

Épületek külső térelhatároló szerkezeteinek követelményei

Az építkezések leggyakoribb célja az, hogy zárt tereket hozzunk létre, ezáltal szabályozható légállapotot tudjunk elérni. A külső térelhatároló szerkezetek azok, amelyek elválasztják egymástól a külső és a belső teret.

Megpróbálom fontossági sorrendben megadni a rájuk vonatkozó követelményeket:

1. hőszigetelés
2. vízzárás és légzárás
3. statikai követelmények
4. tűzállóság és tűzvédelmi osztály
5. tűzterjedés
6. hanggátlás
7. hangelnyelés

Hőszigetelés

A tér lehatárolásának elsődleges célja az, hogy az ember megvédje magát a külső természet hőingadozásaitól, különösen attól, hogy télen megfagyjunk. A térelhatároló szerkezet hőszigetelő képességet a rétegrendi hőátbocsátási tényezővel jellemezzük, jele U , mértékegysége $W/(m^2K)$. Minél kisebb az U érték, annál jobb, hiszen ez azt mutatja, hogy egységnyi felületen ($1 m^2$ -en) keresztül egységnyi hőmérséklet-különbség ($1 K = 1 C^\circ$ külső – belső hőmérséklet különbség) esetén egységnyi idő ($1 s$) alatt mennyi hőenergia (hány J) távozik a térelhatároló szerkezeten keresztül. A rétegtervi hőátbocsátási tényezőt számítással határozzuk meg.

A számításhoz szükséges a térelhatároló szerkezetet felépítő anyagok hővezetési tényezője. Ezeket viszonylag könnyű beszerezni, különösen akkor, ha olyan szoftverrel dolgozunk, amelynek bőséges adattára van. Ügyelni kell a hőszigetelő anyagok hővezetési tényezőjére. A gyártók gyakran standard körülményekre vonatkozó ún. deklarált hővezetési tényezőt adnak meg. A tényleges beépítési körülményekre érvényes tervezési érték ettől eltérő, függ a páratartalomtól, a hőmérséklettől és az anyag korától. Ha a gyártótól nem tudjuk beszerezni a szokványos beépítési körülményekre vonatkozó tervezési értéket, kellemetlen utánajárásban és kiegészítő számításban lesz részünk. A számítás egyszerű, ha a hőáramok mindenhol merőlegesek a felületre. Ez akkor igaz, ha a felületen bárhol jelölünk ki egy részterületet, mindenhol azonos a rétegrend. Ha viszont a térelhatároló szerkezet a felépítéséből adódóan bizonyos osztásközzel a hőszigetelő réteget átvágó vagy elvékonyító bordákat, a hőszigetelő rétegeket átszűrő kötőelemeket tartalmaz, a számítás mennyisége és bonyolultsága nagyságrendekkel megugrik. Ilyenkor a tervező a gyártó adatszolgáltatására tud hagyatkozni.

A különböző térelhatároló szerkezetek maximális hőátbocsátási tényezőjét a **7/2006. (V. 24.) TNM rendelet** írja elő. Az épület fűtött terét határoló valamennyi térelhatároló szerkezet hőveszteségét összesítve, majd a fűtött légtérfogatra vetítve kapjuk meg az épület fajlagos hőveszteség-tényezőjét. Itt az egyes felületek csatlakozásánál levő hőhidakat is számításba kell venni. Jele q , mértékegysége $W/(m^3K)$. Előírt maximális értékeit a funkció és a tagoltság (lehülő felület / fűtött térfogat) függvényében a hivatkozott jogszabály tartalmazza. Az épületgépészeti adatokat is felhasználva a jogszabály szerinti számítással meghatározható az épület összesített energetikai jellemzője. Jele E_p , mértékegysége $kWh/(m^2a)$. Ez az éves energiafogyasztást mutatja az alapterületre vetítve. Ez alapján a **176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet** szerinti osztályokba kell sorolni az épületet. Létesítés előtt a tervezőnek el kell végeznie az energetikai számítást, majd a ház elkészülte után energetikai tanúsítónak kell kiállítania a tanúsítványt. Tanúsítvány csak meglévő épületre adható ki, ezért tervezett épületre ne akarjunk a tervezőtől tanúsítványt kérni.

