

KÖRNYEZETTUDATOS ENERGIAHATÉKONY ÉPÜLET

IV. rész: 0,20 W/m²K rétegtervi hőátbocsátási tényezővel rendelkező épület

Szabó Péter (építészet)

Hantos Zoltán (szerkezettervezés)

Karácsonyi Zsolt (energetika)

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Impresszum

Írta és összeállította:

Szabó Péter (építészet)

Hantos Zoltán (szerkezettervezés)

Karácsonyi Zsolt (energetika)

Lektorálta:

Bejó László

Technikai szerkesztő:

Somos András

Farkas Péter

Olvasószerkesztő:

Kantó-Simon Ildikó

Kiadja:

a Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó

Felelős kiadó:

Prof. Dr. Varga László tudományos és külügyi rektorhelyettes

Megjelent:

elektronikusan, 2014, Sopron

ISBN 978-963-334-217-6

ISBN 978-963-334-213-8ö

© Hantos Zoltán, Karácsonyi Zsolt, Szabó Péter (2014)

© Nyugat-magyarországi Egyetem (2014)

A tanulmány a Környezettudatos energiahatékony épület című
TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 számú projekt keretében jött létre.

Támogató: Európai Unió, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával

Környezettudatos energiahatékony épület

IV.

0,20 W/m²K rétegtervi hőátbocsátási tényezővel rendelkező épület

Tartalom

Előszó	5
Bevezetés	6
Az épület bemutatása és építészeti rajzok	7
Szerkezeti ismertetés	12
Rétegredek	13
Vonalmenti hőhidak	16
Csomóponti rajzok	19
Az épület gépészeti bemutatása, energetikai számítások és az ötféle gépészeti rendszer összehasonlítása	38
Felhasznált szabványok és jogszabályok	46
Felhasznált irodalom	46

Előszó

Napjainkban valóságos forradalom zajlik az építéset, építéstechnológia területén! Az Európai Unió – felismerve, hogy az EU energiafelhasználásának jelentős részéért közvetve vagy közvetlenül az épületek a felelősek – az új épületek esetén célul tűzte ki az energiafelhasználás csökkentését, közel nulla értékre szorítását. Emellett már látható, és a jövőben várhatóan erősödni fog a törekvés a minél alacsonyabb energiafelhasználással gyártható építőanyagok, a környezetbarát építéstechnológiák használatára. A különböző fa könnyűszerkezetes épületek – és köztük kiemelten a fa bordavázis szerkezetek – különösen alkalmasak az egyre szigorodó energetikai és környezetvédelmi előírások betöltésére.

A könnyűszerkezetes épületek jelentősége, részaránya az építőiparon belül dinamikusn növekszik egész Európában. Magyarországon ez a növekedés sokkal kevésbé érzékelhető. Ennek egyik oka, hogy – bár több cég kifejlesztette a saját építéstechnológiáját – hiányoznak a megfelelő, mindenki számára elérhető, magas minőséget, jó eredményeket garantáló megoldások. Ennek a hiánynak a betöltésében igyekszik segíteni ez a kiadványsorozat.

A bordavázis épületek szerkezete viszonylag könnyen alakítható az energetikai kívánalmaknak megfelelően. Az építési katalógus célja, hogy magas színvonalú, egységesített megoldásokat kínáljon különböző hőszigetelésű épületek szerkezeti megoldásaira nézve. Szándékaink szerint ez a katalógus olyan definitív tervezési segédlet lesz, amely későbbiekben az ilyen épületek számára egységes megoldásrendszerként kínál, és egyfajta ipari szokvánnyá, szabvánnyá válhat. Ilyen jellegű segédletek más országokban már elérhetőek, azonban a hazai piacról eddig hiányoztak. Ez a hiánypótló kiadvány reményeink szerint nagyban hozzájárulhat ennek a környezetbarát építési technológiának a minél szélesebb körű elterjedéséhez.

