



TÁMOP JEGYZET PÁLYÁZAT

Képzés- és tartalomfejlesztés, képzők képzése, különös tekintettel a matematikai, természettudományi, műszaki és informatikai képzésekre és azok fejlesztésére
(Projektazonosító: TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2010-0075)

ALACSONY ENERGIÁJÚ ÉPÜLETEK ÉS PASSZÍVHÁZAK SZERKEZETEI



TÁMOP JEGYZET PÁLYÁZAT

Képzés- és tartalomfejlesztés, képzők képzése, különös tekintettel a matematikai, természettudományi, műszaki és informatikai képzésekre és azok fejlesztésére
(Projektazonosító: TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2010-0075)

ALACSONY ENERGIÁJÚ ÉPÜLETEK ÉS PASSZÍVHÁZAK SZERKEZETEI

A BME Építészmérnöki Kar hallgatói számára, elsősorban az ÉPSZ8 tantárgy anyagához

készítette: BME Építészmérnöki Kar
Épületszerkeztani Tanszék
tanszékvezető: Dr. Becker Gábor egyetemi tanár

témafelelős:
kidalgozó: Horváth Sándor egyetemi adjunktus
Bakonyi Dániel doktorandusz
Dr. Fülöp Zsuzsanna egyetemi docens
Horváth Sándor egyetemi adjunktus
Kapovits Géza tudományos segédmunkatárs
Pataky Rita egyetemi mestertanár
Dr. Takács Lajos Gábor egyetemi docens

szakirodalom feldolgozása:
Dr. Hunyadi Zoltán egyetemi docens
Páricsy Zoltán egyetemi tanársegéd

lektorálta:
belső lektor: Dr. Kakasy László egyetemi adjunktus
külső lektor: Szabó Péter PhD. intézetvezető egyetemi docens NyME FMK

Budapest



TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS

- 1.1. Indokoltság
- 1.2. Alacsony energiafelhasználású épület és passzívház
- 1.3. Témalehatárolás

2. TERMIKUS BUROK

- 2.1. A termikus burok fogalma
- 2.2. A termikus burok elemei
- 2.3. A termikus burok energetikai minőségét befolyásoló tényezők
 - 2.3.1. Épületszerkezeti követelmények összefüggései
 - 2.3.2. Az épületek energiahatékonyságát befolyásoló tényezők
 - A. Tömegalakítás, tájolás
 - B. Rendeltetés - használat
 - C. Épületgépészeti rendszerek, megújuló energiaforrások
 - D. Épülethatároló szerkezetek

3. SZERKEZETI ELEMÉK KÖVETELMÉNYRENDSZERE

- 3.1. Épületszerkezeti követelmények összefüggései
 - 3.1.1. Tömegalakítás, felület/térfogat arány
 - 3.1.2. Energiafelhasználás
 - 3.1.3. Fűtési energia felhasználás
- 3.2. Hővédelem
 - 3.2.1. Fajlagos hőveszteség
 - 3.2.2. Hőszigetelőképeség
 - 3.2.3. Hőhidak
 - 3.2.4. Üvegezett szerkezetek
- 3.3. Légtömörség, légcseré
- 3.4. Gépészet

4. TERVEZÉST SEGÍTŐ SZIMULÁCIÓS PROGRAMOK

5. ILLESZTÉS A VONATKOZÓ AKUSZTIKAI SZABÁLYOZÁSHOZ

6. ILLESZTÉS A VONATKOZÓ TŰZVÉDELMI SZABÁLYOZÁSHOZ

7. GÉPÉSZETI KÖVETKEZMÉNYEK

8. CSALÁDI HÁZ LÉPTÉKŰ MINTAÉPÜLET

- 8.1. Részletek
 - 8.1.1. Lábzatok
 - 8.1.2. Födémcsatlakozás
 - 8.1.3. Nyílászáró beépítése
 - 8.1.4. Tetőeresz
 - 8.1.5. Falsarok



9. KIS LÉPTÉKŰ VEGYES FUNKCIÓJÚ MINTAÉPÜLET

9.1. Ajánlott részletek

9.1.1. Külső fal – alapozás csatlakozása fűtött pince esetén

9.1.2. Lábazat alápincézett épület esetén

A. Fűtött pincénél

B. Fűtetlen pince esetén, hőszigetelés a födém alatt

C. Fűtetlen pince esetén, hőszigetelés a födém felett

9.1.3. Nyílászáró beépítése

A. Ajtóküszöb földszinten

B. Ablak árnyékolóval

C. Erkélyajtó hőhídmegegyeztetéssel kialakított erkély esetén

D. Nagyobb hőszigetelés vastagság esetén ablak beépítése

9.1.4. Magastető

A. Ereszképzés

B. Oromfal

10.FELHASZNÁLT JOGSZABÁLYOK ÉS SZABVÁNYOK JEGYZÉKE

11.IRODALOMJEGYZÉK



1. BEVEZETÉS

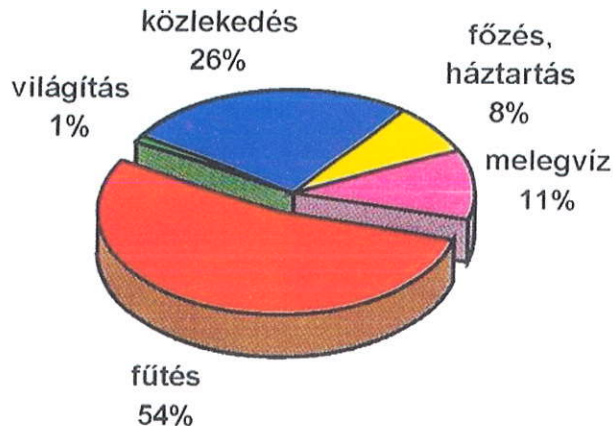
1.1. Indokoltság

A hetvenes évek elején kialakult olajválság óta szemléletünk energiaközpontúvá vált. A káros szennyezőanyag-kibocsátás radikális csökkentését elsődlegesen környezetvédelmi szempontok indokolják, így érthető az épületek fűtésére szánt energia mérséklésének szükségessége (1-2. ábrák).

A legelső energetikai követelmény a 38 cm vastag, tömör kisméretű téglából falazott, és két oldalról vakolt fal teljesítményéhez volt igazítva. Az első, ún. B30-as falazóblokkok vastagsága 30 cm lett, de üreges kialakításával ugyanazt a hőszigetelő-képességet nyújtotta. Később az alapanyagok pórussá váltak, az üreghányad is megnőtt, de a fokozódó hőszigetelési követelményeket már csak a falvastagság növelésével lehetett teljesíteni. A mai téglából készített, hőszigetelés nélküli falszerkezetek a 38 cm-es tömör téglafalhoz viszonyítva cca. háromszoros hőszigetelő képességgel rendelkeznek.

A szerelt szerkezetekben alkalmazott hőszigetelés vastagsága a hetvenes évek 4-5 cm-es értékétől¹ - a külföldi gyakorlatban - mára 20-24 cm-re növekedett, de a várható tendencia a 0,16-0,2 W/m²K hőátbocsájtási tényezőjű térelhatárolások felé mutat, melyet 30 cm feletti vastagságú hőszigeteléssel lehet megvalósítani. Vékonyabb szerkezetek eléréséhez hatékonyabb hőszigetelés, esetenként különleges anyagok (pl. vákuumpanel) alkalmazására lesz szükség.

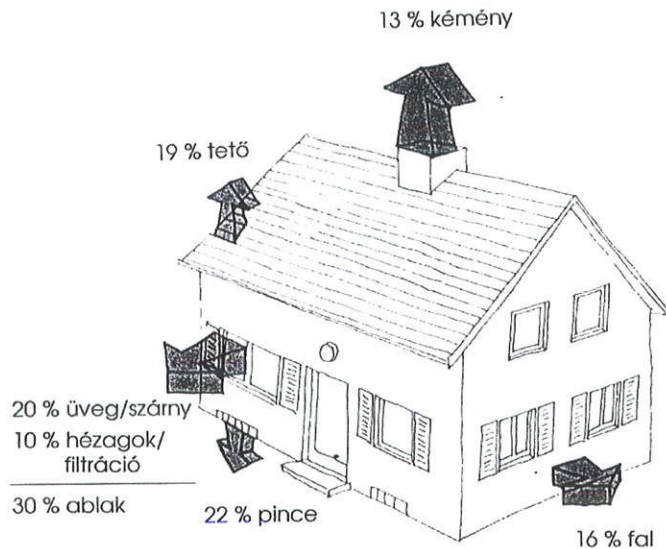
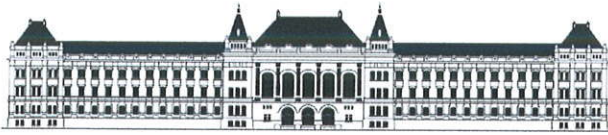
Az energiatudatos tervezés „végterméke” az energiatermelő ház, a nulla-energia ház, vagy a passzívház lehet. Ezek a jelenlegi falak elé helyezett további 25-30 cm, vagy szerelt technológiával, 30-40 cm vastagságú hőszigetelő anyaggal valósíthatók meg, mivel ezen épületeknél a hőszigetelő képességre jellemző „U”-érték (hőátbocsájtási tényező) a jelenleginél 2-3-szor jobb.



1. ábra: Magyarország energiafelhasználása

Az Európai Parlament és Tanács 2010-ben kihirdette „Az épületek energiahatékonyságáról – Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)” szülő 2010/31/EU számú irányelvet, mely szerint 2021-re minden új építésű épületet közel nulla energiafelhasználású és CO₂ kibocsátású épületként kell megvalósítani, ráadásul a hatóságok által használt illetve a tulajdonukban lévő épületek esetén ezen elveknek már két évvel korábban érvényesülniük kell. Ehhez azonban létre kell hozni a helyi klimatikus viszonyok függvényében a konkrét követelményértékeket, és azokat a javasolt szerkezeti megoldásokat, mely az épületek teljes életciklusára vetítve optimális beruházási költség-energiamegtakarítást hoznak létre. Ezeket a kritériumokat többféle típusú/minőségű/igényszintű épülettel ki lehet elégíteni, a kérdés a megvalósítandó cél.

¹ $\lambda=0,04$ W/mK értékkel számolva (leggyakrabban alkalmazott expandált polisztirol hab vagy ásványgyapot termékek)



2. ábra: egy átlagos, hagyományos épület energiavesztésének megoszlása

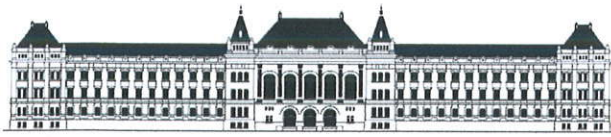
1.2. Alacsony energiafelhasználású épület és passzívház

Az épületek üzemeltetése során felhasznált energia alapján többféle épülettípust/minőséget különböztetünk meg. Ezek:

- alacsony energiájú épület
- passzívház
- közel nulla energia igényű épület
- nulla energia igényű épület
- autonóm ház
- aktívház

Az alacsony energiájú házak ("low-energy building") olyan épületek, melyeknek fűtési energiaigénye kevesebb, mint 50-60 kWh/m²év (≤ 5 literes házak, azaz az épület fűtéséhez m²-enként legfeljebb 5 liter fűtőolaj vagy 5 m³ földgáz elegendő), az egyéb energiafogyasztókat (melegvíz, főzés, világítás, stb.) is beleszámítva sem lesz a ház teljes energiaigénye több mint 90 kWh/m²év. Összehasonlításképpen, egy, a jelenleg érvényben lévő épületenergetikai rendeletnek megfelelő, 'C' besorolású magyar családi ház esetében ez az érték kb. a duplája, 160-200 kWh/m²év körül található, míg a korábbi épületek esetén elérheti az akár 600 kWh/m²év értéket is. Az alacsony energiájú épületeket a fogyasztás alapján további csoportokba sorolják (pl.: „3 vagy 4 literes” házak).

A „passzívház” energetikai értelemben több műszaki jellemző együttes teljesítését jelenti, a minősítés egy külföldi tulajdonban lévő eljárás (Minőségellenőrzött passzívház Dr. Wolfgang Feist, illetve KIVÉTPHA Minőségi Passzívház minősítési eljárás) alapján adható ki. A fogalom tágabb értelemben véve energiatudatos tervezés és kivitelezés alapján megvalósuló, évi 15 kW/m² energiafelhasználás alatti épületeket takar. Egyik alapvető eleme a lehető legkisebb energiavesztés eredményező, ideális fűtött térfogat illetve lehűlő felület arány, melyen belül egyre inkább szerepet kapnak az energiatermelő üvegezett felületek. Másik meghatározó tényező a határoló felületek hőszigetelési mértéke, a



hőhidmentes kialakítás és a légzárás. A temperáláshoz szükséges energiát hőcserélős szellőztető rendszerrel elégítik ki.

A közel nulla energiaigényű épület hővesztesége minimalizált, a szoláris hőnyereséget jól hasznosítja, de védett a nyári felmelegedés ellen, az épületgépészeti rendszerek jó hatásfokúak, segédenergia igényük csekély. A közel nulla vagy nulla energiaigény jelenleg jellemzően kizárólag a fűtési/hűtési energiára vonatkozatható, mert a villamosenergia illetve a melegvíz előállításához szükséges energia függ az épület rendeltetésétől és a használatától. Ezt az energiaigényt megújuló energiaforrásokból nyeri.

Az autonóm ház egy önellátó épület, mely a közműhálózatoktól (víz, gáz, villany, csatorna) függetlenül is működőképes. Nagyon alacsony energiaveszteséggel rendelkezik, energiatakarékos berendezéseket és szelíd technológiákat alkalmazva pótolja energiaigényét, a szennyvizet saját telkek belül kezeli.

Az aktív ház - megújuló, elsősorban szoláris alapon - több energiát termel, mint amennyit felhasznál.

1.3. Témalehatárolás

A jegyzet csak az alacsony energiafelhasználású épületekkel és passzívházakkal foglalkozik, mivel minden további épülettípus esetén az épületgépészeti/energiaellátó rendszerek aránya lényegesen nagyobb és ez a jegyzet elsősorban az épületek határoló szerkezeteinek energetikailag optimális kialakítását befolyásoló szempontokat értékeli és ezek elvi szerkezeti megoldásait mutatja be. Nem kíván részlettervgyűjteményként szolgálni.

2. TERMIKUS BUROK

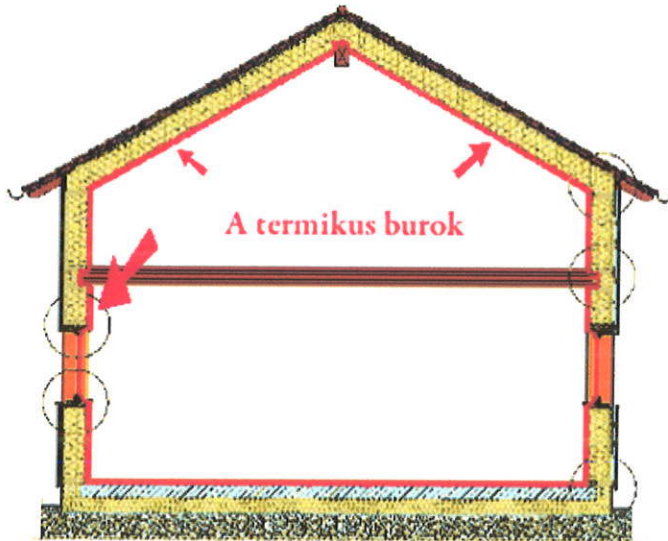
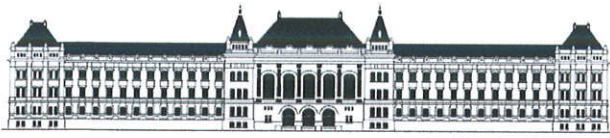
2.1. A termikus burok fogalma

A termikus burok az épület téli és nyári hővédelmét felületfolytonosan, hőhidmentesen, pára- és légzáró módon biztosító, a fűtött térfogatot határoló szerkezetek összességét jelenti.

2.2. A termikus burok elemei

A fentiek alapján a termikus burok részét képezik (a külső függőleges, ferde és vízszintes térelhatárolásokat egységesen beleértve – 3. ábra):

- tartószerkezet,
- hőszigetelő képességet befolyásoló rétegek (pl.: hőszigetelés, szélzárás),
- hőtároló képességet befolyásoló (pl.: nehéz, $m \geq 400 \text{ kg/m}^2$) rétegek
- lég- és párazárás,
- hőhidak,
- üvegezett szerkezetek és árnyékolás.



3. ábra: A termikus burok és elemei

2.3. A termikus burok energetikai minőségét befolyásoló tényezők

2.3.1. Épületszerkezeti követelmények összefüggései

Az épületek optimális szerkezeti kialakítása összetett folyamat, több tényező függvénye. A tervezés során valamennyi szempontot egyidejűleg figyelembe kell venni. Az épületszerkezetekkel szemben megfogalmazott komplex követelményrendszert az OTÉK (Országos Településrendezési és Építési Követelmények) OTÉK 50-57. §-k is tartalmazzák:

- állékonyság, mechanikai stabilitás,
- tűzbiztonság,
- higiénia, egészség és környezetvédelem,
- életvédelem, használati biztonság,
- zaj és rezgés elleni védelem,
- energiatakarékosság és hővédelem.

Az épületek szerkezeteinek **valamennyi** velük szemben támasztott követelményt az elvárt ideig, és elvárt minőségben ki kell elégíteniük, ami szükséges, de nem elégséges feltétel. A szerkezeti követelmények a szerkezetet érő hatások és igénybevételek alapján határozhatók meg.

Az épületek energiafogyasztását az alábbi összetett, egymással kölcsönhatásban álló szempontrendszer befolyásolja és ezáltal nem csupán az épületek energetikai minőségét, de az épületszerkezetek kialakítását, az alkalmazott szerkezetekkel szemben támasztott követelményeket is meghatározza:

- tömegalakítás, tájolás,
- épületfunkció és -használat,
- épületgépészeti rendszerek,
- megújuló energiaforrások,
- épülethatároló szerkezetek.



2.3.2. Az épületek energiahatékonyságát befolyásoló tényezők

A. Tömegalakítás, tájolás

Az épületek energiatudatos tervezése összetett feladat, ami az épület környezetbe való illesztésével, a megfelelő tájolások kiválasztásával, vagy a tömegek egyszerűsítésével kezdődik (1. táblázat).

Az energiafelhasználás csökkenthető az épület helyiségeinek tájolásával (összhangban a belső terek hőmérsékleti és szellőzési igényeivel; északra zárt, délre nyitott tájolás), zónás kialakítással.

100 m² alapterülethez tartozó felület¹:

félgömb:	310	m ²
lapostetős „kockaház”:	380	m ²
lapostetős „L” épület:	444	m ²
magastetős „kockaház”:	450	m ²
magastetős „L” épület:	508	m ²
„bonyolult” épület	620	m ²

1. táblázat 100 m² alapterülethez tartozó felület* különböző épülettömeg esetén (forrás: Nyugat-magyarországi Egyetem)

*Megjegyzés: Egységesen kétszintes épület esetén számolva. A „kockaház” 10x10x7 m-es, az „L” épület 6 m széles, a magastető 45°-os hajlásszögű. A „bonyolult” épület is csak erkélyt, beugrót tartalmaz.

Köztudott, hogy egy adott térfogat esetén a gömbfelület adja a lehető legkisebb lehűlő felületet, tehát geometriai szempontból a gömbház lenne a legideálisabb, de ebben nehéz a megfelelő funkciót kialakítani. A ma gyakran túltagoltan épített épületek még jelentős hőszigetelés-vastagsággal sem hozzák be a tervezésnél szerzett kezdeti hátrányt. A „kompakt” jelleget a lehűlő felület és a fűtött térfogat aránya (A/V) szabályozza. Kisebb épületek, pl. családi házak esetén e követelményt nehezebb tartani, hiszen kisebb térfogathoz fajlagosan nagyobb lehűlő felület tartozik. Ilyen szempontból a kompakt tömegű többszintes épületek előnyösebbek.

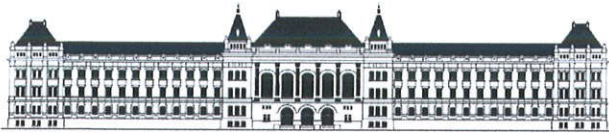
B. Rendeltetés és -használat

Az épület használata során nagyon sok energia takarítható meg a belső hőmérsékleti igények, légállapot jellemzők megfelelő megválasztásával. A fűtött terek téli belső, 1-2 °C-kal alacsonyabb használati hőmérséklete, a légcseré redukálása akár 30-50 %-kal is csökkentheti a fűtési energiafelhasználást. Ugyanakkor a nem megfelelő mértékű szellőztetés, az alacsonyabb hőmérséklet a belső páratartalom megemelkedése miatt páralecsapódáshoz, ennek következtében penészesedéshez, szerkezeti állagromláshoz vezethet. A nyári időszakban a hűtési energiafelhasználás jelentősen csökkenthető az éjszakai több órás átszellőztetéssel.

C. Épületgépészeti rendszerek - megújuló energiaforrások

Az épületgépészeti rendszerek energiaellátása, hatékonysága, beépítési helyzetük nagymértékben és sok szempontból meghatározza az épület energiafelhasználását, szerkezeteinek kialakítását. A fűtő, hűtő, szellőztető berendezések beépítési helye (ablakok alatt, felületfűtésként, légfűtésként, stb.) befolyásolja a komfortérzetet és ezzel együtt az energiaigényt, a szerkezeti megoldásokat is.

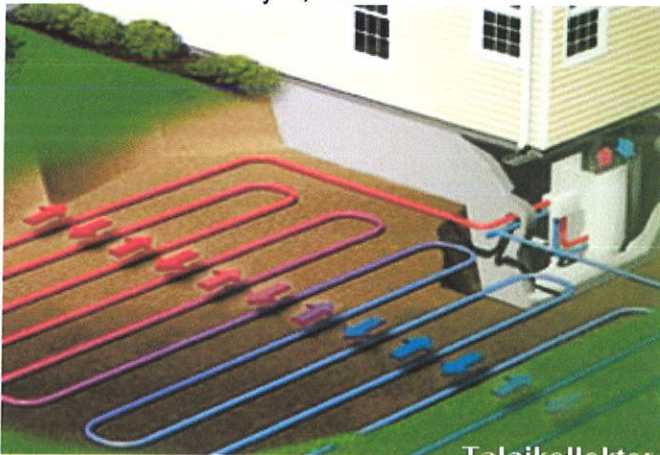
A megújuló energiaforrások alkalmazása az energiaforrás eredete szempontjából csökkenti a környezetszennyezést, javítja az épület energetikai minőségét, ugyanakkor gyakran különleges szerkezetek beépítését igényli.



Az épületgépészeti rendszerek az épületszerkezetek kialakítására, igénybevételére is hatással vannak, különösen integrált kialakítás esetén, ezért a szerkezetek véglegesítése csak a gépészeti és energetikai megoldások ismeretében történhet.

Példák a megújuló energiaforrások hasznosítására:

- napenergia
 - aktív hasznosítás
 - napkollektorok
 - napelemek (fotovoltaikus) panelek (1. kép)
 - passzív hasznosítás
- geotermikus energia - geotermikus energiát felhasználó fűtési-hűtési rendszer stb. (4. ábra)
- hőszivattyúk, stb.



4. ábra Talajkollektor az épület energiaellátási rendszerére csatlakoztatva

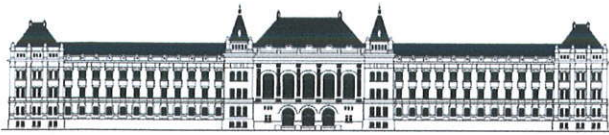


1. kép Tetőszigetelés felületére kasirozott napelem

D. Épülethatároló szerkezetek

A határoló szerkezetek vastagságának növelésével javítható a hőszigetelő képesség, de a nagy szerkezeti vastagság jelentős hasznos területvesztéssel jár, növeli a beépített anyagok önsúlyát.

A transzparens felületek mögötti nagy tömegű határoló szerkezetek hőtároló képessége csökkenti a téli fűtési energiát. A nyári időszakban a nehéz határoló szerkezetek mögötti belső terek nappal kevésbé



melegszenek fel. Ugyanakkor a szerkezetek „felfűtése”, illetve a felmelegedett szerkezetek lehűtése többlet energiát igényelhet, amelyet a számításoknál és a komfortérzet megítélésénél figyelembe kell venni.