A hőszigetelés kapcsán előforduló leggyakoribb hibák:

- Hőszigetelő anyagok hővezetési tényezőinél a tervezési érték helyett a deklarált értékkel való számolás
- Inhomogén szerkezetek hőátbocsátási tényezőjének számítása a bordák és pontszerű átszúrások figyelmen kívül hagyásával. Ez szélsőséges esetben a rétegtervi hőátbocsátási tényező értékében 100%-ot meghaladó tévedést eredményezhet!

- Hőhidak meghagyása utólagos hőszigetelésnél. Nem elsősorban a hőveszteség miatt kellemetlenek, hanem azért, mert a belső felület hőmérséklete télen a környezetükben erősen lecsökken, ezért párákicsapódás keletkezik, amelyet penészesedés követ. Előfordul, hogy régi épületben nem volt penészesedés, költséges hőszigetelés után viszont megjelent, pl. konzolos erkélylemez belső oldalán. Ennek az az oka, hogy amíg rossz volt a hőszigetelés, nagy fűtési költséggel egyenletes volt a belső felületek hőmérséklete. Miután a hőszigetelés elkészült, a fűtési energia lecsökkent, a hőhídra pedig (amely ugyanolyan rossz, mint korábban) kisebb hőenergia jut.
- Hőhidak helytelen kezelése tervezéskor. Több mérnök-továbbképző előadáson is hallottam, és ennek nyomán több terven is láttam, hogy a hőhidakat a vastagság 3-szorosának megfelelő hosszra kell hőszigetelni, pl. ha egy 15 cm vastag vasbeton attika 45 cm-nél magasabb, akkor a tetejét már nem kell hőszigetelni. Ez elavult és rossz ökölszabály! Minél szigorúbbak a hőszigetelési követelmények, annál nagyobb kárt okozunk vele!
- A belső párazáró réteg folytonossági hiánya, elsősorban tetőtér-beépítéseknél. Télen a pára bejut a hőszigetelő anyagba, kifelé haladva a hőmérséklet csökkenésével eléri a harmatpontot és kicsapódik, majd jön a penészgomba; a lakók pedig nem tudják, miért köhögnek.

Vízzárás és légzárás

A hőmérséklet után a következő környezeti hatás a csapadék, amellyel szemben védeni akarjuk magunkat és az épületet is. A vízzárás elsősorban a tetőknél kritikus, hiszen egy eső alkalmával ugyanakkora tetőfelületen sokkal több víz folyik keresztül, mint ugyanakkora falfelületen, a gravitáció a vízre a tető belseje felé ható erőt fejt ki, a falon pedig azzal párhuzamosan. A vízzárás tekintetében a felgyűlt tapasztalatra alapozhatunk, amelyet tankönyvekben, a különböző termékek alkalmazási útmutatóiban, minősítő irataiban, szabványokban találunk meg. Csak néhány példa, amire vigyázni kell:

- meglegyen a minimális tetőlejtés a héjazat anyagától függően
- a vápák pontra lejtésének kialakítása
- 4 cm vízküszöb fémlemez-fedéseknél. Előfordul, hogy trapézlemez fedés nyári heves zápornál nem ázik be, hóolvadáskor viszont igen. Az olvadó hó olyan, mint a vizes szivacs, amelyben a víz megtalálja a hullámhegyen a tömítési hiányt.
- 30 cm hóhatár. Pl. ha az attika ennél alacsonyabb, nem szabad hátrafelé szellőző falfedést csinálni.
- Fémlemez fedéseknél a hőtágulás figyelembe vétele. A legjobb egy fixpontot, a többi helyen csúszó kapcsolatot képezni. Nagy hosszra a hőtágulás iszonyatos erőt fejt ki. Előfordult, hogy hegesztett acéllemez vápa elszakadt. Még trapézlemez fedésű típus csarnokszerkezetnél is előfordult, hogy az EPDM tömítés alatt a lemez furata oválissá gyűrődött, a hőmozgás miatti torzulást az EPDM alátét éveig bírta, majd mikor a garanciális idő lejárt, akkor kezdett beázni.