A kiadványban bemutatott épület, a szerkezetek és a csomóponti megoldások tudományos kutató-fejlesztő munka eredményei, a Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Karának egy több éves kutatási projektjének részét képezik. Örömmel bocsátjuk útjára ezt a kiadványt, abban a reményben, hogy kutatási eredményeink ilyen módon közvetlenül, a gyakorlatban is hasznosíthatóvá válnak.

Dr. Bejő László
egyetemi docens
a Környezettudatos energiahatékony épület c. TÁMOP projekt
CO₂ hatékony épület és nyílászárók alprojektjének vezetője

Bevezetés

A könnyűszerkezetes építkezés a mai napig keresi a helyét a magyarországi építőiparon belül. Ki kell mondanunk, hogy Magyarország területén a fa bordavázás építésnek nincsenek meg azok a hagyományai, melyek a szakemberek és a társadalom szemében is teljes elfogadást biztosíthatnának a számára. Néhány meggyőződéssel alapuló példától eltekintve ismeretlenül és előítéletekkel állunk a faházakkal szemben. Be kell vallani, nem is teljesen alaptalanul, hiszen ellenpélda is akad bőven az országban. Sokan a 40-50 évvel ezelőtti balatonparti favázás nyaralókkal, míg mások a 90-es években megjelent, azóta műszakilag minden tekintetben elavult szerkezetekkel azonosítják a faház fogalmát. Pedig ennek az építési módnak sok száz évre visszanyúló hagyományai vannak külföldön, ahol a fejlődés folytonos, és így nem csak egy-egy momentum kiragadásával, hanem folyamatként tekintenek a rendszer fejlődésére. Itthon azonban még a szakemberek sem fogadják szívesen a könnyűszerkezetes épületekkel kapcsolatos feladatokat, hiszen a jól megszokott és ismert, több utánajárást és másféle gondolkodást nem igénylő hagyományos szerkezettel egyszerűbb megoldani ugyanazt a problémát.

Hosszasan lehetne sorolni, hogy milyen előnyei vannak a könnyűszerkezetes rendszereknek a hagyományos „tégla” falazatú megoldásokkal szemben, ugyanilyen hosszú lista készülhetne a másik oldal védelmére is. Ennek a kiadványsorozatnak ugyanakkor nem célja az ilyen jellegű összeméregetés. Ehelyett segítséget kívánunk nyújtani azoknak, akik szeretnék részletesebben megismerni a fa bordavázás, könnyűszerkezetes építési technológia energetikai jellegzetességeit, és számokban szeretnék látni a tényleges teljesítményt.

A kiadványt megelőző kutatási munka során négy különböző energetikai színvonalú épület kerül kialakításra. Ezek falszerkezetei a hagyományos rétegrendek esetében rendre 0,20; 0,17 és 0,12 W/m²K, a bio rétegrend esetében pedig 0,18 W/m²K rétegtervi hőátbocsátási tényezővel rendelkeznek. Az épületekbe öt különböző épületgépészeti rendszert terveztünk, a kondenzációs gázkazántól a napkollektorokkal kiegészített faelgázosító kazános rendszerig. A négyféle épület bemutatására egy négyrészes kiadványsorozatot készítettünk, melyeknek a felépítése teljesen azonos.

