiért jelentősen elmarad a környezetétől. Ezeket nevezik **hőhidaknak** (lesz még szó róluk bőven).

Ha az előbbi példában az esőkabát többé-kevésbé átengedte volna a keletkezett párákat, akkor az nem okvetlenül csapódott volna le a belső felületre. Ugyanez igaz a ház szerkezeti elemeire is.

Hogyan és miért jut át egy szerkezeten a pára?

Az ok teljesen hasonló ahhoz a **kiegyenlítődési kényszerhez**, mint amit már a hőmérséklet kapcsán megismertünk.



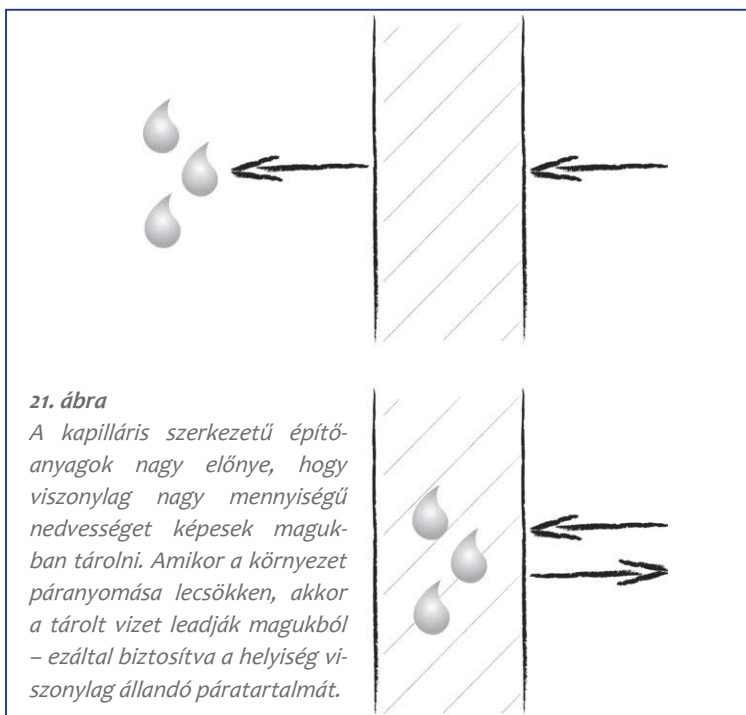
Tipikusan ilyen veszélyes pont minden falsarok (hiszen a sarkot **három** oldalról határolja a külső hideg környezet), de például a nyílászárók fölötti áthidalások is.

Ha egy szerkezet két oldalán eltérő a páratartalomból adódó ún. párányomás, akkor ez a párányomás-különbség kiegyenlítődési folyamatot indít el: a pára a nagyobb párányomású ( $\approx$  páratartalmú) oldalról a kisebb felé próbál áramlani. Ha nagy a nyomás-különbség, akkor az áramlási kényszer nagyobb, ha kicsi, akkor kisebb. A szerkezet anyagszerkezeti jellemzői határozzák meg, hogy ezen páraáramlás számára mekkora **akadályt** jelent (20. ábra).

Még egy fontos dologról kell itt szót ejtenünk.

Egy építőelem, egy falszerkezet kétféleképpen „kezelheti” a helyiségben felgyülemlt felesleges párárt:

- **elvezeti a szabadba.** Ezt a folyamatot a belső magasabb és a külső alacsonyabb párányomás közötti különbség vezérli. A szerkezetek közötti különbség abban áll, hogy az adott építőanyag mekkora ellenállást jelent az elvezetéssel szemben (ezt fejezték ki az előbbi paraméterek).
- **a felesleget felveszi és tárolja.** Ehhez megfelelő **kapilláris szerkezetre** van szükség, amelyben viszonylag nagyobb mennyiségű pára tárolódhat el (21. ábra). Ilyen esetben mód van arra is, hogy ha a belső párányomás lecsökken, akkor az építőanyag leadja a belső térbe a magába vett felesleges vízgőzt, ezzel mintegy automatikus páraszabályozást hozva létre a lakótérben. (Ebben a tekintetben hasonlít a nemsokára ismertetésre kerülő hőtároló képességre- csak itt a vízgőz raktározódik el.)



A különböző anyagfajtáknál még jó néhány mérőszámmal lehet találkozni – ez is jelzi a párazárás, vagy éppen a páraáteresztő képesség fontosságát.

Csak három mérőszámról még röviden:

**Páradiffúziós együttható (vagy tényező).** Jele a  $\delta$ , mértékegysége  $\text{mg}/\text{Pa}\cdot\text{h}\cdot\text{m}$ . Azt a páramennyiséget (tömeget) adja meg, amely az anyag két egymással párhuzamos, egymástól 1 m távolságra levő sík rétege között 1 Pa nyomáskülönbség hatására a réteg felületének  $1 \text{ m}^2$ -én 1 óra alatt áthatol.

**Páradiffúziós ellenállási szám ( $\mu$ ):** az anyag páraáteresztő-képességére vonatkozó mértékegység nélküli együttható. Olyan viszonyszám, amely a levegő és az adott anyag páradiffúziós tényezőinek hányadosa. Minél nagyobb az értéke, annál kevésbé ereszti át a párárt az adott anyag.

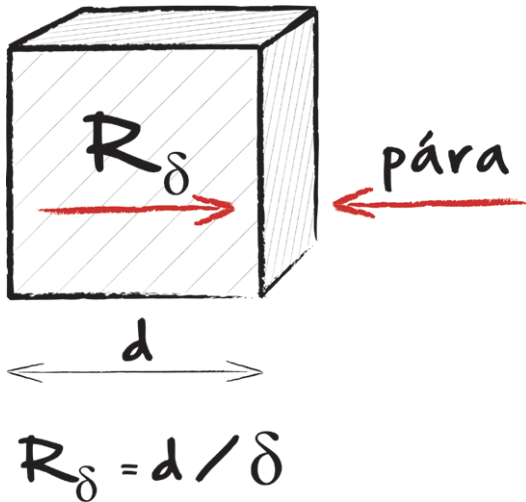
**sd-érték:** egy adott anyag 1 méter levegő páravezető képességéhez viszonyított mutatója ( $\mu\cdot d$ , ahol „d” az illető anyag vastagsága).

A szerkezetek párával kapcsolatos viselkedését speciális műszaki paraméterekkel számszerűsítik – ezek többnyire az építőanyagok prospektusaiban is megtalálhatók.

A legismertebb ezek közül az ún. **páradiffúziós ellenállás** és a **páradiffúziós tényező**.

A **páradiffúziós tényező** (jelölése többnyire  $\delta$ ) jelentése hasonlít a nemsokára megismerésre kerülő hővezetési tényezőéhez:

Az adott anyagból képezzünk egy egységnyi élhosszúságú kockát és a két oldal között egységnyi vízgőz-nyomás-különbséget hozunk létre. A mérőszám azt mutatja meg, hogy ennek a nyomáskülönbségnek a hatására mekkora mennyiségű vízgőz áramlik át a két határoló felület között egységnyi idő alatt. A nyomást Pascal-ban (Pa), az időt többnyire millisekundumban (ms), a vízgőz mennyiségét kilogrammban (kg) mérik (20. ábra).



22. ábra

A páradiffúziós ellenállás ( $R_\delta$ ) azt mutatja meg, hogy egy adott ( $d$ ) vastagságú, adott anyagból készült építőelemnek mekkora ellenállása van a páryanomással szemben. Minél kisebb, annál jobban szellőzik a fal.

**Ha nagyobb ez a tényező, akkor az azt jelzi, hogy ugyanakkora páryanomás-különbség nagyobb mennyiségű vízgőzt képes áthajtani a szerkezeten** – a fal pára szempontjából jobban „szellőzik”.

Amíg a páradiffúziós tényező **általános** anyagjellemző, addig a **páradiffúziós ellenállás** egy **konkrét, adott vastagságú** építőelem esetében jellemzi a páraáteresztő képességet – azaz itt már nem egy egységnyi szélességű kockáról van szó, hanem konkrét vastagságú építőelemről (22. ábra).

Ennek megfelelően a definíciója:

$$R_\delta = d / \delta$$

### 3.6. Kis zajterhelés

A városi életforma terjedésével a **környezeti zaj** az egyik legsúlyosabb egészségkárosító hatássá vált. (Egy svéd tanulmány szerint például a zajos környezetben élők körében majd 40%-al gyakoribb a szívinfarktus.)

Bár a családi házak többsége nem a nagy forgalmú utak mellé épül, de a **csend utáni vágy** talán még inkább tetten érhető egy családi házat építtető „lelkivilágában”, mint lakást keresőében.

A **hang** (és így a zaj is) nem más, mint **különböző frekvenciájú hullámok összessége**. A különböző frekvenciájú hullámok jelentik a különböző magasságú hangokat. A zaj olyan hangjelenség, amelyhez negatív érzelmi – értelmi viszonyulásunk van: nem szeretjük, zavar, egészségünkre károsnak ítéljük, stb.

Hallásunk **nem egyformán érzékeny** a különböző hangmagasságú hangokra. Van, amelyeket az emberi fül meg sem hall és vannak olyanok, amelyekre különösen „fogékony”. Az egyes épületszerkezetekre ugyanez igaz, csak éppen a **hangelnyelés** vagy a **hangszigetelés** vonatkozásában. Ezek anyagszerkezetük okán csak egy adott frekvenciatartományban képesek effektív hangelnyelésre vagy a hatékony hangszigetelésre.

Jó tudni, hogy azért családi házas lakóövezetben is előfordulhatnak olyan zajok, amelyekről néha szeretnénk függetleníteni magunkat (házibuli, kerti parti a szomszédban, fűnyírók hadának berregése hétfvégenként, kutyaugatás, stb.). Zajterhelésnek persze **nem csak kívülről** vagyunk kitéve. Néha kimondottan jól jönne, ha nyugodtan olvasgathatnánk lakásunk egy zugában, miközben nem zavarna bennünket családunk többi tagja tévénéssel, hangoskodással. Persze a fordítottja is igaz lehet: alkalmanként szeretnénk úgy 5.1-es hangzással mozifilmet nézni, zenét hallgatni, hogy ezzel ne kergessük örületbe családtagjainkat.

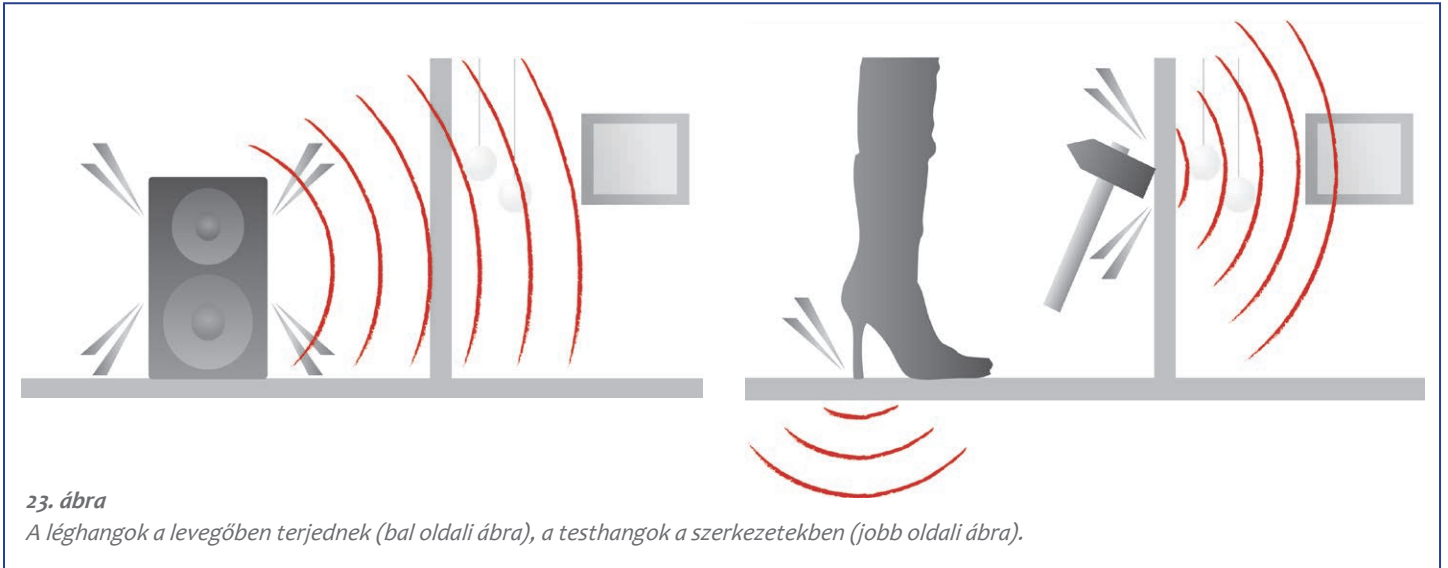
**A megfelelő épületszerkezeti elemek kiválasztása döntő fontosságú ezen a területen!**

Tudják-e, hogy 2002 óta már Magyarországon is létezik a Csend Napja?

Amikor épületszerkezeti megoldásokkal még nem tudtak védekezni a zaj ellen, akkor a törvény erejével küzdöttek a csendháborítók ellen. Mai szemmel furcsának tűnik, hogy már az ókori Rómában is gondot jelentett a zaj: Julius Caesar például törvényben szabályozta, hogy pihenőnapokon csak gyalog volt szabad az utcákon közlekedni, a középkori városokban pedig többnyire harang alá ültették a renitens zajongókat – amiket aztán folyamatosan húztak fölöttük...

A dolgot némileg bonyolítja, hogy a hanghatásoknak kétféle formája létezik, és mindkettő ellen másmilyen épület-szerkezeti megoldással, másféle tulajdonságú anyagokkal lehet védekezni...

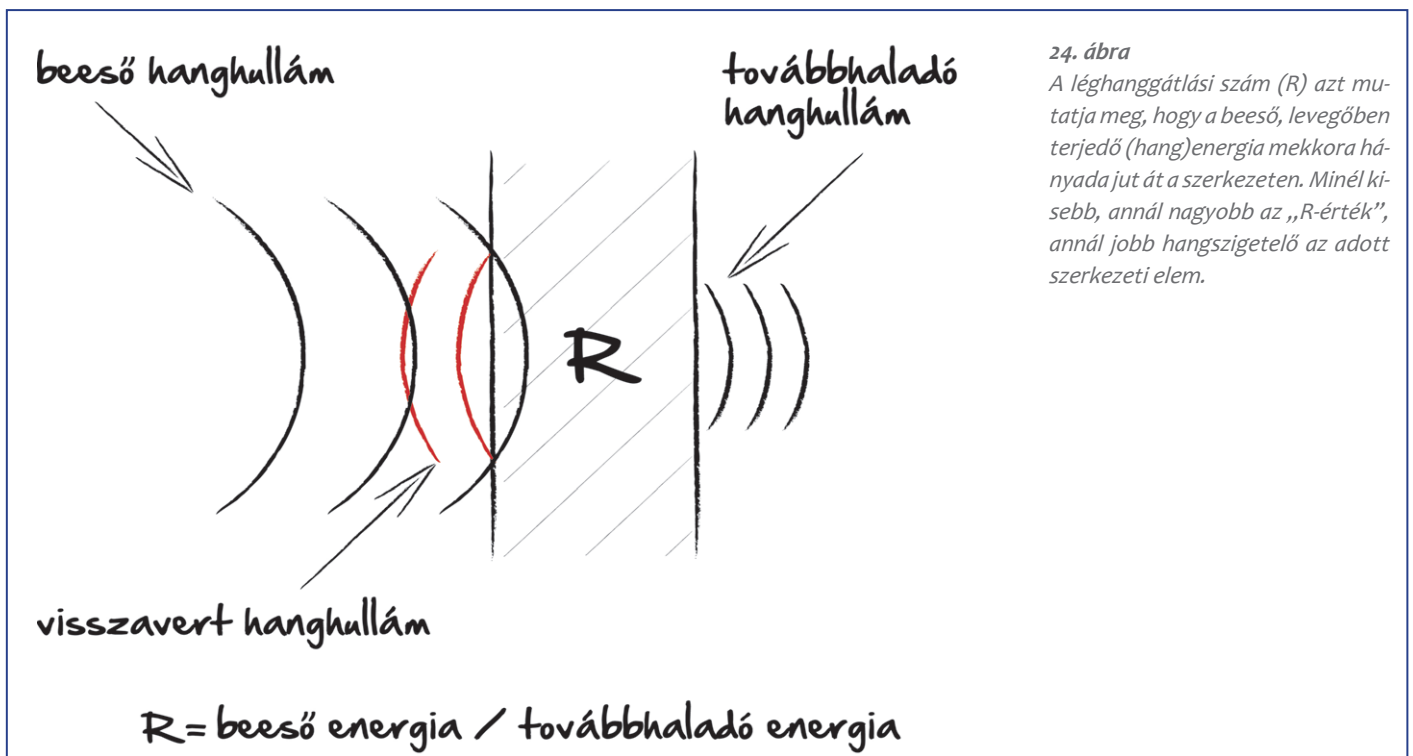
A levegőben terjedő hangokat **léghangoknak**, a szerkezetben rezgések útján terjedő hangokat **testhangoknak** nevezik.