Statikai követelmények

A teherbírást statikai számítással ellenőrizzük. Statikai szempontból a térelhatároló szerkezet másodrendű (vagy harmadrendű), ezért a statikusok gyakran nem is foglalkoznak vele. Ilyenkor a szakkivitelezőkre marad a statikai ellenőrzés. Sokszor itt válik el az ocsú a búzától, hiszen mindenki látott már a híradóban szélvihar által letépett tetőhéjazatot. A kis súly miatt gyakran a szélszívás a mértékadó, különös tekintettel a kötőelemekre. Tetőhéjazatoknál fontos a hóterhelés is, különösen a szintváltásoknál jelentkező hófelhalmozódás miatt.

Az Eurocode változást hozott a régi magyar szabványhoz képest. Bevezette a talaj felszíni hóterhet, amelyből alaki tényezővel kell számolni a tetősíki hóterhet, és bevezette a rendkívüli hóterhet. Pl.: Magyarország legnagyobb részén (a magasabb hegyeinket kivéve) a felszíni hóteher alapértéke $1,25 \text{ kN/m}^2$, lapostetőn a hóteher $0,8 \times 1,25 = 1,00 \text{ kN/m}^2$, amely megegyezik a régi magyar szabvány lapostetőre vonatkozó értékével. A hófelhalmozódás szorzótényezőjét ugyanazzal a képlettel kell számolni, de míg a magyar szabványban a tetőterhet kellett megszorozni vele, addig az Eurocode-ban a felszíni hóterhet. Ez azt jelenti, hogy magas szintváltás esetén a fal tövében a hóteher alapértéke $4,0 \times 1,25 = 5,00 \text{ kN/m}^2$, amely a tető geometriai adataitól függően számítható hosszra csökken le a lapostető értékre.

A rendkívüli hőteher felszíni értéke a normál felszíni hőteher duplája, tehát Magyarország nagy részén $2,00 \text{ kN/m}^2$. Ezt rendkívüli tehercsoportosításban kell alkalmazni. Könnyű lapostetőn ez a mértékadó, ahol az önsúly nagyobb, ott a normál tehercsoportosítás. ***A hőzug rendkívüli értékét ugyanazzal a képlettel kell számolni, tehát a képletben a felszíni terhet kell duplázni***, nem pedig a normál teherrel kiszámított hőzug-terhet!

Gyakori hiba az installációs teher számítása. Ez ugyanis állandóan jelen levő esetleges tehernek számít, amelynek egyidejűségi tényezője az állandó terhekkal egyező (tehát 1,0), biztonsági tényezője viszont az esetleges terheké, tehát 1,5!

A másik statikai követelmény az alakváltozás. A követelmény általában L/150, de a megrendelő (elsősorban a német beruházók) gyakran szigorúbbat írnak elő. Ez elsősorban a szendvicspaneles és "C"-kazettás falszerkezeteknél érdekes. A szendvicspaneleket és a "C"-kazettákat leggyakrabban oszloptól oszlopig vízszintesen szerelik, így statikailag határozott kéttámaszú tartók. A szendvicspaneleknél a legnagyobb problémát az ártalmatlannak tűnő hőmérsékletváltozás okozza. Nyáron a külső kérgét megsüti a nap, szintől függően fölmelegedhet $70-80 \text{ C}^\circ$ -ra is, és tekintélyes hőmérséklet-különbség keletkezik a külső és a belső fegyverzet között. A külső fegyverzet kitágul, ezért a panel kifelé hasasodik. A kigömbülés a fesztávval kb. négyzetesen, a vastagsággal egyenesen arányos. A szokványos alkalmazási tartományban (6 m oszlopköz, 10 cm vastagság) ez a hőmérsékleti kigömbülés könnyen eléri az 5 cm-t, így rögtön kritikus is lesz!