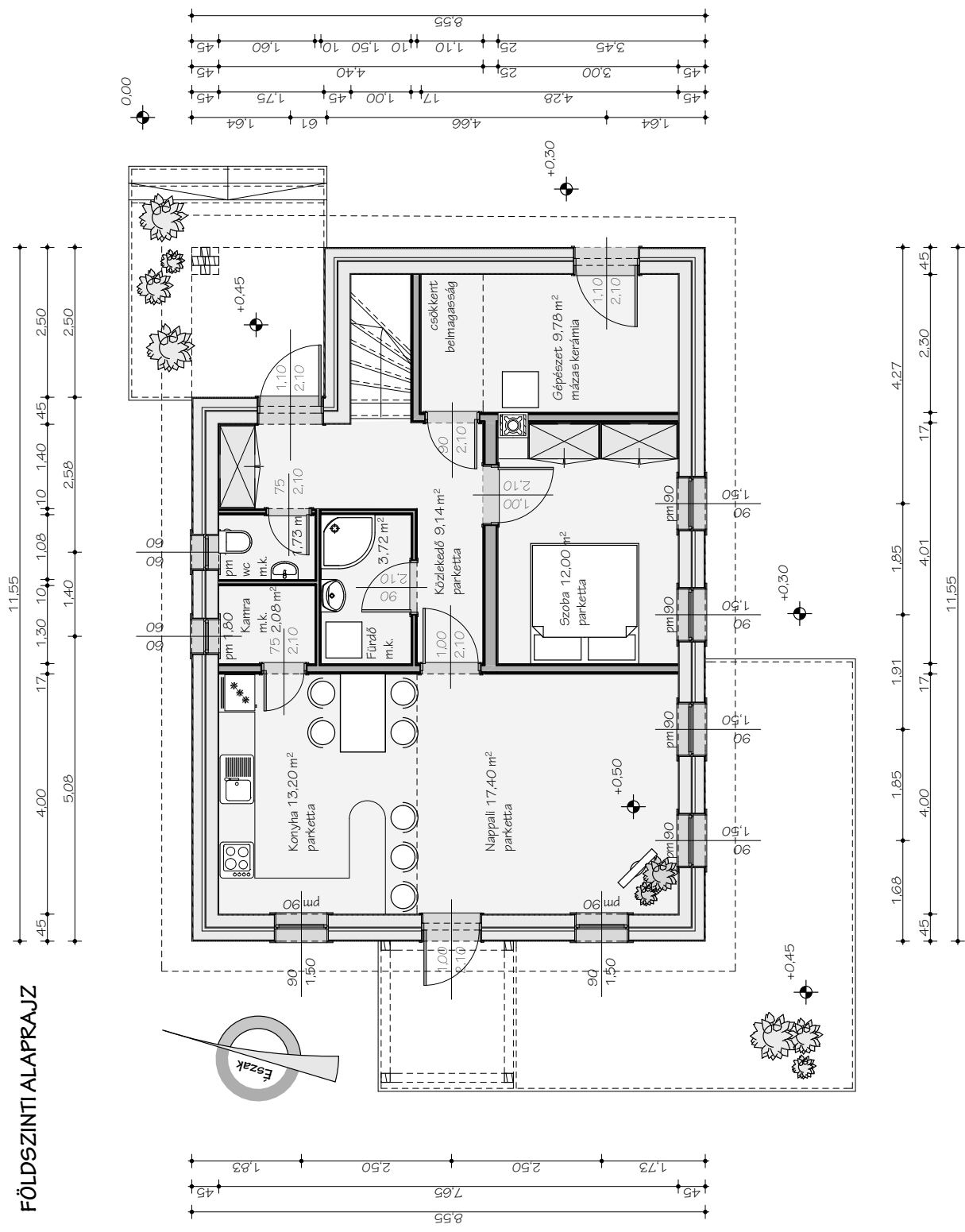
Az épületek energetikai számításait ma Magyarországon szabványok és jogszabályok tartalmazzák, a legfontosabb ezek közül a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról. A rendelet az energetikai számításnak három fő szintjét különíti el: a térelhatároló szerkezetek (rétegrendek) szintjét, a fajlagos hőveszteségtényező (épületszerkezetek) szintjét, végül pedig az összesített energetikai jellemző (gépesített felszerelt épület) szintjét. Az első szinten a rétegrendek U hőátbocsátási tényezőjének meghatározása a feladat, a második szinten az épület egy fűtött köbméterére vonatkoztatott q hőveszteséget kell kiszámítani, míg a harmadik szinten az épület egy hasznos négyzetméterének teljes fűtési szezonra számított E_p energiaszükségletét kell megadni, primer energiában, vagyis földgázban kifejezve.