A termikus burok energetikai minőségét az alábbi tényezők befolyásolják:

- épületforma, épülettérfogat (előző fejezet érintette),
- általános felületek hőszigetelőképesége, hőátbocsátási tényezője,
- hőhidak mértéke, vonalmenti hőátbocsátási tényező, felületi módosító tényező,
- üvegezett szerkezetek (üvegház hatás),
- filtráció.

Hőszigetelés

A célul kitűzött, egyre inkább szigorodó értékek jellemzően homogén szerkezettel nem valósíthatók meg, mert például a teherbíró, hőszigetelő képességű duzzasztott agyaggolyó adalékú könnyűbeton, vagy a könnyűvályog cca. 70 cm-es vastagság esetén is még csak $U \approx 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ értékkel rendelkezik. Így kialakításuk gazdaságtalan. Fentiek értelmében megállapítható, hogy réteges szerkezetek kialakítása indokolt, ahol méretezett hőszigetelés biztosítja a szükséges hővédelmet, mely csökkenti az energiavesztést, biztosítja a beltéri komfortérzetet, illetve megakadályozza a falszerkezet belsejében vagy a felületen történő páralecsapódást.

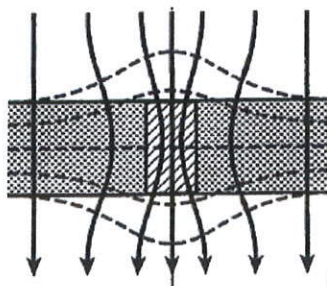
Hőhidak

A hőszigetelő képességet jelentősen befolyásolják a szerkezetekben kialakuló hőhidak (szerkezeteken keresztül fokozott energiaáramlás alakul ki), melyek mentén a felületi hőmérséklet lényegesen alacsonyabb lehet az általános felületi hőmérsékletnél, ami kapilláris-, majd felületi kondenzáció kialakulásához vezethet. A hőszigetelés vastagságának növekedése a hőhidak hatását is megnöveli.

Hőhidak az alábbiak szerint alakulhatnak ki:

- **anyag- és/vagy szerkezetváltásnál**

Réteges szerkezetek esetén a térelhatárolási rétegrend egyes funkcióit más-más réteg teljesíti, így az anyag-, szerkezetváltás elkerülhetetlen. Leggyakoribb szerkezetváltási hőhid a nyílászárók beépítése, a falazóelemek és a vasbeton elemek csatlakozásai (5. ábra), vagy a szerelt hőszigetelt szerkezetek fa elemei. A fa szerkezeti elemek és a hőszigetelések átlagos hővezetési tényezője nagyságrendekkel különbözik egymástól ($\lambda_{\text{hőszig}} \approx 0,02-0,04 \text{ W/mK}$, $\lambda_{\text{fa}} \approx 0,13-0,19 \text{ W/mK}$), azaz az eltérés akár 4-8-szoros is lehet. Tetőszerkezetekben a szarufa keresztmetszeténél kisebb vastagságú hőszigetelés alkalmazása esetén ez a különbség nem okozott jelentős hőhidat, a hőszigetelés vastagságának növekedésével azonban a hőhidhatás is felerősödött.



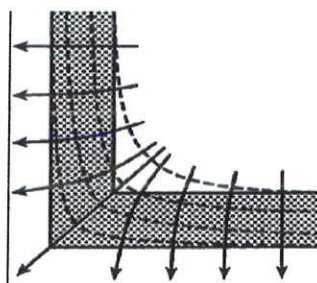
5. ábra Szerkezeti hőhid jellemző példája



A hőszigetelés „hullámzó” fektetése, az ütköztetési hézagok, a táblaszélek felhajlása fegyelmetlen kivitelezés esetén szintén hőhíd forrása. A lépcsős ütközőhézag, több rétegű fektetés, vagy az ömlesztett anyagok jelentősen mérsékelhetik e hibák kialakulását.

• **geometriai váltásnál**

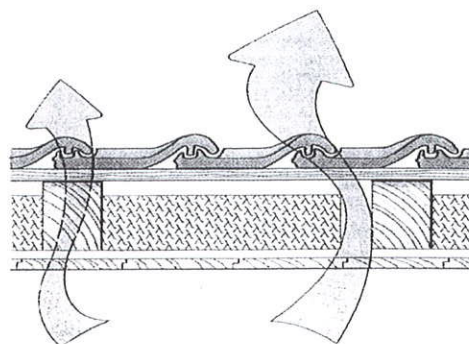
Az épület térbeli forma, így elkerülhetetlen a geometriai váltás (6. ábra), például tetőszerkezetek esetén a ferde síkú felületek összemetsződnek, jellemzően függőleges felületekhez, egyes esetekben vízszintes felületekhez csatlakoznak: tető és térfal csatlakozása, oromfali csatlakozás, falszegély, gerinc, vápa, él, stb. Minél összetettebb geometriájú egy épület, annál több váltás található, illetve annál több hőhíd alakulhat ki. Ezek kedvezőtlen száma, illetve az épületburokra gyakorolt negatív hatása egyszerű épulettömeg alkalmazásával csökkenthető.



6. ábra: Geometriai hőhíd jellemző példája

Az épülethatároló szerkezetek hőhidjai (2. kép, 7. ábra)

- pontszerűen, pl.: burkolatok és/vagy a hőszigetelő réteg rögzítési pontjainál, pontszerű áttöréseknél, besüllyesztett szerkezeti elemeknél (pl. elektromos csatlakozó aljzatok), vagy
- vonalmentén, pl.: törésvonalaknál (pl. homlokzati sarkok, fal- és földemcsatlakozások, tetők, árkádok stb.), valamint a szerkezetek anyagváltásánál (pilléreknel, földemeknel, stb.) alakulhatnak ki.



2. kép, 7. ábra Hőhidasság kialakulás tetőtérben faszervezet mentén

Filtrációs energiaveszteség

Filtrációnak nevezzük a külső határoló szerkezeteken keresztül kialakuló légáramot.

A belső terek használata során pára termelődik a tevékenységekből és az emberi életfunkciókból adódóan. Ez a meleg párás levegő a nyomáskülönbség hatására télen a belső térből kifelé törekszik. A szerkezetben - tetőtérbeépítés esetén a hőszigetelésben – a hőmérséklet csökkenésével a levegő telítődik, majd a felesleges nedvesség kicsapódik. Ez vezet ahhoz a jelenséghez, hogy csapadék nélküli időben a tető „belülről” ázik. Intenzív mozgás esetén „a meleg pulóver átizzadva nem melegít”, így a páralecsapódástól átnedvesedő hőszigetelés sem képes betölteni funkcióját.



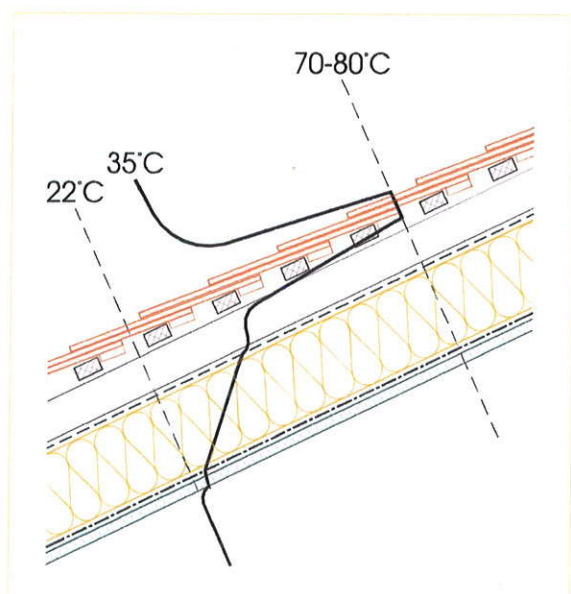
A legújabb kutatási eredmények szerint – különösen a szerelt szerkezetek esetén - a hőveszteség túlnyomó része nem konvekcióból, hanem filtrációból, illetve a páravándorlás nem diffúzióból, hanem filtrációból adódik.

Fenti kedvezőtlen jelenségek mérséklése csak felületfolytonos, belső oldali lég- és párazáró (párafékező) réteg elhelyezésével lehetséges, melynek következetes alkalmazása komoly szemléletváltást igényel.

Nyári hővédelem, hűtési energia csökkentése

A 2010/31/EU számú irányelv értelmében a megvalósítandó épületeknek teljes évre vetítve kell közel nulla energiaszükségletűnek lenni, így a téli fűtési és a nyári hűtési energiamegtakarítást egyszerre kell vizsgálni.

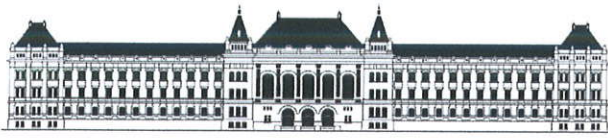
Átszellőztetett homlokzatok és tetőterek nyári hővédelmét a hőszigetelés és a burkolat/tetőfedés között kialakított, átszellőztetett légréteg biztosítja (8. ábra). Kutatások igazolják, hogy légnyomáskülönbség, illetve szél hatására - bár különböző irányban, de – egész évben megfigyelhető a résben a levegő áramlása. A mozgó levegő nyáron alulról hűti a napsugárzás hatására felhevült burkoló anyagot, így a hőszigetelés külső felületén lényegesen alacsonyabb hőmérséklet alakul ki, ami csökkenti a belső tér felmelegedését. Télen ez az átszellőzés biztosítja a hőszigetelésbe esetlegesen behatolt pára elvezetését.



8. ábra Az átszellőztetett légréteg hőmérséklet-csökkentő hatása

A belső hőmérséklet-ingadozás csillapítása érdekében az épületek hőtároló tömegének rendkívül nagy szerepe van. Könnyűszerkezetes épületek esetén a hiányzó tömeget célszerű más módon pótolni a hűtési energia csökkentése érdekében. Nyáron a könnyűszerkezetes épület napközben könnyen felmelegszik, míg a nehéz épület késleltetve, jellemzően estére melegszik fel, így az első esetben az intenzív árnyékolás, míg a második esetben az intenzív éjszakai szellőztetés jelenthet megoldást.

A téli hőnyereség biztosítása érdekében a kedvező tájolás irányába megnyitott nagy üvegezett felületek nyáron kedvezőtlen hőterhelést jelentenek, melyek ellen intenzív árnyékolással kell védekezni. Szimulációs programok segítségével pontosan meghatározható, hogy az épület más tájolású üvegezett felületeit milyen módon célszerű árnyékolni. Automatizálással kiegészítve a mindenkori időjárási helyzethez igazítható az árnyékolás mértéke a belső komfort érdekében.



Szélzárás

Az MSZ 04-140:1991 szabvány a hőszigetelés beépítési módjától függően „k” korrekciós tényezőt ad meg a hőszigetelés tényleges hővezetési tényezőjének meghatározásához, mely levegővel érintkező hőszigetelés esetén 10-50%-os romlást jelent! Ezek az értékek azonban már cca. 30 éves kutatásokra támaszkodnak. A 2008-ban megjelent MSZ EN ISO 10456 szabvány az anyag légáteresztőképesége, vastagsága és a két oldalon kialakuló hőmérsékletkülönbség függvényében egy képlet segítségével adja meg a hőátbocsátási tényező tervezési értékét. Mindkét méretezési módszer azt mutatja, hogy a mozgó levegő a hőszigetelésbe hatolva csökkenti annak teljesítő képességét, ezért a hőszigetelés felett „szél ellen záró” réteg elhelyezése indokolt, ami energiamegtakarítást eredményezhet. Szél ellen záró réteg alkalmazása átszellőztetett homlokzatok esetén – kutatásokkal és számításokkal igazoltan – jelentősen befolyásolja a hőszigetelés szükséges vastagságát, illetve azonos vastagságú hőszigetelés esetén akár 8-10%-kal is csökkenhet az energiaveszteség.

A szél torlónyomása miatt a fedés alá kerülő nedvesség, vagy a tetőfedés alsó oldalán kicsapódó pára a hőszigetelésbe jutva átnedvesítheti azt, ami - a belső oldalról kifelé haladó pára lecsapódásához hasonlóan – rontja teljesítő képességét.

Az ÉMSZ által kiadott „Alátétthéjazatok tervezési és kivitelezési irányelvei” igénybevételi fokozatnak megfelelően, a vízzáróság fokozására - kiegészítő intézkedésként - különböző teljesítményfokozatú alátétthéjazatok beépítését javasolja. A szarufa magasságot meghaladó hőszigetelés vastagság miatt és a technológiai fejlesztéseknek köszönhetően mára már az egyszeres átszellőztetés terjedt el, mely egyszerre biztosítja a hűtést és a szerkezetbe esetlegesen bekerülő pára elvezetését. Ennek megfelelően beépített tetőterek esetén a teljes felületű aljzatra készített páraáteresztő alátétfedések terjedtek el. Ezek már részben biztosíthatják a „szél elleni” szükséges védelmet, ami fokozható a toldások felületfolytonosításával, így „szélzáró alátétfedés”, azaz energetikailag előnyösebb alátétthéjazat készítése lehet indokolt (2. táblázat).

a tető tervezett hajlásszöge	-	egy további igénybevételi tényező	két további igénybevételi tényező	három és több további igénybevételi tényező
$\alpha \geq \alpha_k$	-	szabadon fekvő alátétfedés	szabadon fekvő alátétfedés	szabad állapolású alátétfedés
$\alpha < \alpha_k$ $\alpha \geq \alpha_k - 6^\circ$	szabadon fekvő alátétfedés	szabadon fekvő alátétfedés	szabad állapolású alátétfedés	szélzáró alátétfedés
$\alpha < \alpha_k - 6^\circ$ $\alpha \geq \alpha_k - 10^\circ$	vízzáró alátétszigetelés	vízzáró alátétszigetelés	vízzáró alátétszigetelés	vízhatlan alátétszigetelés
$\alpha < \alpha_k - 10^\circ$	vízzáró alátétszigetelés	vízhatlan alátétszigetelés	vízhatlan alátétszigetelés	vízhatlan alátétszigetelés
$\alpha < 10^\circ$	cserépfedésű tető nem készíthető			

2. táblázat Alátétthéjazatok javasolt kialakítása energetikai szempontból (cserépfedés esetén) (forrás: Pataky Rita)



3. KÖVETELMÉNYRENDSZER

3.1. A teljes épületre vonatkozó követelmények

3.1.1. Tömegalakítás, felület/térfogat arány

Általában az épület lehűlő felületének és fűtött térfogatának arányára nincs számszerű követelmény. Az A/V arány hatását az energiafelhasználási követelményekre az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 7/2006. (V.24.) TNM rendelet tartalmazza.

Alacsony energiafelhasználású épületek A/V arányára nincs előírás, de passzív házak esetén A/V=0,59–0,84 az ajánlott érték.

3.1.2. Energiafelhasználás

Az energiafelhasználás csökkentését célzó építészeti és szerkezeti döntések a teljes épület és környezete figyelembevételével, valamennyi szempont együttes mérlegelésével értékelhetők. Az épületek energetikai méretezése összetett folyamat. A tervezés során valamennyi követelményt egyidejűleg ki kell elégíteni (9. ábra).



9. ábra Az épületek energetikai méretezésének összefüggései (forrás: Osztrólczy Miklós)

A 7/2006-os rendelet alapján a **fajlagos összesített energetikai jellemző (E_p)** a vizsgált épület vagy épületrész rendeltetészerű használatához szükséges teljes energiafelhasználást vizsgálja primer energiában kifejezve. Mértékegysége: kWh/m²év. Az épület rendeltetésétől függő követelményeket a szabályozás az épület lehűlő felület/fűtött térfogat arányában adja meg, azonban passzív házak esetében az üzemeltetés során csak a szabályozásban előírt mennyiségű energia használható fel. Passzív házak esetén ez az előírt érték legfeljebb $E \leq 120$ kWh/m²év lehet. Energiatakarékos kialakítások esetén ez az érték ténylegesen legfeljebb $E=20-50$ kWh/m²év-re is adódhat.

3.1.3. Fűtési energia felhasználás

Mind az alacsony energiájú épületek, mind a passzív házak esetén korlátozott az épület fűtési igénye:

- alacsony energiájú házak: $\leq 50-60$ kWh/m²év,
- passzív házak: ≤ 15 kWh/m²év.

3.2. Hővédelem

3.2.1. Fajlagos hőveszteség

A **fajlagos hőveszteség tényező (q)** a teljes épület vagy épületrész határoló szerkezeteinek energetikai mérlege, azaz a transzmissziós hőveszteség és a hasznosított passzív sugárzási hőnyereség algebrai összege. Mértékegysége: W/m³K

A fajlagos hőveszteség tényező az alábbi képlet alapján határozható meg:

$$q = \frac{1}{V} \left(\sum AU + \sum \Psi - \frac{Q_{sd} + Q_{sid}}{72} \right)$$

ahol:



- V [m³] fűtött térfogat,
- U [W/m²K] felületi hőátbocsátási tényezők,
- A [m²] lehűlő felület a hőátbocsátási tényezőkhez rendelve,
- Ψ [W/mK] vonalmenti hőátbocsátási tényezők
- l [m] vonalmenti hőhidak hossza a vonalmenti hőátbocsátási tényezőkhez rendelve
- Q_{sid} sugárzási nyereség.

Az épület számított fajlagos hőveszteség tényezője nem függ az épület használatától. Meghatározó elemei az építészeti tömegalakítás, tájolás, az épülethatároló szerkezetek minősége. A követelményeket a szabályozás az épületfunkció megkülönböztetésével adja meg.

Az épület transzmissziós hőveszteségére és nyári túlmelegedésének megakadályozására vonatkozó követelményeket a szabályozás az épület lehűlő felület/fűtött térfogat arányában tartalmazza.

A fajlagos hőveszteségtényező meghatározása mellett vizsgálni kell az épület sugárzási nyereségből származó nyári túlmelegedésének kockázatát is.

3.2.2. Hőszigetelőképeség

A **hőátbocsátási tényező (U)** a vizsgált épület vagy épületrész határoló szerkezetein átjutó transzmissziós hőveszteséget kifejező, az épület egyes határoló szerkezeteinek hőszigetelő képességét meghatározó, az általános helyen felvett metszetre számított vagy a termék egészére minősítési iratban megadott érték. Mértékegysége: W/m²K.

A hőátbocsátási tényező az alábbi képlet alapján határozható meg:

$$U = 1 / (1/h_e + \sum d/\lambda + 1/h_i) \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

ahol:

- U [W/m²K] felületi hőátbocsátási tényező adott rétegre vonatkoztatva,
- h_e [W/m²K] felületi hőátadási tényező a külső oldalon,
- h_i [W/m²K] felületi hőátadási tényező a belső oldalon,
- d [m] az egyes szerkezeti rétegek vastagsága,
- λ [W/mK] egyes szerkezeti rétegekhez rendelt valós hővezetési tényezők,

A határoló szerkezetek hőátbocsátási tényezője az alkalmazott anyagoktól és azok vastagságuktól függ. Az egyes szerkezetek hőátbocsátási tényezőjének meghatározásánál a pontszerű hőhidak hatását és a hővezetési tényezőnek a beépítés során esetlegesen megváltozott értékét kell figyelembe venni.

Valamennyi eltérő rétegfelépítésű külső határoló szerkezet rétegrendi hőátbocsátási tényezőjét meg kell határozni a hozzájuk tartozó felületekkel (A_i [m²]) együtt.

A követelményeket a szabályozás táblázatokban, szerkezetcsoportonként adja meg. Az előírt hőátbocsátási tényező követelményértékek kielégítése szükséges, de nem elégséges feltétele a szerkezetek teljes körű megfelelőségének, és önmagában nem biztosítja az épületek alacsony energiateljesítményét, a komplex energiatakarékossági elvárások teljesítését.

Passzívházak esetén a határoló szerkezetekre vonatkozó rétegtervi hőátbocsátási tényezők értéke meghatározott, azaz

- $U_R \leq 0,15$ W/m²K
- homlokzati üvegezés: $U \leq 0,80$ W/m²K.



A nyílászárók esetén ez azt is jelenti, hogy a nyílászáró szerkezet 3 rétegű hőszigetelő üvegezésű, jellemzően nemes gáz töltéssel és Low-E bevonattal. A profilok vastagsága nő, és fa tokszerkezet esetén is hozzá kell szokni a hőhídmegszakítás fogalmához.

A jelenlegi szabályozás szerinti U-értékek (3. táblázat) nem alkalmazhatók az alacsony energiafelhasználású épületek tervezéséhez. Mivel az uniós direktíva bevezetéséig ennek módosítása nem várható, a 4. táblázat ad ajánlást, ami a rétegrendi tervezés alapjául szolgálhat, de az átfogó követelményeknek (q-érték, összesített energetikai jellemző) való megfelelés igazolását ettől függetlenül el kell végezni.

	MSZ 04-140 1979	MSZ 04-140 1985	MSZ 04-140 1991	7/2006 TNM rendelet 2006	ajánlott érték	Passzívház ajánlás
U fal (W/m ² K)	0.85	0.70	épitményre vonatkozó átlagos k-érték	0.45	0.35	0.15 cca. 20-30 cm hőszigetelés
U tető (W/m ² K)	0.40 cca. 10 cm hőszigetelés	0.40 cca. 10 cm hőszigetelés	cca. 12-14 cm hőszigetelés	0.25 cca. 16 cm hőszigetelés	0.20 cca. 20 cm hőszigetelés	0.12 cca. 40 cm hőszigetelés

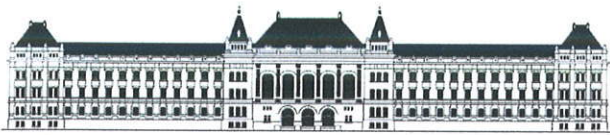
3. táblázat U-értékek változása a szabályozások tükrében

	Külső térrel érintkező vízszintes és ferde télhatárolás	Külső fal	Pincefödém	Nyílászáró	Légcsere
U _R [W/m ² K]	0,20	0,25	0,30	1,30	0,55 szabályozott
hőszigetelő réteg vastagsága d [cm]	20	16	12	2 réteg hőszigetelő üveg, Low-e bevonat	

4. táblázat Alacsony energiájú épületek tervezéséhez ajánlott U-értékek (BME Építészmérnöki Kar Épületszerkezettani Tanszék, 2012)

Megjegyzések a 4. táblázathoz:

- „Külső térrel érintkező vízszintes és ferde télhatárolás” alatt értendők a lapostetők, beépített magastetők, valamint a padlásfödémek és az árkádfödémek.
- „Külső falak” alatt értendők az épület homlokzati és lábazati falai, valamint a fűtött pincék határoló falai is.
- A talajon fekvő padlók hőátbocsátási tényezőjére vonatkozó elvárások 15 méteres épületszélességig azonosak a „Pincefödémek”-re vonatkozókkal, a felett részletes méretezés szükséges.
- A „rétegrendi hőátbocsátási tényezők” (U_R) megengedett legnagyobb értékei a hőszigetelő réteget rontó hatásokat (bordavázak, pontszerű rögzítőelemek, szarufák, stb, valamint a síkváltásokat, szerkezetváltásokat) is magukban foglalják.
- A hőszigetelő réteg vastagságára (d [cm]) közölt értékek λ=0,04 W/mK hővezetési tényezőjű hőszigetelő anyagra vonatkoznak.



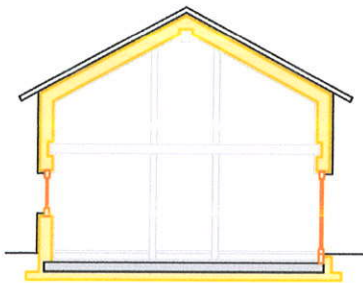
- A hőszigetelő réteg vastagsága (d) minden más épületszerkezet (fal, földem, burkolat stb.) hőszigetelő képességének, valamint a hőszigetelő hatást rontó tényezők (bordavázak, pontszerű rögzítőelemek, szarufák, áramló levegő a légrésben, stb.) figyelmen kívül hagyásával került meghatározásra – tájékoztató érték.
- Pontos számításoknál figyelembe kell venni a felületi hőátadási tényezők irányfüggőségét, valamint a hőszigetelő anyagok hővezetési ellenállásának nem lineáris voltát is.
- A légcserére megadott érték lakóépületekre vonatkozik.

A hőszigetelő réteg a külső vagy a belső felületen illetve a szerkezet belsejében helyezhető el. Épületfizikai és használati szempontból a külső oldali hőszigetelés tekinthető optimálisnak; általánosságban törekedni kell a kifelé csökkenő diffúziós ellenállású (ún. nyitott) rétegrendi felépítésre. Belső oldali és szerkezeten belüli hőszigetelés esetében páralecsapódás kockázatával kell számolni, ezért a rétegrendi megfelelőséget ellenőrző számítással kell igazolni. Nagy páravezetési ellenállású homlokzatburkolatok mögött kialakított átszellőztetett légréteg megszünteti a páralecsapódás veszélyét.