A szélteherből (elsősorban szélszívásból) adódó alakváltozás számításakor nagyon nem mindegy, hogy milyen teher-csoportosításból számoljuk a kigömbülést. A karakterisztikus kombinációt irreverzibilis használhatósági határállapot esetén használjuk, ez esetben a teher a szélszívás alapértéke, amely különösen az épület szélső mezőiben kellemetlen tud lenni, és azt eredményezheti, hogy emiatt kell erősebb keresztmetszetet alkalmazni vagy a fesztávot csökkenteni. A karakterisztikus kombinációt olyan szerkezeti megoldásoknál kell alkalmazni, amelyeknél a túlzottan nagy elmozdulás visszafordíthatatlan károsodást okoz, pl. eltorzítja a takaró lemezeket beázást okozva. Ha gyakori teherkombinációt tudunk alkalmazni, tehát reverzibilis használhatósági határállapokra méretezünk, akkor nyert ügyünk van, mert a szélteher megszorozható a gyakori teherszint-tényezővel, amely csupán 0,2. Érdemes tehát minden részletre kiterjedően alaposan átgondolni a szerkezeti megoldásokat, és olyan csomóponti megoldásokat alkalmazni, hogy irreverzibilis használhatósági határállapot ne tudjon kialakulni.

Tűzállóság és tűzvédelmi osztály

Fontos tudni, hogy e tárgykör fogalmai és vizsgálati módszerei EU-s harmonizált szabványokban vannak lefektetve, a követelményeket viszont jogszabály írja elő. Tehát ha azt mondom, hogy a tetőfödém tűzvédelmi osztálya "B", a tűzzel szembeni ellenállása REI30, akkor ez alatt egész Európában minden szakember pontosan ugyanazt érti. Azt viszont, hogy melyik épületre milyen tetőfödém kell, tagállami jogszabály írja elő, amely országonként különbözik. Ez Magyarországon az OTSZ (54/2014. BM rendelet, azaz az Országos Tűzvédelmi Szabályzat). A szabványok elég stabilak, a jogszabályok viszont igen gyakran változnak, ami nagyon megkeseríti az összes építőipari szereplő életét. Pl. a tetőfödém tűzvédelmi osztály-előírásának megváltoztatása bizonyos építőanyag-gyártóknál nagy föllendülést, másoknál visszaesést eredményez. A jogszabályok gyakori változtatása mögött sokszor lobbyszerkezetek vannak.

A tűzvédelmi jellemzőket laborvizsgálatokkal határozzák meg. Mivel a szabványok harmonizáltak, bármelyik európai akkreditációval rendelkező intézet vizsgálati eredményét el kell fogadni egész Európában, követelmény viszont nálunk a magyar nyelvű fordítás. Magyarországon egy ilyen intézet van, az ÉMI.

Az egyes építőanyagok tűzvédelmi osztályával kapcsolatban könnyű dolgunk van, az a gyártók termékismertetőiben szerepel, és a szállítóknak a teljesítmény-nyilatkozatokban fel kell tüntetniük. A szabványokban rögzített definíciók alapján könnyen besorolható anyagokat nem kell bevizsgálni, ezek listája az Európai Bizottság kiadványában szerepel. Ilyen pl. a 25μ vastag PE bevonatú acéllemez, melynek tűzvédelmi osztálya A1 (első gondolatra az emberben föl sem merül, hogy egy acéllemez nem éghetőtől különböző kategóriába kerülhet, de a rajta levő festékbevonat éghető, ezért a vastagabb festékbevonatú acéllemezek átkerülhetnek az A2, sőt akár a B osztályba is). A több anyagból felépülő

réteges épületszerkezetek pl. a magashullámú trapézlemez, PVC vízszigetelésű tetőfödémek tűzvédelmi osztálya már sokkal bonyolultabb kérdés, ez csak laborvizsgálattal határozható meg, ugyanis egy szerkezet tűzvédelmi osztályát nem feltétlenül a benne levő leggyengébb anyag határozza meg. Fontos szempont annak mennyisége (pl. egy párazáró fólia gyorsan elég és kis hőt termel), és szerkezeten belüli elhelyezkedése (pl. alul közetgyapot réteggel védett E osztályú polisztirolt tartalmazó tetőfödém lehet B osztályú).