A kiadványban ennek megfelelő sorrendben haladunk, bemutatjuk az épület egyes térelhatároló szerkezeteit, rétegrendi adatokkal és teljesítménnyel, majd sorra vesszük a csatlakozási pontokat, és ezek vonalmenti hőveszteségeit. A felületi és a vonalmenti hőveszteségekből az épület geometriai méreteinek ismeretében összegezzük a fajlagos hőveszteséget, illetve a fűtési hőszükségletet. Végül felszereljük az épületet az öt különböző épületgépészeti rendszerrel, így lehetőségünk adódik annak a megfigyelésére, hogy az egyes rendszerek milyen teljesítményt képesek ugyanabból az épületből kihozni, ha energiatakarékosságról van szó. Az összehasonlítást a könnyebb érthetőség érdekében grafikonokkal és magyarázatokkal látjuk el.

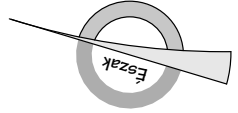
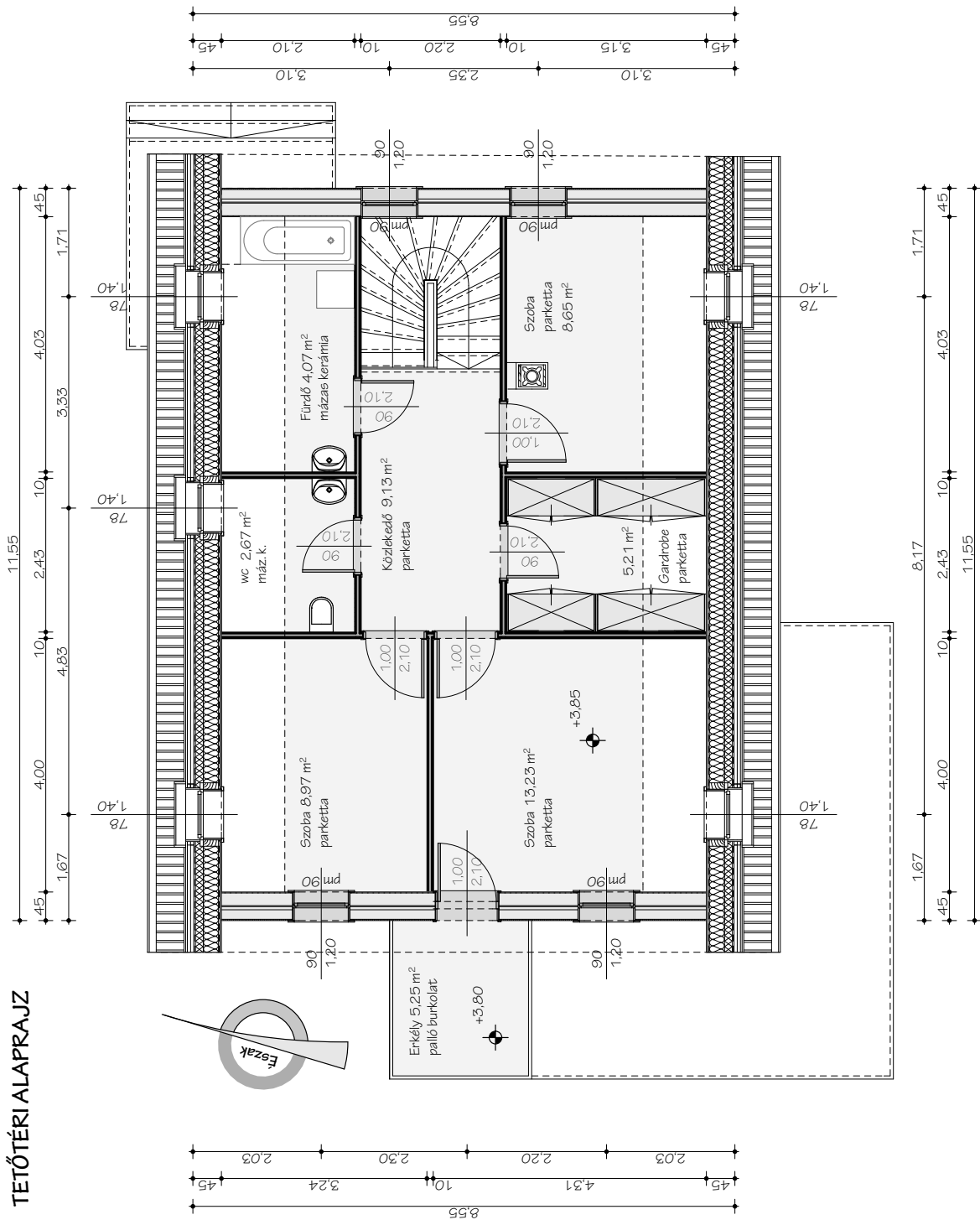
Mivel a bemutatott épület, a szerkezetek és a csomóponti megoldások egyaránt a TÁMOP 4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 program keretén belül, egy kutatás során készültek, így az eredmények részletes tudományos és műszaki számításokon alapulnak. A kutatási jelentésekben elkészült számítások nem képezik szerves részét jelen kiadványnak, itt elsősorban az eredmények közzétételére vállalkoztunk.