### 3.6.1. Léghanggátlás

Levegőben a hangok (zajok) úgy terjednek, hogy a hangforrás rezgésbe hozza a levegő részecskéit. Ez a hanghullám (és a benne terjedő energia!) eléri a szerkezeti elemeket, amelyek szintén rezgésbe jönnek – majd rezgésbe hozzák a másik oldalukon található légréteget is.

Ha a különböző építőelemeket levegőben terjedő hanghullámok érik, akkor – az építőelem tulajdonságaitól függő mértékben – a hullám egy része **visszaverődik**, egy része **átjut** a szerkezeten, egy része pedig a szerkezetben **elnyelődik** (mivel minden hullámmal energia is terjed, így az elnyelt hullám energiája hővé alakul). **A léghangokkal szemben akkor jó szigetelő egy adott szerkezeti elem, ha minél kisebb az átengedett energia-hányad (azaz a beérkező hullám nagy részét képes visszaverni, illetve elnyelni).**



A léghangokkal szembeni ellenálló képességet a különböző prospektusokban az ún. **léghanggátlási számmal** jellemzik. Ez azt mutatja be, hogy mekkora az adott szerkezetre (pl. falazatra vagy nyílászáróra) beeső és tovább sugárzott akusztikai teljesítmény viszonya. A léghanggátlási számot „**R**”-rel jelölik és értelemszerűen **annál jobb hangszigetelő egy szerkezet, minél nagyobb ez az érték** – hiszen a bejutó energiának annál kisebb része jut a vizsgált térbe (24. ábra). A lényeg megértéséhez nem fontos, de a teljesség kedvéért megemlítjük, hogy a léghanggátlási szám mértékegysége a **decibel (dB)**.

A decibel az akusztikával (de akár a csak hobbyszerű hangrögzítéssel) foglalkozók számára ismert lehet. Mindössze annyit érdemes tudni róla, hogy egyszerűen egy **arányt fejez ki**. A mindennapokban is gyakran használunk arányosítást, például mondhatjuk azt, hogy „a nővérem **kétszer olyan messze** lakik tőlünk, mint a bátyámé”. Ezt az arányt elég könnyű elképzelni és leírni, de ha valami 1.000.000.000-szor lenne nagyobb mondjuk mint egy másik, akkor ennek a leírásához már túl sok nullára lenne szükség. Ezért kitaláltak egy olyan viszonyrendszert, amely „összebb húzza” az arányosítási skálát és így a nagy viszonyszámok is viszonylag egyszerűen kifejezhetőek. A decibelnél a hagyományos arányszám tízes alapú logaritmusát veszik figyelembe.

Az akusztikában a léghangszigetelés mellett a hangjelenségek nagyságát kifejező **hangnyomásszinteknek** is decibel a mértékegysége – ezzel már bizonyára sok hi-fi rajongó vagy éppen hangsugárzó-vásárló találkozott. A decibel ebben az esetben egy vonatkoztatási értékhez képesti jel nagyság arányaként jelenik meg. Ha a hangjelenségekről van szó, a jobb minőséget a kisebb számérték fejezi ki – ellentétben a léghangszigeteléssel.

Mindezt esetünkben azért érdemes tudni, mert ha összevetünk például egy 40 dB-es és egy 45 dB-es (léghanggátlású) szerkezetet, akkor a kettő közti különbség nem 12,5% (45/40), hanem ennél lényegesen kisebb – az „összehúzott skála” miatt: 3%.

Érdemi különbséget legalább 5 dB különbség jelent, nagyságrendit legalább 10 dB.

Már esett arról szó, hogy a szerkezetek a különböző frekvenciájú (azaz különböző energiátartalmú) hanghullámokat különbözőképpen csillapítják. Ilyen értelemben tulajdonképpen minden frekvenciára meg kellene adni egy léghanggátlási számot, ami meglehetősen átláthatatlanná tenné a problémát. Ezt a gondot úgy hidalták át a szakemberek, hogy létrehozta egy ún. **súlyozott léghanggátlási számot**, amely egyetlen mérőszámra gyűrja össze a különböző frekvenciákon történő viselkedést – figyelembe véve már az emberi fül különböző frekvenciákra való érzékenységét is. A súlyozott léghanggátlási számot  $R_w$ -vel jelölik, és többnyire ezzel találkozhatunk a különböző kiadványokban. Természetesen ez is minél nagyobb, annál jobb hanggátlást jelöl. (Mértékegysége szintén a dB.)

Bár már valószínűleg ennyiből is kiderült, hogy a hangszigetelés meglehetősen bonyolult témakör, de azért itt is adható egy többé-kevésbé igaz ökölszabály: a **nagyobb testsűrűség, a nagyobb tömeg előnyösebb a léghanggátlás szempontjából**. Ennek oka, hogy a **nagyobb tömegű szerkezetet nehezebb rezgésbe hozni** (vagy csak nagyobb intenzitású, nagyobb energiájú hanggal lehet). Ezen azonban az anyag szerkezeti kialakítása (például lyukacsossága) jelentősen változtathat mind pozitív, mind negatív irányban.

A léghanggátlás általában a külső zajok távortartása miatt érdekes, de esetleg érdemes lehet vele házon belül is foglalkozni különböző speciális rendeltetésű helyiségek leválasztásánál.

### 3.6.2. Lépéshangszigetelés

Testhangok akkor keletkeznek, ha egy épületszerkezetet **közvetlen dinamikai behatás** ér: járnak rajta, belefúrnak, kalapáccsal ütnek, az épületszerkezetekhez rögzített, azokon álló gépek rezgésbe hozzák azokat. Ekkor általánosságban az épületszerkezetekben **testhangok** jönnek létre.

A testhangok – az épületszerkezetek hangsugárzása következtében szintén léghanggá alakulnak át - rossz esetben halljuk, ha a tetőn levő gépházban működik a kazán, a keringtető szivattyú, a hűtőgép, stb. A hangjelenségek egy sajátos, szintén a használatból eredő csoportját **lépéshangnak, kopogóhangnak** nevezik: ilyenek a járkálás, bútoratogatás és ezeknek erőteljesebb változatai. Ekkor az épületszerkezetet, leggyakrabban a padlót éri az impulzusos erőhatás, az hozza rezgésben a szerkezetet, és e rezgés sugároz hangot a csendes oldalra is.

Életvitel szempontjából a legáltalánosabb az, amikor egy felettünk levő födémen lépked valaki (aki lakott lakótelepen, az emlékezhet rá milyen érzés, amikor a felettünk lakó szomszéd fapapucsban járkál a szobában...).

A lépések közvetlenül keltenek rezgéseket a födémben, amelyek aztán átadódnak az alsó helyiség levegőjének.

**A nagy tömeg itt is előnyös** – de nem elég. Fontos látni, hogy a rezgések nem csak közvetlenül a födémen át terjednek, hanem kerülő úton, a falakon keresztül is (25. ábra). (Tehát a falak tömege is lényeges, nem csak a födémé!)

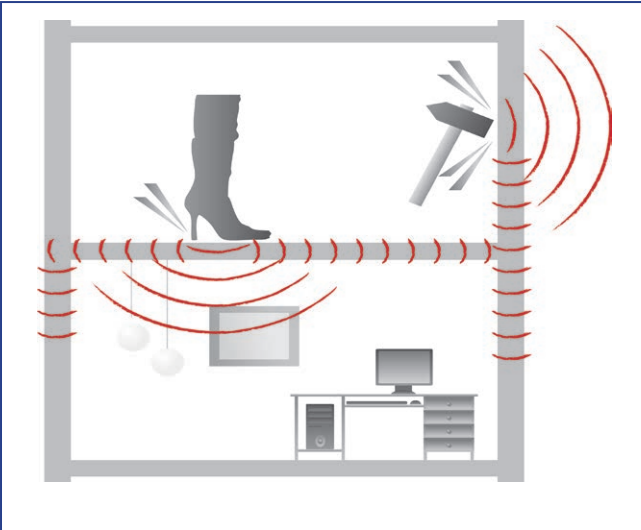
Ezen csak úgy lehet segíteni, ha **mérsékeljük, elnyeletjük a rezgéseket**.

Ennek egyik módja, ha „hanglágy” padlóburkolatokat használunk (például szőnyeg vagy speciális PVC padló), de az általánosan használt megoldás az ún. **úsztatott padló szerkezet**, amellyel részletesen a födémeknél fogunk foglalkozni.

A padlóburkolatok lépéshangokkal szembeni csillapítóképeségét szintén az imént megismert decibel (dB) mértékegységű hangszigetelési jellemzővel fejezzük ki. Jele  $\Delta L_w$ , és azt fejezi ki, hogy egy padlóburkolat, mint műszaki megoldás **hány dB-lel javítja** a kiinduló szerkezet rezgés-csillapító tulajdonságát a burkolatlan födémhez képest (minél többel, annál jobb). A burkolatlan födémek kemény felületük okán nagyon rossz lépéshang-szigetelők, és a tömeg-növelés ilyen esetben nem hatásos.

25. ábra

A szerkezetben terjedő hangok a szerkezetet ért közvetlen fizikai behatás útján jönnek létre és specialitásuk, hogy kerülőutakon is képesek terjedni.



Foglaljuk össze röviden a tanulságot: a hangszigetelést illetően a jobb minőséget, azaz a jobb szigetelést a nagyobb dB-érték mutatja. A gyártók többnyire laboratóriumban mérik a léghanggátlást, a valódi, helyszíni léghanggátlás ennél gyengébb értéket ad.

### 3.7. Biztonság

Az előző elvárások inkább a **kellemes lakóklimához** kapcsolódtak. Ahhoz azonban, hogy ténylegesen jól érezzük magunkat otthonunkban – legalább tudat alatt – hozzátartozik a **biztonságérzet** is. Mi a biztonságérzetet – kissé tág értelemben – négy részre osztottuk:

- betörésbiztonság,
- tűzbiztonság,
- állékonyssággal kapcsolatos biztonság,
- az értékállósággal kapcsolatos biztonság.

Látható, hogy a „biztonság” szó alá a szó szoros értelmében vett fizikai, de kissé áttételesebben a lelki biztonságérzetet is becsúfoltuk.

Kimondva-kimondatlanul azt szeretnénk, hogy házunkban mindenféle nem-kívánt **behatolástól** védve legyünk. Erre a célra ma már sokféle biztonságtechnikai berendezés létezik (riasztók, speciális zárok, stb.), de nem árt ezekkel a kérdésekkel már az építés során foglalkozni - például a nyílászárók kiválasztásakor.

Extrém példa, de az sem lenne jó, ha egy kisebb baleset kapcsán a házfalunknak koccanó autó jövátéhetetlen szerkezeti károkat okozna...

Sajnos bármely családi ház képes **leégni**. Elég egy zárlatos vezeték vagy egy rossz helyre becsapó villám – és kész baj. Nem mindegy, hogy a ház építőelemei milyen könnyen kapnak lángra – elég magunk elé képzelni egy-egy nádfedeles épület filmekben előszeretettel bemutatott lángolását. Ugyanakkor az is fontos, hogy ha már bekövetkezett a baj, akkor bentlakóknak **lesz-e idejük** kimenekülniük a házból.

A tüzek kapcsán nem csak a szerkezet megroggyanása jelenthet életveszélyt, hanem az egyes építőelemek égése során esetlegesen felszabaduló **mérges gázok** is. Erre is érdemes tekintettel lenni. (És még sok minden másra is: az épületek tűzvédelmi szabályozását a 2011-ben jelentősen megújult OTSZ – Országos Tűzvédelmi Szabályzat – tartalmazza.)



26. ábra

Tűz egy családi házban.

Forrás: [www.sxc.hu](http://www.sxc.hu).

Az építőanyagok tulajdonságai között éppen ezért jelentőséget kap a **tűzállóság** is. Ennek jellemzésére a **tűzállósági határérték**et használják. Bár a kérdéskör igazán a többlakásos, nagyobb házaknál kap komolyabb szerepet, azért nem árt tudni, hogy a tűzállósági határértéket szabványos méréssel állapítják meg, melynek során azt vizsgálják, hogy az adott építőelem mennyi idő múlva veszíti el a tűzveszélyesség szempontjából fontos tulajdonságait. (Ezen szerkezeti elemtől függően más és mást kell érteni. A legkomolyabb elvárások a teherhordó elemekkel szemben fogalmazódnak meg – falazatok, földemek -, amelyek esetében a most említett kritikus állapot az, amikor elveszítik teherhordó képességüket – azaz összedől a ház.) A tűzállósági határértéket percben mérik (pl. REI 60) és értelemszerűen minél nagyobb ez az érték, annál nagyobb tűzbiztonságot jelez.

Szeretnénk, ha házuk **állékony** lenne. Drasztikusabban kifejezve: jó lenne, ha nem dőlné a fejünkre az épület. Erről házuk **statikai méretezése** gondoskodik – amelyet természetesen soha nem szabad megspórolni.

A – többnyire – építőmérnöki végzettségű **statikus** a – jobbára – építészmérnök végzettségű **építész**-tervező számára végzi el azokat a számításokat, amelyekkel biztosítható, hogy **megfelelő méretű és teherbírású szerkezetek** épüljenek be a házba. (A 3. fejezetben esett szó arról, hogy mikor kötelező statikus megbízása.)

### 3.7.1. Különböző terhelések

Egy épület szerkezeti elemei igen sokféle **terhelésnek** vannak kitéve.

A **terhek** származhatnak:

- a szerkezet(ek) önsúlyából,
- a szerkezetet terhelő további szerkezetek súlyából,
- a talajnyomásból,
- a víznyomásból
- az emberek, a bútorok, a berendezések súlyából,
- a szél és a hó által okozott terhelésből (27. ábra).

(És akkor még nem is beszéltünk olyan drasztikus, de szerencsére hazánkban ritkának számító terhelésről, mint amilyen egy földmozgás.)

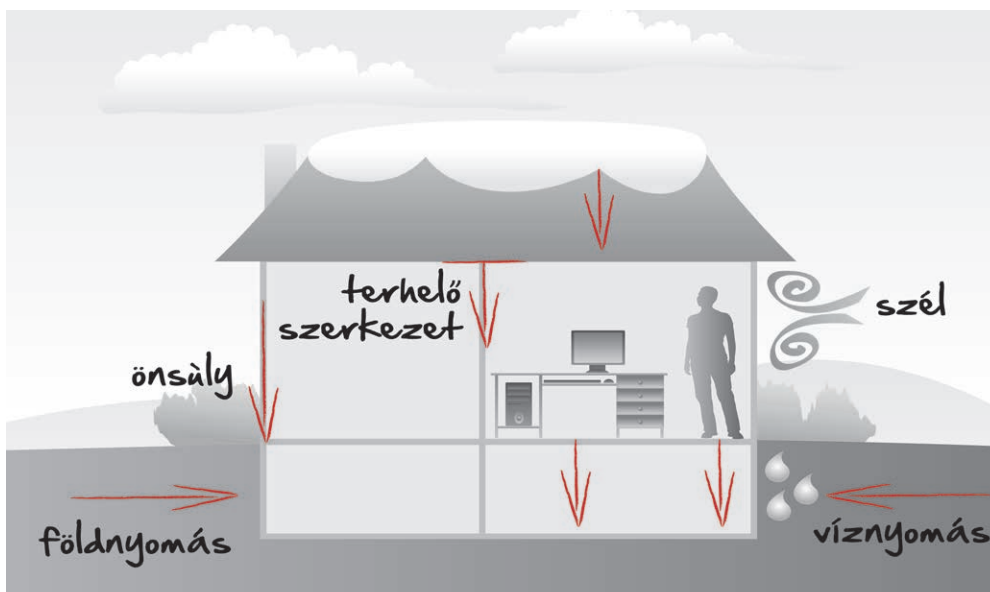
**A különböző szerkezeteknek, az azokat alkotó építőanyagoknak képesnek kell lenniük ezen terhek tartós elviselésére.** A prospektusokban erre nézve is találunk különböző mérőszámokat.