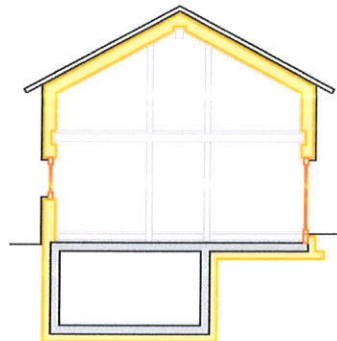
A szerkezetek energetikai méretezése csak akkor felel meg a valóságnak, ha a hőszigetelés anyaga a tervezéskor figyelembe vett hőszigetelő képességét beépített állapotban, hosszútávon értékvesztés nélkül megőrzi. Ennek érdekében a hőszigetelés anyagát úgy kell megválasztani, hogy károsodás nélkül viselje el a fellépő igénybevételeket, illetve a hőszigetelő réteget meg kell óvni a hővezetési tényezőt rontó (növelő) hatásoktól (például: zárcellás hőszigetelés alkalmazása a lábazon, páraáteresztő alátéthéjazat beépítése cserépfedés alatti hőszigetelés felületére, szélzáró homlokzathéja elhelyezése a hőszigetelés légrés felőli oldalán, stb.).

Amennyiben a beépítés után várhatóan romlik az anyag hőszigetelő képessége, akkor ezt a számítások során is figyelembe kell venni.

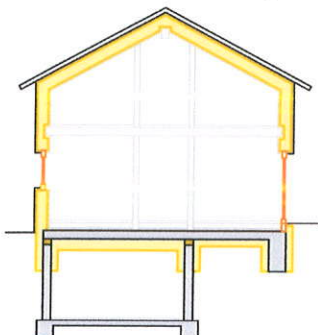
Az épület termikus burkának vonalvezetése a lehető legegyszerűbb legyen. Alápincézés esetén a teljes alapterület alatti, és a hőszigetelő burokkal körbevett pince jobb megoldás; a részleges alápincézés, vagy a hőszigetelő burokból kirekesztett pince hőhidas részleteket eredményez (10-12. ábrák).



10. ábra Termikus burok alápincézetlen épületnél

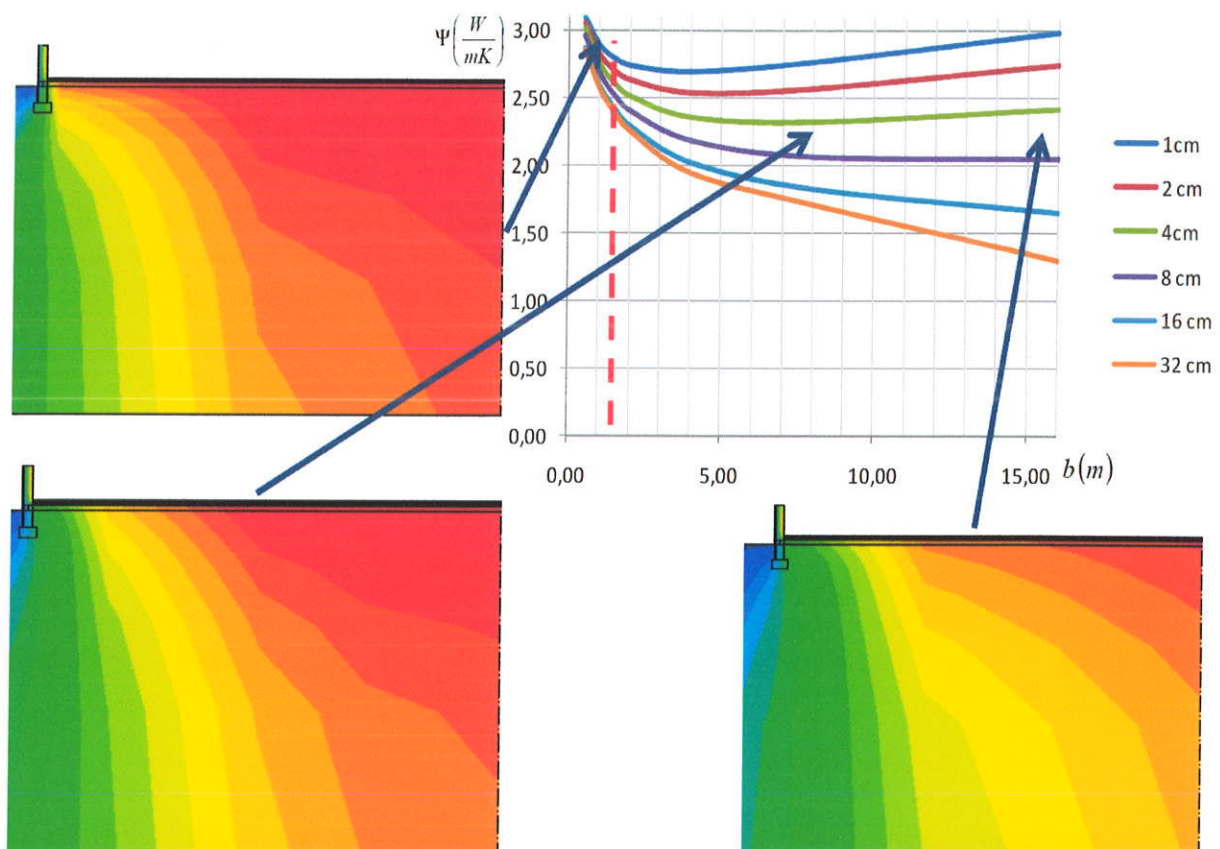


11. ábra Termikus burokba bevont pince



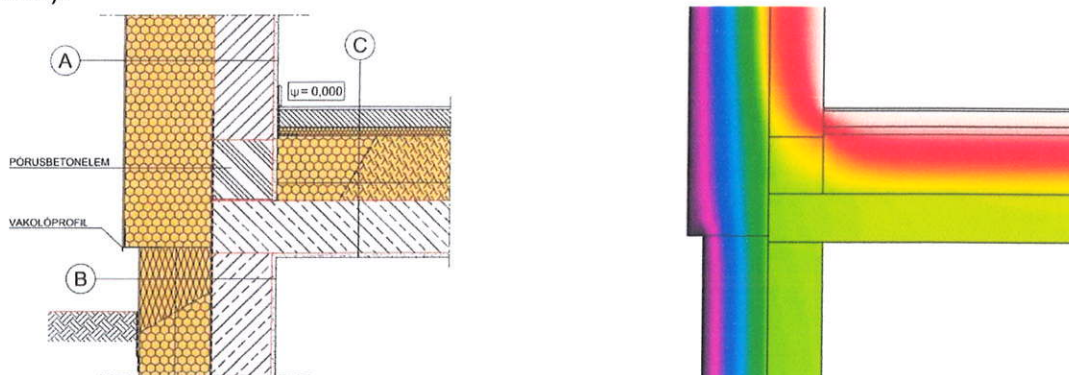
12. ábra Hőhíd-problémák hőszigetelési igény nélküli pince esetén

A padló alatti hőszigeteléshez kapcsolódó kutatások szerint - kb. 15 m-es épületszélességig – hatása van a kerület mentén fellépő lábazati hőhidnak (13. ábra). Ez kisebb épületnél jelentősebb, ezért alacsony energiájú épületek és passzívházak esetén a padló alatti, teljes felületű hőszigetelés beépítése ajánlott. Nagyobb épületszélesség esetén – a talajhő figyelembevételével - részletes számításokkal lehet igazolni a hőszigetelés mértékének csökkentését vagy teljes elhagyását.



13. ábra Padlószervezetben lévő hőszigetelés hatása a vonalmenti hővesztésre (Szikra 2011)

A talajon fekvő, vagy fűtetlen pinceterek feletti padlók hőszigetelése az alapozásra is kihatással van: a folyamatos hőszigetelés miatt célszerű a költségesebb lemezalap alkalmazása. A sávalap, vagy pincefal jelentős vonalmenti hőhid, melyet csak a falakba, illetve azok alá beépített, terhelhető, de hőszigetelő tulajdonságú anyagokkal (pl. pórusbeton, habüveg, préselt poliuretán, stb.) lehet mérsékelni (14-15. ábrák).



14-15. ábra Temperált pincetereknél a felmenő fal hőhidja: javítása pórusbeton vagy habüveg elemmel



3.2.3. Hőhidak

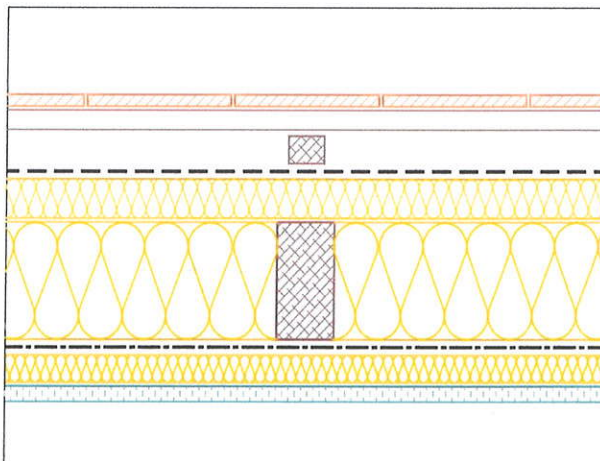
Az alacsony energiateljesítményű és passzív házak építészeti megjelenésénél a geometriai hőhidasság csökkentése érdekében érdemes kompakt, kevés törésvonalat tartalmazó tömegformálásban gondolkodni.

A pontszerű hőhidak hőszigetelő képességet rontó hatását a rétegtrendi hőátbocsátási tényezőnél (U_R), míg a vonalmenti hőhidasság mértékét az egyszerűsített rétegtrendi hőátbocsátási tényező számításánál, részben a fajlagos hőveszteség tényező (q) számításánál kell figyelembe venni.

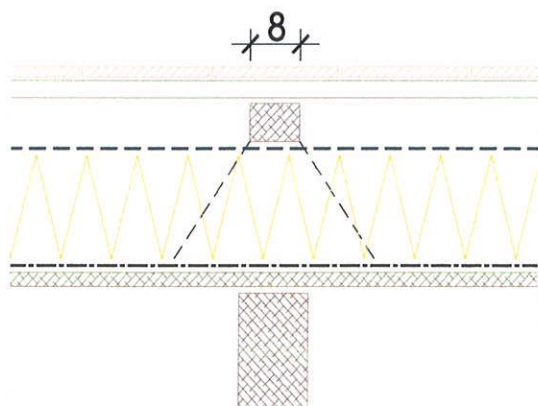
Hőhidak hatását már a rétegtrendi hőveszteségtényező tervezésénél is figyelembe kell venni. Ezek pontos számításához a hőhid méretező programok, a hőhidkatalógusok, illetve az MSZ EN ISO 10211 szabvány nyújtanak segítséget, vagy „ököl szabály”-jelleggel számíthatók a 7/2006 TNM rendelet hőhidak hatását kifejező „ χ ” korrekciós tényezővel. Passzív házak esetén indokolt, hogy a $\Psi < 0,01$ W/mK legyen. A hőhidak hatása miatt várhatóan nagyobb vastagságú, vagy jobb hővezetési tényezőjű hőszigetelést kell beépíteni.

A hőhidasság gondos tervezéssel és kivitelezéssel csökkenthető. A hőhidak kiküszöbölésénél fontos szerepe van a részletek kialakításának, például:

- hőszigetelő réteg vastagságával megegyező magasságú fa szerkezeti elem helyett egymásra merőleges, többrétegű szerkezettel, vagy vékonyfalú elemek alkalmazásával például tetőszerkezetek esetén ezen kedvezőtlen hőhidhatás csökkenthető:
 - több rétegű szerkezettel (16. ábra), azaz a szarufa között és a szarufa alatt és/vagy felett elhelyezett hőszigeteléssel (a külső oldalon vezetett hőszigetelés eredményez nagyobb hatékonyságot, mert ezzel a (fa)szerkezetek védelme, is nagyobb biztonsággal megoldott, hiszen a rétegtrenden belül párakicsapódásra kevésbé veszélyes helyzetbe kerülnek);
 - szarufa feletti hőszigeteléssel
 - o többrétegű bordaváz között elhelyezett hőszigeteléssel vagy
 - o bordaváz nélkül, „lépésálló” hőszigeteléssel (17. ábra);
- átmenő fa keresztmetszet csökkentésével;

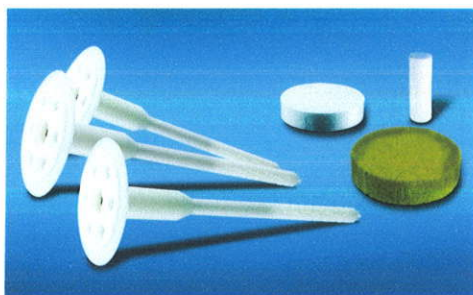


16. ábra Térelhatárolás hőhidasságának csökkentése többrétegű, átmenő hőszigeteléssel



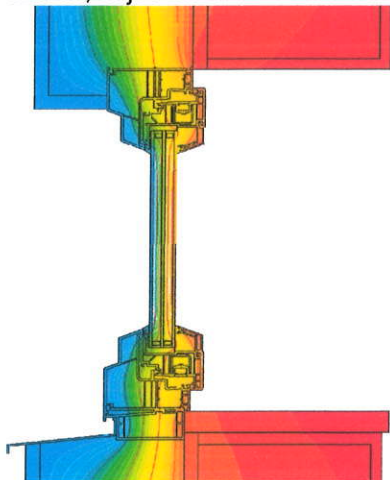
17. ábra Hőhid csökkentése szarufa feletti hőszigeteléssel

- hőszigetelést átszűrő rögzítőelemek esetén hőhidmegszakítást biztosító kemény műanyag alátétek alkalmazása;
- hőszigetelések rögzítésénél süllyesztett fejű, és hőszigetelő dugóval takart elemek alkalmazása (3. kép);

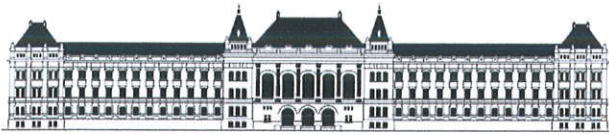


3. kép Süllyesztett fejű, mérsékelt hőhidas hőszigetelés-rögzítő dübel

- nyílászárók síkkoordinációja: a nyílászárók ideális helye szilikát szerkezetű és hőszigetelt falaknál a fal izotermáinak középvonalában elhelyezett tok középvonal (ez jellemzően a hőszigetelésbe, de legfeljebb a hőszigetelés belső síkjához közel esik – 18. ábra), míg szerelt, teljes falkeresztmetszetben hőszigetelt szerkezeteknél a falközépen adódik;



18. ábra Nyílászáró energetikailag ideális beépítése a hőszigetelés belső síkján



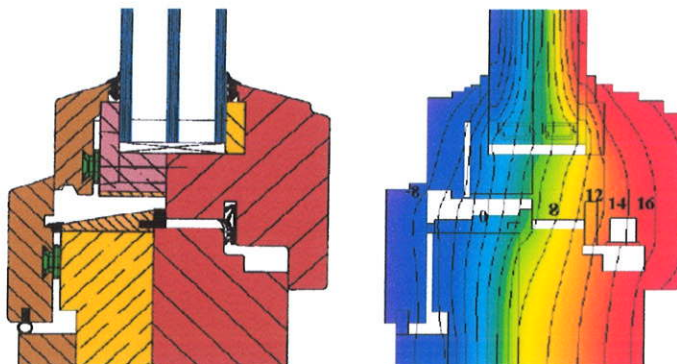
- külső oldali rejtett árnyékoló szerkezetek dobozai a hőszigetelés síkjába kerülnek, annak hatékonyságát csökkentik. Az egyenértékűség érdekében ilyenkor ún. „negatív kávét” kell kialakítani, mely azonban nem befolyásolhatja hátrányosan a kiváltók méretezési keresztmetszetét;
- nem csak az ablakok alsó tokszerkezete mentén, hanem az ajtóknál is biztosítani kell a hőhidmentes beépítést, így az ajtóküszöbök előtti lábazati hőszigetelés takarása a feladat, ami pl. rozsdamentes takaróprofilal oldható meg;
- valamennyi alacsony energiafelhasználású épületnél kritikus részlet a tetősík ablak beépítése, mivel az üvegezés kiemelkedik a hőszigetelés síkjából. Ezt a helyzetet segít megoldani pl. a préselt poliuretánból készített, terhelhető lapokból beépített lépcsős magasztó keret (4. kép); stb.



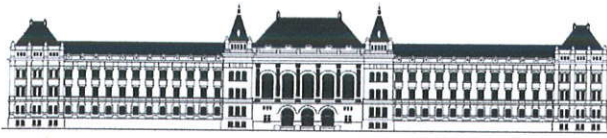
4. kép Tetősík ablak beépítése hőszigetelő alátét keretre

3.2.4. Üvegezett szerkezetek

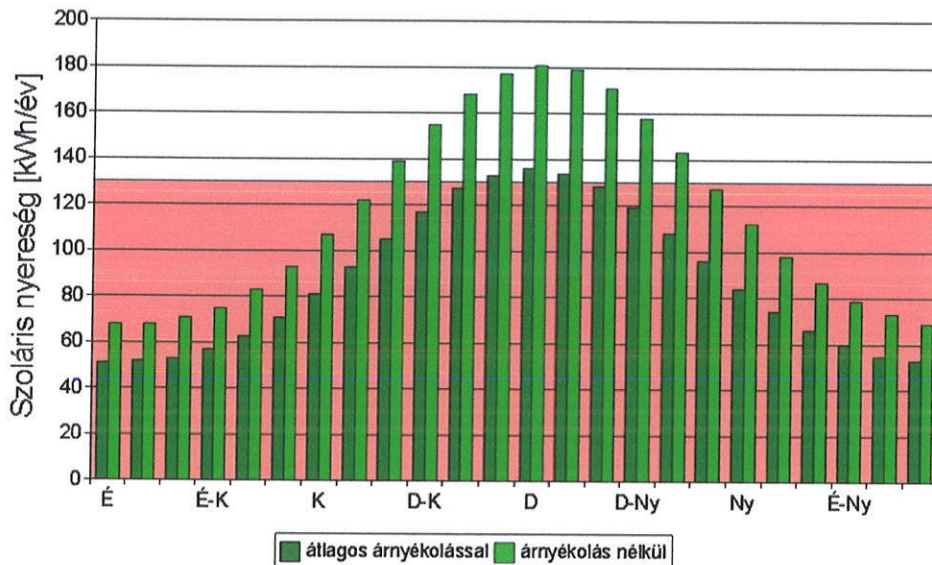
Az üvegezett felületekkel elsősorban a bevilágítási követelményeket kell kielégíteni. Ugyanakkor törekedni kell téli időszakban a transzparens szerkezetekkel elérhető energia nyereség növelésére, az ún. „üvegház” hatás hasznosítására is. Ennek érdekében javasolható az alacsony energiafelhasználású és passzív házakban az üvegezett térelhatároló szerkezetek nagy részének (mintegy 70 %) déli tájolása, az épülethez kapcsolódó, a napenergiát passzívan hasznosító szerkezetek, épületrészek létrehozása (pl.: napterek).



19-20. ábra Hőhidmegszakításos, háromrétegű üvegezésű fa ablak



A belső terek nyári túlmelegedésének elkerülése érdekében gondoskodni kell a déli és nyugati tájolású üvegezett homlokzatok árnyékolásáról (21. ábra), illetve más tájolású üvegezett felületeknél szimuláció segítségével lehet dönteni. A ferde síkú üvegezett felületek (pl.: tetőablak) árnyékolására is fokozott gondot kell fordítani.

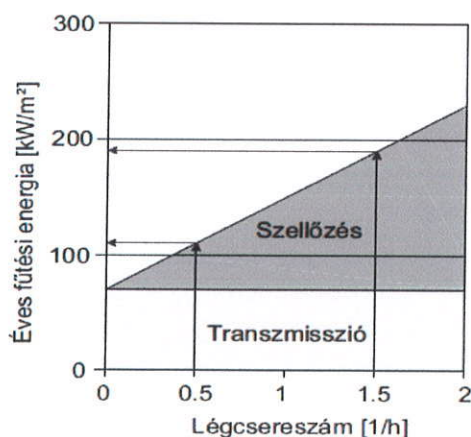


21. ábra Szoláris nyereség az ablak tájolása függvényében

Alacsony energia szükségletű épületek esetén javasolt számításokat végezni, hogy tájolástól függően milyen üvegezésű szerkezet kerüljön beépítésre, hiszen egy déli tájolású, kétrétegű hőszigetelő üvegezés esetén nagyobb lehet a hőnyereség, mint a hőveszteség.

3.3. Légtömörség, légcserre

A helyiségben szükséges minimális légcserét alapvetően a használathoz szükséges friss levegő mennyisége (23. ábra) és a szerkezetek állagvédelme (káros mértékű páralecsapódás, kifagyás elkerülése) határozza meg. Energiatakarékosságot a szükségesnél nagyobb légcserre megakadályozásával, a kiáramló levegő energiatartalmának csökkentésével (pl.: hőcserélős szellőzők) érhetünk el (22. ábra).



22. ábra Légcsereszám hatása a fűtési energiaszükségletre



Friss levegő, MSZ EN 15251						
Kategória	Elégedetlenek várható százalékos aránya, PPD [%]	Szellőző levegő 1 főre [l/s/fő]	Szellőző levegő 1 főre [m ³ /h/fő]			
I	15	10	36			
II	20	7	25			
III	30	4	15			
IV	>30	<4	<15			

Kategória	Szellőző levegő 1 m ² területre [l/(s.m ²)]			Szellőző levegő 1 m ² területre [m ³ /(h.m ²)]		
	Nagyon alacsonyan szennyező épületek	Alacsonyan szennyező épületek	Nem alacsonyan szennyező épületek	Nagyon alacsonyan szennyező épületek	Alacsonyan szennyező épületek	Nem alacsonyan szennyező épületek
I	0.5	1	2.0	1.80	3.60	7.20
II	0.35	0.7	1.4	1.26	2.52	5.04
III	0.3	0.4	0.8	1.08	1.44	2.88
IV	III. kategórián kívül eső értékek					

23. ábra A belső környezet minősítése az MSZ EN 15251 szabvány alapján (forrás: www.mmk.hu/2006.(V.24.) TNM rendelet – Dr. Magyar Zoltán)

- Megjegyzés:
- I. magas szintű elvárás
 - II. normál
 - III. mérsékelt
 - IV. előző három kategórián kívül eső

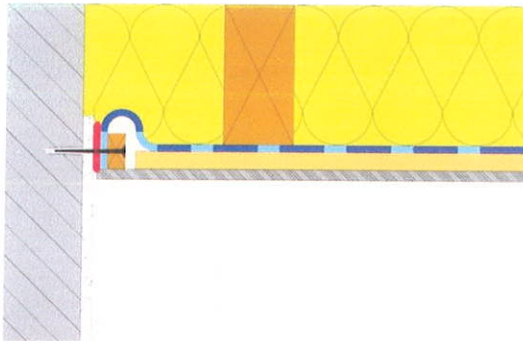
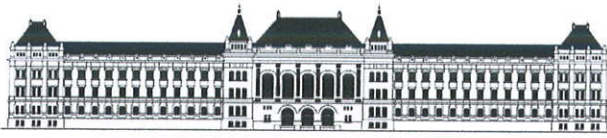
A magyar szabványok jelenleg nem tartalmazzak a légtömorségre vonatkozóan előírást, de a német szabványokban, illetve a passzívház ajánlásokban találunk légcsereszámra vonatkozó határértékeket, melyek megtalálhatók az EMSZ által kiadott „Alátét héjazatok tervezési és kivitelezési irányelvei”-ben is:

- természetes szellőzésű épületek: $n_{50} \leq 3 \text{ h}^{-1}$
- légtechnikai berendezéssel ellátott épületeknél: $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$
- hőcserélős szellőző berendezéssel ellátott épületeknél $n_{50} \leq 1,0 \text{ h}^{-1}$
- passzívházaknál: $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$

Alacsony energiafelhasználású épületeknél jelenleg nincs a határoló szerkezetekre vonatkozó légtömorségi előírás, de a fentiek alapján az $n_{50} \leq 2 \text{ h}^{-1}$ érték ajánlott.

Az épületszerkezetek kialakításánál törekedni kell a határoló szerkezetek elemcsatlakozásainál kialakuló, nem ellenőrizhető filtráció mértékének csökkentésére. A filtrációs levegőforgalmat jelentős mértékben befolyásolja az épület határoló szerkezeteinek légtömorsége. A legfontosabb e lég- és párazáró réteg toldásainak és csatlakozásainak lég- és párazáró felületfolytonosítása, mely tárgyban 2009-ben Németországban már külön irányelv került kiadásra. Ebben a tervezés és kivitelezés legfontosabb szabályai szerepelnek (Richtlinie – Ausführung luftdichter Konstruktionen und Anschlüsse).