Az épület bemutatása és építészeti rajzok
7. oldaltól – 12. oldalig

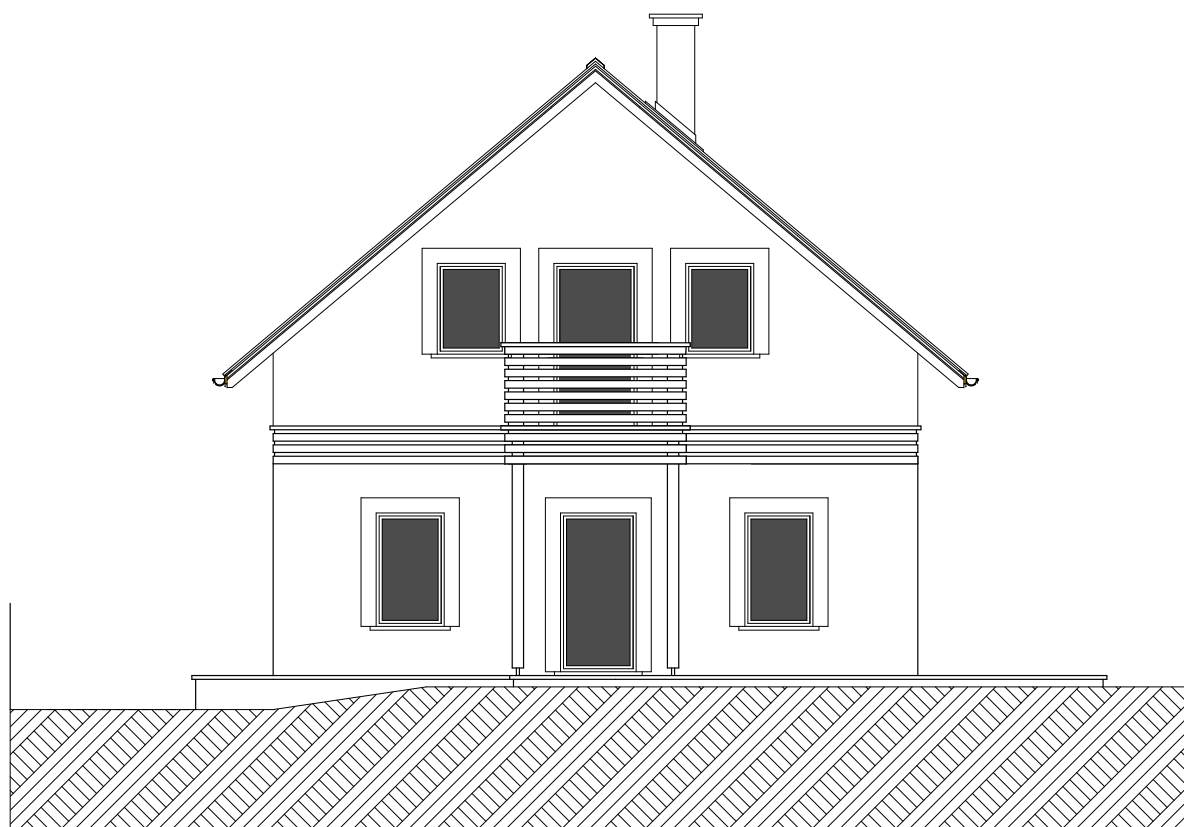