Ezek megértéséhez röviden tekintsük át azoknak a **terheléseknek** jellegzetes fajtáit, amelyekkel a különböző szerkezeti elemekbe beépített anyagok „szembesülnek”.

Ha a testekre ilyen erők hatnak, akkor azoknak a testek megpróbálnak **ellenállni**. Az erőhatásokkal szembeni ellenállóképességet **szilárdságnak** nevezik. Ez függ a test anyagától és geometriai méreteitől (például a hosszúságtól vagy éppen a keresztmetszetétől).

A különböző anyagú és geometriájú testek azonban elképzelhetően **különbözőképpen** reagálnak a különböző erőhatásokra. Lehet, hogy egy anyag jól ellenáll a nyomásnak, de lényegesen kevésbé a húzásnak. Ezért az egyes építőanyagok esetében külön paraméter adja meg a **nyomószilárdságot**, a **húzószilárdságot** és a **hajlítószilárdságot**.

Ha az adott erőhatás meghaladja ezt a szilárdságot, akkor az anyagok károsodnak: **eltörnek, elszakadnak, elhajolnak**. Ezt mindenképpen kerülni kell.

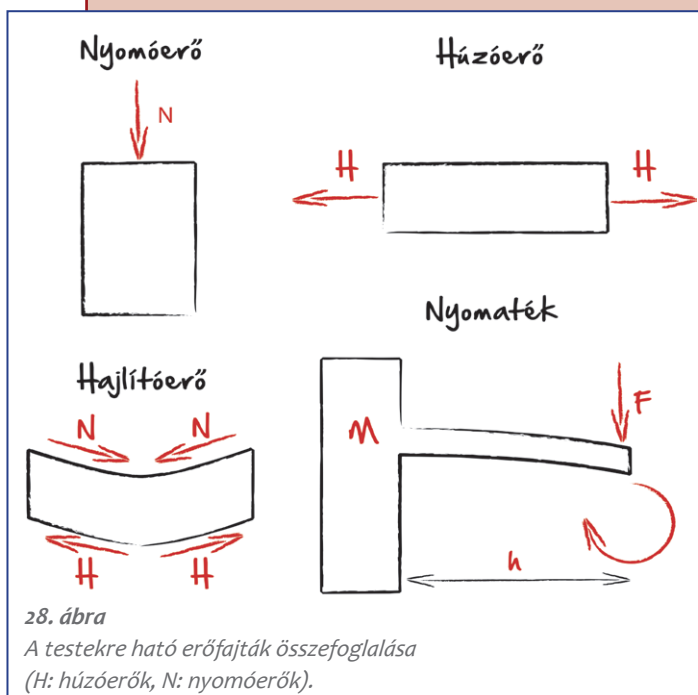


27. ábra

Az épület szerkezetének igen sokféle terhelésnek kell biztonsággal ellenállnia.

Az előbb leírtakat árnyalja, hogy bizony az építőanyagok egy jelentős részének **nem állandó** a szilárdsági értéke. A legnagyobb ellenség ezen a területen a **nedvesség**.

Víz hatására egyes építőanyagok szilárdsági mutatói többé vagy kevésbé csökkennek – erre mindenképpen figyelemmel kell lenni a tervezésnél. A víz származhat az épületen **kívülről** (ez ellen megfelelő **vízszigeteléssel** lehet védekezni), de akár a szerkezet **belsejéből** is. (Gondoljunk egy nem várt csőrepedésre.) Sajnos ezekre a tényezőkre a prospektusok ritkán térnek ki... Bár Magyarországon nem várhatóak az amerikaihoz hasonló hurrikánok, azért az **extrém szélterhelésre** szintén nem árt méretezni házunkat (pláne egy magaslaton magában álló házat). Hazánkat az utóbbi időben szerencsére többé-kevésbé elkerülték a komolyabb **földmozgások** – pedig geológiai helyzetünk rejt e tekintetben kockázatokat. Akár erre is érdemes gondolni a családi ház szerkezetének kialakításakor.



A legegyszerűbb és leggyakoribb erő a nyomóerő.

Ez az erő a test részecskéit összenyomja, egymáshoz preseli.

Legegyszerűbb ilyen erő a föld középpontja felé mutató súlyerő, amely minden testre hat – ez az önsúly. Ezen túl természetesen minden, az adott testet felülről terhelő teher járulékos nyomóerőt képez a test felületén.

Ezzel ellentétes hatást fejt ki a húzóerő, amely a test részecskéit egymástól eltávolítani igyekszik.

A harmadik, legbonyolultabb erő, a hajlítóerő, tulajdonképpen a fenti két erőhatás kombinációjaként jön létre: a test egyik oldala húzást szenved, a másik nyomást.

Eddig szabadon álló testekről beszéltünk. Ha egyik oldalán befogott testre hat valamilyen erő, akkor a befogás helyén létrejövő erőhatást nyomatéknak nevezik. (A 28. ábrán bemutatott erőhatás például egy erkély esetében jöhet létre.)

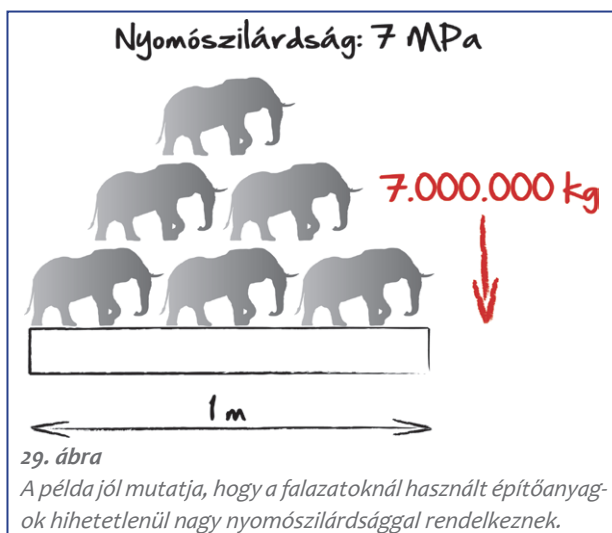
A nyomaték nagysága az erő nagyságától és az erő hatótávolságától (az ún. erőkartól) függ:

$$M = F \times h$$

A **teherbíró képesség** a nyomóerőkkel szembeni ellenállóképességre utal és többnyire **a nyomószilárdsággal** jellemzik. Ennek mértékegysége – hasonlóan a többi szilárdsági mutatóhoz – vagy N/mm<sup>2</sup> vagy Pascal (Pa).

A Pascal valójában a nyomás hivatalos mértékegysége, gyakran hallhatjuk az időjárás-jelentésekben, amikor a légköri nyomás értékeit közlik. Azt mutatja meg, hogy egy 1 m<sup>2</sup> felületet mekkora nyomóerő terhel. A nyomóerőt Newtonban (N) mérik. **A nyomószilárdság esetében mindez azt mutatja, hogy az adott építőelem 1 m<sup>2</sup> felületét hány Newton erővel lehet terhelni a felületre merőlegesen, hogy az építőelem még ne károsodjon.**

Értelemszerűen a nagyobb nyomószilárdsági érték nagyobb teherbírást, nagyobb tartószerkezeti képességet jelent.



Hogy el tudjuk helyezni nagyságrendileg a prospektusokban olvasható értékeket, nézzünk egy példát!

Tételezzük fel, hogy valahol azt olvassuk, hogy egy falazóelem nyomószilárdsága 7 MPa. (A „M” a „mega” előtag rövidítése, amely azt jelzi, hogy az utána következő mértékegység 1 000 000-szorosáról van szó – azaz a szám után még hat nullát kell írni.)

Nézzük meg, hogy mit is jelent ez.

$$7 \text{ MPa} = 7\,000\,000 \text{ Pa} = 7\,000\,000 \text{ N/m}^2 \approx 7\,000\,000 \text{ kg/m}^2$$

Ez azt jelenti, hogy az illető falazóelem minden négyzetméterre 7 000 000 kg tömeggel terhelhető.

Tételezzük fel, hogy maga a falazóelem valójában

$$38 \times 25 \text{ cm} = 950 \text{ cm}^2 = 0,095 \text{ m}^2$$

terhelhető felülettel bír. Egyszerű arányossággal kiszámolhatjuk, hogy ez az egyetlen falazóelemnyi 0,095 m<sup>2</sup> felület 7 000 000 x 0,095 = 665 000 kg terhet képes „elhordani”.

Egyik kedvenc régi példával illusztrálva: egy ilyen nyomószilárdságú falazóelemre 133 darab 5 tonnás elefánt állhatna fel egyszerre.

### 3.8. És még sok minden más

Komfortérzetünket az eddig felsoroltakon túl még sok más tényező befolyásolhatja.

A lakószoba tágassága és belmagassága (ha túl nagy, elveszünk benne, ha túl szűk, akkor bezártság-érzetünk támadhat), a falak színe, a bútorok anyaga, az hogy mennyi természetes fény jut a házba, az hogy milyen fényforrásokat használunk – és még hosszan sorolhatnánk.

Ezek egy része az építészet témakörébe tartozik (elvégre az építészet „a téralkotás művészete”), másik része inkább a lakberendezésébe. Sajnos ennyi szempont tárgyalása már jócskán túlmutat könyvünk keretein.

## 4. Mi kell ahhoz, hogy otthonunkat gazdaságosan tudjuk üzemeltetni?

Miből tevődik össze egy ház üzemeltetési költsége?

- Fűtési költségek
- Esetleges hűtési költségek
- Melegvíz előállításának költségei
- Az elektromos energiával működő berendezések energiaköltsége
- A fogyasztott és elhasznált víz költsége
- A beépített berendezések és szerkezetek karbantartási költségei
- Hulladékmegsemmisítés és -elszállítás
- Kertgondozás
- Őrzés-védés díja (például távriasztó)

Ezek a költségek persze „keveredhetnek” is, hiszen például egy hűtésre szolgáló légkondicionáló is többnyire elektromos energiával működik, van aki elektromos-, van aki gáztűzhellyel főz, és így tovább.

Ebben a részben csak azokkal a költségelemekkel foglalkozunk, amelyek valamilyen formában összefüggenek a ház (szerkezeti) kialakításával. Nem kerülnek szóba az életvitellel kapcsolatos energiaköltségek: a szórakoztató elektronikai berendezések, a hűtőgépek, mosógépek, tűzhelyek működtetési költségei. Ezek esetében az a legegyszerűbb takarékoskodási mód, ha eleve energiatakarékos készüléket választunk. (Bár a gépészetről szóló fejezetben látni fogjuk, hogy ma már nem futurisztikus elképzelés abban gondolkodni, hogy akár magunk gondoskodjunk házunk elektromos energiaellátásáról is!)

### 4.1. Fűtési költségek

A közép-európai éghajlaton (ahol a nyarak forrók, a telek pedig viszonylag hidegek) a fűtési költségek teszik ki az épületek üzemeltetésének legnagyobb hányadát (30. ábra).

A fűtési költségeket úgy **minimalizálhatjuk**, ha

- a fűtési hő minél nagyobb részét tartjuk a lakásban, azaz **minél kisebb hányadát engedjük elillanni** a határoló szerkezeteken keresztül (minél kisebb részével „fűtjük az utcát”),
- olyan fűtőanyagot használunk, amelynek **magas a fűtőértéke és/vagy olcsó**,
- a fűtési energiát olyan fűtőberendezésekkel állítjuk elő, amelyeknek minél kisebb a vesztesége (azaz minél **nagyobb a hatásfoka**).

A fűtéssel, a fűtés hatásfokával következő kötetünkben, a gépészetről szóló fejezetben fogunk részletesen foglalkozni. Az első szempont azonban alapvetően összefügg az épített szerkezettel.

Azt hogy mennyi hő illan el, megy veszendőbe, a **határoló szerkezetek hőszigetelő képessége** határozza meg (31. ábra).



Többször találkozhatnak ebben a könyvben azzal a kijelentéssel, hogy „ideális ház” nincs.

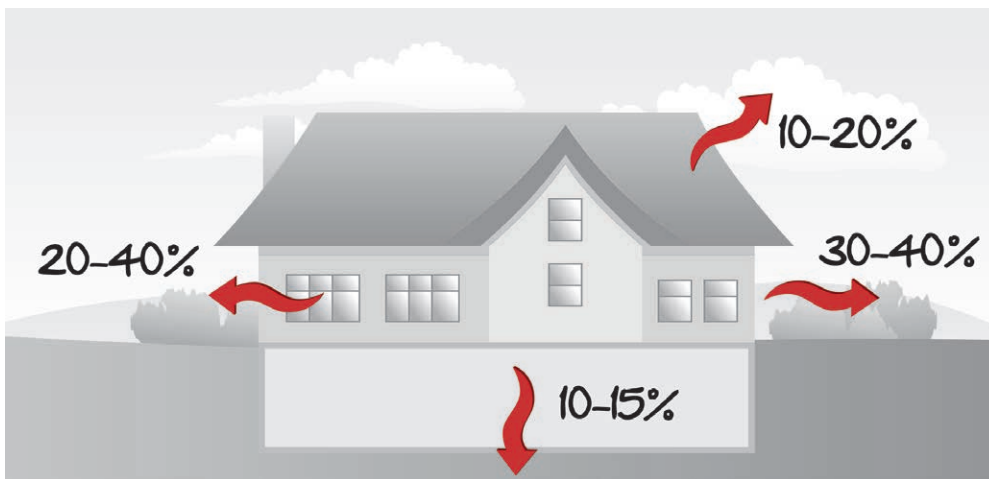
Már csak azért sem, mert egy háznak egészen másféle elvárásoknak kell megfelelnie egy alapvetően hűvös éghajlat alatt, mint egy enyhe, mediterrán vidéken.

Egy skandináv országban a szerkezet kialakításakor nyilván nagyobb szerepet kell kapjon a (téli) hideg elleni védelem, a hőszigetelés. Ezzel szemben egy Földközi-tenger menti otthon esetében ez másodlagos kérdés – itt a nyári meleg elleni védekezés kell domináljon.

Mindez azért lényeges, mert – mint majd látni fogjuk – ez két, meglehetősen ellentétes elvárásrendszert jelent.

A magyar, **közép-európai éghajlat** az egyik legnagyobb építészeti kihívást jelenti ilyen szempontból, hiszen a házaknak itt **mind hideg, mind meleg ellen** védeniük kellene.

Ezért van az, hogy mindenkit óva intünk attól, hogy kritika nélkül, északi vagy déli építészeti trendek alapján képzelje maga elé magyarországi „ideális házat”!



31. ábra

Az egy ház átlagos hőveszteségeit bemutató ábrával már találkoztunk a negyedik fejezetben (4.7. ábra). Ezúttal egy másik „interpretációt” mutatunk be, amely csak a határoló szerkezetek hőveszteség-arányait mutatja  
 Forrás: Energiahatékonysági kézikönyv

#### 4.1.1. A hőszigetelő képesség

A „hőszigetelés”, „hőszigetelő képesség”, „energiahatékonyság” fogalmak napjaink legfontosabb és leggyakrabban használt kifejezései közé tartoznak – és mint ilyeneket igen sok homály, tévhit és félreértés kíséri őket. (A hőszigetelés, az energiahatékonyság témaköréről már olvashattak egy megközelítésben a 4. fejezetben.)

Az építőanyagok hőszigetelő képességét jellemző paraméterek minden prospektus első soraiban szerepelnek, így érdemes megismerkedni ezeknek a fizikai jellemzőknek a tényleges jelentésével és jelentőségével.

Azért, hogy az egyes termékeket össze lehessen hasonlítani (no meg persze azért, hogy ki lehessen számolni az egyes építőelemekből összeálló teljes ház hőveszteségét), a hőszigetelő képesség jellemzésére egységes **mérőszámokat** alkalmaznak.

**U-érték: minél kisebb, annál jobb!**

Az akkori „k-értéket” ma már – az európai egységesítés jegyében – „**U-értéknek**” hívják és az építkezés során az egyik leggyakrabban használt fogalom. Pontos megnevezése **hőátbocsátási tényező**. Azért, hogy egy nyelven beszélhessünk a szakemberekkel, nekünk is célszerű megismerkedni a tartalmával (most csak definíciószerűen, később majd gyakorlati oldalról is).