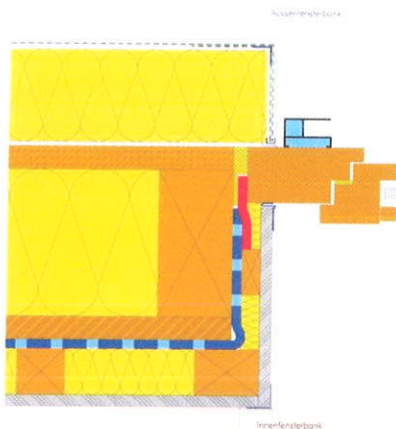
A felületfolytonosan lég- és párazáró módon kialakított szerkezeti sík leginkább szerelt rendszerű szerkezetek esetén jelenthet gondot, mivel ezek jellemzője az illesztési hézagok nagy aránya az általános felületekhez viszonyítva. Míg egy helyszínen öntött vasbeton födém vastagsága és tömör anyagszerkezete következtében lég- és párazárónak tekinthető, addig valamennyi szerelt szerkezet, illetve a nyílászáró csatlakozások az előírt légcseré betartása érdekében külön intézkedést tesznek szükségessé. A megfelelő légzárás ellenőrzése a blower-door teszt segítségével történik.



24. ábra Szerelt felületképzés mögötti lég- és párazárás csatlakoztatása falhoz

Szerelt szerkezetek esetén a lég- és párazárás ajánlott síkja egy belső oldali, átvezetett hőszigetelés mögött van, mert így a gépészeti szerelések nem sértik meg. Amennyiben a fólián belüli rétegek hővezetési ellenállása a teljes rétegrendi hővezetési ellenállás negyedénél nem nagyobb, a fólia még nem kerül kicsapódásra veszélyes zónába.

A lég- és párazáró fóliák lezárása a csatlakozó szerkezet függvényében ragasztóval, ragasztó-tömítőszalagokkal és szorító lécekkel történik (24. ábra), míg a nyílászáróknál e célra kifejlesztett, előre beépített, ellentétes oldalakon öntapadó szalagok állnak rendelkezésre (25. ábra).



25. ábra Lég- és párazáró réteg csatlakoztatása nyílászáróhoz kétoldalt öntapadó szalaggal

Fokozott nehézséget jelent a belülről, a külső burkolati rétegek (pl.: tetőfedés) elkészülte után kiépített rétegrend, mert ekkor olyan áthatások adódhatnak, melyeknél a légzárás folytonosságának megvalósítása már nem egyszerű. Például a szarufa-szelemen felfekvése, a fogópár, torokgerenda, vagy székoszlop átvezetése utólag gyakorlatilag nem tömíthető, ezért itt a termikus burok olyan vonalvezetését kell előírni, mely elkerüli e kritikus helyeket, vagy e helyekre előre be kell építeni a későbbi légzárési síkhoz csatlakozó fóliát. Az alacsony energiaigényű épületeknél és a passzívházaknál a tartó- és/vagy fedélszerkezetek tervezésénél olyan geometriára kell törekedni, mely lehetővé teszi ezt az egyszerű vonalvezetést. További ajánlás, miszerint meleg-páras terek feletti tetőknél kifejezetten kerülni kell a térelhatárolási rétegrend befelé történő kiépítését; ez esetben a tetőszerkezetre készített belső burkolatra/aljzatra kerül először a könnyen fektethető légzárást adó, majd a tető további rétegei.

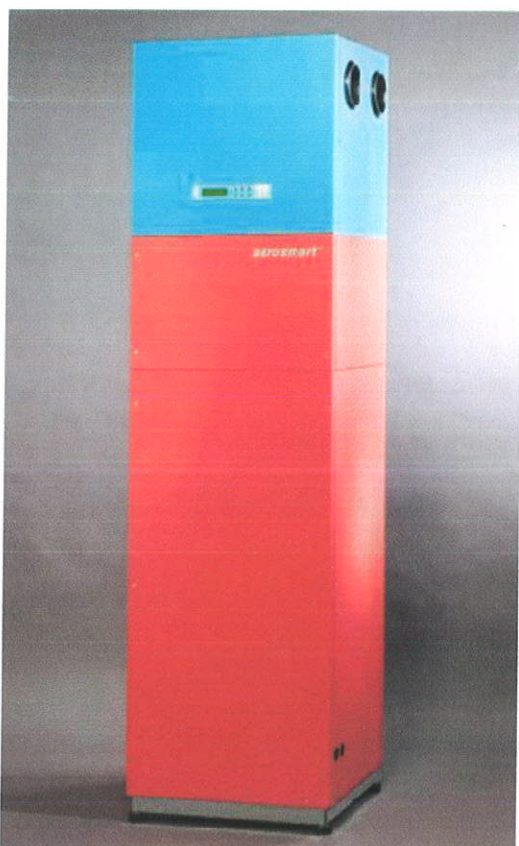
A légzárás követelménye elvében független a párazárástól, de pl. megfelelő fólia alkalmazásával, egy réteggel teljesíthető mindkét szerkezeti követelmény, míg egy szakszerűen kivitelezett és tömített gipszkarton burkolat csak a légzárással szemben támasztott elvárásokat teljesítheti.



A falazóelemek fejlődése nem csak a hőszigetelőképeség fokozása irányában történik, hanem a könnyebb kivitelezhetőség érdekében előtérbe került a horonyeresztékes kialakítás is. Ebben az esetben a függőleges hézagok nem kerülnek falazóhabarccsal kitöltésre. Így a légzárásban itt fokozott szerepe van a belső és külső vakolatnak.

3.4. Gépészet

Minél jobb az épületburok légzárása, annál inkább előtérbe kerül a belső tér szabályozott légcseréje. Alacsony energiájú épületek esetén a szabályozott légtechnika beépítése még csak ajánlott, azonban passzívházak esetén már szükséges. A szellőztetés hővisszanyerővel történjen (5-6. kép), és az energiavesztés pótlására szolgáló fűtés is légfűtés legyen, melynek fajlagos energiaigénye legfeljebb 10 W/m^2 . A fűtési energia előállítására megújuló energiát kell alkalmazni (ami lehetőség szerint ne fa legyen), például: talajkollektor, napkollektor, napelem, hőszivattyú, stb. A légtechnikai vezetékek gyakran a padlóban kerülnek elhelyezésre, ami jelentősen befolyásolja annak felépítési vastagságát, illetve szerelőréteg alkalmazását teszi szükségessé.



5-6. kép Hőcserélős, kompakt fűtő-szellőztető készülék

Passzívház esetén a használati melegvíz előállítására fordított energiaigény jellemzően lényegesen magasabb a fűtési energiaigénynél.

Mindkét épülettípus esetén törekedni kell a minél hatékonyabb elektromos berendezések alkalmazására.



4. A TERVEZÉST SEGÍTŐ SZIMULÁCIÓS PROGRAMOK

Az épületfizikai és épületenergetikai problémák kezelésére számtalan modell áll a rendelkezésünkre, ám a valóságot jobban megközelítő, többdimenziós eljárások legtöbbször rendkívül számításigényesek. Ezek használatához a programban szereplő modellek, az alapfeltevések, stb. ismerete szükséges.

A számítógépes szimulációs programok csoportosításának egyik szempontja a modellezett épületrész mérete.

- **Épületrész szimulációs programok**

Egy-egy rétegrend, összetett épületszerkezet (pl. hőszigetelő üveg vagy komplett ablakszerkezet) vagy például a gépészeti rendszer egy-egy diszkrét elemének (pl. napkollektor, napelem) tervezését, méretezését segítik elő.

Ilyen programok (a teljesség igénye nélkül) az egyszerű hőhíd-szimulációs programok (LBNL THERM, HEAT2D/3D, ANTHERM, Winso, Physibel, stb.), vagy a bonyolult hő- és nedvességtechnikai méretezésre (Heat Air and Moisture modelling) szolgáló programok (WUFI, COND, Delphin, Champs-BES, HAM4D-VIE, HAMLAB, MOIST, stb.).

- **Összetett rendszereket és folyamatokat szimuláló programok**

Az egyes szerkezeti elemeknél nagyobb léptékű, de még nem az épület teljes rendszerét vizsgáló programok (pl. áramlástan vagy világítástechnikai modellek).

Ezen programok köre is rendkívül széles. Az egészen egyszerű, egy-egy helyiség energiamérlegét vizsgáló programoktól (pl. Therakles) a különféle speciális szakterületeket (pl. világítástechnika – Radiance, Dialux, Visual, áramlástan – Fluent, OpenFoam, épületek légcseréje és légszennyeződések eloszlása – CONTAM, COMIS, stb.) segítő és sokszor igen speciális és elmélyült tudást feltételező programokig terjednek.

- **Teljes épület szimulációs programok**

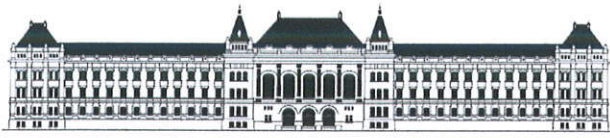
Ezek a programok az egész épületet, vagy épületeket modellezik, az adott feladatnak megfelelő részletettséggel. A kezdeti koncepcionális építészeti tervezéstől, a teljes gépészeti rendszerek méretezésén át a legrészletesebb épületenergetikai tervezésig különféle célokat szolgálhatnak.

Az alkalmazott fizikai modell, illetve a software bonyolultsága a leegyszerűsített hőtechnikai modellektől (pl. 7/2006 TNM) és egy táblázatkezelő alkalmazástól, a havi hőmérlegek módszerén alapuló programoktól (pl. PHPP), az egyes határoló szerkezetek részletes épületfizikai modelljeitől a teljes épületgépészeti rendszerekig mindent összefoglaló, és akár azt numerikus áramlástan szimulációkkal csatoló programcsomagokig tart (ECOTEC, EnergyPlus, BuildOPT, DesignBuilder, Esp-r, DOE-2, eQuest, Trnsys, stb.).

A másik legfontosabb szempont az adott modell időfüggése. Ez alapján ismertek:

- **Stacioner modellek**

Ezeknél feltételezzük, hogy a vizsgált jelenség független az időtől, vagyis az anyagtulajdonság, a környezet jellemzői, és a rendszer működése időben állandó. Ilyen feltételezés alapján számítható pl. egy falszerkezet vagy ablak hőátbocsátási tényezője.



- **Kvázi stacioner modellek**

Ilyen modellekre épül a magyar épületenergetikai jogszabályban megadott számítási módszer. A rendszer legtöbb jellemzőjét, pl. a térelhatároló szerkezetek hőátbocsátását vagy az épület légcseréjét állandónak tételezzük fel, illetve átlagértékekkel vesszük figyelembe. Az időtől függést csak egy jellemző, a példánkban a külső-belső hőmérséklet különbségét egyetlen integrál értékkel - a hőfokhíddal - vesszük figyelembe.

- **Instacioner modellek**

Ezeknél a modelleknél a rendszer minden jellemzőjét az idő, és akár egymás függvényében tudjuk számítani. Egy dinamikus épületszimuláció esetén lehetőség van valódi klímaadatok alapján számolni, figyelembe venni a térelhatároló szerkezetek hőátbocsátását, a nap-pálya alapján folyamatosan számított direkt és indirekt sugárzási nyereségeket, az épület időben változó használatát és mindezek kölcsönhatását a gépészeti rendszerekkel.

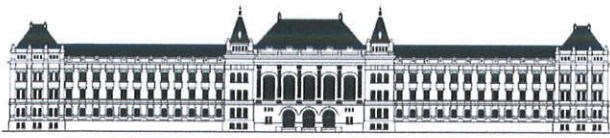
5. ILLESZTÉS A VONATKOZÓ AKUSZTIKAI SZABÁLYOZÁSHOZ

Az alacsony energiájú és passzívházak esetén is ki kell elégíteni az akusztikai igényeket és követelményeket, melyek nem térnek el más épületeknél fellépő elvárásoktól, de az alkalmazott anyagok és megoldások elemzést igényelnek.

Zajforrás	Értelmezés	Zajhatárérték			Megjegyzés
		Mennyiség	Nappal, dB	Éjszaka, dB	
Központi épületgépészeti egység zaja a légcsatornákon keresztül a külső környezetbe	A szomszéd épület homlokzata előtt, 2 m távolságban	L_{AM}	45	35	L6 övezet
Központi épületgépészeti egység zaja a légcsatornákon keresztül a külső környezetbe	A szomszéd épület homlokzata előtt, 2 m távolságban	L_{AM}	50	40	L5 övezet
Központi épületgépészeti egység zaja a légcsatornákon keresztül a külső környezetbe	A lakás lakó helyiségeiben (nappali, háló, könyvtár, dolgozó, gyerek, stb. szoba)	L_{AM}	40	30	
Közlekedési zaj a csukott homlokzati szerkezeteken keresztül	A lakás lakó helyiségeiben (nappali, háló, könyvtár, dolgozó, gyerek, stb. szoba)	L_{Aeq}	40	30	

5. táblázat Akusztikai előírások

Az épületek, és az egyes helyiségek rendeltetése függvényében az MSZ 15601-1-2007 számú szabvány rendelkezik a léghangszigetelési és lépéshangszigetelési követelményekről (példaként lásd 6-7. táblázat).



Helyiség-kapcsolat	Sorszám	Zajos lakás vagy helyiség, akusztikai terhelésnek kitett szerkezet	Zaj ellen védendő helyiség	Léghangszigetelés				Lépéshang-szigetelés	
				Alapkövetelmény		Fokozott követelmény		Alapkövetelmény	Fokozott követelmény
				R' C	R C	R' C	R C	L'	L'
Szomszédos lakások	1.	Lakás bármely helyisége	Szomszédos lakás bármely helyisége	51	–	54	–	–	–
Lakás és közlekedő-terület (lépcsőház, folyosó, függő-folyosó)	2.	Lépcsőház, közlekedő, folyosó fala	Szomszédos lakás bármely helyisége	–	51	–	54	–	–
	3.	Lépcsőház, közlekedő, folyosó padlója	Lakás bármely helyisége	–	–	–	–	55	52
	4.	Lakásbejárati ajtó, ami a zaj ellen védendő lakás lakószobájára, lakóelőterére nyílik	Lakás lakószobája	–	33	–	36	–	–
	5.	Lakásbejárati ajtó, ami a zaj ellen védendő lakás előszobájára nyílik	Lakás előszobája, belső közlekedőhelyisége	–	25	–	28	–	–
	6.	Lakás bármely helyisége, a lakáson belüli védendő lakószobával közös falban nincs ajtó	A lakás védendő lakószobája	–	–	39	–	–	–
Lakás és pince, padlástér, tároló, közös terület	7.	Padlástér, pince, tároló, közös terület fala	Lakás bármely helyisége	–	51	–	54	–	–
	8.	Padlástér, pince, tároló, közös terület padlója	Lakás bármely helyisége	–	51	–	54	55	52

6. táblázat Hangszigetelési követelmények többlakásos lakóépületben egymás melletti helyiségek között

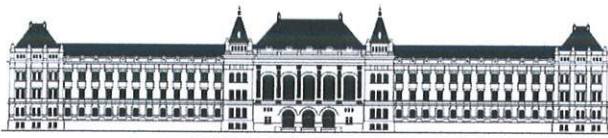
Helyiség-kapcsolat	Sorszám	Zajos lakás vagy helyiség, akusztikai terhelésnek kitett szerkezet	Zaj ellen védendő helyiség	Léghangszigetelés				Lépéshang-szigetelés	
				Alapkövetelmény		Fokozott követelmény		Alapkövetelmény	Fokozott követelmény
				R' C	R C	R' C	R C	L'	L'
Szomszédos lakások	1.	Lakás bármely helyisége	Szomszédos lakás lakószobája	51	–	54	–	55	52
	2.	Lakás konyhája, fürdőszobája, kamrája, WC-je, előszobája	Szomszédos lakás konyhája, fürdőszobája, kamrája, WC-je, előszobája	46	–	51	–	55	52
Lakás és közlekedő-terület	3.	Lépcsőkar, pihenő lépcsőházban, közlekedő, folyosó padlója	Lakás bármely helyisége	–	51	–	54	55	52
Lakás és pince, padlástér, tároló, közös terület	4.	Padlástér, pince, tároló	Lakás bármely helyisége	–	51	–	54	55	52
Lakáson belül	5.	Többszintes lakáson belül bármely helyiség	Többszintes lakáson belül lakószoba	–	–	45	–	55	52

7. táblázat Hangszigetelési követelmények többlakásos lakóépületben egymás feletti helyiségek között

Az alacsony energiafelhasználású épületek és a passzívházak műszaki és építészeti megoldásai hatással vannak az épületek külső-belső akusztikai minőségére. Az BME Akusztikai Laboratóriumában készített tanulmányok során megállapítást nyert, hogy a honosított európai szabványok (Az EN 12354 szabvány 1. és 2. lapja), illetve a DIN 4109 szabvány milyen mértékben alkalmazhatók az energetikai szempontú részletképzések tervezésénél.

A szakirodalomban közölt rétegfelépítések és csomópontok csak részben nyújtanak megoldásokat a szükséges akusztikai minőség létrehozásához, melyek labor, illetve helyszíni mérésekkel még nem kerültek igazolásra. Ez alapján rögzíthető, hogy a megfelelő hőszigetelési igényre történő tervezés önmagában nem eredményezi a hangszigetelési igények teljesülését is.

Néhány megfontolásra ajánlott részlet:



- homlokzati fal: nehéz, nagy tömegű (mészhomok téglá, kisméretű téglá, vasbeton, stb.) teherhordó falszerkezet esetén az hőszigetelő rendszerű vakolat 4-5 dB mértékben ronthatja a homlokzati fal hangszigetelését. Bár erre vonatkozó mérési adatok nem ismertek, vélhetően vastagabb hőszigetelés esetén is csökkenés várható, bár ennek ellenére e szerkezetek vélhetően megfelelnek az elvárásoknak nyílászárók: a jellemzően háromrétegű üvegezésű, megfelelő beépítésű nyílászárók jó megoldást nyújthatnak. A beépítési sík meghatározó: amennyiben a hőszigetelés síkjába kerül, a nyílászáró, akkor az akusztikai folytonosság érdekében - a szakszerű tömítéseken túl - megfelelő tömegű vaktok alkalmazása indokolt. A légréteg vastagságának csökkenése a hanggátlás csökkenését vonhatja maga után, így nagyobb környezeti zajterhelés, és magasabb igény szint esetén méretezés szükséges;
- tetőszerkezet: alacsony energiafelhasználású épületek és passzív házak esetén gyakori a beépítetlen padlástér, hőszigetelt padlásfödém. Ezek jellemzően nehéz szerkezetek (pl.: monolit vasbeton födém), így a hangszigetelési igényeket is kielégíthetik. Félmonolit és könnyűszerkezetes padlásfödém esetén vizsgálatra van szükség. Tetőtérbeépítés esetén igényes megoldás az ún. „koporsófödém” alkalmazása, mellyel a falszerkezetekhez hasonló hangszigetelési értékek adódnak. Könnyűszerkezetes kialakításnál minden esetben méretezésre van szükség.
- lakáselválasztó fal: megfelelő tömegű lakáselválasztó fal, önálló alagra állítva, megfelelő hanggátlást biztosíthat; ez esetben a hőhidmentesség kialakítása nehézkes. Kettős falszerkezet esetén a jellemző, folyamatos lemezalap hanghidat képez, amit dilatációval lehet elkerülni. Szerelt tetőszerkezet esetén a tetőszerkezetig vezetett lakáselválasztó fal akusztikailag (és tűzvédelmileg) kifogásolható, míg a térelhatárolás fölé vezetett lakáselválasztó fal megfelelő hőszigetelése jelent nehézséget, stb.

6. ILLESZTÉS A VONATKOZÓ TŰZVÉDELMI SZABÁLYOZÁSHOZ

Az alacsony energiafelhasználású épületek és a passzív házak nemcsak általános műszaki sajátosságaikban, hanem tűzvédelmi vonatkozásaikban is alapvetően eltérnek a hagyományos, megszokott épületektől. A vastag, gyakran nem „nem éghető” anyagú hőszigetelések, az épületszerkezeti sajátosságok, a rétegekből álló szerelt szerkezetek, továbbá a passzív, az aktív és a hibrid napenergia-hasznosító rendszerek új kihívást jelentenek. A nemzetközi szakirodalom nem, vagy csak érintőlegesen foglalkozik a témával, még a németországi források is csak néhány szakcikkre korlátozódnak. A termikus burokkal kapcsolatban az alábbi problémák, illetve megoldási javaslatok fogalmazhatók meg.

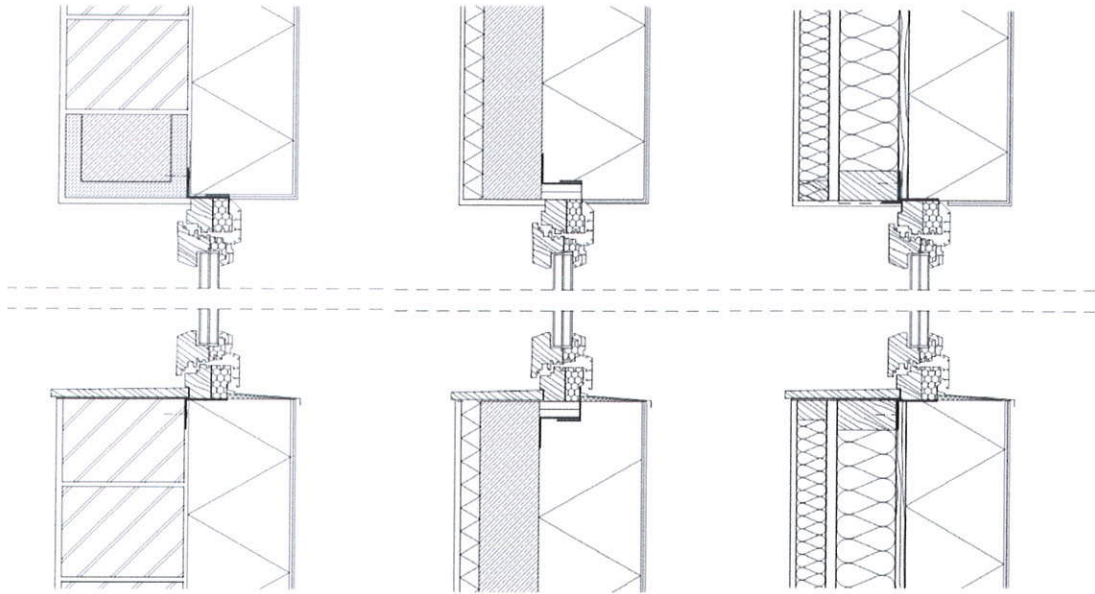
Tűzvédelmi szempontból az alacsony energiafelhasználású épületek és passzív házak a hagyományos házaktól az alábbi sajátosságokban térnek el:

- Ezen épületek esetén a ma még mindig leggyakrabban használt szilikát szerkezetektől eltérően gyakori a könnyűszerkezetes építési mód, ahol a tartószerkezet jellemzően faváz, a külső és belső térelhatároló szerkezetek szerelt rendszerűek.
- A hőveszteség korlátozása miatt a hőszigetetlen homlokzati fal nem jellemző, a hőszigetelés gyakran 20-30 cm vastagságú². Hőszigetelő vakolati rendszerek esetén az

² $\lambda=0,04$ W/mK értékkel számolva (leggyakrabban alkalmazott expandált polisztirol hab vagy ásványgyapot termékek)

alacsony hővezetésű anyagok – pl. grafit adalékos EPS hab vagy PIR hab – kerülnek előtérbe, mivel a szálás anyagokhoz viszonyítva kisebb vastagsággal teljesítik a hőszigetelési követelményeket.

- A homlokzati nyílászárók leggyakrabban a hőszigetelés vonalában, annak belső síkjához illeszkednek (26-28. ábrák) – az isothermák így a legkiegyensúlyozottabbak. A nagy hőszigetelés vastagság miatt nem jellemző a nyílászárók falszerkezet belső síkja felé történő rendezése.