FÖLDSZINTI ALAPRAJZ



TETŐTÉRI ALAPRAJZ



NYUGATI HOMLOKZAT



+9.20

+8.60

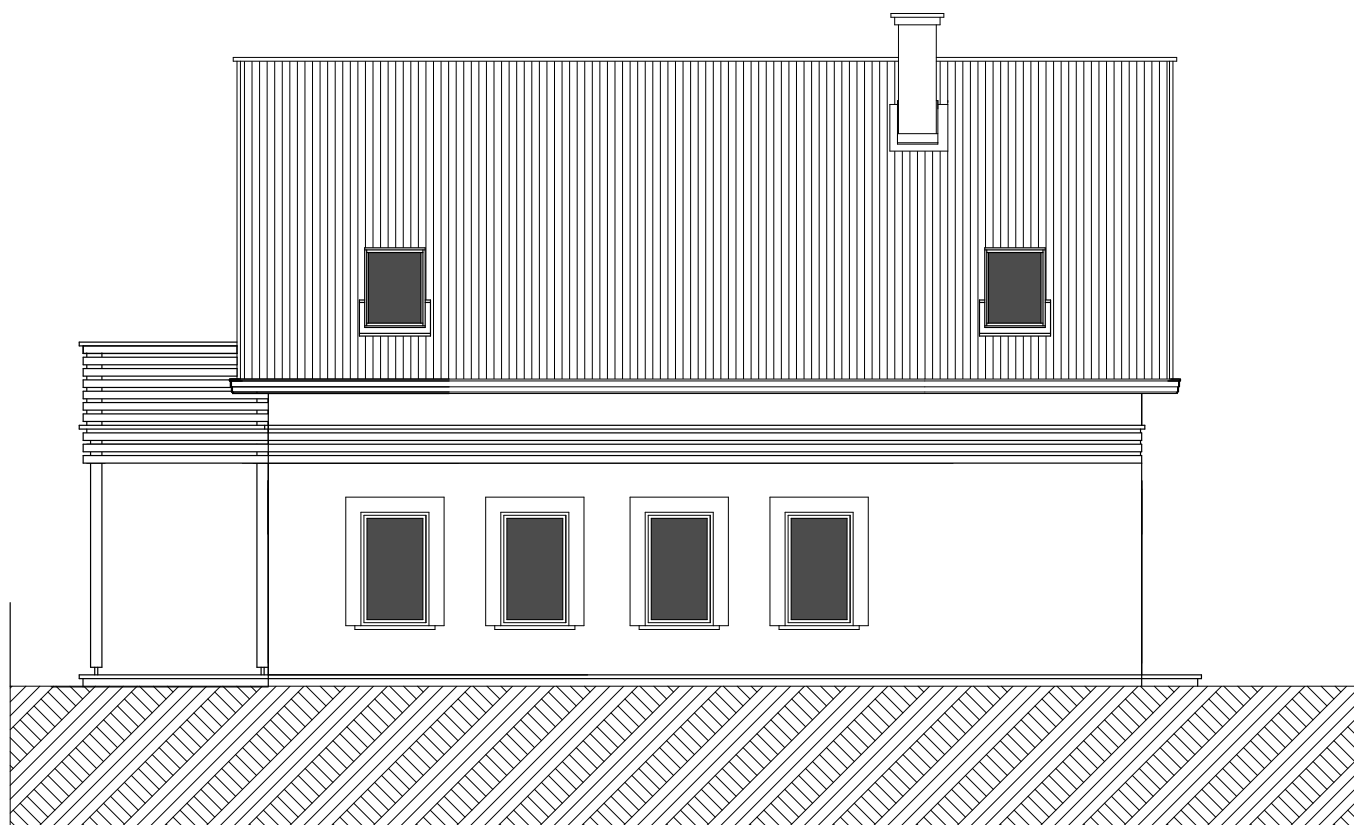