**Az U-érték definíció szerint azt mutatja meg, hogy ha egy szerkezeti elem (például egy falazat) két oldala között 1 Kelvin (K) hőmérsékletkülönbséget hozunk létre, akkor a szerkezeti elem 1 négyzetméternyi (m<sup>2</sup>) felületén mekkora hőmennyiség áramlik át** (ez utóbbit Wattban (W) adják meg).

Minél kevesebb az átáramló hő, annál jobb hőszigetelő az illető szerkezet. Tehát **annál jobb hőszigetelő-képességű elemről beszélünk, minél kisebb az illető elem U-értéke**. Az elmondottaknak megfelelően az U-érték mértékegysége **W/m<sup>2</sup> K**. (33. ábra)

Mai napig jól emlékszem arra az időre, amikor elkezdtem dolgozni az építőanyag-gyártás területén. A vásárlók első kérdése volt a termékeinkkel kapcsolatban: „És mennyi a k-értéke?” Szinte mindenki tudta, hogy „a k-érték” egy fontos valami, de csak nagyon kevesen tudták, hogy **mit is jelent** a válaszul kapott számérték. Jó néhányan még azzal sem voltak tisztában, hogy a nagyobb vagy a kisebb számok jelentik a „jobb értéket”.

**λ-érték: minél kisebb, annál jobb!**

Hogy az élet ne legyen olyan egyszerű, a hőszigetelő-képesség jellemzésére egy másik mérőszámot is gyakran használnak, ez pedig nem más, mint a **hővezetési képesség**. A hővezetési képesség jellemzésére a **hővezetési tényező** szolgál, amelyet a görög λ (**lambda**) betűvel jelölnek.

Ezen a ponton talán érdemes feleleveníteni a fizika órákon tanultakat:

A **Kelvin** a hőmérséklet „hivatalos”, úgynevezett SI-mértékegysége, tulajdonképpen ugyanolyan hőmérsékleti skála, mint Celsius fok, csak másutt van a kezdőpontja: míg a Celsius-skála 0-pontja a víz fagyáspontjához kötődik, addig a Kelvin-skála 0-pontja az abszolút nulla fok (ezen a hőmérsékleten a molekulák már nem végeznek hőmozgást). Az átváltás:  $^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$

Mivel a két skála beosztása ugyanolyan, így két hőmérséklet **különbségére** ugyanazt az értéket kapjuk, akármelyik skálát is használjuk... Ha tehát nem akarunk nagyon hivatalosak lenni, mondhatjuk azt is, hogy az U-érték  $1^{\circ}\text{C}$  hőmérséklet-különbség hatására létrejövő hőáramot jelöl.

Ennél azonban fontosabb a **Watt** jelentése, hiszen az ehhez kapcsolódó W betű gyakran tűnik fel a mindennapi életben. 40, 60 vagy éppen 100 W-os (Wattos) izzókat teszünk a lámpánkba (a 100 W-os több fényt ad, de többet is fogyaszt – ezért is tiltották be), az áruházi katalógusokban 360 kWh/év fogyasztású hűtőszekrényrel találkozunk és – nem utolsósorban – kWh-ban mért fogyasztás után fizetjük a villanyszámlánkat.

A Watt bármiféle **teljesítmény** mértékegysége. (Ma már az autók forgalmi engedélyében is ez szerepel első helyen a lóerő (LE) helyett.)

Ha adott erővel mozgatunk valamilyen tárgyat, akkor ezzel **munkát végzünk**, a mozgatáshoz valamekkora **energia** szükséges (a kifejtett munka és a felhasznált energia ugyanazt takarja). **Minél messzebb** mozgatjuk az illető tárgyat, annál több energiára van szükségünk. Ugyancsak nagyobb munkára van szükség akkor is, ha **nagyobb erővel** teszünk mindezt - például azért, mert nehéz az illető tárgy.

A végzett munka (vagy másként a felhasznált energia) nagysága célszerűen a kifejtett erő és mozgatás távolsága szorzataként írható le. Ha az erőt Newtonban (N), a távolságot méterben (m) mérjük, akkor a munkát Joule-ban (zsúlban) (J) kapjuk.

$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m}$  (1 J munkával (energiával) 1 N erővel 1 m távolságra mozgathatunk egy tárgyat)

A **teljesítmény** valamiképpen a munkánk minőségét jellemzi. Minél gyorsabban végzünk el egy munkát, annál jobb, annál nagyobb a teljesítményünk. Ennek megfelelően a teljesítmény azt mutatja meg a fizikában is, hogy adott idő alatt mekkora munkát végeztünk el (minél többet, annál nagyobb a teljesítményünk). Számszerűsítve:

$$1 \text{ Watt (teljesítmény)} = \frac{1 \text{ Joule (munka v. energia)}}{1 \text{ secundum (idő)}}$$

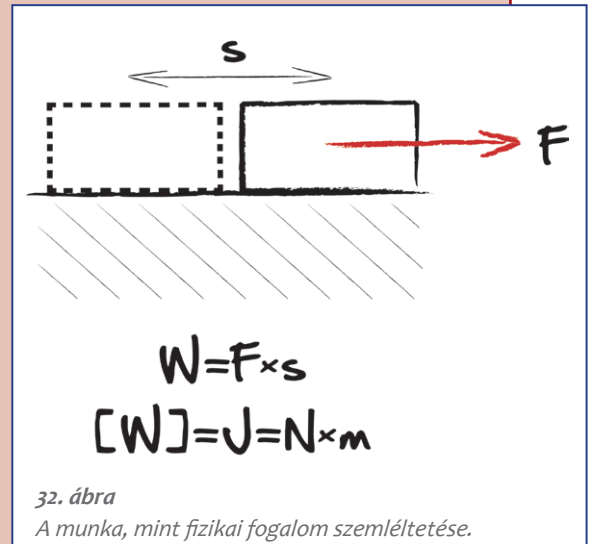
Aki figyelmesen olvasta ezt az összefoglalót, joggal mondhatja, hogy az U-érték előbb megadott (és egyébként általánosan használt) definíciója helytelen: eláramló **energia** helyett teljesítményt tartalmaz.

Az észrevétel teljesen jogos. Az **U-értékben** áttételesen jelenik meg az energia.

Mivel Energia (Joule) = Teljesítmény (W) x Idő (s), így **az U-érték igazán precíz definíciója:**

**az adott szerkezeti elem 1 m<sup>2</sup> felületén 1 K (vagy °C) kétoldali hőmérséklet-különbség hatására egységnyi idő (1 másodperc) alatt átáramló hőmennyiség (energia).**

A nagyobb teljesítmények leírásához a Watt ezerszeresét, a kilowattot (kW) használjuk és persze a másodpercek helyett használhatunk akár órákat is. Így kapjuk a ház teljes villamos energiafogyasztására kWh-ban a számlánkat.



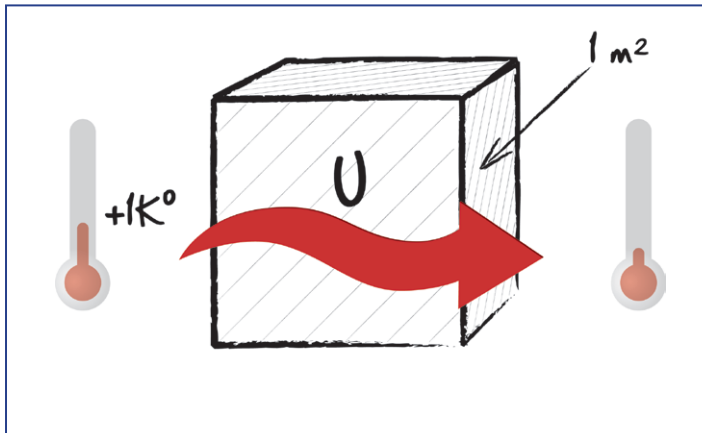
**A hővezetési tényező azt mutatja meg, hogy 1 Kelvin (K) hőmérséklet-különbség hatására mekkora hőáram (Joule) halad át egységnyi vastagságú (méter) felületen egységnyi idő (secundum) alatt.** (34. ábra)

Ennek megfelelően a hővezetési tényező mértékegysége:  $\text{J/smK} = \text{W/mK}$

Amíg tehát a hőátbocsátási tényező adott **felülettel** összefüggésben határoz meg hővesztéséget, addig a hővezetési tényező a **vastagsággal** van összefüggésben.

A hőszigetelő képesség mértékének kétféle megközelítése természetesen nem a felhasználók bosszantását szolgálja.

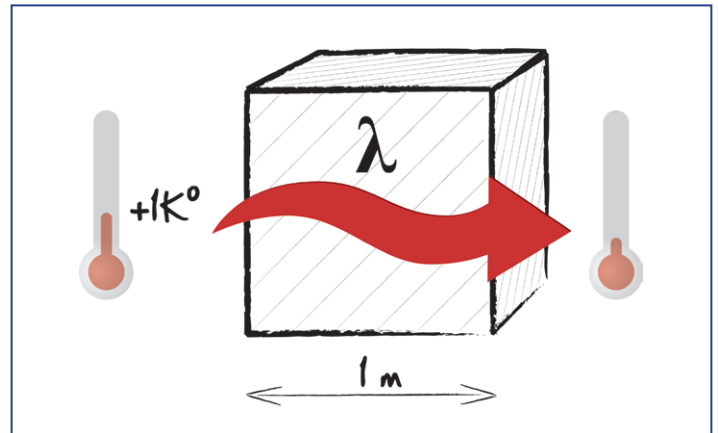
Természetesen itt is igaz, hogy minél kisebb az illető hőáram nagysága, annál jobb hőszigetelő képességű az illető szerkezeti elem. Azaz: **minél kisebb a hővezetési tényező, annál jobb hőszigetelő az illető építőelem.** A hővezetés ellentéte a hővel szembeni ellenállás. Érdemes tudni, hogy erre is létezik mérőszám, a **hővezetési ellenállás** (jele „R”). Értelmszerűen minél nagyobb (a nagyobbat is emeljük ki) ez az érték, annál jobb hőszigetelő az adott anyag



$$[U] = \text{W}/\text{m}^2\text{K}$$

33. ábra

A hőátbocsátási tényező ( $U$ ) az a hőmennyiség, amely egy adott szerkezeti elem  $1 \text{ m}^2$  felületén áramlik át egységnyi idő alatt, ha annak két oldala között  $1 \text{ K}$  (praktikusan  $1^\circ\text{C}$ ) hőmérséklet-különbséget hozunk létre. Minél kisebb ez az átáramló hőmennyiség, annál jobb hőszigetelőnek tekinthető az adott szerkezeti elem.



$$[\lambda] = \text{J}/\text{smK} = \text{W}/\text{mK}$$

34. ábra

A hővezetési tényező ( $\lambda$ ) anyagjellemző (tehát nem adott szerkezeti elemre vonatkozik, hanem annak anyagát jellemzi). Annak a hőáramnak a nagyságát mutatja, amely az adott anyag egységnyi vastagságán áthalad, amennyiben annak két oldala között  $1 \text{ K}$  (praktikusan  $1^\circ\text{C}$ ) hőmérséklet-különbséget hozunk létre. Minél kisebb ez a létrejövő hőáram, annál jobb hőszigetelő az adott anyag.

**$\lambda$  nem egyenlő  $U$ -érték!**

Vigyázat! Első pillantásra nagyon könnyű összekeverni a két, hőszigetelést jellemző mérőszámot. (Elvégre mindössze egyetlen, kitevőben található 2-es a különbség a mértékegység nevezőjében...) **Anyagok összehasonlításakor  $U$ -értéket  $U$ -értékkel,  $\lambda$ -értéket  $\lambda$ -értékkel vessünk össze!**

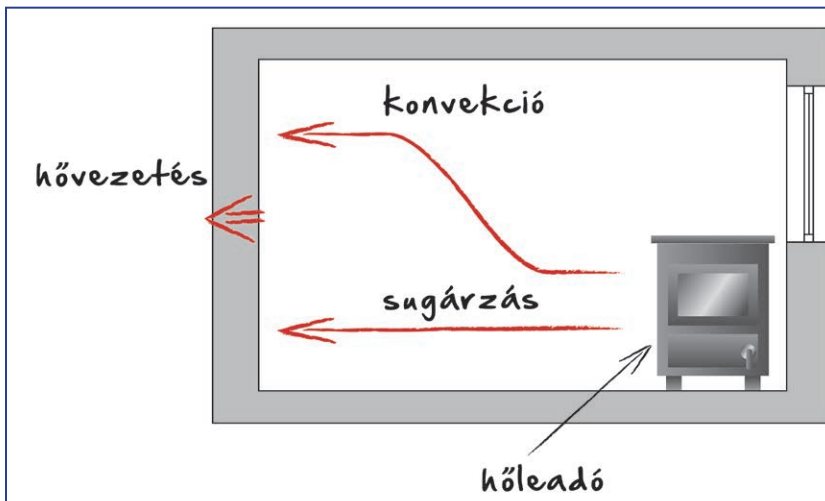
Egyes gyártók ügyesen „sakkoznak” ezzel a kétféle mutatóval... Például csak a gyakorlatban kisebb értéket jelentő  $\lambda$ -értéket tüntetik fel, amelyet felületen szemlélő a más prospektusokban általánosan szereplő  $U$ -értékkel hasonlít össze.

Otthonunk határoló szerkezetei (falak, födémek, tető) szilárd anyagok, így bennük a **hő vezetéssel** terjed (emlékezzünk a hőáramlás 4.1.1. fejezetben ismertetett fajtáira!).

A **hővezetési tényező** ( $\lambda$ ) azt mutatja meg, hogy adott anyagban mennyire jól, mennyire gyorsan tud terjedni a hő. (Emlékezzünk a korábban felhozott példára a fém kötőtűről és a fapálcikáról.)

A hővezetési képesség – és így a hővezetési tényező is – **anyagjellemző**, így elsősorban **homogén** (azaz egynemű) anyagok esetében szokták ezt a paramétert használni.

Tipikus példát jelentenek erre a hőszigetelő anyagok, amelyek **anyagát** jellemzi a  $\lambda$ -érték. Ennek alapján egy 4cm vastag hőszigetelő tábla  **$\lambda$ -értéke ugyanakkora**, mint egy ugyanolyan anyagból készült 10 cm-esé – elvégre mindkettő egyformán (rosszul) vezeti a hőt. Természetes azonban, hogy ha ezekből a táblákból hőszigetelő **szerkezetet** építünk, akkor a 10 cm vastag szerkezet jobb hőszigetelést fog jelenteni, mint a 4 cm-es! Elvégre a hőnek az előbbi esetben nagyobb akadályt kell legyőznie.



7.35. ábra

A fűtőtesttől a hő részben sugárzás, részben konvekció útján terjed (ez utóbbi a levegő „segítségével” – itt a meleg levegő felszáll és csak a hideg felületek közelében (lehűlve) fordul ismét a talaj felé). A szilárd falazatban a hő hővezetés útján terjed. A hő mindig a meleg helyről a hidegebb felé terjed.

Adott szerkezet hőszigetelő képessége tehát két tényezőtől függ:

- **Mennyire jó hőszigetelő** (azaz mennyire rossz hővezető képességű) anyagból készült a szerkezet – ezt jellemzi a szerkezetet alkotó anyag hővezetési tényezője (a hővezetés akadálya ilyen értelemben az anyag szerkezeti felépítésben rejlik).
- **Milyen vastag** akadályt állítunk adott anyagból a hő útjába (az akadályt ilyen értelemben a leküzdendő „hőgát” szélessége jelenti).

Ugyanaz a hőszigetelő-képesség így kétféleképpen is elérhető:

- Nagyobb vastagságban használt gyengébb hőszigetelő-képességű anyagból,
- Kisebb vastagságban használt jobb hőszigetelő-képességű anyagból (36. ábra).

Adott **szerkezetre** nézve tehát a hővezetési tényező ( $\lambda$ -érték) csak egyik összetevője a hőszigetelő-képességnek. Tovább bonyolítja a dolgot, hogy a legtöbb szerkezet több különböző anyagból épül fel (például a falazatra külső hőszigetelés kerül), melyeknek mind különböző a  $\lambda$ -értéke.

Ezt a problémát hidalja át az U-érték, amelyben már nem szerepel – közvetlenül – a vastagság. Az **U-érték** ilyen módon nem anyagjellemző, hanem **egy adott konkrét szerkezet** hőszigetelő-képességét jellemzi. Egy olyan szerkezetét, amely különböző vastagságú és különböző  $\lambda$ -értékű anyagokból épül fel.