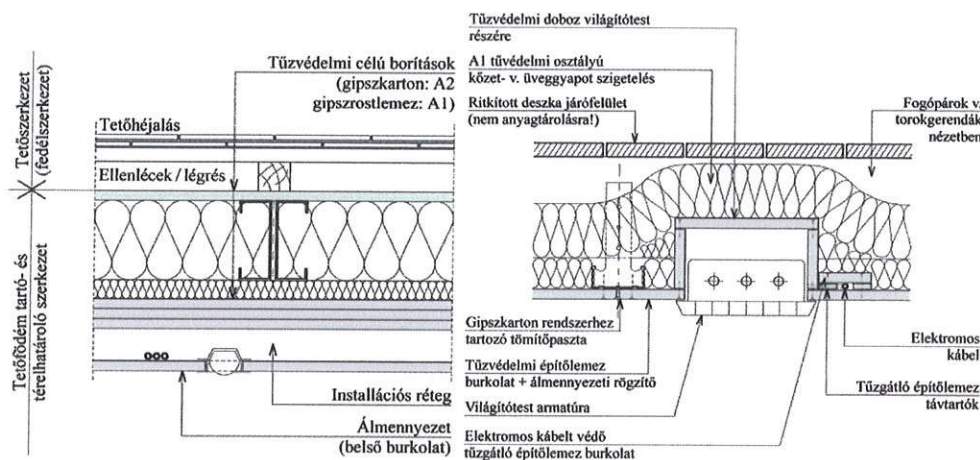


26-28. ábra Tipikus ablakbeépítési részletek (forrás: Dévai Zoltán): elemes fal, EPS zsaluelemes fal és könnyűszerkezet esetén

- Az átlagos energetikai jellemzőjű épületektől eltérően a magastetők hőszigetelése szintén vastagabb, és a fa tartószerkezet hőhidasságát kerülni kell. Ez a szarufák közötti és alatti, a szarufák közötti és feletti hőszigetelés elhelyezést eredményezi, illetve egyre gyakoribb a szarufák fölött felületfolytonosan, hőhidmentesen vezetett hőszigetelés. A hőszigetelés anyaga a gyártói ajánlások alapján rendkívül széles lehet.

Az alacsony energiafelhasználású épületek és a passzívházak termikus burkának megfelelő tűzvédelmi kialakítása elérhető az alábbi javaslatok betartásával:

- A tűzvédelmi síkot felületfolytonosan kell kialakítani, ami különösen szerelt szerkezetek esetén okoz nehézséget. A fa tartószerkezetek megfelelő erőtani méretezés mellett általában kielégítik a 30 perc-es tűzállósági határértéket. Amennyiben ennél nagyobb tűzállóság a követelmény, akkor azt a szerkezet tűzterherre történő túlméretezésével vagy a tűzállóságot növelő burkolattal lehet biztosítani. A tűzvédelmi burkolat helyes kialakítása, felületfolytonossága alapvető a tartószerkezetek, illetve a teljes épület megfelelő tűzvédelmi viselkedése szempontjából (29-30. ábrák).



29-30. ábra Tartószerkezetek tűzállóságát növelő burkolatok kialakítási alternatívái (forrás: Takács Lajos)

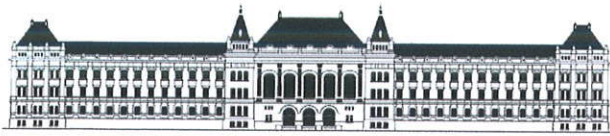
- A jelenlegi magyarországi tűzvédelmi szabályozás – a 28/2011 (IX.06.) BM rendelettel kiadott Országos Tűzvédelmi Szabályzat – nyílásos homlokzatokkal szemben homlokzati tűzterjedési határérték-követelményt fogalmaz meg: 2-3 szint esetén legalább 15 perc, 4-5 szint esetén legalább 30 perc, 5 szint, illetve középmagas épület esetén legalább 45 perc. Mindez azonban nem vonatkozik a legfeljebb kétszintes, egy rendeltetési egységet tartalmazó épületekre (pl. családi ház). A homlokzati tűzterjedési határérték-vizsgálatot az MSZ 14800-6:2009 számú szabvány tartalmazza. Ez a nemzetközi tűzállósági vizsgálatok túlnyomó többségével ellentétesen hazai sajátosság, nincs harmonizált homlokzati tűzterjedési határérték-vizsgálat az EU tagországokban. Ennek oka a szakmai szervezetek részéről a konszenzus hiánya.

Mindez a különböző hőszigetelő rendszerű vakolatok alkalmazásának korlátait is jelentheti. Az egylakásos családi háztól eltérő építménynél az alkalmazott hőszigetelő rendszerű vakolatnak hazai homlokzati tűzterjedési vizsgálati eredménnyel kell rendelkeznie. A vizsgálati eredményektől függ a hőszigetelés betervezhető vastagsága. A korábban kiadott hőszigetelő rendszerű vakolatok megfelelőségi igazolásai általában 10 cm vastagságig érvényesek, azonban már megjelentek a 12 cm, sőt 20 cm vastagságú, minősített rendszerek is. Az OTSZ 2011. október 6. óta a 10 cm-nél vastagabb hőszigetelő maggal rendelkező nem A1/A2 alapú hőszigetelő rendszerű vakolatok esetén a minősítésektől függetlenül előírja A1 vagy A2 tűzvédelmi osztályú anyagból készült osztósávok kiépítését:

- az ablakszemöldökök fölé, az ablakok két oldalánál 20-20 cm-el túlnyújtva,
- vagy a teljes nyílásos homlokzati szakaszon, 20 cm magasságban, folytonosan végigfuttatva az adott szint ablakai fölött legfeljebb 50 cm magasságban.

A beépített nyílászárók helyzete valamennyi hőszigetelő rendszerű vakolat esetén ugyanazokat a kérdéseket veti fel a hőszigetelés vastagságától függetlenül. Átszellőztetett légréses homlokzatburkolatok mögött a hőszigetelés – a lábazatok kivételével – csak A1/A2 tűzvédelmi osztályba tartozó anyagból készülhet.

- Légréses homlokzatburkolat esetén a homlokzati légrés és a tetőszerkezet légrése kerüljön elválasztásra, ne alkossanak egy egységet.
- A magastetőben kialakított légrés kürtőhatása révén növeli a tűzterjedés veszélyét. A légrések mentén éghető anyag jelenléte igen gyors tűzterjedést eredményezhet. Magastetőbe „E” tűzvédelmi osztályba tartozó kemény műanyaghab hőszigetelés



(expandált, formahabosított polisztirol hab, PUR, PIR) egy rendeltetési egység (legfeljebb F+T szintszám) esetén, míg a fenolgyanta keményhabok F+1+T szintszámú épület tetőtéri hőszigeteléseként is megfelelnek.

- Hőszigetelésben, felületfolytonosan kialakított tűzvédelmi rétegen belül elektromos szerelvények elhelyezését kerülni kell, mert ezek minden esetben gyújtóforrást jelentenek.

7. ÉPÜLETGÉPÉSZETI KÖVETKEZMÉNYEK

A korábbi fejezetekben már érintésre került, hogy épületfizikai méretezéssel, a termikus burok megfelelő és szakszerű kialakításával az épületek energetikai vesztesége jelentősen csökkenthető. Ezzel párhuzamosan az épületburok fokozott légzárása miatt egyre inkább előtérbe kerül a belső tér szabályozott légcseréje. A lecsökkentett energiaveszteséget célszerű megújuló energiaforrásból származó energiával pótolni. Megújuló energiák például:

- a felhasználás nincs hatással a forrásra:
 - napenergia (pl.: kollektor, napelem, naperőmű),
 - víz,
 - szél,
- fogyasztás nem haladhatja meg az újraképződést:
 - biomassza,
 - földhő (geotermikus).

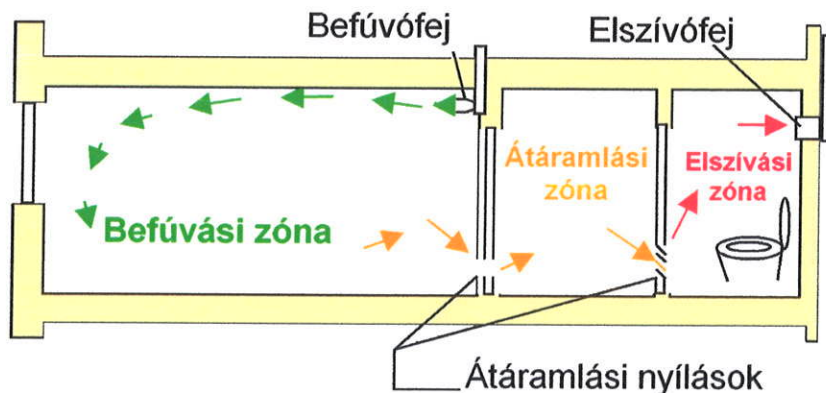
Passzív, félpasszív módszerekkel, szerkezetbe integrált gépészeti rendszerekkel, illetve aktív rendszerekkel jelentős hőnyereséget lehet elérni. Ilyen rendszerek lehetnek például:

- passzív szolár szerkezetek:
(pl. transzparens hőszigetelés, tömegfal, trombe-fal, fázisváltó anyagok);
- napterek (pl.: télikert, üvegház, átrium);
- napkémény, légkollektor, hibrid rendszerek;
- hőszivattyúk.

A zónásított alaprajzban elszívási átöblítési és befúvási helyiségcsoportokat kell kialakítani (31. ábra). Elszívást a zárt, illetve magasabb páratartalmú helyiségek (vizes terek, konyha, stb.) igényelnek.

A légcsatornák számára aknákat, és/vagy álmennyezeti tereket kell kialakítani.

Családi ház lépték esetén a kompakt hőcserélő-szellőztető készülék kis helyigényű, általános tároló vagy háztartási helyiségekbe telepíthető.

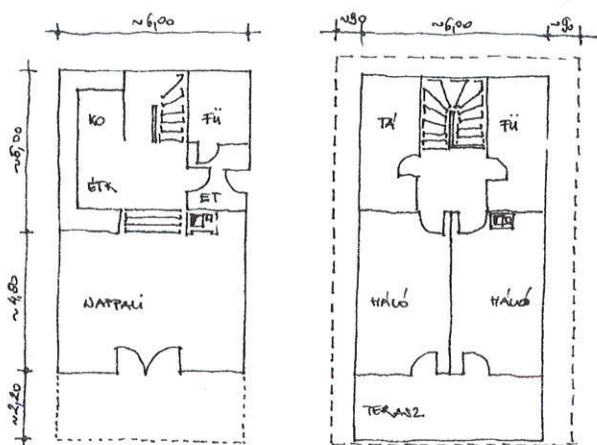


31. ábra Szellőztetési séma

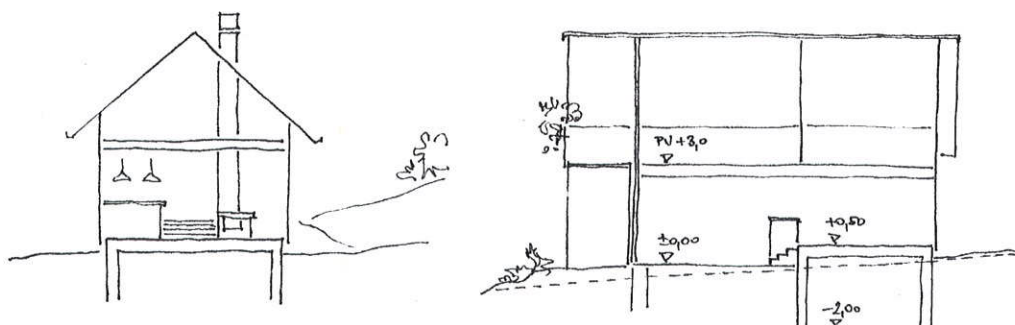


8. CSALÁDI HÁZ LÉPTÉKŰ MINTAÉPÜLET

Egy lejtős terepen álló, részben alapincézett lakóépület mutatja be a szerelt építmód elvi kialakítást, elsődlegesen a síkkoordináció, és az általános rétegrendek javaslatával.



32-33. ábra Földszinti és tetőtéri alaprajz séma



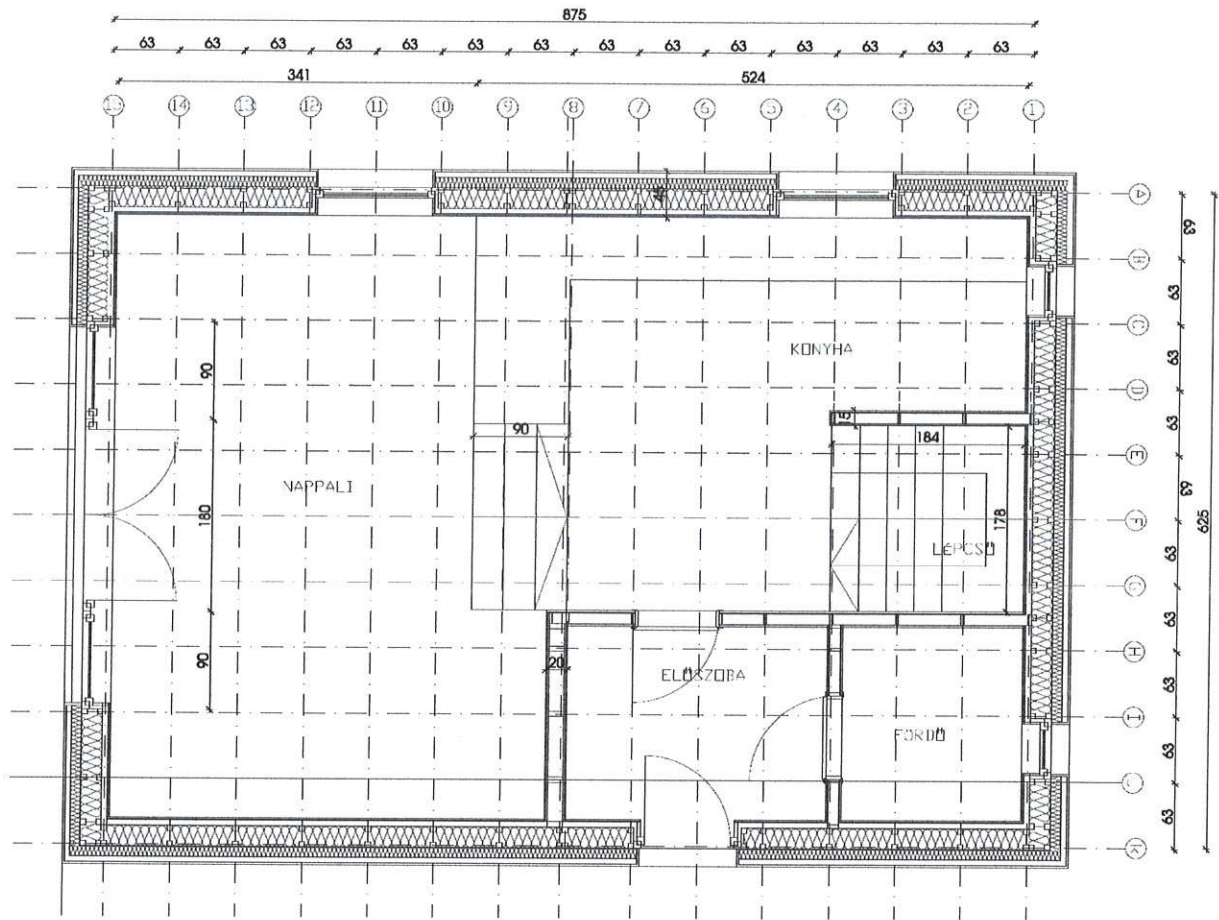
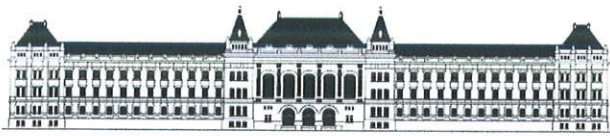
34-35. ábra Kereszt- és hosszmetset séma

A földszint + tetőteres épület pincéje monolit vasbeton szerkezetű, a termikus burok határain kívül marad, de szerkezetvédelmi, temperálási és felületképzési okok miatt falai 10 cm hőszigetelést kapnak. A pincefalak alatt sávalap készül, a terepen fekvő épületrész padlólemezt kap, mely szintén sávalapokra terhel.

Az épület felmenő szerkezete gerinclemezes sűrű pallóvázas, mely a falakban, a födémekben és a tetőszerkezetben egységes kialakítású. A pincefödémhez, és a padlólemezhez – teherelosztó lábazati pallón keresztül, szegezőlemezekkel kapcsolódik. Külső térelhatárolásnál a tartók közé teljes keresztmetszetben (pl. szórt papíriszap, ásványi szál, esetleg lamellás műanyaghab) hőszigetelés kerül beépítésre.

A szerelt térelhatárolású rétegrend felépítésének általános elve, hogy a hőszigetelés többrétegű, így az átmenő faszerkezet hőhíd-hatása kiküszöbölhető. A tartóvázon kívül 10 cm vastag, szélzáró fóliával védett, terhelhető (pl. ásványi szál, farost, fagyapot, stb.) hőszigetelés kerül az átszellőztetett fa homlokzatburkolat mögé. A belső oldalon 5 cm-es szerelőréteg létesül, mely az elektromos illetve vizes vezetékezésnek helyt adva, (leginkább ásványi szál) hőszigeteléssel is ki van töltve.

A válaszfalak fa bordavázis szerkezetűek, építőlemezsel (pl. gipszkartonnal) borítva.



36. ábra Hőhidcsökkentett fa I-tartós szerkezet megoldás bealaprajzi vázlata

A javasolt elvi rétegrendek (tényleges méretek, és terméknevek nélkül):

Tetőszerkezet: tetőfedés
 átszellőztetett légréteg (javasolt mérete 8 cm)
 szélzáró alátéthéjazat
 terhelhető hőszigetelés, szaruzat felett átvezetve
 gerinclemezes fa szaruzat, közte hőszigetelés
 építőlemez
 lég- és párazáró réteg
 szerelőrétteg, hőszigeteléssel kitöltve
 belső burkolat

Falszerkezet: homlokzatburkolat
 átszellőztetett légréteg (javasolt mérete 5 cm)
 szélzáró homlokzathéjazat
 terhelhető hőszigetelés, a falváz előtt átvezetve
 építőlemez (aljzat illetve tárcsamerevítés)
 gerinclemezes fa szaruzat, közte hőszigetelés
 építőlemez
 lég- és párazáró réteg

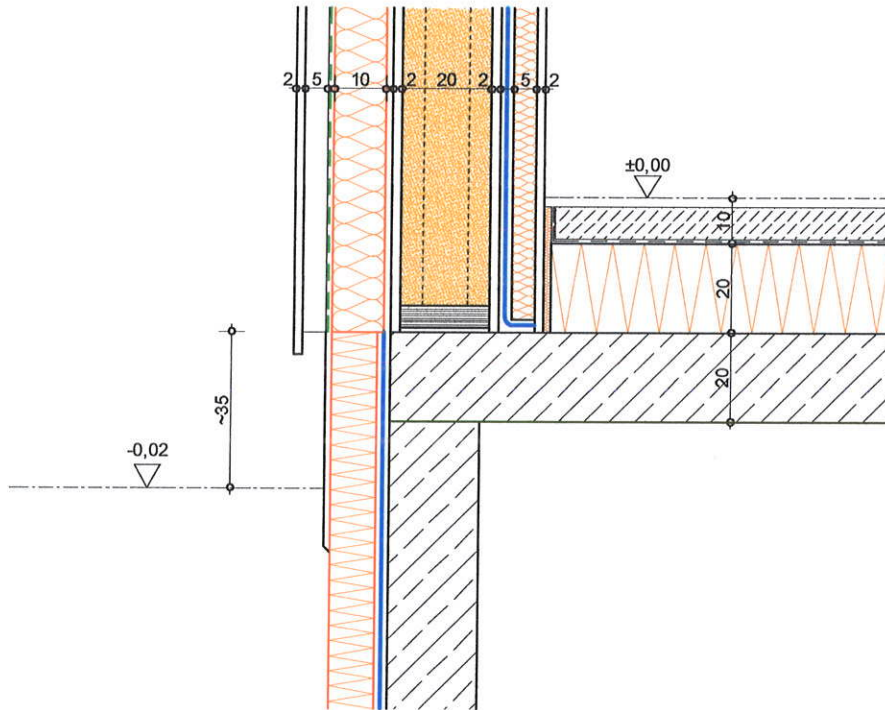


	szerelőréteg, hőszigeteléssel kitöltve belső burkolat
padló (pincefödém):	burkolat aljzat (pl. esztrich, vagy 2 réteg csaphornyos illesztésű építőlemez) terhelhető hőszigetelés (úsztatás), és szerelőréteg vasbeton pincefödém
talajon fekvő padló:	burkolat aljzat (pl. esztrich, vagy 2 réteg csaphornyos illesztésű építőlemez) hőszigetelés (úsztatás), és szerelőréteg talajnedvesség elleni szigetelés vasbeton padlólemez, szerelőbetonnal tömörített homokos kavics
pincefal:	nedvességhatásnak ellenálló hőszigetelés, lábazati vakolattal vasbeton pincefal

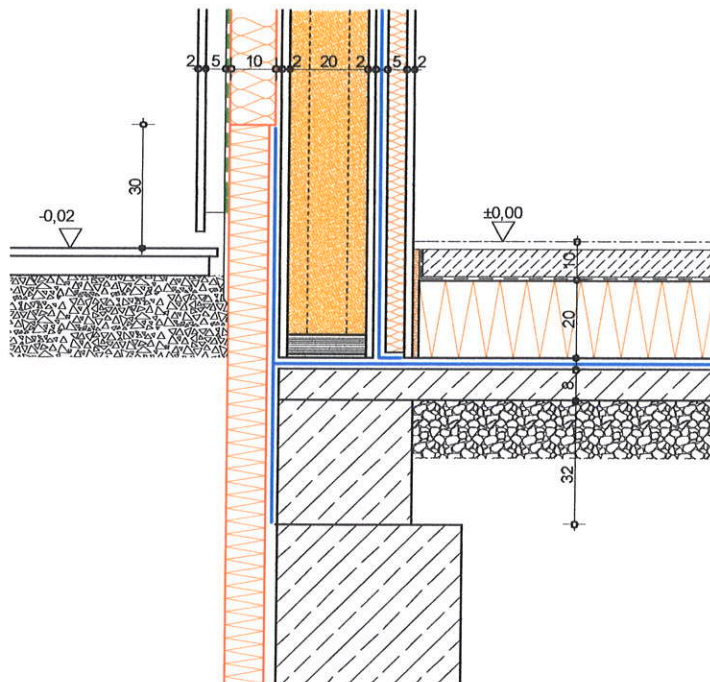


8.1. Részletképzések

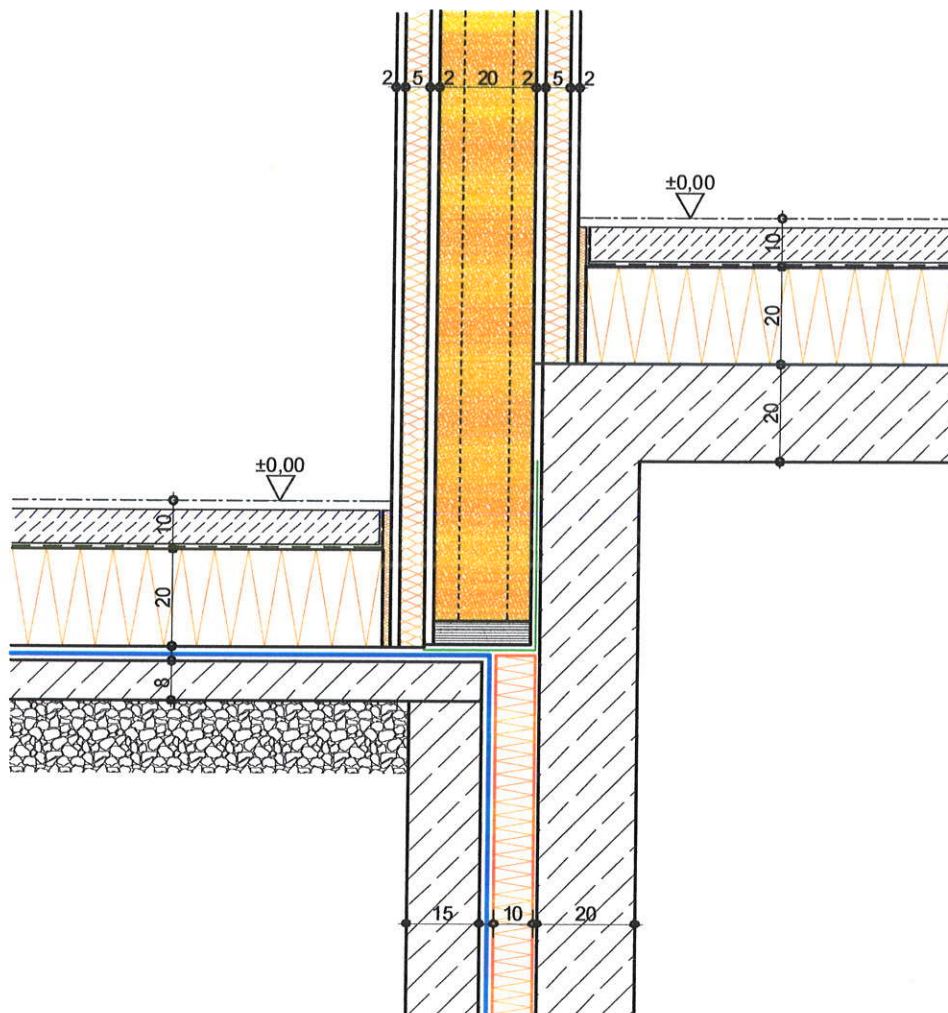
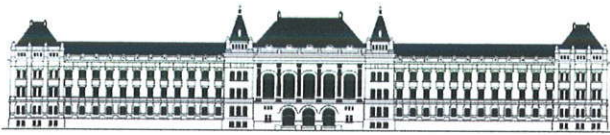
8.1.1. Lábzatok