A tűzvédelmi teljesítmény több tulajdonságból tevődik össze, és mindig tartalmaz egy percben értendő számértéket; ez jelzi, hogy az adott tulajdonságot mennyi ideig tudja a szerkezet. Ezek közül az **"R"**, a **teherbírási érték Eurocode alapú statikai számítással is meghatározható. Ehhez kizárólag statikai tervezői jogosultság szükséges, ezzel nem rendelkező tűzvédelmi tervező vagy tűzvédelmi szakértő nem csinálhatja meg.** A követelményt viszont a tűzvédelmi tervezőnek kell megadnia, a statikus ebben nem kompetens. Az "R" érték igazolására vonatkozó statikai számítást a tűzoltó köteles elfogadni, és el is fogadja.

Tűzterjedés

A tűzterjedés azt jelenti, hogy a külső, vagy az épületből kicsapó tűz milyen gyorsan terjed a térelhatároló szerkezeten. Sajnos ez ügyben a tagországok nem tudtak megállapodni, és nincs egységes szabványrendszer sem.

A tető tűzterjedésben történt előrelépés, 4-féle van Európában. Pl. a $B_{\text{roof}}(t_1)$ azt jelenti, hogy az 1-es vizsgálati mód szerint a tető tűzterjedés szempontjából B osztályú. Magyarország az 1-es vizsgálati mód szerinti besoroláshoz csatlakozott.

A homlokzati tűzterjedésben semmiféle konszenzus nincs, a tagállamokban eltérő szabványok vannak. **Azokban az esetekben, amelyekben az OTSZ homlokzati tűzterjedési követelményt határoz meg, csak az ÉMI által magyar szabvány szerint bevizsgált falszerkezet építhető be.** Minél magasabb, minél több szintes egy épület, a homlokzati tűzterjedés annál veszélyesebb. Magyarországon is voltak paneles lakótelepi épületben halálos áldozatok, de gondoljunk csak a közelmúltban Dubaiban és Londonban leégett felhőkarcolókra. Magyarországon a tűzterjedési vizsgálat arra van kihegyezve, hogy az egyik szinten az ablakon kicsapó lángok mennyi idő múlva képesek a fölötte levő szinten az ablakon bejutva tüzet okozni. Ennek megfelelően a vizsgálati épület 3 szintes, és 7,5 m magas falszerkezetet kell megépíteni hozzá. Cégünk készítettett ilyen vizsgálatot az általunk leggyakrabban alkalmazott acéllemez anyagú sávos homlokzatburkolatra, amely a legmagasabb 45 perces eredményt produkálta:



Hanggátlás

Azt jelenti, hogy a térelhatároló szerkezet egyik oldalán levő zajszintből mennyi jut át a másik oldalra, azaz hogy a térelhatároló szerkezet mennyivel csökkenti a hangerőt. A belülről kifelé történő hanggátlás zajos üzemeknél, gépházaknál fontos a környezet-terhelés miatt. A kívülről befelé irányuló hanggátlásra elsősorban filmstúdióknál adnak meg szigorú követelményeket, hogy a külső zajok ne kerüljenek rá a film hanganyagára. Mértékegysége a dB. Laboratóriumi vizsgálattal határozható meg. Cégünk több vizsgálatot is végeztetett a Budapesti Műszaki Egyetem Épületakusztikai Laboratóriumában.