Természetesen van **összefüggés a hőszigetelő képesség jellemzésére használt U-érték és a hővezetés jellemzésére használt  $\lambda$ -érték között**, amelyet a teljesség kedvéért (kissé leegyszerűsítve) ide is másolunk:

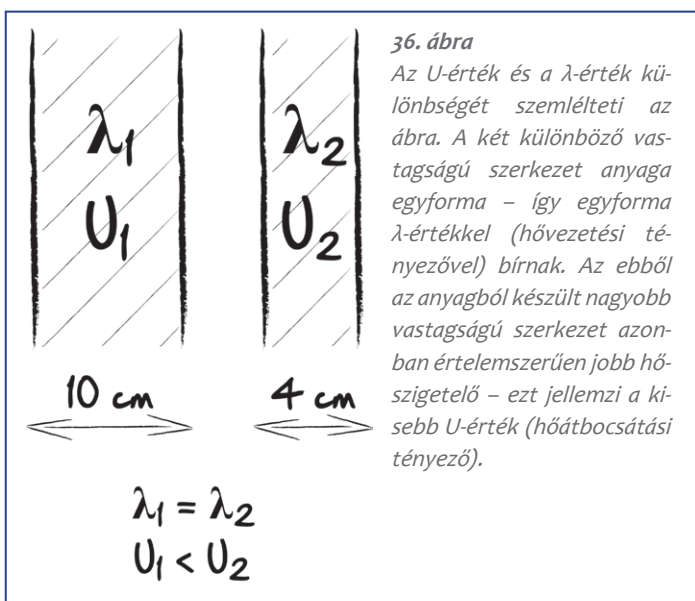
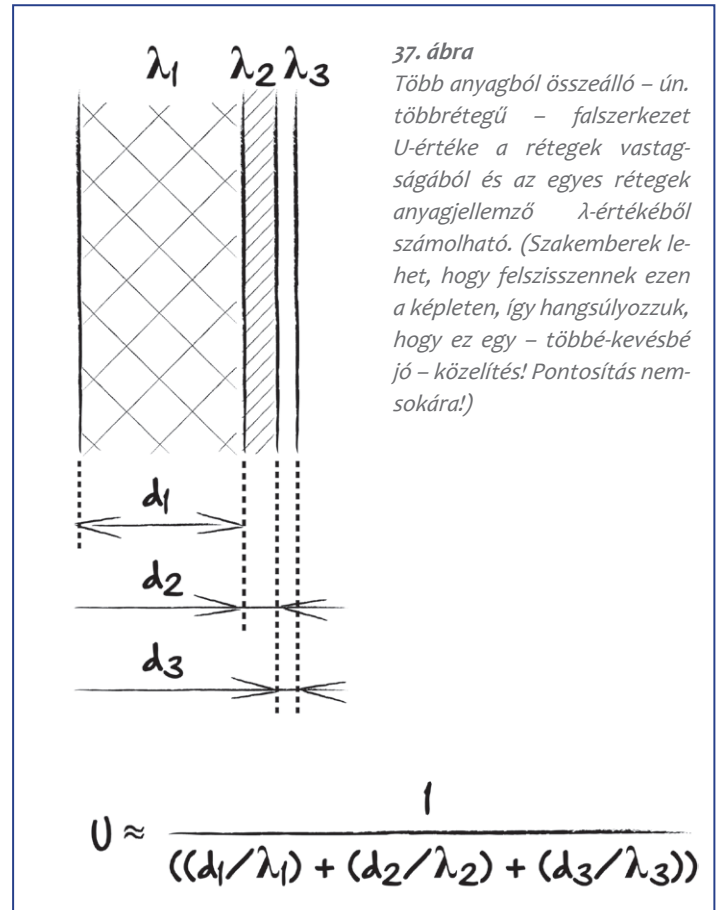
$$U \approx 1 / ((d_1/\lambda_1) + (d_2/\lambda_2) + \dots)$$

A nevezőben szereplő egyes tagok egy-egy homogén szerkezeti elem tulajdonságait jelentik: „d” a vastagságát, „ $\lambda$ ” a hővezetési tényezőjét (37. ábra).

**Még egyszer: a  $\lambda$  tehát anyagjellemző, az U-érték pedig egy teljes szerkezetre nézve jó mérőszám.**

Az alábbi ábra egy olyan tipikus falszerkezet kapcsán értelmezi a fenti képletet, ahol a falazóelemre még egy külső hőszigetelés is került (erről majd részletesebben is lesz szó a többretegű falszerkezetek tárgyalásakor).

Egy kicsit tanulmányozva a képletet, könnyen belátható az, amiről már korábban szó esett: **az U-érték-**



**ben megjelenő hőszigetelési képesség kétféleképpen javítható:** vagy az egyes **rétegvastagságok növelésével** vagy minél kisebb hővezetési képességű (**minél alacsonyabb  $\lambda$ -értékű**) anyagok felhasználásával.

A prospektusokban homogénnek tekinthető anyagok esetében többnyire a  $\lambda$ -értéket adják meg. Homogénnek nem tekinthető anyagok esetében inkább az U-értéket találjuk majd meg a különböző leírásokban. Érdekes és jó példát jelentenek erre a különböző vastagságú modern blokkteglák. Míg a hagyományosnak mondható kisméretű tömör téglák valóban homogénnek voltak mondhatók, addig a lyukacsos modern téglák valójában az égetett agyag váz és a lyukakba zárt levegő kombinációjából épülnek fel és látják el funkciójukat – tehát már korántsem tekinthetők egyneműnek. (Azért ezek esetében is meg szokták adni az ún. egyenértékű hővezetési tényezőt).

A teljesség kedvéért egy kiegészítést is kell tenni. Minden szerkezet felülete érintkezik a környezetével. A felület és a környezet között is zajlik egy hőcsere-folyamat (ez hőátadást és sugárzást egyszerre jelent). Ennek a speciális hőcsere-nek a jellemzésére is szolgál egy mérőszám, az ún. hőátadási tényező ( $\alpha$ , mértékegysége  $W/m^2K$ ). A belső oldali hőátadásra „i”, a külső oldalra „e” index utal. Egy falszerkezet esetében a hő útja részletezve: szoba levegője  $\rightarrow$  levegő-belső falfelület  $\rightarrow$  falazat  $\rightarrow$  külső falfelület-külső levegő  $\rightarrow$  külső levegő.

A felület-környezet közötti hőcsere-t is figyelembe véve egy szerkezet U-értékének egzakt meghatározása:

$$U = \frac{1}{((1/\alpha_i) + (d_1/\lambda_1) + (d_2/\lambda_2)) + (d_3/\lambda_3) + (1/\alpha_e)}$$

A  $d/\lambda$  értéket egyébként az adott réteg vezetési ellenállásának nevezzük.

A fenti képlet szerint az egyes rétegek vezetési ellenállásai összeadódnak.

Az egyszerűbb számolás kedvéért mi eddig is, és ezt követően is elhanyagoljuk a felületi hőcsere-t. (Az általunk elhanyagolt felületi hőcsere például akkor nem lenne lényegtelen, ha egy szélnek kitett – például északi – falszerkezetet vizsgálnánk, ahol éppen ezen tényező miatt lenne nagyobb a hőveszteség a többi fal-felülethez képest.)



38. ábra

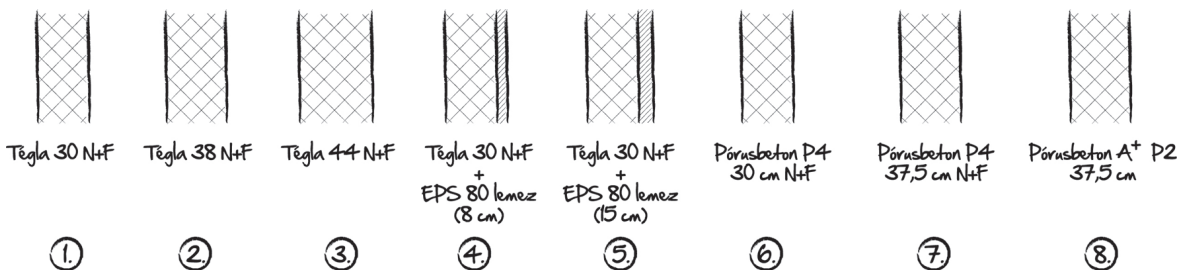
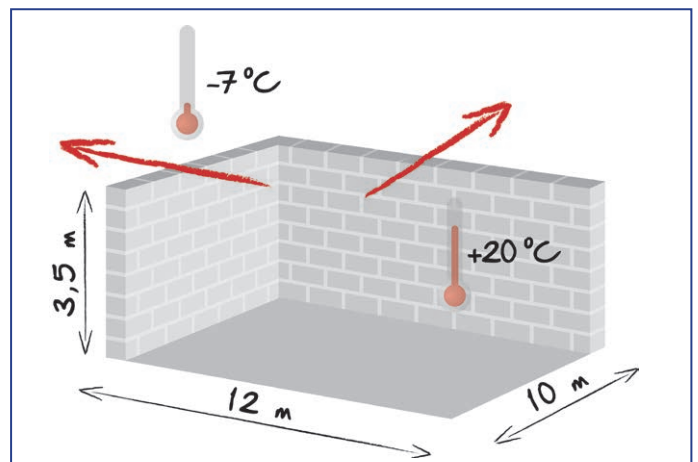
Jellemző hőmérséklet-eloszlások egyrétegű szerkezetekben (a. és b., a b. jobb hőszigetelő), illetve külső (c), vagy belső (d) hőszigeteléssel ellátott szerkezetekben. Mint már a 11. ábránál is utaltunk rá, a szerkezet felületi hőmérséklete mindig eltér a környező levegő hőmérsékletétől.

### 4.1.2. Egy mintaszámítás – avagy mennyit spórolhatunk jobb U-értékű szerkezettel? (S már szinte profinak fogjuk érezni magunkat!)

Akinek van kedve, az elvégezhet egy egyszerű számítást, amely jól mutatja az **U-érték jelentőségét – immáron a költségek nyelvére lefordítva.**

Az egyszerűség kedvéért most **csak a határoló falakon** átáramló hőt vesszük figyelembe. (Ha visszaemlékszünk a 31. ábrára, akkor azért fontos megjegyezni, hogy ez a hőveszteségnek csak egy töredéke!)

Tételezzük fel, hogy házunkat minden oldalról egyforma falak veszik körül, amelyekből most kihagytuk a nyílászárókat (épp azért, hogy a falak „egyformák” legyenek). Mintaépületünk földszintes lesz és  $120\text{ m}^2$  alapterületű. Ez utóbbi  $10 \times 12$  méteres oldalakkból áll össze, a magasság legyen  $3,5$  méter (hogy könnyebb legyen számolni). (39. ábra)



39. ábra

A mintaszámítás falszerkezeteinek szemléltetése.

Képzeld el, hogy egy téli éjszakán odakint  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig süllyed a hőmérséklet, míg mi bent egy  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű szobában szeretnénk tartózkodni (ez utóbbi állapotot természetesen fűtéssel kell biztosítanunk).

Nyolc épületszerkezetet fogunk bemutatni.

Egyik esetben a fal egyszerűen 30 cm vastag blokktéglából épül fel, a másodikban az utóbbi években legáltalánosabban használt 38 cm vastag blokktéglából, a harmadikban a legjobban hőszigetelő 44 cm-es falazóblokkból. A negyedik variációban a 30 cm vastag téglára 8 cm polisztirol (népszerű nevén „hungarocell”) hőszigetelést teszünk, az ötödikben pedig 15 cm-t. Hatodikban 30 cm vastag P4 pórusbeton falazóelemet használunk, hetedik esetben ugyanezt 37,5 cm vastagságban, végül a nyolcadik variációnál a legújabb fejlesztésű, 37,5 cm vastag A+ P2 pórusbeton falazóelemet. Elővéve néhány termékprospektust, az alábbi értékeket találjuk (a márkanéveket mellőzve):

Építőelem	U-érték (W/m <sup>2</sup> K)	λ-érték (W/mK)
Tégla 30 N+F	0,49	0,165
Tégla 38 N+F	0,41	0,169
Tégla 44 N+F	0,3	0,141
Pórusbeton P4 30 cm N+F	0,45	
Pórusbeton P4 37,5 cm N+F	0,37	
Pórusbeton A+ P2 37,5 cm	0,25	0,092
EPS 80 hőszigetelő lemez		0,039

1. táblázat

A hat egyrétegű (azaz csak falazatból álló) falvariációnál már rendelkezünk az U-értéssel, a kétrétegű falak esetében azonban ezt még ki kell számolnunk – az előbb megismert képlet segítségével.

Például a 8 cm-es szigetelést tartalmazó 4. számú esetre:  $U = 1 / ((0,3/0,165) + (0,08/0,039)) = 0,258$

A 15 cm-es szigetelés (5. variáció) esetére:  $U = 1 / ((0,3/0,165) + (0,15/0,039)) = 0,177$

A nyolcféle szerkezet U-értéke tehát a következő:

Szerkezet	U-érték (W/m <sup>2</sup> K)
Tégla 30 N+F	0,49
Tégla 38 N+F	0,41
Tégla 44 N+F	0,3
Tégla 30 N+F + 8 cm EPS	0,258
Tégla 30 N+F + 15 cm EPS	0,177
Pórusbeton P4 30 cm N+F	0,45
Pórusbeton P4 37,5 cm N+F	0,37
Pórusbeton A+ P2 37,5 cm	0,25

2. táblázat

A hőmérséklet-különbség a belső és a külső tér között jelenleg  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a ház teljes határoló felülete  $(2 \times 10 \times 3,5) + (2 \times 12 \times 3,5) = 154\text{ m}^2$ .

Emlékszünk még az U-érték definíciójára?  $U = \text{hőmennyiség} / \text{felület} \times \text{hőmérséklet-különbség}$

Mi most arra vagyunk kíváncsiak, hogy az egyes szerkezeti variációk mellett mennyi hő távozik a falakon keresztül (másodpercenként) – tehát a képletből a hőmennyiséget kell „kifejeznünk”:

Hőmennyiség =  $U \times \text{felület} \times \text{hőmérséklet-különbség}$

Az adatokat lásd a 3. táblázatban. Az utolsó oszlopban szereplő értékek a ház hőveszteségét jelentik az adott szituációban.

Első pillantásra is látható, hogy a téglafalak esetében a falvastagság növelése kb. 15%, illetve kb. 30%-kal csökkentette a hőveszteséget, a járulékos hőszigetelés pedig közel 50%, illetve kb. 65%-kal mérsékelte. A pórusbeton esetében is hasonló értékeket kapunk – itt a passzívházakhoz kifejlesztett speciális falazóelem alkalmazása jelent majd 50%-os megtakarítást. (Hangsúlyozni kell: a feltételezett időjárási viszonyok mellett).

Még egy utolsó lépést tegyünk meg: próbáljuk meg „pénzre váltani” a most kapott értékeket.

Ehhez egy gázszámlát hívunk segítségül.

3. táblázat

Szerkezeti variáció	Számítási mód	Eláramló hőmennyiség
30 cm vastag téglafal	$0,49 \times 154 \times 27$	<b>2037 W</b>
38 cm vastag téglafal	$0,41 \times 154 \times 27$	<b>1705 W</b>
44 cm vastag téglafal	$0,3 \times 154 \times 27$	<b>1247 W</b>
30 cm vastag téglafal + 8 cm hőszigetelés	$0,258 \times 154 \times 27$	<b>1073 W</b>
30 cm vastag téglafal + 15 cm hőszigetelés	$0,177 \times 154 \times 27$	<b>736 W</b>
30 cm vastag pórusbeton fal (P4)	$0,45 \times 154 \times 27$	<b>1871 W</b>
37,5 cm vastag pórusbeton fal (P4)	$0,37 \times 154 \times 27$	<b>1538 W</b>
37,5 cm vastag A+ pórusbeton fal (P2)	$0,25 \times 154 \times 27$	<b>1039 W</b>

A gázfogyasztásunkat  $\text{m}^3$ -ben mérjük. A számlán azonban szerepel a fűtőérték is, amely megmutatja, hogy  $1 \text{ m}^3$  gázból mekkora energia szabadul fel – ezt MJ-ban adják meg. Ettől sem kell megijedni, a „Mega” (M) előtag csak azt jelenti, hogy az alapmennyiség, jelen esetben a Joule (J)  $1\,000\,000$ -szorosáról van szó. A Joule és a Watt közötti összefüggésről is volt már szó:  **$1 \text{ W} = 1 \text{ J} / 1 \text{ s}$**

Már csak számolnunk kell. Természetesen egy időintervallumot is meg kell adnunk, amely alatti hővesztéséget szeretnénk meghatározni. Legyen ez 1 nap (azaz  $86\,400 \text{ s}$ ). A számításnál  $2,659 \text{ Ft/MJ}$  gázzal kalkuláltunk. (Bár a rezsicsökkentés miatt a gáz ára csökkent, mi mégsem változtattunk az 1. kiadás kiindulási adatain. Lényegesnek a számítási módot és a belőle adódó arányokat tartjuk. Meg egyébként is: ki tudja, mit hoz a jövő?)