37. ábra Szerelt épületváz pincefödém-lábzati részlete

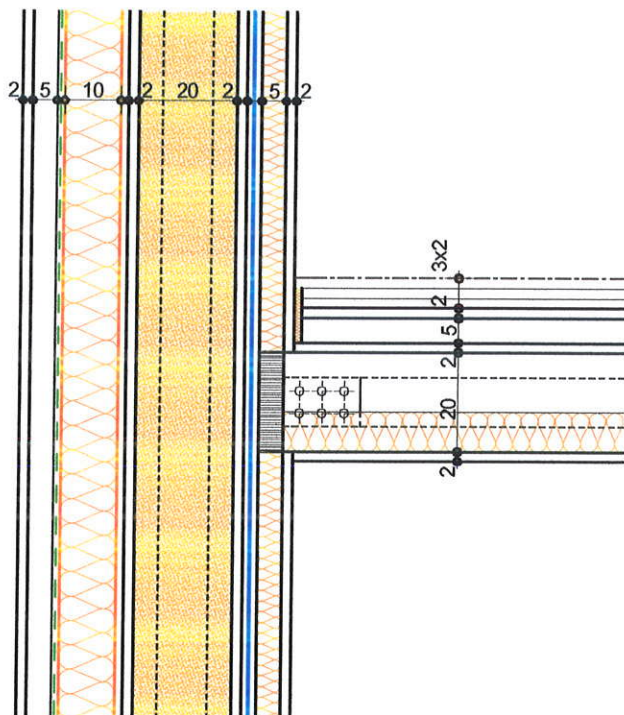


38. ábra Lábzati részlet terepen ülő padló (alaplemez) esetén



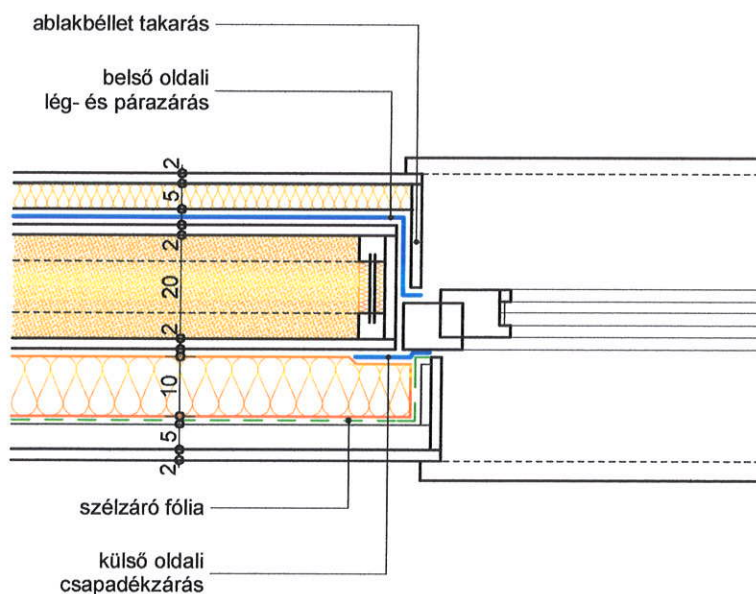
39. ábra Szintváltás kialakítása

8.1.2. Födémcsatlakozás

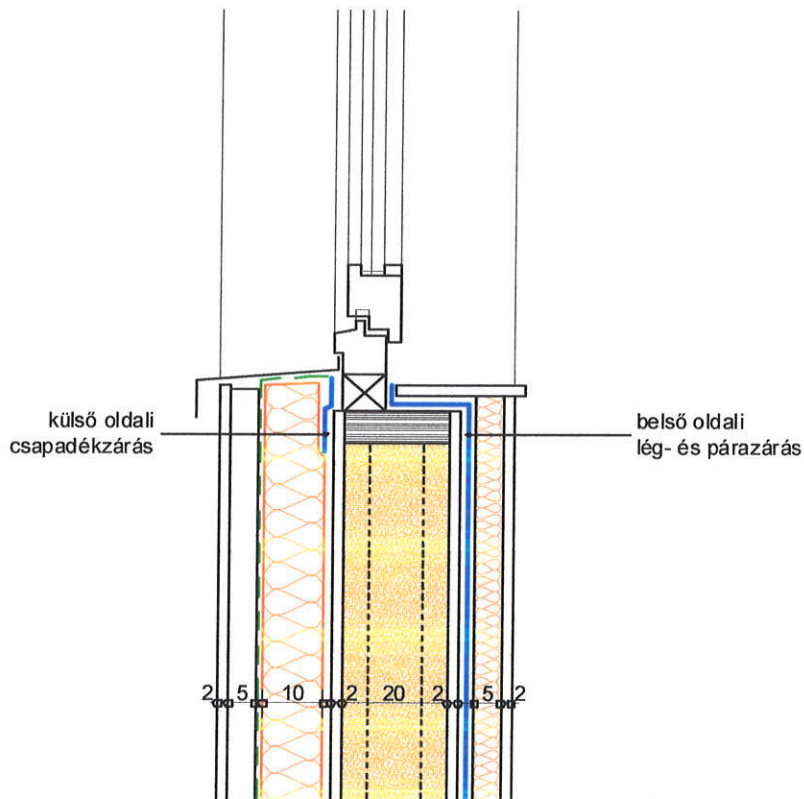
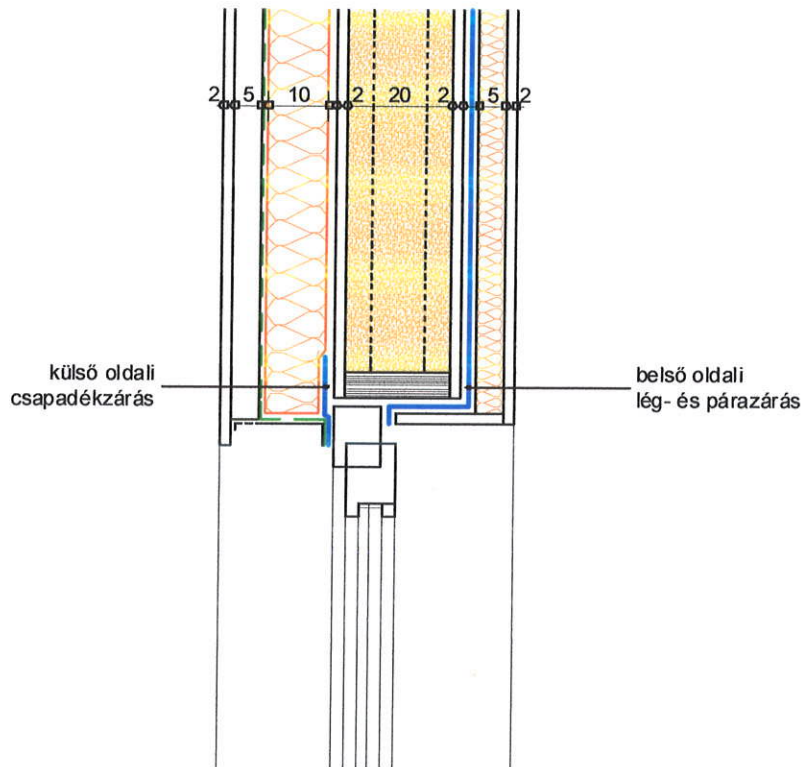


40. ábra Födémcsatlakozás

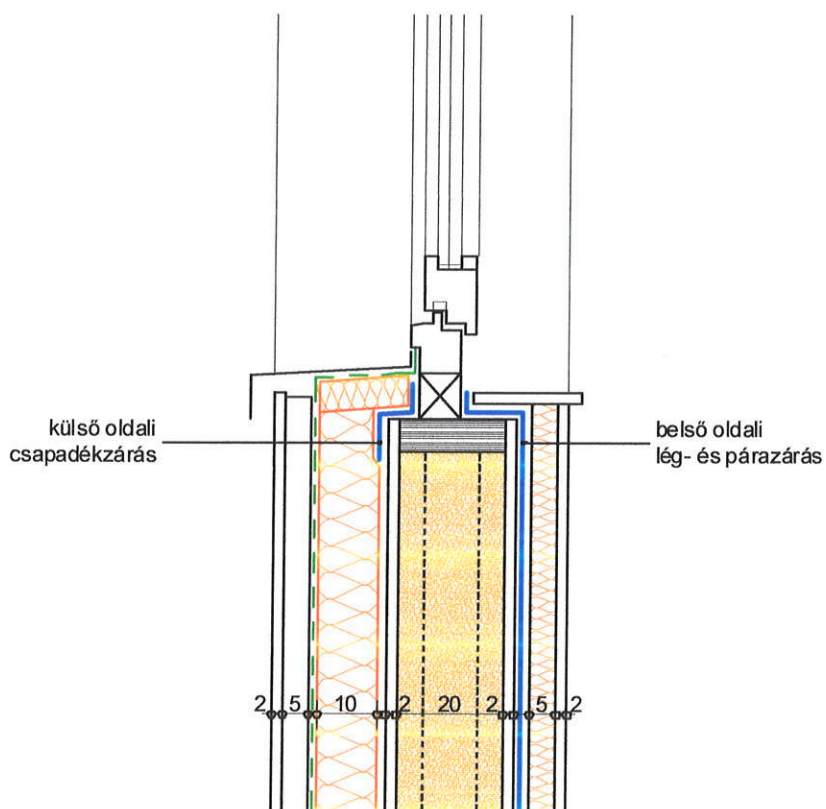
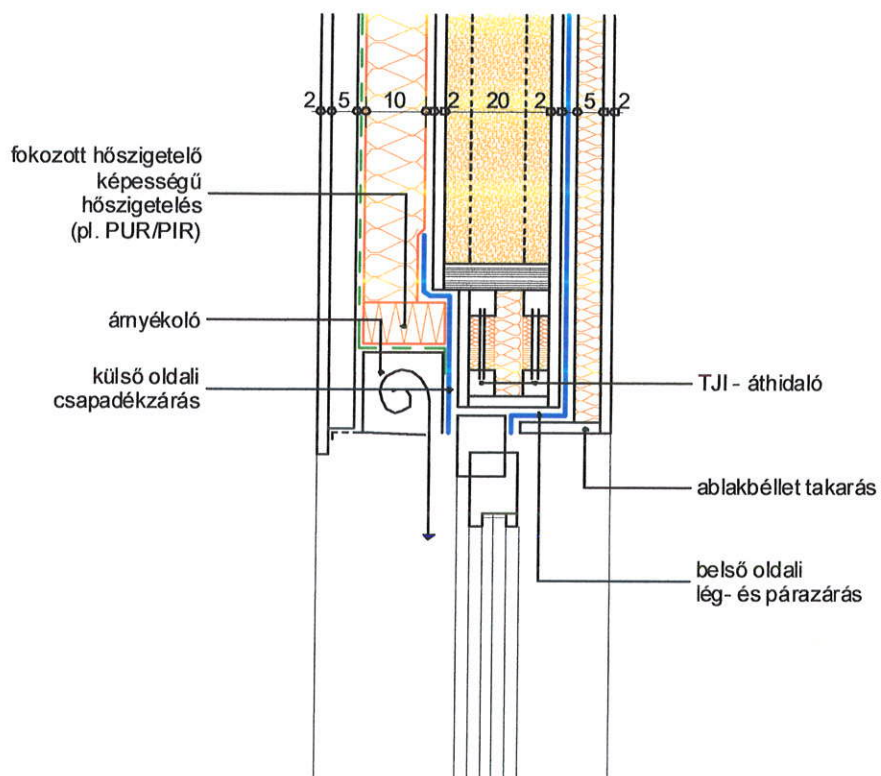
8.1.3. Nyílászáró beépítése



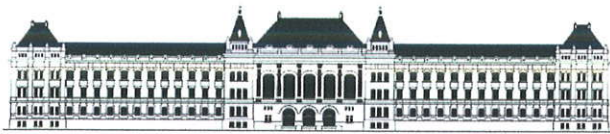
41. ábra Nyílászáró vízszintes beépítése szerelt falba (nincs árnyékoló)



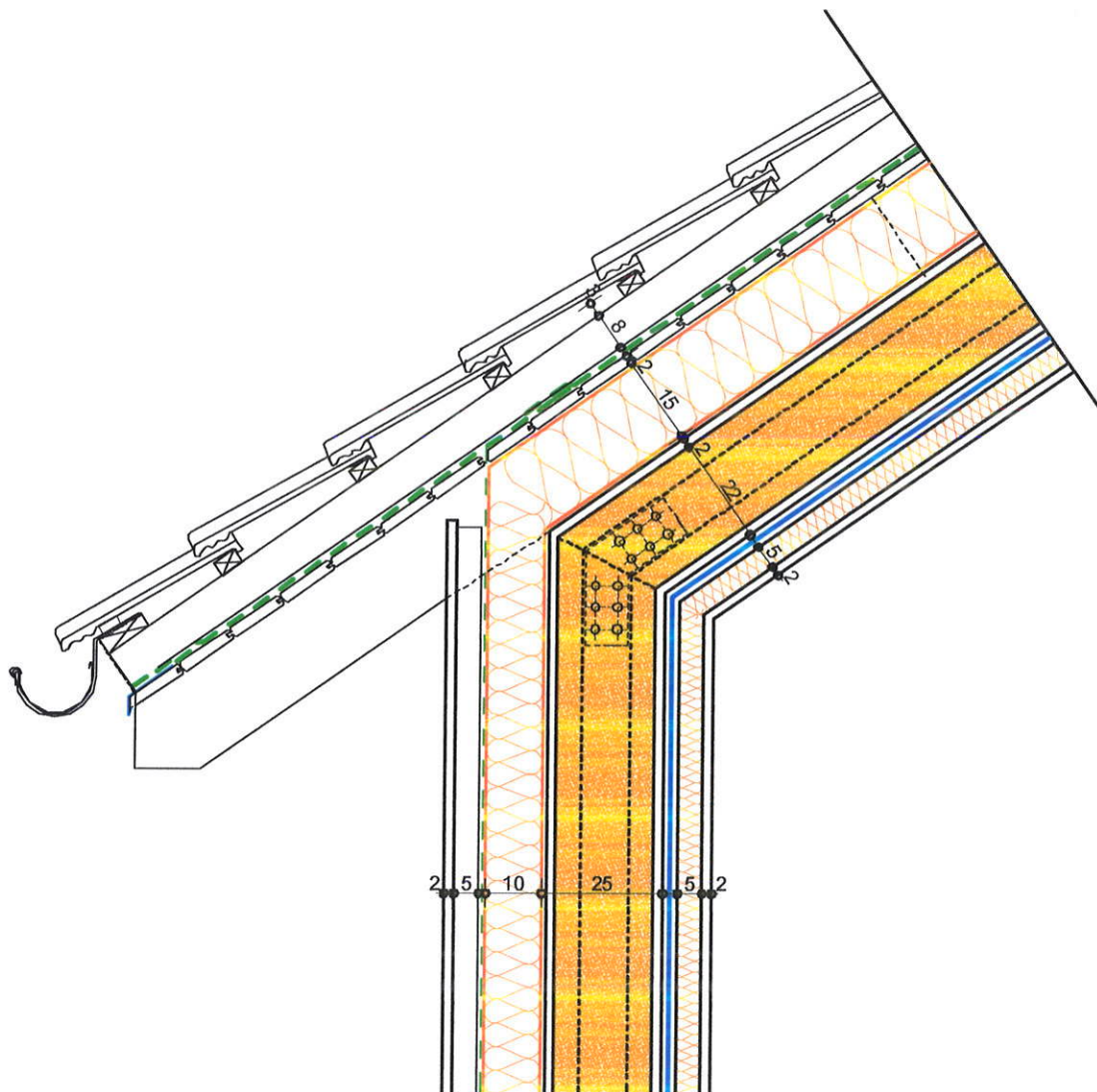
42-43. ábra Nyílászáró alsó és felső beépítésének részlete (nincs árnyékoló)



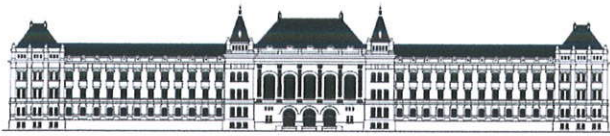
44-45. ábra Nyílászáró alsó és felső beépítése árnyékoló esetén



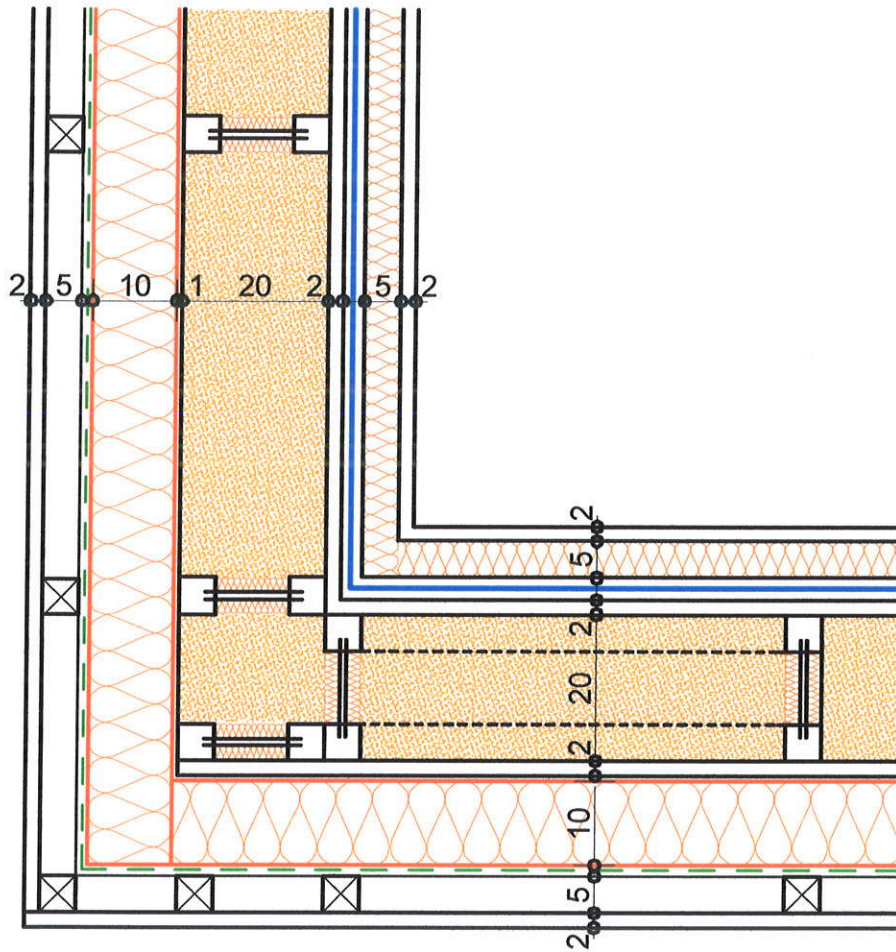
8.1.4. Tetőeresz



46. ábra Tető és fal csatlakozása



8.1.5. Falsarok

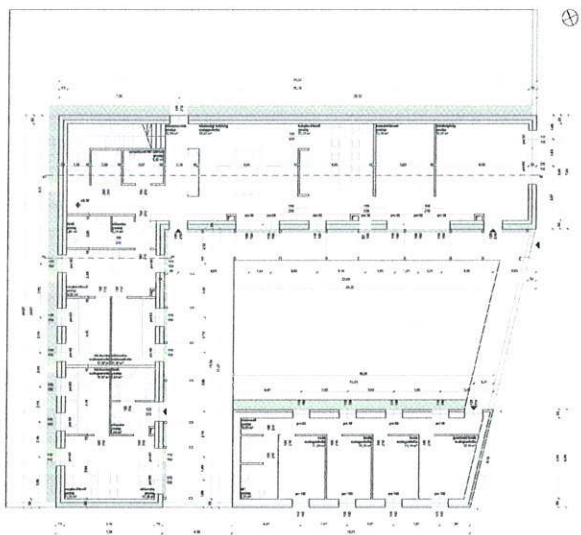


47. ábra Pozitív falsarok

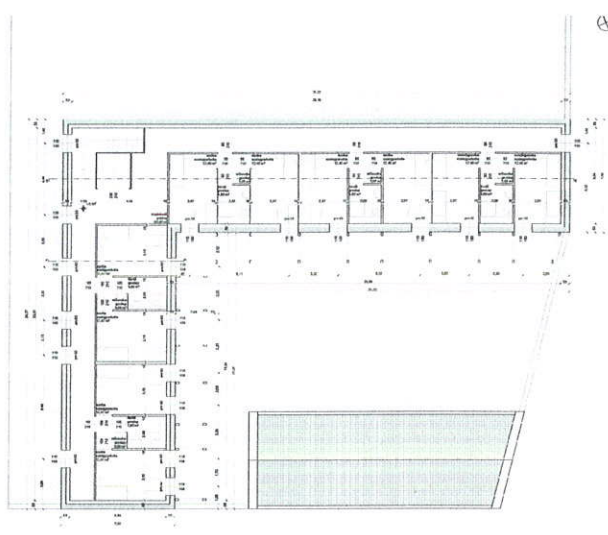


9. KISEBB TÁRSASHÁZ VAGY AZZAL MEGEGYEZŐ NAGYSÁGRENDŰ KÖZÉPÜLET

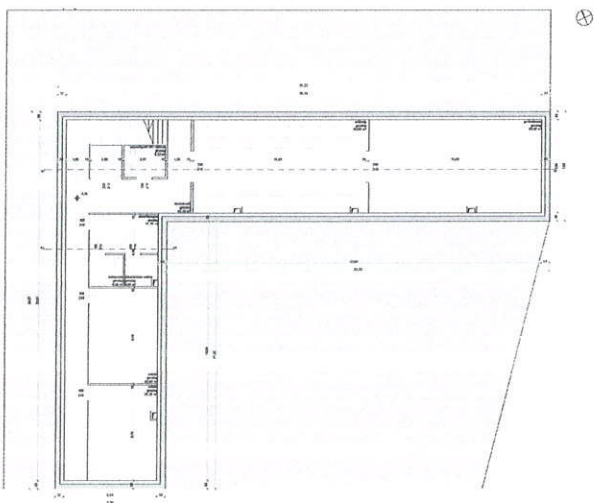
A vegyes rendeltetésű épület mintaépülete a BME Épületszerkeztani Tanszéke, a Nem Adom Fel Alapítvány, és a Magyar Passzívház Szövetség (MAPASZ) által közösen kiírt, fogyatékos emberek számára létesülő lakóotthon jellegű épület hallgatói ötletpályázatának díjazott munkáiból³ került kiválasztásra. A különböző mértékben fogyatékkal élő emberek, és családok számára otthont, munka- és kikapcsolódási lehetőséget, illetve más közösségekkel is kapcsolatot biztosító épület javaslati terveit passzívházként kellett kidolgozni.