Néhány érdekesség e témában:

- A hanggátlás frekvencia-függő. A mélyebb hangokat nehezebb csillapítani.
- Ha a hanggátlás egyetlen számmal való jellemzésére egy súlyozott értéket adnak meg, a precíz értékelés viszont egy grafikon, amelyről a frekvencia függvényében olvasható le a hanggátlás a teljes hallható tartományban.
- A nem homogén szerkezetek hanggátlása a két irányban nem pontosan egyezik meg. A vizsgálat mindkét irányra kiterjed, hiszen a minta megépítése ugyanolyan nagyságrendű költség, mint a vizsgálati díj.
- A hanggátlásban nagy szerepe van a szerkezet tömegének, a könnyű szerkezetekkel nehezebb jobb hanggátlást elérni.
- Réteges szerkezeteknél arra kell törekedni, hogy két felületet hozzunk létre rugalmas összekötéssel, amelyek eltérő tömegűek, ezáltal el vannak hangolva egymástól.

A vizsgálat úgy történik, hogy egy szabványos alakú szobát két részre kell osztani a vizsgálandó szerkezettel, és folyamatosan változó frekvenciájú hangforrást helyeznek el az egyik, majd a másik téréfelen, és mindkét oldalon mérik a hangerőt.

Hangelnyelés

Azt jelenti, hogy a határoló felületről milyen arányban verődik vissza a hang. Zajos tevékenység esetén a belső hangnyomás-szint jelentősen csökkenthető hangelnyelő felületek alkalmazásával. Számszerű meghatározása laboratóriumi vizsgálattal történik. A mi prakszisunkban tornatermekben, üzemi épületekben fordult elő hangelnyelő felületek alkalmazása. Koncert-termekben, színházakban az akusztika külön tudomány, ott nem csupán a visszaverődő hangerő számít, hanem a hangforrások és a visszaverődő hangok összhatása, visszhangja, stb.

A fémlemezes könnyűszerkezet-építésben a hangelnyelést perforált fémlemez felületekkel és a mögéjük helyezett hangelnyelő anyagokkal érjük el. A hangelnyelő anyag szálal hőszigetelés, amely elé akusztikus filcet teszünk a hőszigetelő anyag kipurzolásának megakadályozása céljából. Az ilyen felület közel 90%-os hangelnyelést is produkálhat, ezért nem szokták a teljes belső felületen alkalmazni, hanem csak részlegesen.

Perforált fémlemez hangelnyelő felületet kétféleképp alkalmazhatunk: az általános térelhatároló szerkezetre utólag szereljük föl, vagy a térelhatároló szerkezet belső fémlemez felületét készítjük perforált lemezből.

Néhány dolog, amire figyelni kell:

- Az akusztikus filc nem párazáró, bár létezik kombinált anyag is, amely mindkét funkciót ellátja. A bevizsgált hangelnyelő képesség csak a vizsgálat szerinti anyagok alkalmazásával biztosított.
- Ha a térelhatároló szerkezet belső felületét készítjük perforált lemezből, akkor a statikai ellenőrzést a perforált elem ellenállásaira kell elvégezni. Bizonyos teherhordó trapézlemezek rendelhetők perforált gerinccel, "C"-kazetták rendelhetők perforált belső felülettel.
- Ha a térelhatároló szerkezet belső felületét készítjük perforált lemezből, akkor arra ***nem érvényesek az ugyanolyan rétegfelépítésű, de perforáció nélküli szerkezetre elvégzett tűzvizsgálatok!***
- Ha "C"-kazettás térelhatároló szerkezet belső felületét készítjük perforált lemezből, tehát perforált kazettát alkalmazunk, akkor a perforáció megszakítja a belső párazáró felületet, amelyet párazáró fóliával pótolni kell. Itt fontos a páratechnikai méretezés, ökölszabály szerint kiindulhatunk abból, hogy a párazáró felületen belül a térelhatároló szerkezet hőszigetelő képességének legfeljebb 1/3-át

kitevő hőszigetelő anyag legyen. A párazáró fólia légzáró illesztése gondos kivitelezést igényel, kockázatát csökkenti az átszellőztetett külső burkolat.



kész tetőfödémre rászertelt hangelnyelő burkolat



teherhordó trapézlemez perforált gerinccel – építés közbeni fénykép

Székesfehérvár, 2017.06.22.

Sas Viktor
okl. építőmérnök