4. táblázat

Eláramló hőmennyiség	Számítási mód (1 napra)	Hővesztés ár 1 nap alatt (csak a falakon keresztül!)
2037 W	$(2037 \times 86.400 \times 2,659) / 1.000.000$	468 Ft
1705 W	$(1705 \times 86.400 \times 2,659) / 1.000.000$	392 Ft
1247 W	$(1247 \times 86.400 \times 2,659) / 1.000.000$	286 Ft
1073 W	$(1073 \times 86.400 \times 2,659) / 1.000.000$	246 Ft
736 W	$(736 \times 86.400 \times 2,659) / 1.000.000$	169 Ft
1871 W	$(1871 \times 86.400 \times 2,659) / 1.000.000$	430 Ft
1538 W	$(1538 \times 86.400 \times 2,659) / 1.000.000$	353 Ft
1039 W	$(1039 \times 86.400 \times 2,659) / 1.000.000$	239 Ft

A matematikát kevésbé kedvelők számára lehet hogy túlonatúl fáradtságos vagy éppen unalmas volt ez a számolás, de házépítőként több tanulsággal is szolgál – már most.

**1.** A legfontosabb nem is tanulság, hanem haszon. A fenti módszert követve mostantól bármikor Önök is elvégezhetnek hasonló számításokat, összehasonlítva különböző szerkezeteket.

Láthatják, hogy alkalmazásukkal mit nyerhetnek és ezzel szembeállítva egy-egy konstrukció bekerülési költségét, meg tudják ítélni döntéseik megtérülését.

**2.** Ez a vázlatos számítás arra is rávilágíthatott, hogy a hőszigetelés kérdését nem szabad alábecsülni, elvégre egy-két apró változtatással jelentős mértékben csökkenthetjük házunk hővesztését! De nem szabad ugyanakkor misztifikálni sem. A bemutatott műszaki megoldások között (hangsúlyozottan mai energiaárakon számolva) legfeljebb  $299 \text{ Ft/nap}$  különbség adódott. Ha egy évben 5 hónapot tételezünk fel hasonló időjárási körülményekkel (ami valljuk be, elég peszsimista feltevés), akkor évente bő  $45\,000 \text{ Ft}$ -ot spórolhattunk meg.

**3.** Azért ne felejtkezzünk el arról, hogy megítéljük a felhozott példa realitás-tartalmát. Jó is lenne, ha egy  $120 \text{ m}^2$ -es alapterületű házat a kiszámolt költségekkel „ki lehetne fűteni”!

Egyrészt látni fogjuk, hogy egy fal legjobb hőszigetelő eleme éppen a falazóelemekből épült – viszonylag „tömör” - falazat (most ilyennek feltételeztük valamennyi határoló felületet). A nyílászárók és a föléjük kerülő áthidalók beépítése – szükségszerűen – rontja a fal itt bemutatott hőszigetelő képességét.

Ami azonban még ennél is lényegesebb: az oly sokszor idézett 31. ábrán láthattuk, hogy egy ház hővesztésének mindössze  $30\text{--}40\%$ -a távozik átlagosan a falakon keresztül – a kiszámolt megtakarítási lehetőség tehát csak erre a részre vonatkozik.

Természetesen „tudományosabb” módja is van az éves fűtési (és hűtési) hőszükséglet meghatározásának. Erre a célra szolgál az ún. éves fűtési (és hűtési) hőfokhíd fogalma. Megnézzük, hogy az adott helyiségben hány olyan nap van egy évben átlagosan, amikor a napi átlaghőmérséklet már olyan alacsony lesz, hogy célszerű bekapcsolni a fűtést. (Ez nagyjából 14 °C hőmérsékletet jelent.) Előkeresik, hogy az adott helyen a fűtési napok alatt mennyi az átlaghőmérséklet, végezetül pedig meghatároznak egy elvárt belső hőmérsékletet. Ha például egy városban 190 napig van egy évben az átlaghőmérséklet 14 °C alatt, s ezen időszak alatt 4 °C az átlaghőmérséklet, akkor a 22 °C belső hőmérséklethez tartozó éves hőfokhíd:  $G_{22/14} = (22-4) \times 190 = 3\,420$  °C nap.

Ebből már korrektül számítható egy éves fűtési hőigény. (Hűtési hőfokhídnál értelemszerűen a lehűtött belső hőmérséklet szerepel a képletben.)

Az összes határoló szerkezeten ennek az energiának közel négyszerese távozik el! (Ez azért már tetemes veszteség- anyagiakban kifejezve is...)

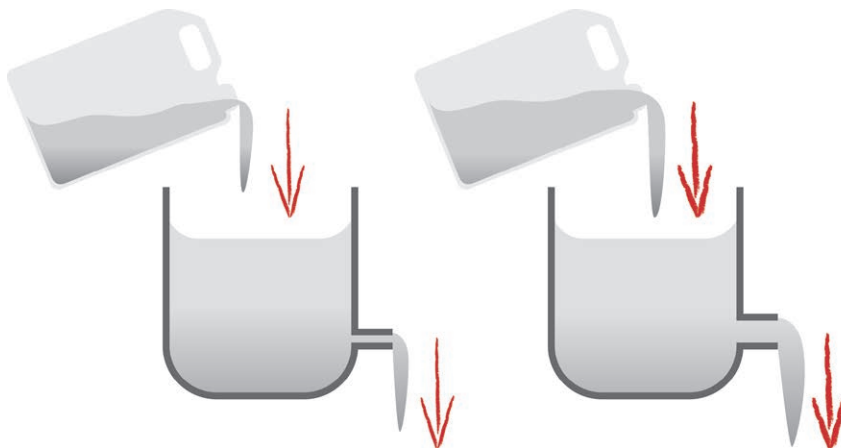
Végezetül felhívjuk a figyelmüket arra, hogy tökéletes hőszigetelés, olyan, amely teljes mértékben meggátolja a hő áramlását, nincs.

A melegebb helyről a hő mindenképpen a hidegebb felé fog áramlani és egy idő után létrejön a hőkiegyenlítődés. A kérdés csak az, hogy mindez **mennyi idő alatt** megy végbe.

Mindezt úgy képzelhetjük el, mintha egy tartályba vizet töltenénk, ami egy alsó csövön keresztül tud elfolyni (40. ábra). Azt szeretnénk, hogy a tartályban mindig azonos magasságú legyen a vízszint. (Az analógiában: adott állandó hőmérséklet uralkodjon a helyiségben.)

Ha kicsi a cső átmérője (az analógiában: jó hőszigetelő az adott szerkezet), akkor csak lassan folyik ki a folyadék, lassan kell csak utántölteni (az analógiában: kevésbé intenzíven kell fűteni). Ha egy vastagabb csövön keresztül gyorsabban fogy a víz, akkor folyamatosan kell gondoskodni az utánpótlásról.

Ezért is célszerű az U-értékhez mindig hozzágondolni, hogy az **egységnyi idő alatti hőveszteséget** jellemez.



40. ábra

Azonos vízszint tartásához több vizet kell egységnyi idő alatt utántölteni annál az edénynél, amelyből bő csövön távozik a víz. A hőveszteség pótlását is ugyanígy kell elképzelni: ha a rossz hőszigetelésen több hő távozik el, akkor egységnyi idő alatt több hőmennyiség kell az állandó belső hőmérséklet fenntartásához.

#### 4.1.3. A hőtároló (hőcsillapítási) képesség

Emlékeznek még arra, hogy hővezetéskor a hő a szilárd anyagban részecskéről részecskére terjed? A kapott energia nagyobb és nagyobb rezgésekre készíti a részecskéket, amelyek **egy idő után** már elérik a szomszédjukat, meglökkik és továbbadják energiájuk egy részét. (3. ábra)

Ahhoz, hogy a „betáplált” energia **átérjen** egy ilyen részecskesoron, időre van szükség (ezért is mondtuk, hogy a hőszigetelő képesség valamiképpen késleltetést jelent). A köztes időszakban a betáplált energia egy része magában a szilárd anyagban **„tárolódik”**.

Minél „több anyagból” (azaz minél több részecskéből) áll a szerkezet, annál **hosszabb időt** vesz igénybe a (hő) energia átjutása (és ezzel együtt annál nagyobb az időközben bezárt energia).

Ha a szilárd anyag olyan kristályszerkezettel rendelkezik, amelyben erősen kötöttek a részecskék, akkor a folyamat még lassúbb. Ilyenkor ugyanis a kristályrácsban rögzített részecskéket még nehezebb olyan rezgésbe hozni, amely már eléri a szomszédjukat.

Amely anyagon lassan ér át a hő, annak nagy a **hőcsillapítása**. Mivel az ilyen anyagok sok hőt tárolnak el magukba, ezért más megfogalmazással élve nagy a **hőtároló képességük**.

A magyarázatból következően a hőcsillapítás is **anyagtól függő** jellemző.

A nagyobb hőcsillapítás – mivel **lassítja a hő elillanását** – mindenképpen hasznos a hőszigetelés szempontjából.

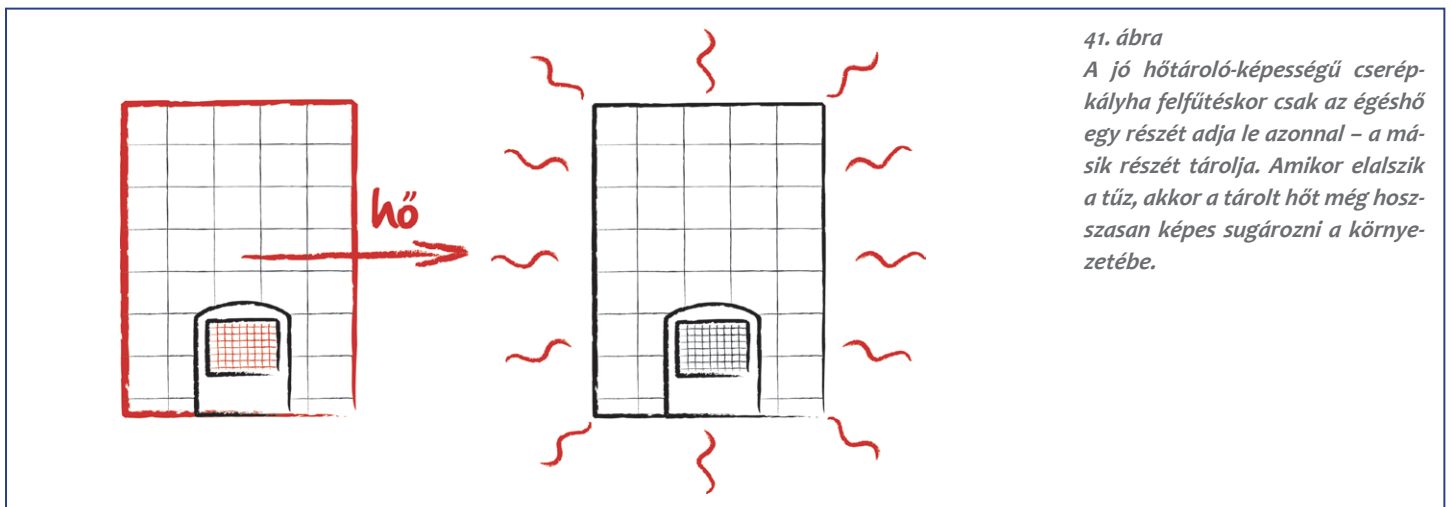
Az anyagban eltárolt hő azonban más módon is hasznossá tehető.

Ne felejtjük el, hogy a hő mindig a magasabb hőmérsékletű helyről az alacsonyabb hőmérsékletű felé áramlik – annál gyorsabban, minél nagyobb a hőmérséklet-különbség.

Képzelnék maguk elé egy **cserépkályhát** (41. ábra). A tüzelőanyag elégetésekor keletkező hatalmas hőenergia csak lassan jut ki a szobába – a cserépkályha anyaga nagy hőcsillapítással (nagy hőtároló képességgel) bír. Viszont a magába zárt, **eltárolt hőt** még jóval azután is sugározza magából, miután az égetést befejeztük. Ha hidegebb a szoba, akkor gyorsabban adja le a beléje zárt hőt (hiszen nagy a hőmérséklet-különbség), ha viszont a szoba már felmelegedett, akkor a hőleadás lassul (hiszen a hőmérséklet-különbség is kisebb lesz). A fizika törvényei szerinti **„automatikus” hőmérséklet-szabályozás** jön létre.

A nagy hőcsillapítás igazán viszont **nyáron** előnyös. Gondoljanak bele, milyen jó érzés belépni a kánikulában egy régi kőtemplom vagy egy régi budai várbeli ház hűvös falai közé!

A nyári meleg ugyanúgy a hűvösebb helyre igyekszik, mint a téli fűtött szobalevegő. Csak most éppen a hőáramlás **iránya** változik meg. Ha azonban kellően nagy hőcsillapítású a szerkezet, akkor a meleg csak lassan halad befelé (nagy része még elnyelődik a szerkezetben). Ha sikerül elérni azt, hogy a délutáni forróságban a meleg ne érje el a szoba belsejét, akkor már félig nyert ügyünk van. Éjjel ugyanis általában visszahűl a levegő és a szerkezetben eltárolt hőmennyiség visszaadódik a hűvösebb tér irányába. Aztán a folyamat másnap kezdődhet előlről. (Ezt a folyamatot a 43. ábrán szemléltetjük.)



41. ábra

A jó hőtároló-képességű cserépkályha felfűtéskor csak az égéshő egy részét adja le azonnal – a másik részét tárolja. Amikor elalszik a tűz, akkor a tárolt hőt még hosszasan képes sugározni a környezetébe.

Bár a jó hőtároló képesség (nagy hőcsillapítás) ezek szerint mind télen, mind nyáron fontos, érdekes módon a legtöbb építőanyag esetében erre vonatkozóan semmiféle mérőszámot nem találnak az összehasonlításhoz. Ezért ökol szabályként azt tudjuk elmondani, hogy **minél nagyobb tömegű egy szerkezet, annál nagyobb a hőcsillapítási képessége**. (Kivételek persze mindig vannak, elvégre a hőtároló képesség valójában az anyagszerkezettel függ össze, nem a tömeggel. Speciális anyagszerkezet-kialakítással kisebb tömeg mellett is elérhető nagy hőcsillapítás.)

#### 4.1.4. A hőszigetelő képesség és a hőcsillapítás (hőtárolás) összefüggése

Bár látszólag egy töről fakadó dolgokról beszéltünk, a gyakorlatban mégis gyökeresen különbözik a két fogalom. Sőt. Általánosságban elmondható, hogy **amely anyag (szerkezet) jó hőszigetelő, az gyengébb hőcsillapítási képességgel bír!**

Miért van ez így?

Az eddigiekben kimondatlanul azt feltételeztük, hogy a határoló szerkezetek anyagai egynemű szilárd anyagok, amelyekben a **hővezetés** a korábban leírt módon jön létre.

Fontos azonban tudni, hogy a házépítéshez használt **szilárd anyagok** nagy része átlagos, vagy az alatti hővezetési képességgel bír. (5. táblázat)

Anyag	Átlagos hővezetési tényező (W/mK)
alumínium	237
acél	45-55
üveg	0,6-1
beton	1
plexi	0,184
homok	0,27
agyag	1,28
parafa	0,041
PVC	0,15
fa	0,14
levegő	0,02

5. táblázat Forrás: Wikipedia

Ezt az „alapul szolgáló” hőszigetelő képességet **mesterségesen javítják fel**. Erre a „feljavításra” szinte minden esetben a legolcsóbban hozzáférhető „adalékanyagot” használják: **a levegőt**.