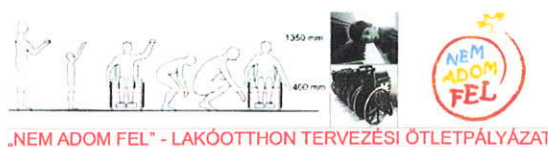
48. ábra Földszinti alaprajz



49. ábra Tetőtéri alaprajz



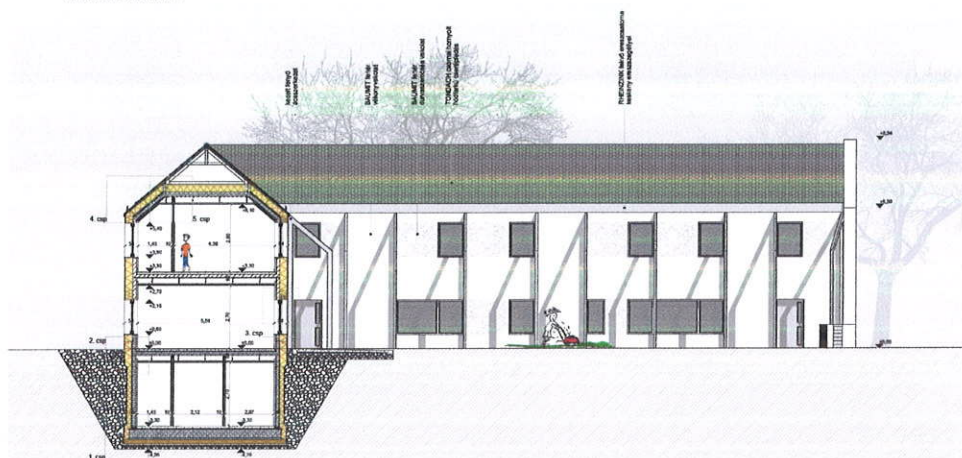
50. ábra Pincszinti alaprajz



³ A kiválasztott terv második helyezést ért el, készítői: Bakos Bálint, Batizi-Pócsi Péter, Berecz Zsolt Gábor, Dévai Zoltán, Ivicsics Júlia, Juhász Norbert, Ligeti Máté, Vágvolgyi Eszter, Várszegi Zsolt



A-A metszet M1:100



51. ábra Metszet



52. ábra Látványterv

Ezt a programot szabadon álló, pince, földszint, tetőtér kialakítású épülettel biztosították, melyet a minél nagyobb hőnyereség elérése érdekében délre tájoltak.

Az épületet szilikát szerkezetek alkotják, így ezen keresztül bemutatathatók a magyar építési gyakorlathoz közelebb álló szerkezetekkel megépíthető alacsony energifelhasználású vagy passzívház.

9.1. Ajánlott részletek

Ez a fejezet a legjellemzőbb részleteket tartalmazza, mellyel a választott mintaépület megvalósítható. A részletek jellegábrák, nem tartalmaznak minden információt. Egy-egy tervfeladatnál nem elkerülhető a részletek alapos és gondos kidolgozása. Passzívházak esetén a szigorúbb követelmények további szempontokat fogalmazhatnak meg.

Az egyes részleteknél a felhasználásra javasolt anyagok is megadásra kerültek. Néhány esetben ezek nem jelentenek kizárólagosságot más megoldás is elképzelhető (például: távtartóval kialakított befűjt hőszigetelés a homlokzaton, stb.), ezt a tervezés során mérlegelni kell.

Bár a részletek léptékhelyesek, konkrét számadatokat nem tartalmaznak, hiszen a választott anyagok és szerkezetek függvényében az előző fejezetek értelmében ezt minden esetben méretezni szükséges.

9.1.1. Fűtött pince külső fal-alapozás

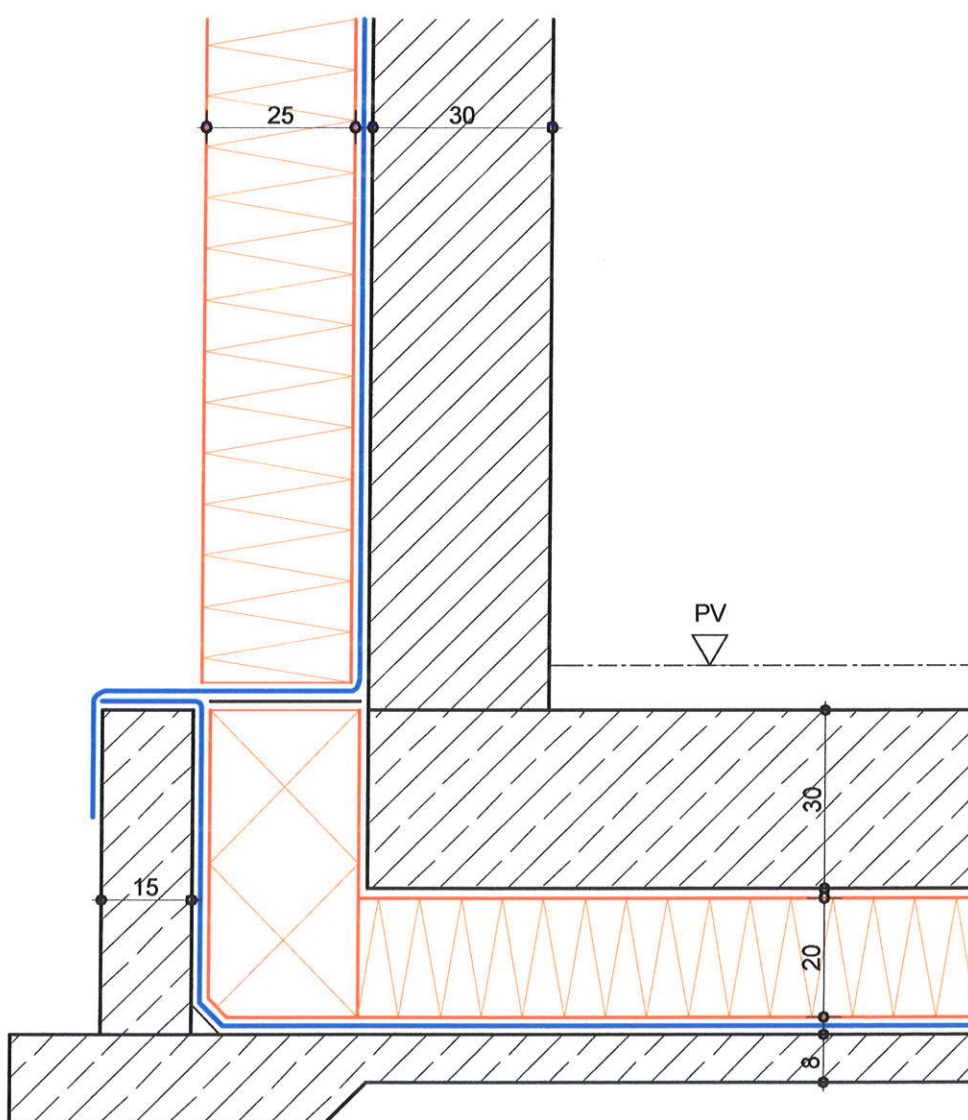
Fűtött pince igénye esetén a pincét határoló szerkezeteket is a termikus burok részeként kell kezelni, így a falszerkezetet és a pincepadlót is hőszigeteléssel kell ellátni.



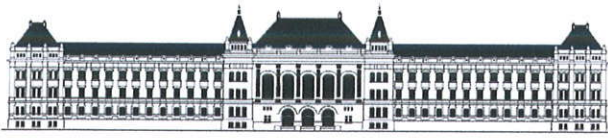
Teljes alapincézés esetén javasolt alapozási mód a lemezalap. A talajban lévő szerkezeteket a mindenkori nedvességhatások elleni védelemmel kell ellátni. A nedvesség elleni szigetelés síkja lehet az alaplemez/padlólemez felett vagy alatt.

Javasolt anyagok:

- pincefal: tömör falszerkezet (kisméretű téglá, kibetonozott zsalukő, beton, vasbeton)
- alaplemez alatti hőszigetelés: nagy teherbírású (nedvesség elleni védelemmel ellátva: habüveg, XPS, PUR/PIR)
- pincefal hőszigetelése:
 - nedvesség elleni védelemmel ellátva: EPS, ásványgyapot, PUR/PIR
 - nedvesség elleni védelem nélkül: XPS, formahabosított EPS



53. ábra Alapozás-külső fal csatlakozás fűtött pince esetén



9.1.2. Lábazat alápincézett épület esetén

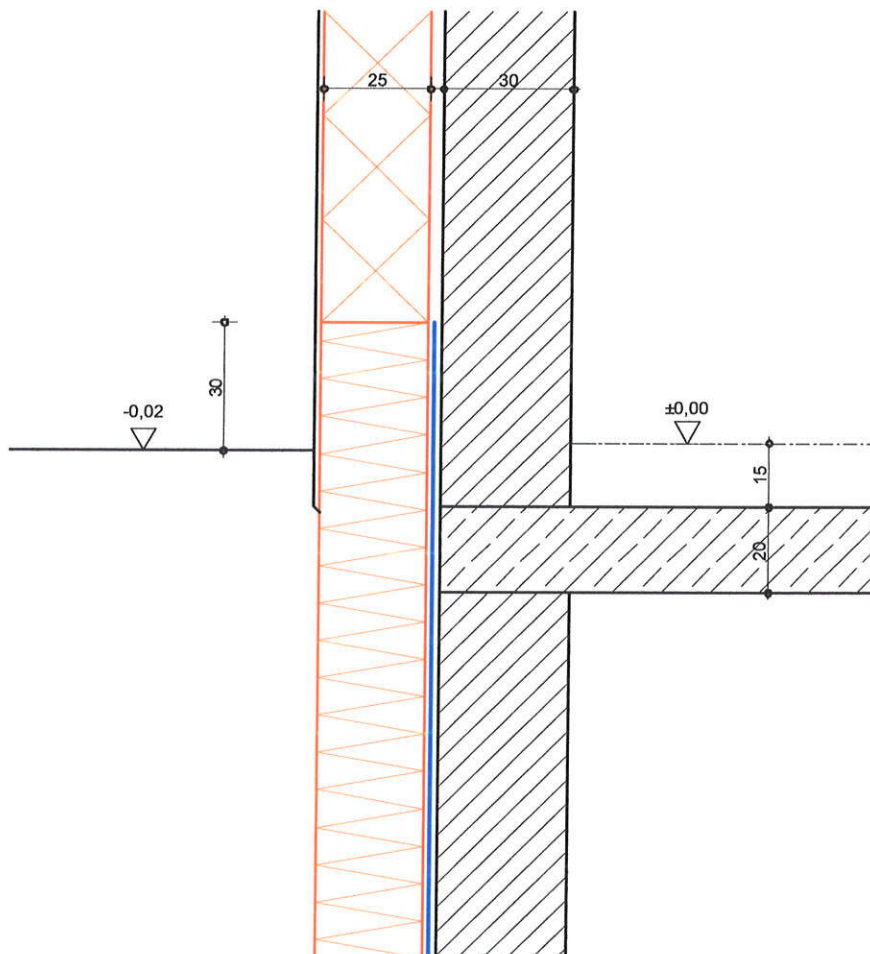
Fűtött pince igénye esetén a pincét határoló szerkezeteket is a termikus burok részeként kell kezelni, így a falszerkezetet is hőszigeteléssel kell ellátni. Míg fűtetlen pince esetén a pincét határoló szerkezetek nem képezik a termikus burok részét, így a pincefödém alatt vagy felett kell a hőszigetelést vezetni. A falszerkezet hőhidat alkot, amit a födém alatt elhelyezett hőszigetelés esetén a hőszigetelés túlvezetésével lehet csökkenteni, illetve a födém felett elhelyezett hőszigetelés esetén a hőszigetelés felületfolytonos vezetése érdekében a falszerkezet alkotta hőhidat terhelhető hőszigetelés (például habüveg) beépítésével lehet csökkenteni.

A talajban lévő szerkezeteket a mindenkori nedvességhatások elleni védelemmel kell ellátni.

A. Fűtött pince esetén

Javasolt anyagok:

- külső fal: nagy tömegű falszerkezet (pl.: kevéslyukú téglá, pórusbeton, mészhomok téglá, vályog, vasbeton)
- külső fal hőszigetelése: a lábazatszigetelés felett ásványgyapot, EPS, PUR/PIR, farost, nádpalló például hőszigetelő rendszerű vakolatként kialakítva
- pincefal: tömör falszerkezet (pl.: kisméretű téglá, kibetonozott zsalukő, beton, vasbeton)
- pincefal hőszigetelése: XPS, formahabosított EPS legalább a lábazatszigetelés magasságáig



54. ábra Lábazatképzés fűtött pince esetén

9.1.3. Nyílászáró beépítése

Kisebb hőszigetelővastagság ($\leq 20-25$ cm) esetén a terasz- és erkélyajtónál, valamint az ablakoknál a nyílászáró síkját az árnyékoló határozza meg, míg bejárati ajtó esetén célszerű a hőszigetelés szempontjából legkedvezőbb síkot választani. Amennyiben a nyílászáró a teherhordó szerkezet síkjától kijebb kerül, vaktok alkalmazása válik szükségessé. Nagyobb hőszigetelés vastagság esetén a nyílászáró síkjának megválasztásánál a hőszigetelés szempontjából és a nyílászáró beépítése szempontjából kedvezőbb síkot célszerű választani: a nyílászáró részben rátaakar a külső falra.

A nyílászáróra a hőszigetelést rá kell vezetni, e miatt rendszersaját, hőhídmegszakításos toktoldó beépítésére lehet szükség. Hőhídmegszakítóval kialakított vasbeton erkélylemez esetén a hőhídmegszakító ideális helye a nyílászáró toktövezetében van.

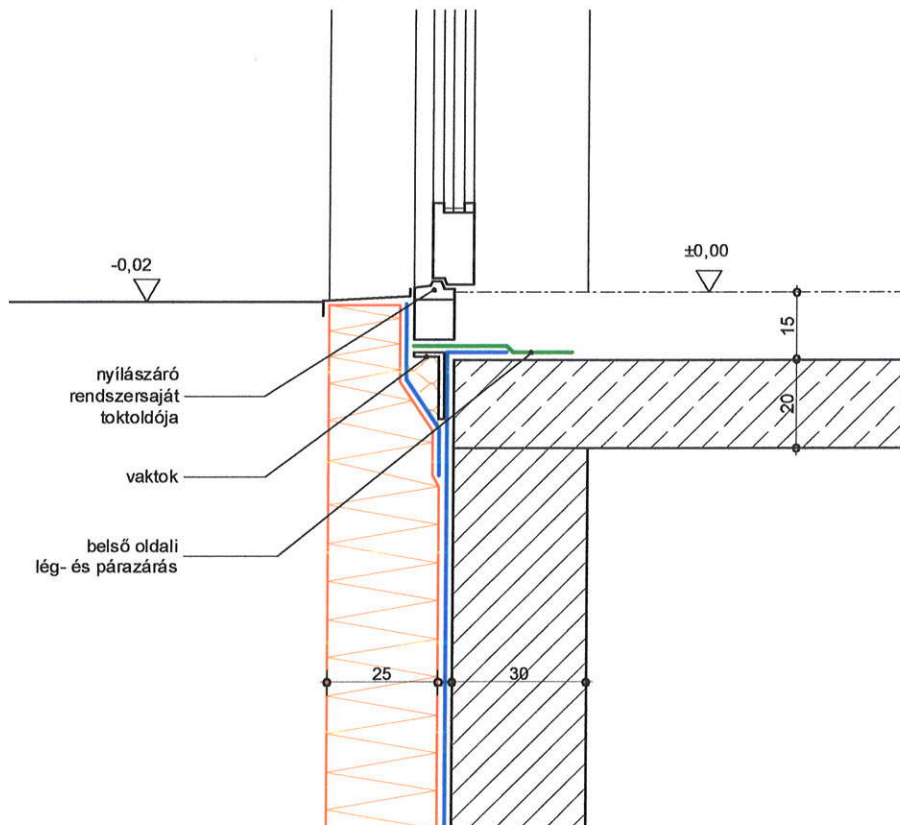
A belső oldali lég- és párazárást lég- és párazáró szalaggal vagy szilárd háttámasz esetén tartósan rugalmas kittel kell elkészíteni, míg a csapadékszárást csapadékszáró membrán biztosíthatja a külső oldalon, melyet a lábazatszigeteléshez vízhatlan módon csatlakoztatni szükséges. Nehézséget jelent a nyílászáró küszöbcsatlakozása előtti hőszigetelés mechanikai és UV-sugárzás elleni védelme, melyet acéllemez biztosíthat.

A padló szerkezet rétegfelépítését meghatározza, hogy gépészeti vezetékek, elektromos védőcsövek miatt milyen vastag szerelőréteg kerül beépítésre.

A. Ajtőküszöb földszinten

Javasolt anyagok:

- pincefal hőszigetelése: XPS, formahabosított EPS
- nyílászáró: két vagy háromrétegű hőszigetelő üvegezésű lehetőleg hőhídmegszakításos szerkezet

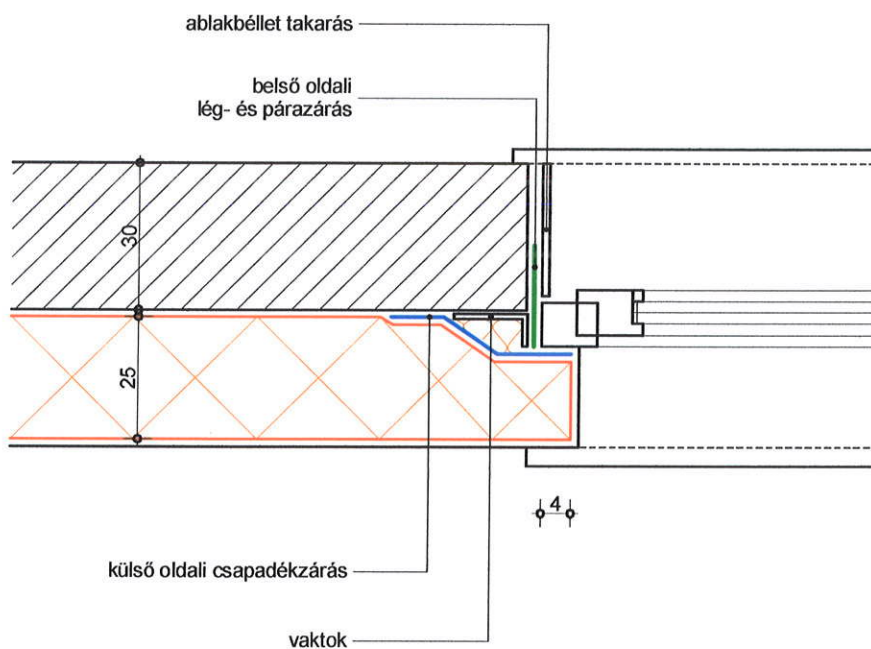


57. ábra Földszinti ajtó beépítése

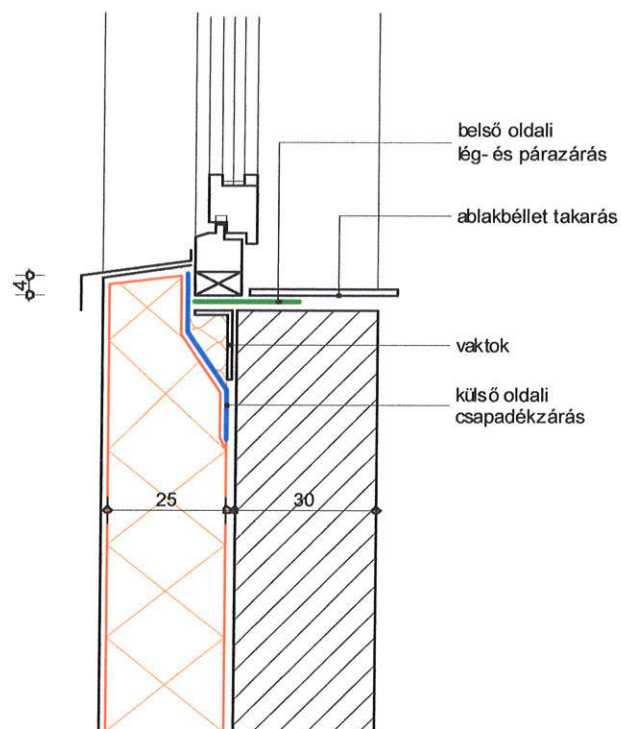
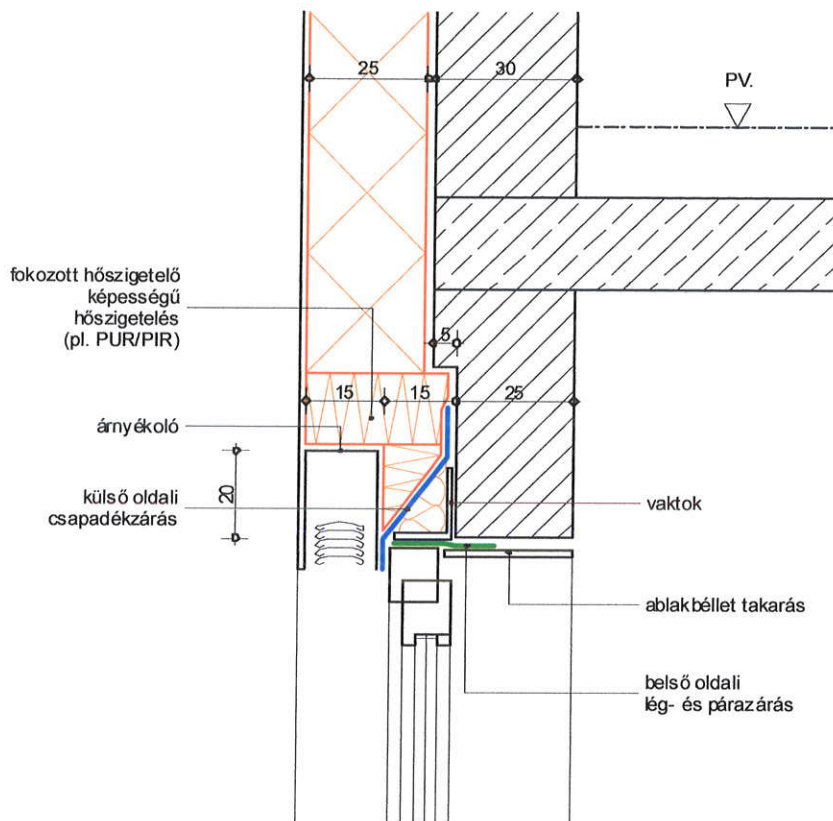
B. Ablak árnyékolóval

Javasolt anyagok:

- nyílászáró: két vagy háromrétegű hőszigetelő üvegezésű lehetőleg hőhídmegszakításos szerkezet
- külső fal: nagy tömegű falszerkezet (pl.: kevéslyukú téglá, pórusbeton, mészhomok téglá, vályog, vasbeton)
- külső fal hőszigetelése: a lábazatszigetelés felett ásványgyapot, EPS, PUR/PIR, farost, nád palló például hőszigetelő rendszerű vakolatként kialakítva



58. ábra Ablakbeépítés vízszintes részlet

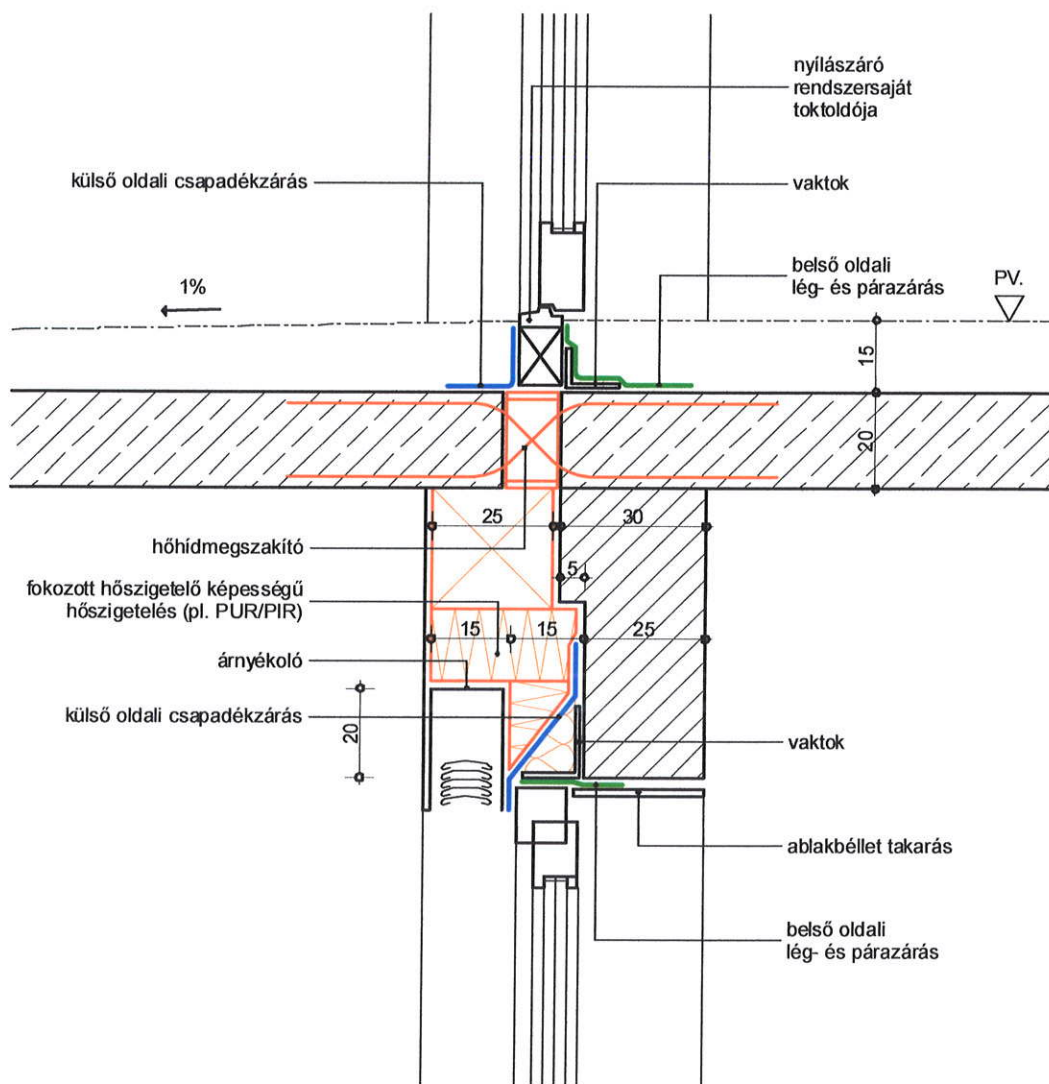


59-60. ábra Ablak beépítés függőleges részletek 1.