**Az egy adott helyre bezárt, mozdulatlanságra kárhóztatott (tehát áramlásra képtelen!) levegő nagyságrendekkel jobb hőszigetelő képességekkel bír, mint a normál szilárd anyagok nagy része!**

Az építőanyagok gyártástechnológiájának egyik fontos része, hogy hogyan lehet bezárni a levegőt egy olyan anyag belsejébe, amely egyébként más tulajdonságait tekintve remekül alkalmas a házépítésre (például nagy a teherbírású vagy éppen kellően rugalmas).

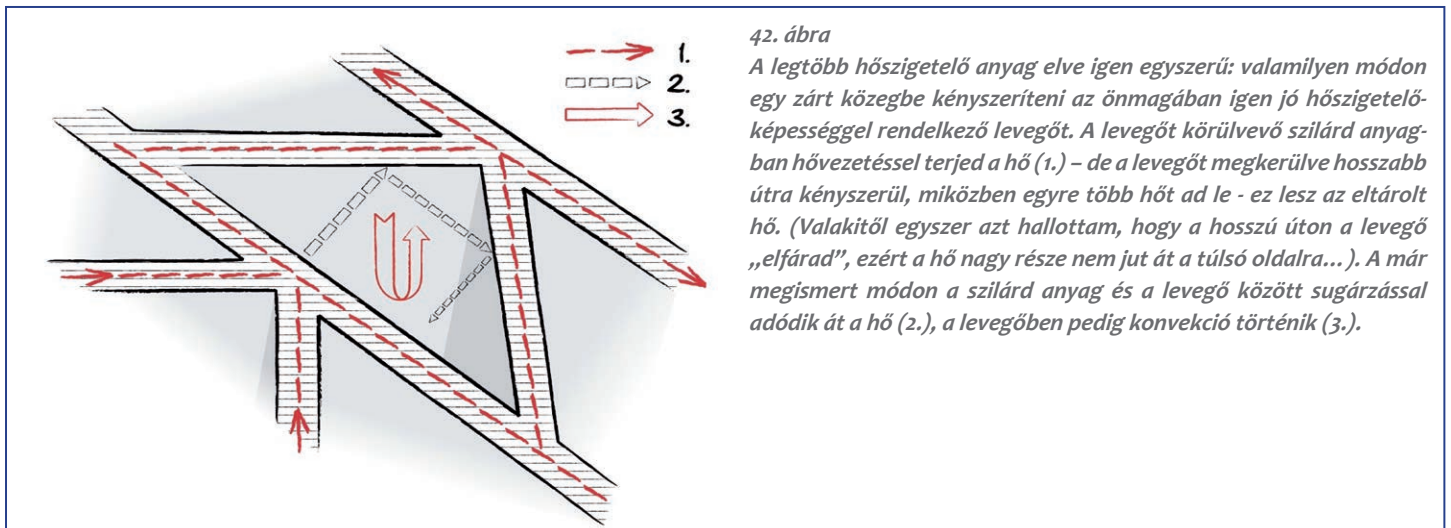
A levegő praktikusán gát a hő útjában, amely így jelentős kerülőutakra kényszerül – és ezáltal csak lassabban jut át az anyagon – így az jobb hőszigetelő lesz (42. ábra). (Emlékezzünk az U-érték „kibővített” definíciójára: **adott idő alatt** átáramló hőmennyiségről szól a képlet!)

Ha tehát egy anyagba sok levegőt tudunk bezárni, akkor jó **hőszigetelő** lesz. Ezzel egyidejűleg azonban relatíve kevesebb szilárd anyagot fog tartalmazni – márpedig ez az anyag, ez a tömeg képes csak a **hő eltárolására**.

Általánosságban ezért mondható el, hogy **a jó hőszigetelő anyagok kis tömegűek (hiszen nagy részük levegő), ami viszont hátrányos a nagy tömeget kívánó hőtárolás szempontjából**.

**Mind a hőszigetelés, mind a hőcsillapítás késlelteti a meleg levegő átjutását a hidegebb oldalra** – csak máshogy.

**Télen egyértelműen a hőszigetelés szerepe a fontosabb**. Ilyenkor ugyanis a hőáramlás iránya egyértelműen belülről kifelé mutat.



A hőtárolás abban segíthet, hogy például egy szakaszos fűtés mellett is viszonylag egyenletes szobahőmérséklet legyen elérhető, hiszen a lehűlő szobába „visszapótlódik” a szerkezetben tárolt hő (43. ábra).

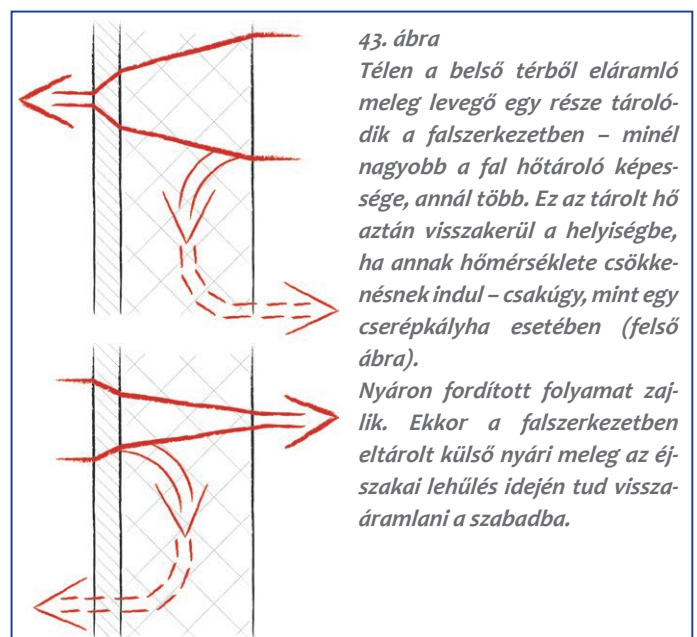
A hőszigetelés nyáron is hasznos, de csak korlátozott ideig képes késleltetni a fűtési energiánál nagyságrenddel nagyobb napsugárzás melegének lakásba jutását. **A nyári hővédelem szempontjából a hőcsillapításnak (hőtárolásnak) jut nagyobb szerep.**

Ilyenkor az eltárolt hő leadása „visszafelé” is történhet (éjszakánként).

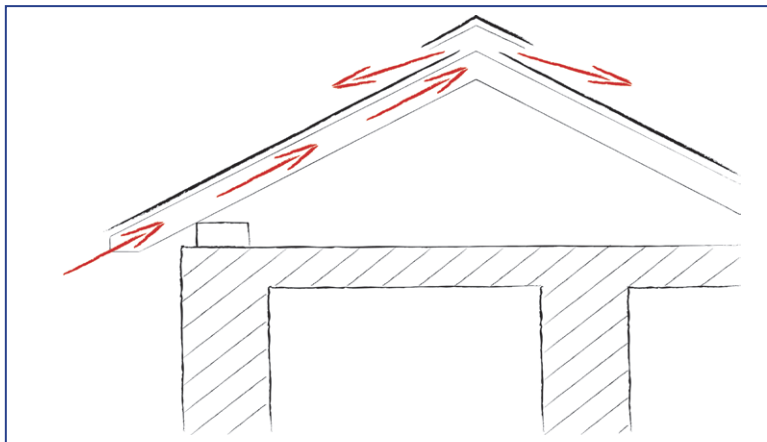
Nem szabad ugyanakkor megfeledkezni arról, hogy ezek a folyamatok a **visszajukra is fordulhatnak**.

Télen a nagy hőtároló képességű határoló szerkezetek csak lassan „telnek meg” meleggel, így egy ilyen lakást nem szabad kihűlni hagyni, mert csak nagyon lassan lehet újra felfűteni (addig a falak hideget fognak sugározni, ami semmiképpen nem tesz jót a lakóérzetünknek).

Ha viszont nyáron tartós a külső forrás, ha a szerkezet nem tud visszahűlni éjjel sem, akkor egy idő után teljes térfogata „megtelik meleggel” – amely ott el is raktározódik. Ezt követően hiába jön egy enyhébb, kevésbé forró időjárás, a falak még napok múlva is sugározni fogják a magukba zárt hőt.



Sokat javíthat a helyzeten az, **ha a szerkezetbe bekerülő meleg levegőt azon nyomban el is vezetjük** – így az nem tudja folytatni útját a belső helyiségek felé. Ezt a folyamatot nevezik az építészetben **átszellőztetésnek**, ami a nyári hővédelem egy igen hatékony módja.



44. ábra

Ezúttal egy tetőszerkezeten illusztráljuk az átszellőztetett szerkezet fogalmát. Azért, hogy a tetőtér ne melegedjen túl, ki kell szellőztetni. Erre megfelelő „járatot” kell kiképezni a tetőben: az alulról érkező levegő vagy a szellőzőcserepeken vagy a zárócserepénél távozik.

## 4.2. Hűtési költségek

Természetesen sokan felvethetik, hogy minek ennyit foglalkozni a nyári hővédelem kérdésével, amikor napjainkban már pár százezer forintos költséggel olyan klímaberendezést szereltethetünk fel a lakásunkban, amellyel bármikor bármekkora, számunkra megfelelő helyiség-hőmérséklet beállítható.

Ez természetesen igaz. Nem árt azonban tudni, hogy – a fizika törvényszerűségei alapján – **egy adott levegő 1 °C-kal történő hűtése háromszor annyi energiát igényel, mint ugyanennek a levegőnek 1 °C-kal történő felmelegítése!**

### 4.2.1. Megint csak egy kis számítás

Akinek van kedve, az most is végezzen egy gyors, körülbelüli kalkulációt!

Ismételten csak vegyük a már korábbi példánkban megismert „mintaházunkat” (39. ábra), és próbáljuk meg elkerülni a bonyolult számításokat. Szakemberek által is elfogadott ökölszabály, ha **egy ház hűtési teljesítmény-igényének meghatározásához az alábbi összefüggést használjuk:**

$$\text{Beépítendő hűtési teljesítmény} = \text{hűtendő léghöbméter} \times 40 \text{ (W)}$$

Esetünkben:  $120 \text{ m}^3 \times 3,5 \text{ m} \times 40 = 16\,800 \text{ W} \approx 17 \text{ kW}$

Megint nézzük meg, hogy mennyibe is kerül ez nekünk! Most az áramszolgáltató számlájára lesz szükségünk.

A könyv írásakor 1 kWh villamos energia kb. 35 Ft-ba került. Tételezzünk fel egy évben 5 hónapos (3600 óras) hűtési igényt.

A felhasznált villamos energiamennyiség:  $Q_{\text{vill}} = 17 \text{ kW} \times 3600 \text{ h} = 61\,200 \text{ kWh}$

Ennek ára:  $\text{Költség} = 61\,200 \text{ kWh} \times 35 \text{ Ft/kWh} = 2\,142\,000 \text{ Ft}$

Reméljük elborzadtak. Természetesen nagy valószínűséggel senki nem hűti 5 hónapon keresztül folyamatosan az egész lakását – de azért az üzemeltetési költségek mindenképpen elgondolkodtatóak.

Egy biztos: **meleg nyáron a hűtésre felhasznált energiáért jó eséllyel fizethetünk többet, mint egy enyhébb télen a fűtésért!**

Érdeemes tehát a gépi hűtést csak akkor igénybe venni, amikor tényleg nagy szükség van rá.

A ház megfelelő tájolása (erről már esett szó), természetes és mesterséges árnyékolók alkalmazása, nagy tömegű, nagy hőtehetetlenségű szerkezeti elemek felhasználása (ezekről pedig lesz szó) mind segíthet a nyári hőség távoltartásában. Arról is szólunk majd később, hogy a légkondicionálás maga is megoldható alternatív, tehát nem hálózati áramot használó módon.

## 4.3. Karbantartási költségek

Tévedés lenne azt hinni, hogy egy ház üzemeltetési költségein csak a havi közüzemi számlák kifizetését kell érteni. Hosszabb időtávlatban gondolkodva (egy ház esetében csak ez a megengedhető!) **egy házat karban is kell tartani.** Már az anyagválasztásnál is érdemes odafigyelni az **élettartamokra.** Milyen gyakran kell cserélni például egy ereszcatornát, milyen gyakran kell(ene) kívülről „újrapucolni” a házat – és így tovább. Szándékaink szerint ezzel a témával majd a harmadik kötetben foglalkozunk részletesen.

#### 4.4. Értékmegőrzés

Egy ház nem csak életterünk, de egyszersmind **befektetésünk** is. **Érték**, amelyben jelentős pénzünk fekszik. Kerülhetünk olyan élethelyzetbe, amikormégis meg kell válnunk tőle. Ilyenkornem mindegy, hogy amit **mi** értéknek gondolunk, azt mások is annak vélik-e. Egy telek kiválasztásánál, az alaprajz kialakításánál és bizony a beépített építőanyagoknál is érdemes figyelembe venni azt, hogy mindez értéket jelentsen akár mások számára is. Ilyen tekintetben igenis érdemes megőrizni minden információt a beépített anyagokról, hogy ezt akár évek múlva továbbadhassuk a potenciális érdeklődőknek. De akár már hamarabb is szembesülhetünk a mások általi értékmeghatározással. Ha nem vettünk figyelembe minden fontos szempontot az építkezésnél, akkor lehet hogy azt kell tapasztalnunk, hogy elkészült házunkra nem, vagy csak igen drágán köt biztosítást a biztosító!

### 5. Mi kell ahhoz, hogy házunk gazdaságosan legyen megépíthető?

A 4. fejezet a gazdaságos **üzemeltetésről** szól: mennyibe kerül majd fenntartani a házunkat.

Ezt megelőzően persze fel is kell épülnie a háznak – és természetesen nem mindegy, hogy mennyi pénzt kell kifizetni az építkezésért **most**.

Ezzel a témával foglalkozunk részletesen a második kötetben. Soha ne felejtsek azonban, hogy **a gazdaságosság nem egyenlő az olcsósággal!** „Olcsó húsnak híg a leve” – tartja a bölcs magyar mondás, és ez az esetek többségében tökéletesen illik egy olyan, hosszú távú értéket jelentő beruházásra, mint amilyen egy családi ház.

Néhány gondolat ezzel kapcsolatban.

#### 5.1. Célok konkretizálása

Minél pontosabban tudjuk, hogy mi a célunk, annál nagyobb a valószínűsége, hogy olyan (műszaki) megoldásokat tudunk választani házunkra, amelyek optimálisához közeli eredményt hoznak.

Így elkerülhető, hogy feleslegesen adjunk ki pénzt olyan dolgokra, amelyekre jó eséllyel sem most, sem később nem lesz igazán szükségünk, viszont spóroljunk olyan elemeken, amelyek alapvetően befolyásolni fogják életünket elkészült otthonunkban – akár lakóérzeti, akár üzemeltetési szempontból.

Ne divatok alapján döntsenek, ne okvetlenül azt vegyék meg, amit a legtöbbet reklámoznak.

A házépítés egyik legnagyobb csapdája, hogy a legfontosabb építőelemek közül igen sok nem lesz látható a kész házon. Nem járul hozzá a „kulcsínhez”, nem lehet büszkén megmutatni a barátoknak.

Ezért bizony sokan többet költenek egy szép csempére vagy éppen egy méregdrága fürdőkádra a fürdőszobában, mint amennyit egy jobb falszerkezetbe vagy komolyabb vízszigetelésbe investálnak.

Pedig lehet, hogy pár év múlva változik a divat és új csempe kerül a falra. Az egyszer beépített falazat vagy az alapba, lábazatba bekerült vízszigetelés viszont már csak akkor cserélhető ki, ha az egész házat visszabontják...

**Az igazán fontos dolgokra költsünk, olyanokra, amelyek meghatározói házunk hosszútávú értékének - ezek esetében viszont ne sajnáljuk a pénzt a minőségre!**

Amikor építkeztünk, alaposan megterveztem a házunkat. Szinte téglára lebontva megrajzoltam a szigetelésvédő falat, gondosan megrajzoltam a pince csomópontjait. A kivitelezőm azonban – merő jószándékból – felülbírált, és bármennyire könyörögtem is, nem volt hajlandó az általam betervezett három réteg bitumenes lemez szigetelést megépíteni. „Spóroljunk, elég lesz kettő is, mindig így szoktuk, még sosem volt belőle gond” – felkiáltással a saját feje szerint szigetelte le a pincénket. Pár év alatt beépült a környék, és az új házak megzavarták a rétegvizeket. Kialakultak olyan helyek, ahol a szigetelés már nem bírta a felgyülemllett víz nyomását, és bizony átengedte azt. A pincém azóta is vizes. Ha akkor keményebb vagyok, akkor kevés pénzért megoldhattuk volna a problémát, amit így utólag szinte lehetetlen rendbe hozni.

Az „egyszer megcsinálni, de jól” kérdéskört olyan példával szeretném illusztrálni, amely valójában a felújításokhoz lenne sorolható, de tanulsága ide is jól illik. Egy projekt keretében találkoztam egy, a kilencvenes évek elején épült házzal. Az épület az akkori kor követelményeit meghaladó falszerkezetből épült. (Itt is látszik, milyen gyors a fejlődés az építési piacon is: az akkor saját korán túlmutató 36 cm vastag téglafal mára már korszerűtlennek mondható...). Két évvel ezelőtt a tulajdonosok felújításba fogtak: 6 cm vastag hőszigetelés került a falakra (2006–2007 táján még ez is átlag felettinek számított!), majd a nyílászárókat is kicserélték. Mivel még mindig sokallták a fűtési költségeket, így 2009-ben egy komplex energetikai vizsgálatot végeztek a házon. A hőtechnikai számítások kimutatták, hogy a legolcsóbb hatékonyságjavító intézkedés az lenne, ha még (8)–10 cm hőszigetelés kerülne a falakra. Ettől azonban a tulajdonosok – teljesen érthető lélektani okokból – elzárkóztak. Azt mondták, nem bírnák végignézni, hogy a drága pénzen pár éve felvitt vakolatot leverjék...

Így végül egy drágább hatékonyság-javító műszaki megoldást választottak. Mindez azért történt, mert két évvel ezelőtt nem akadt egy olyan előrelátó szakember, aki ezekre a szempontokra felhívta volna a megbízók figyelmét...

## 5.2. Utólag minden drágább

Egy ház utólag is sok minden kijavítható, bővíthető. Fontos azonban tudni, hogy minden ilyen **utólagos** beavatkozás szinte biztosan **többe fog kerülni**, mintha az adott műszaki megoldás már eleve az építéskor bekerült volna a szerkezetbe!

*Minden olyan dolgot már az építkezéskor építsünk be a házba, amiről tudjuk, hogy néhány éven belül szükségünk lesz rá. Inkább próbáljunk egy kicsivel több pénzforráshoz jutni, mert az utólagos beépítés szinte biztosan jóval drágább lesz, mint az azonnali megoldás.*

Hogy csak egyetlen példát említsünk. Ha valaki utólag dönt úgy, hogy mégis vastagabb külső hőszigetelést szeretne a házára, akkor csak az ismételt állványozás költsége majdnem meg fogja haladni a korábban megspórolt anyagköltséget. (Arról nem beszélve, hogy a házat újra le kell vakolni is...)

Az utólagos javítgatás nem okvetlenül csak pénzkérdés. A „**toldozgatás-foltozgatás**” sok esetben igen felemás műszaki megoldásokat szül, amely lehet, hogy meg sem fogja közelíteni egy eredendően erre a célra készült szerkezet megfelelőségét, kiválóságát.

Talán sok építkező meg tudja erősíteni a saját tapasztalatomat: ami nem készült el egy házban a **beköltözésig**, az utána egy darabig nem is fog... Amikor már bent lakunk az otthonunkban, rendeltetésszerűen tudjuk használni, akkor már nem „élet-halál kérdése”, hogy elváródjon néhány elvarratlan szál. Be kell valljam, hogy például a mi házunkban is található még néhány, lámpát helyettesítő csupasz villanykörte – egy-két kevésbé frekvenciált helyiségben...

## 5.3. Minél részletesebb költségvetés

Nagyon fontos tehát, hogy **az építkezés minden fázisában** tudjuk, hogy mire kell költenünk (tehát mi az, amin nem szabadna spórolni!), és ezek esetében **rendelkezzünk is a minőségi megoldásokhoz szükséges anyagiakkal** (ez persze főként az építkezés vége felé válik egyre nehezebbé). Mindez pedig ismételten rávilágít a tervezés és az előzetes költségvetés készítésének jelentőségére.

**Az építkezésre szánt pénzünket az első perctől kezdve úgy osszuk be, hogy ne kössünk felesleges kompromisszumokat – sem az építkezés elején, sem a végén!**

Jó pár éven keresztül dolgoztam a téglaiiparban. A téglát az első olyan anyag egy építkezésen, amelyre egyszerre nagyobb összeget kell kifizetni. Az építkezés elején álló, a „költség-nagyságrendekkel” még tisztában nem levő építkezők közül sokan – megrettenve az első milliós pénzkiadástól – már itt kompromisszumot kötöttek. Pár tízezer forint megspórolása reményében beérték egy egyszerűbb téglafajtával – ami aztán egy „életre szóló” döntésnek bizonyult. Az építkezés vége felé ugyanez a pár tízezer forintot már egészen másként látták – addigi tapasztalataik hatására...

Bár az sem túl szerencsés, amikor az építkezés vége felé fogy el a pénz, de azért az igazán nehezen javítható szerkezeti elemek megvásárlására és beépítésére az építkezés első szakaszában kerül sor.

## 5.4. Az építkezés teljes szakaszában tudatosan figyeljenek arra, hogy mire adnak ki pénzt

Ne felejtsek el, hogy például egy 25 millió forintos háznál 10% megspórolása (vagy éppen felesleges kiadása) 2,5 millió forintot jelent!

Figyeljenek oda a szervezésre, kerüljék az utolsó pillanatban történő döntéseket. Fordítsanak elegendő időt az előkészítésre, a megfelelő partnerek kiválasztására. Ne engedjék időnyomás alá helyezni magukat. A kapkodós munka nem csak kockázatosabb, de többnyire drágább is.

## 5.5. Törekedjenek az egyszerűségeire!

Minél bonyolultabb egy megoldás, annál több hibalehetőséget rejt magában és nagy valószínűséggel annál drágább is. Ez igaz az egész házra, de azon belül az egyes szerkezeti megoldásokra is.

Valakitől nemrég azt a jótanácsot hallottam, hogy ha egy mesterember javasol valamit és azt nem értjük meg második elmondásra sem – akkor az biztosan nem jó megoldás.

Vagy azért, mert annyira bonyolult, vagy azért, mert maga a mester sem érti, ezért nem tudja elmagyarázni.

Ez a frappáns jótanács persze csak akkor igaz, ha Önök azért valamennyi alapismerettel rendelkeznek az építkezés mibenlétéről. Könyvünkkel éppen ehhez szertettünk volna segítséget adni...

## 5.6. Törekedjenek az minőségre!

Higgyék el, megéri – elvégre „álmaik otthonáról” van szó! Ennek a pontnak a fontosságáról (és a minőség felismeréséről) szólnak nagyrészt az Építem a házam további kötetei.

## 6. Építkezünk környezettudatosan

Könyvünk korábbi részeiben erről a témáról már többször esett szó. Foglalkozunk össze most röviden, mit is tehetünk annak érdekében, hogy mi is a környezettudatos építkezők közé tartozunk.

- Használjunk minél több természetes anyagot. Valószínűleg nehéz „tudományosan” alátámasztani, de sokféle tapasztalat igazolja: valami miatt az ilyen otthonban jobban érezzük magunkat, kevésbé izoláljuk magunkat a természettől.
- Használjunk minél kevesebb energiát az építkezés során és a ház üzemeltetésekor. (Azt is vizsgálhatjuk, hogy magának az építőanyagoknak az előállítása mennyibe került, hogy milyen hosszú szállítási utat kell bejárjon a telkünkig – utalunk a 4.26. ábra kapcsán bemutatott életciklus-elemzésre).
- Olyan anyagokat építsünk be, amelyek a ház esetleges elbontásakor újra felhasználhatók vagy megsemmisítésük a lehető legkevésbé szennyezi a környezetet.

A fejezet legelején azt ígértük, hogy – szinte észrevétlenül – megismerkedünk azokkal a fontosabb műszaki paraméterekkel is, amelyekkel lépten-nyomon találkozni lehet különböző prospektusokban, műszaki leírásokban.

Most egy táblázatba szedve összefoglaljuk ezeket.

Megnevezés	Jele	Mértékegysége	Mire nézve ad felvilágosítást	Jelentősége
Testsűrűség		kg/m <sup>3</sup>	Azt mutatja, hogy fajlagosan mennyire „nehéz” az adott termék	A nagyobb testsűrűségből nagyobb önsúly következik. Az ilyen termékek jobban terhelik azokat az építőelemeket, amelyekre támaszkodnak. A nagyobb testsűrűség általánosan jó a hangszigetelés és a hőtárolás szempontjából, de többnyire rontja a hőszigetelést.
Nyomószilárdság		N/mm <sup>2</sup> vagy Pa	Azt mutatja, hogy az adott építőelem mekkora ránehezedő nyomóerőnek képes sérülés nélkül ellenállni	Jelzi, hogy mennyire terhelhető az adott építőelem. Ha kevésbé, akkor kisebb súlyú szerkezet terhelődhet rá. Egy teherhordó szerkezetet a felette levő szerkezeti elemek önsúlya és a ház használata során felmerülő hasznos terhelés (személyek, bútorok, stb.) nyom.
Hajlítószilárdság		N/mm <sup>2</sup> vagy Pa	Azt mutatja, hogy az adott építőelem mekkora hajlítóerőnek képes ellenállni.	Ez egy más jellegű terheléssel szembeni ellenállás (lásd 7.28. ábra)
Hőátbocsátási tényező	U	W/m <sup>2</sup> K	Mennyi hő áramlik át egységnyi idő alatt egy adott szerkezet két egységnyi felületű oldala között, ha közöttük 1 °C hőmérséklet-különbséget hozunk létre. Egy adott konkrét szerkezet hőszigetelőképességét jellemzi.	Minél kisebb az érték, annál jobb hőszigetelő az adott szerkezet.
Hővezetési tényező	λ	W/mK	Mekkora hőáram halad át adott vastagságú anyagon 1 °C hőmérséklet-különbség hatására. Ez az előző paraméterrel ellentétben anyagjellemző.	Minél kisebb az érték, annál jobb hőszigetelő az adott anyag. Igazából homogén anyagokra értelmezhető, de inhomogén anyagoknál is meg szokták adni az ún. egyenértékű hővezetési tényezőt.
Páradiffúziós tényező	δ	kg/msPa	Egységnyi vízgőz-nyomáskülönbség hatására mekkora mennyiségű vízgőz áramlik át két felület között. Ez is anyagjellemző.	Minél nagyobb értékű ez a paraméter, annál jobban képes eltávolítani a helyiségben felgyülemlett pára a határoló szerkezeteken (szokták mondani, hogy annál kevésbé „van dunsztban” a ház).
Páradiffúziós ellenállási szám	μ	-	Mekkora az adott anyag páradiffúziós tényezője a levegőhöz viszonyítva.	Minél nagyobb az értéke, annál kevésbé ereszt át a párat az adott anyag.
Súlyozott léghanggátlási szám	R <sub>w</sub>	dB	A beeső és továbbhaladó hangenergia viszonyát mutatja. Vigyázat, nem lineáris, hanem „összehúzott” skála!	Minél nagyobb a szám, annál jobb hangszigetelő egy szerkezet.
Tűzállósági határérték		h	Az adott építőelem tűz hatására mennyi idő múlva veszíti el biztonságtechnikailag fontos tulajdonságát	Minél hosszabb az idő, annál nagyobb a (tűz)biztonság.

6. táblázat

## Tárgymutató

állékonyság .....	22	hűtési költségek .....	36
átszellőztetés .....	36	kapilláris szerkezet .....	18
biztonság .....	22	lakástűz .....	22
elektroszmog .....	15	légcseré .....	206
energiafogyasztás .....	27	léghang .....	20
energiahatékonyság .....	26	léghanggátlás .....	20
felületi hőmérséklet .....	13	léghanggátlási szám .....	21
fotoszintézis .....	13	lépéshangszigetelés .....	21
fűtés .....	13	levegő ionizáltsága .....	15
fűtési költségek .....	25	munka .....	27
hajlítószilárdság .....	23	nyomaték .....	24
hangnyomásszint .....	21	nyomószilárdság .....	24
hőáramlás .....	8	ózon .....	15
hőátbocsátási tényező .....	26	páradiffúziós együttható .....	18
hőesés .....	12	páradiffúziós ellenállás .....	18
hőleadás .....	10	páradiffúziós ellenállási szám .....	18
hőmérséklet-eloszlás .....	12	páradiffúziós tényező .....	18
hősugárzás .....	8	páratartalom .....	11, 16
hőszigetelés .....	35	por .....	14
hőtárolás .....	35	sd-érték .....	18
hővezetés .....	7	testhang .....	20
hővezetési tényező .....	19, 27	testsűrűség .....	21
huzat .....	11	tűzállósági határérték .....	23
húzószilárdság .....	23	zajterhelés .....	19

## Építem a házam könyvsorozat

Az Építem a házam könyvsorozat a **házépítőket és felújítókat** kívánja segíteni abban, hogy vállalkozásuk **zökkenőmentes, könnyebb, költséghatékony** és hosszú távon is működőképes legyen.

Az öt részesre tervezett könyvsorozat végigkíséri **egy családi ház építésének teljes folyamatát** az első gondolat megszületésétől kezdve egészen a kész ház elkészültéig, illetve a felújításig.

A sorozat összefoglalja mindazokat az információkat, amelyekre egy építkezőnek szüksége lehet. Megismerteti az olvasót nem csak az építkezés során használt fogalmakkal, szakkifejezésekkel, anyagokkal és technológiákkal, de bemutatja azt is, hogy milyen gondolatokon, fizikai folyamatokon alapulnak ezek. A lényeget megértve az építkező már nem misztikumként tekinthet jövődő házára, hanem megfontolt döntéseket hozhat.

Aki megfogadja a könyvben szereplő tanácsokat és magáévá teszi az építkezésekhez elengedhetetlen hosszú távú gondolkodásmódot, több százezer forintot és rengeteg idegeskedést takaríthat meg magának és családjának az építkezés során!

1. kötet: **Az előkészítés** ((Megjelent!))
2. kötet: **Állnak a falak!** (Megjelent!)
3. kötet: **Már csak a tető hiányzik** (Megjelent!)
4. kötet: **Szépség és praktikum** (Megjelent!)
5. kötet: **Gépészet és automatizálás**

Nélkülözhetetlen tanácsok arra, mi mindent kell eldönteni, átgondolni és előkészíteni még a tényleges kivitelezés előtt. Közérthető magyarázat az építkezés során használt leggyakoribb szakkifejezésekről, műszaki paraméterekről. Hiánypótló áttekintés az építkezés azon szakaszáról, amelyen a beruházások 70-80%-a elbukik!

A könyvsorozatról részletesen tájékozódhat a [www.epitemahazam.hu](http://www.epitemahazam.hu) honlapon, ahol meg is rendelheti a már megjelent köteteket!



## Szerzők



**Bodnár György** – okleveles villamos szakmérnök, aki azonban élete nagy részét az építőiparban töltötte. Több mint tíz éven keresztül volt a Wienerberger Téglaiipari ZRt. kereskedelmi igazgatója, az igazgatóság tagja, majd másfél éven keresztül a Nikecell Kft. ügyvezető igazgatója. Jelenleg független tanácsadó és coach. Az Építő Közösség és az Építem a házad Klub létrehozója.



**Tóth Balázs** – okleveles építészmérnök. Pályáját tervezőként kezdte, majd építőanyag-gyártó cégek műszaki, alkalmazástechnikai szakértőjeként dolgozott. Hosszú évek óta a magyar építőipar és az építésztársadalom meghatározó alakja. Rendszeresen publikál és tart országszerte az építést, az építészet népszerűsítő előadásokat. Jelenleg elsősorban az építésminőség, illetve biztonság területén tevékenykedik, mellette tervez és az építőipar szakmai utánpótlásával is foglalkozik.

## Impresszum

Építem a házam – Lakóérzet és gazdaságosság

Grafika: Pék Andrea  
Illusztráció: Sárközi Péter

TÉT Consulting Szolgáltató Kft.  
Budapest, 2017  
© Bodnár György – Tóth Balázs  
epitemahazam.hu

Minden jog fenntartva. A szerzők előzetes írásbeli hozzájárulása nélkül sem a teljes mű, sem annak bármely részlete semmilyen formában nem közölhető, nem sokszorosítható, nem tárolható.