C. Erkélyajtó hőhíd megszakítóval kialakított erkély esetén

Javasolt anyagok:

- nyílászáró: két vagy háromrétegű hőszigetelő üvegezésű lehetőleg hőhíd megszakításos szerkezet
- külső fal: nagy tömegű falszerkezet (pl.: kevéslyukú téglá, pórusbeton, mészhomok téglá, vályog, vasbeton)
- külső fal hőszigetelése: a lábazatszigetelés felett ásványgyapot, EPS, PUR/PIR, farost, nádpalló például hőszigetelő rendszerű vakolatként kialakítva

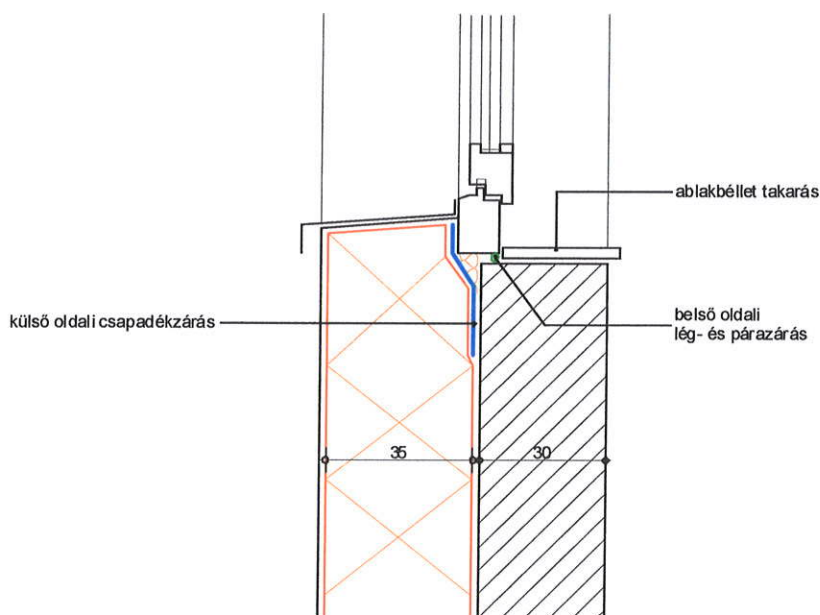
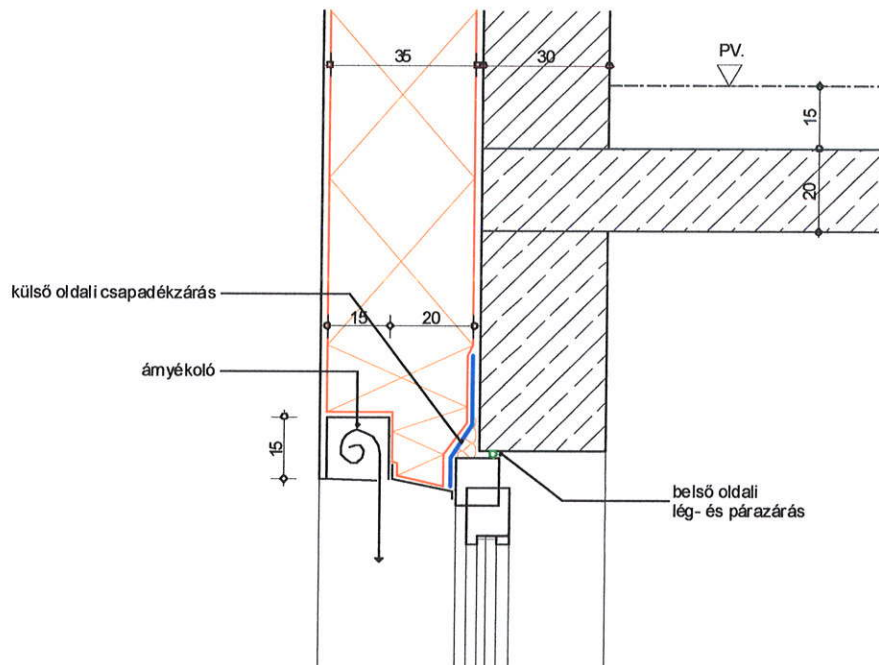


61. ábra Erkélyajtó beépítése

D. Nagyobb hőszigetelés vastagság esetén ablak beépítése

Javasolt anyagok:

- nyílászáró: két vagy háromrétegű hőszigetelő üvegezésű lehetőleg hőhídmegszakításos szerkezet
- külső fal: nagy tömegű falszerkezet (pl.: kevéslyukú téglá, pórusbeton, mészhomok téglá, vályog, vasbeton)
- külső fal hőszigetelése: a lábazatszigetelés felett ásványgyapot, EPS, PUR/PIR, farost, nád palló például hőszigetelő rendszerű vakolatként kialakítva



62-63. ábra Ablak beépítés függőleges részletek 2.

9.1.4. Magastető

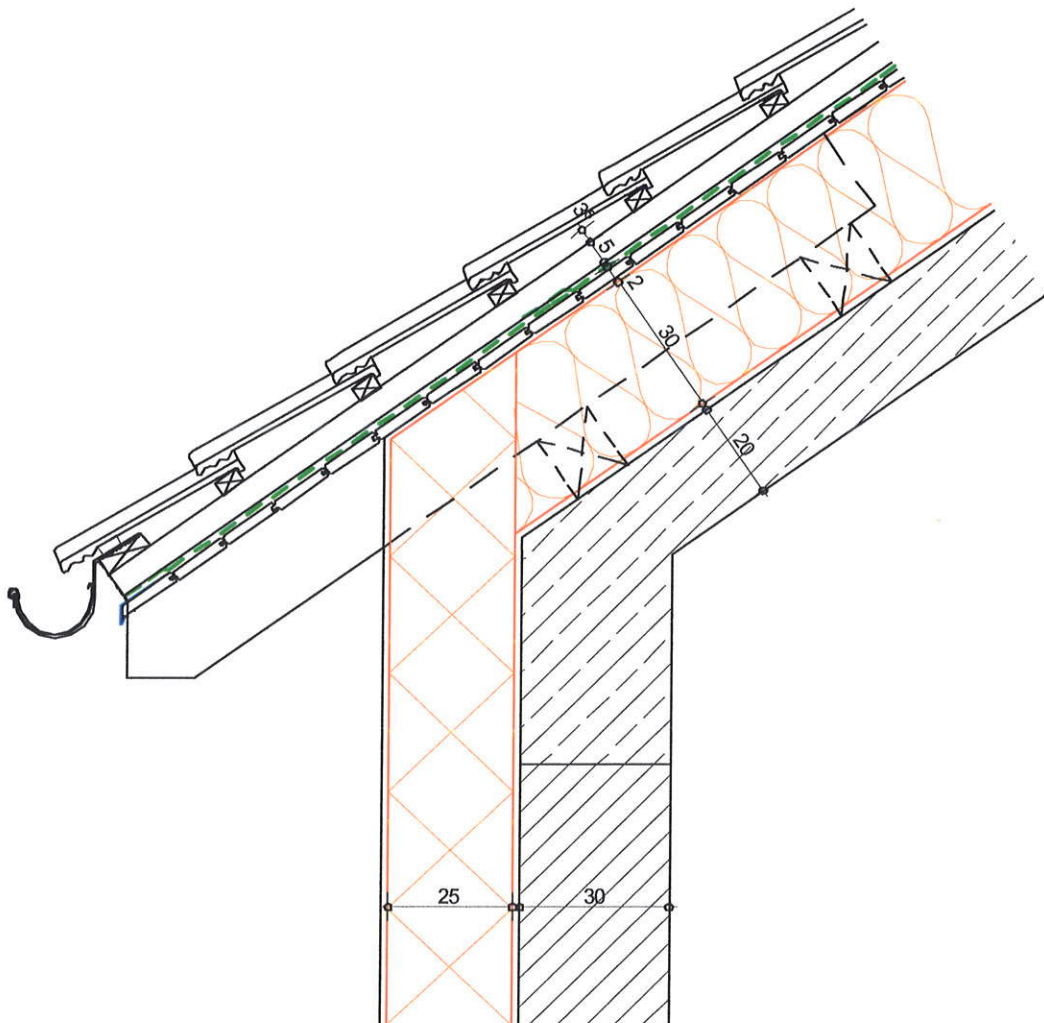
Szilikát tartószerkezet esetén a magastető készülhet vasbetonból koporsófüdémként, illetve hagyományos módon faszerkezettel. Ez utóbbi esetben a kialakításmód a 8. fejezethez hasonlóan történhet.

Akusztikai és hőtechnikai szempontból egységesebben működő termikus burok állítható elő, ha az első megoldás kerül alkalmazásra.

A. Ereszképzés

Javasolt anyagok:

- külső fal: nagy tömegű falszerkezet (pl.: kevéslyukú téglá, pórusbeton, mészhomok téglá, vályog, vasbeton)
- külső fal hőszigetelése: ásványgyapot, EPS, PUR/PIR, farost, nádálló például hőszigetelő rendszerű vakolatként
- tető hőszigetelése: terhelhető („szarufa feletti hőszigetelés”) ásványgyapot, XPS, formahabosított EPS, PUR/PIR, farost
- alátét-héjazat: szárazzó páraáteresztő alátétfólia

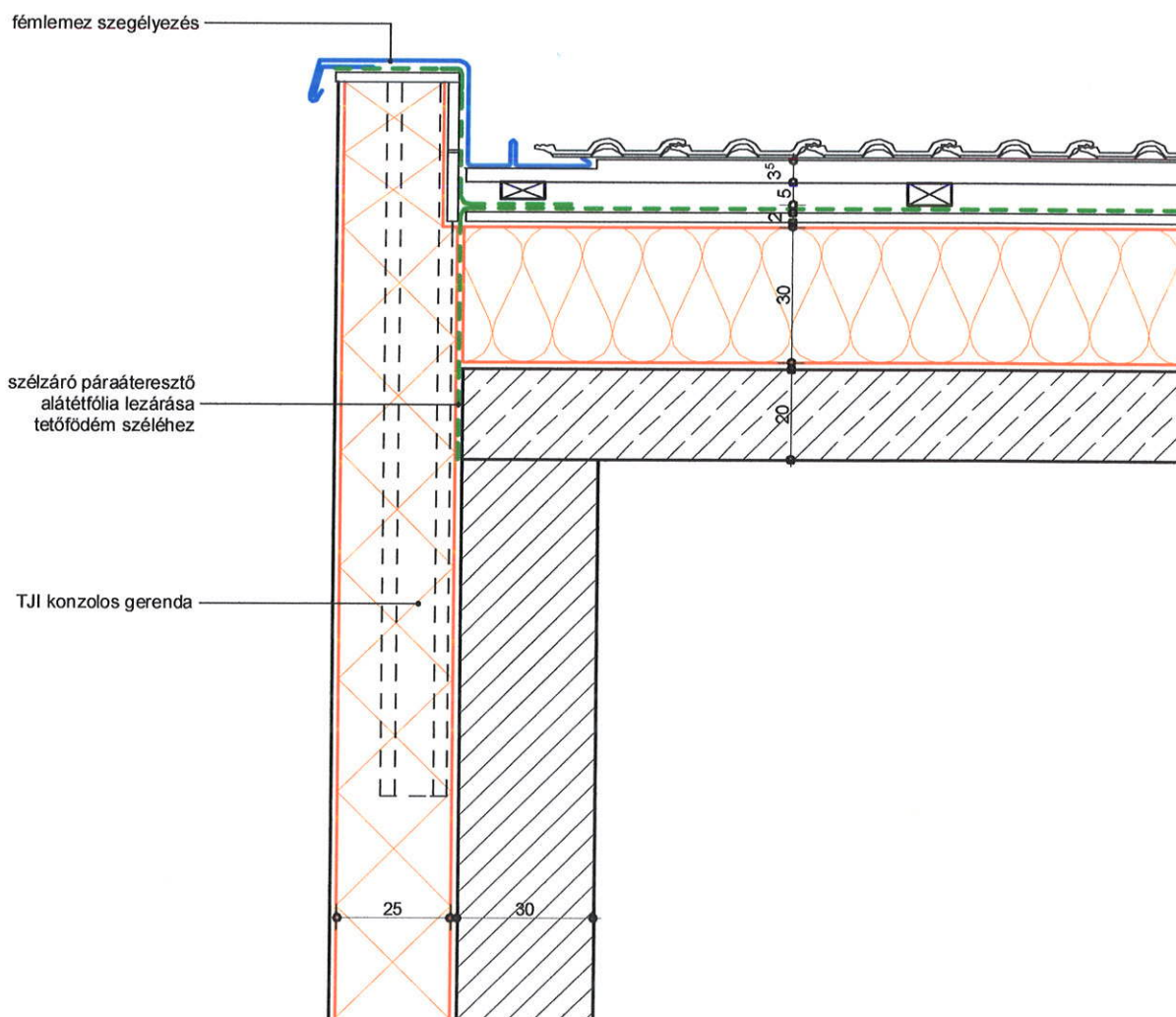


64. ábra Ereszrészlet

B. Oromfal

Javasolt anyagok:

- külső fal: nagy tömegű falszerkezet (pl.: kevéslyukú téglá, pórusbeton, mészhomok téglá, vályog, vasbeton)
- külső fal hőszigetelése: ásványgyapot, EPS, PUR/PIR, farost, nádpalló például hőszigetelő rendszerű vakolatként
- tető hőszigetelése: terhelhető („szarufa feletti hőszigetelés”) ásványgyapot, XPS, formahabosított EPS, PUR/PIR, farost
- alátét héjazat: szálszáró páraáteresztő alátét fólia

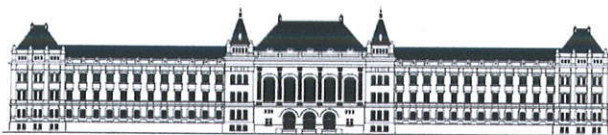


65. ábra Tűzfalként kialakított oromfali részlet



10. FELHASZNÁLT JOGSZABÁLYOK, SZABVÁNYOK JEGYZÉKE

- [1] MSZ-04-140:1979 Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai
- [2] MSZ-04-140:1985 Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai
- [3] MSZ-04-140:1991 Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai
- [4] 7/2006. (V.24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról
- [5] 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről (OTÉK)
- [6] MSZ EN ISO 10211
- [7] MSZ EN ISO 10456
- [8] Richtlinie – Ausführung luftdichter Konstruktionen und Anschlüsse 2009.
- [9] MSZ-EN 13829
- [10] 28/2011 (IX.06.) BM rendelettel kiadott Országos Tűzvédelmi Szabályzat
- [11] MSZ 15601:2007 Épületakusztika
- [12] 27/2008 KvVM-EüM rendelet
- [13] 9/2008 (II.2.) OTM rendelet
- [14] MSZ 14800-6:2009
- [15] „Az épületek energiahatékonyságáról – Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)” szóló 2010/31/EU számú irányelv
- [16] Alátétthéjazatok tervezési és kivitelezési irányelvei. Épületszigetelők, Tetőfedők és Bádogosok Magyarországi Szövetsége (ÉMSZ) 2006.



11. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] A. Bobocinski – J. Pogorzelski: „Építési Piac, 2006. 1-2. szám
- [2] Debreceni Egyetem Műszaki Kar Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék - Csoknyai Tamás, Kalmár Ferenc, Szalay Zsuzsa, Talamon Attila, Zöld András: A megújuló energiaforrásokat alkalmazó közel nulla energiafogyasztású épületek követelményrendszere. Készült a Belügyminisztérium megbízásából 2012. 05. Debrecen
- [3] Dr. Dobszay Gergely: „Épületek páratechnikai követelményeinek kielégítése” Épületszigetelési Kézikönyv, Szerkesztő: Dr. Fülöp Zsuzsanna, Dr. Osztrólczy Miklós, Verlag Dashöfer Kiadó, Budapest, 2006. november
- [4] Energiatudatos építészet. szerkesztő: Zöld András Műszaki Könyvkiadó 1999.
- [5] Ertsey Attila: Autonóm ház. Ökotáj 1997. 14–15. sz. pp129–133.
- [6] Dr. Fülöp Zsuzsanna: „Holistic Integrated Approach of Architecture” - EAAE-ENHSA „Rethinking the Human in Technology-Driven Architecture” International Conference, Konferencia kiadvány – megjelenésre elfogadva 2011 nov.
- [7] Dr. Fülöp Zsuzsanna: Épületszerkezetek holisztikus szemléletű tervezése PhD. dolgozat 2007.
- [8] Dr. Fülöp Zsuzsanna: „Energiatudatos épületek” Építés Spektrum, 2011. X. évfolyam 2. szám pp6-9., Spektrum Lap- és könyvkiadó Kft. Budapest, ISSN 1587-8724
- [9] Dr. Fülöp Zsuzsanna: „Épületszerkezetek teljesítmény elvű tervezése” Magyar Építőipar 2010. 6. szám, Budapest, HU ISSN 0025-0074
- [10] Hantos Zoltán, Huszár Gyula, Karácsonyi Zsolt, Lonsták Nóra, Oszvald Ferenc Nándor, Szabó Péter: Bevezető a passzívházak világába. Építéstani füzetek Nyugat-Magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Kar Építéstani Intézet Sopron 2011. ISBN 978-963-334-000-4
- [11] Horváth Sándor: Passzívházak részletképzései. I. Épületszerkezeti Konferencia Gábor László professzor születésének 100. évfordulója tiszteletére 2010. konferencia kiadvány ISBN 978-963-313-017-9 pp28-32.
- [12] Horváth Sándor: Nedves, párás terek tetőszerkezeteinek lég- és párazárás hiányosságai és javításuk II. Épületszerkezettani Konferencia Épület és szerkezet felújítás kiadványa, Budapest, 2011. ISBN 978-963-313-043-8 pp26-30.
- [13] Horváth Sándor: Beépített tetőterek és szerelt favázás térelhatárolások fokozott energetikai követelményei.
- [14] dr. Kakasy László: Mit tanítsunk? 1. Épületek hőszigetelése – előadás. Tanszéki értekezéslet 2012. 02. 29.
- [15] Lányi Erzsébet: Környezettudatos épített környezet – a modellváltás elvi és építészeti eszközei. PhD értekezés 2010.
- [16] Passzívház csomópontok felhasználóknak. Passzívház Akadémia Kft. 2009. ISBN 978-963-06-6706-7
- [17] Passzívházak és alacsony energiájú házak. Austrotherm Kft. kiadványa
- [18] Pataky Rita: A termikus burok – előadás TFH+E Szakkiállítás és Konferencia: Kreatív tetők látvány és energetikai megoldásai 2011.02.18.
- [19] Pataky Rita: Termikus burok, Építéstechnika 2011/2-3. pp27-29.
- [20] Pataky Rita – Horváth Sándor: Mit tanítsunk? 2. Lábzetek és padlók hőszigetelése – előadás. Tanszéki értekezéslet 2012.03.14.
- [21] Pataky Rita: Energetical and constructional problematic of post thermal insulation of floor constructions; Konferenz „PAROPAS – 12” PORUCHY A OBNOVA OBALOVÝCH KONŠTRUKCIÍ BUDOV 07-09.03.2012 Vysoké Tatry, Podbanské - hotel Permon ISBN 978-80-553-0651-3 CD



- [22] Pataky Rita-Bakos Bálint: A Solar Dechatlon BME Odooprojekt II. Épületszerkeztani Konferencia (Épület és szerkezet felújítás) Kiadványa, Budapest, 2011. ISBN 978-963-313-043-8 pp160-163
- [23] Dr. habil Reis Frigyes: Alacsony energiafelhasználású épületek akusztikai minősége I. Magyar Építéstechnika 2011/4: Magyar Mediprint Szakkiadó Kft. Budapest, HU ISSN 1216-6022 pp2-4.
- [24] Dr. habil Reis Frigyes: Alacsony energiafelhasználású épületek akusztikai minősége II. Magyar Építéstechnika 2011/5 Magyar Mediprint Szakkiadó Kft. Budapest, HU ISSN 1216-6022 pp2-4.
- [25] Dr. habil Reis Frigyes – Mesterházy Beáta: A passzívházak akusztikai minősége. I. Épületszerkezteti Konferencia Gábor László professzor születésének 100. évfordulója tiszteletére 2010. kiadványa ISBN 978-963-313-017-9 pp42-46.
- [26] Sólyomi Péter „Épületek hőszigetelésének méretezése” Épületszigetelési Kézikönyv, Szerkesztő: Dr. Fülöp Zsuzsanna, Dr. Osztrólczy Miklós, Verlag Dashöfer Kiadó, Budapest, 2006. november
- [27] Szikra Csaba: Padlók hővesztésének modellezése - előadás, Metszet Építési Megoldások Tervezői Nap 2011.05.05.
- [28] Szikra Csaba: A környezeti energiák passzív hasznosítási lehetőségei – előadás. MEH Takarékoskodj a Föld energiájával! energia- és környezettudatos konferencia 2012. 04. 26.
- [29] Szikra Csaba: Az üvegezett felületek szerepe – energianyereség – előadás. Comfort Szakkiállítás és Konferencia. V. Magyar Passzívház Konferencia 2012. 02. 16.
- [30] Szikra Csaba: „Szoláris épületek” BME egyetemi jegyzet 2010.
- [31] Dr. Takács Lajos Gábor: Passzívházak tűzvédelmi kérdései. I. Épületszerkezteti Konferencia Gábor László professzor születésének 100. évfordulója tiszteletére 2010. kiadványa ISBN 978-963-313-017-9 pp34-40.
- [32] Dr. Takács Lajos Gábor: Szerelt szerkezetek kialakításának új tűzvédelmi szempontú megközelítése. I. Épületszerkezteti Konferencia Gábor László professzor születésének 100. évfordulója tiszteletére 2010. konferencia kiadvány ISBN 978-963-313-017-9 pp174-176.
- [33] Dr. Wolfgang Feist: Gestaltungsgrundlagen Passivhauser – Building principles for houses where a special heating system is superfluous. A handbook for planners and architects Publishers: Das Beispiel GmbH.

A szövegben említett ingyenes programok elérhetőségei:

LBNL THERM: <http://windows.lbl.gov/software/therm/therm.html>

WUFI light: <http://www.wufi.de/>

Champs-BES: <http://beesl.syr.edu/champs.htm>

HAMLAB: <http://archbps1.campus.tue.nl/bpswiki/index.php/HamLab>

MOIST: http://www.nist.gov/el/highperformance_buildings/performance/moist.cfm

Therakles: <http://bauklimatik-dresden.de/therakles/index.html>

Radiance: <http://radsite.lbl.gov/radiance/>

Dialux: <http://www.dial.de/DIAL/en/dialux-international-download.html>

Visual: <http://www.visual-3d.com/>

OpenFoam: <http://www.openfoam.com/>

CONTAM: <http://www.bfrl.nist.gov/IAQanalysis/software/index.htm>

COMIS: <http://epb.lbl.gov/comis/>

EnergyPlus: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>

ESP-r: <http://www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r.htm>

DOE-2/e-Quest: <http://www.doe2.com/>