+4.45

+3.75

+0.45

±0.00

DÉLI HOMLOKZAT



+9.20

+8.60

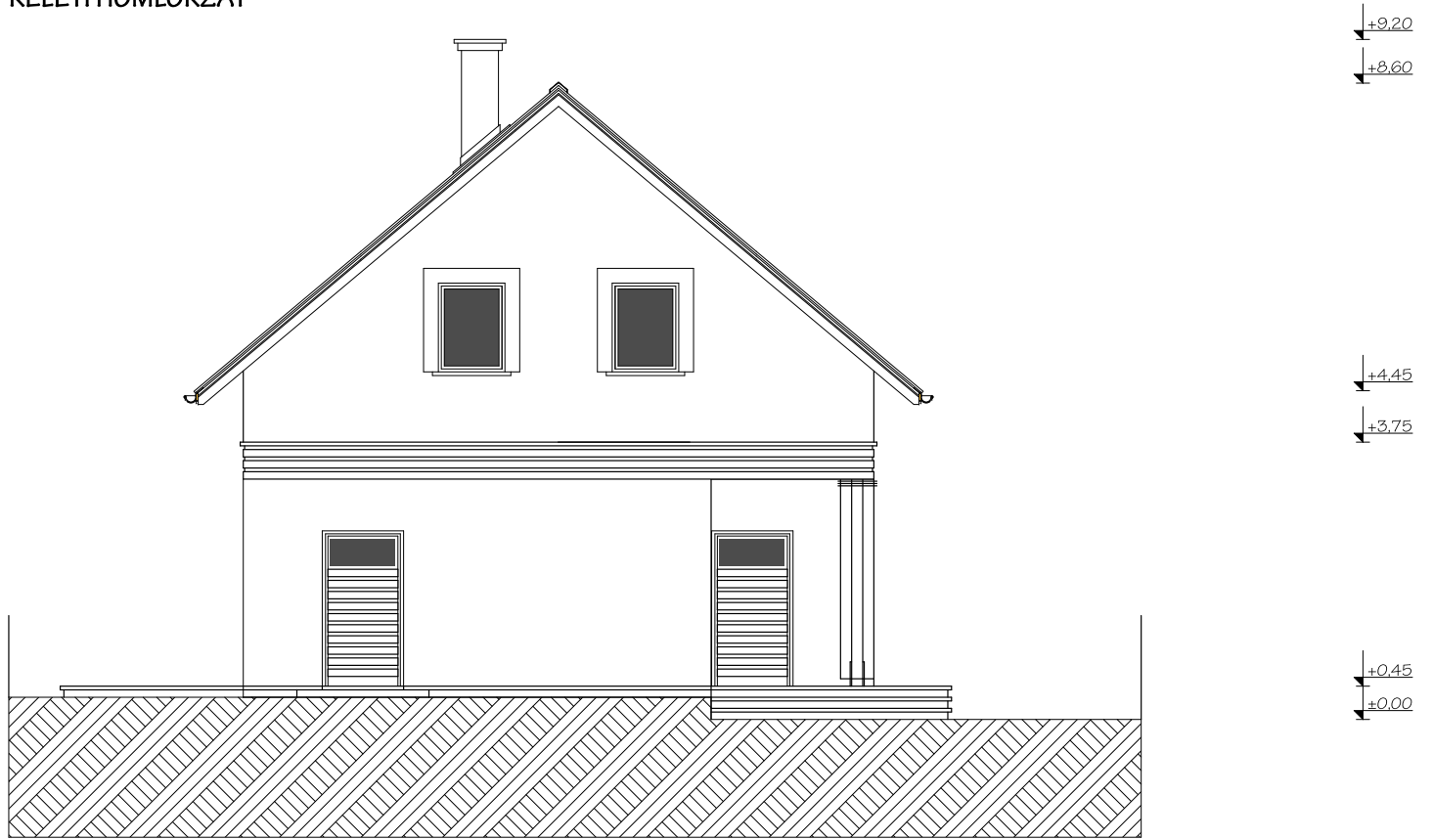
+4.45

+3.75

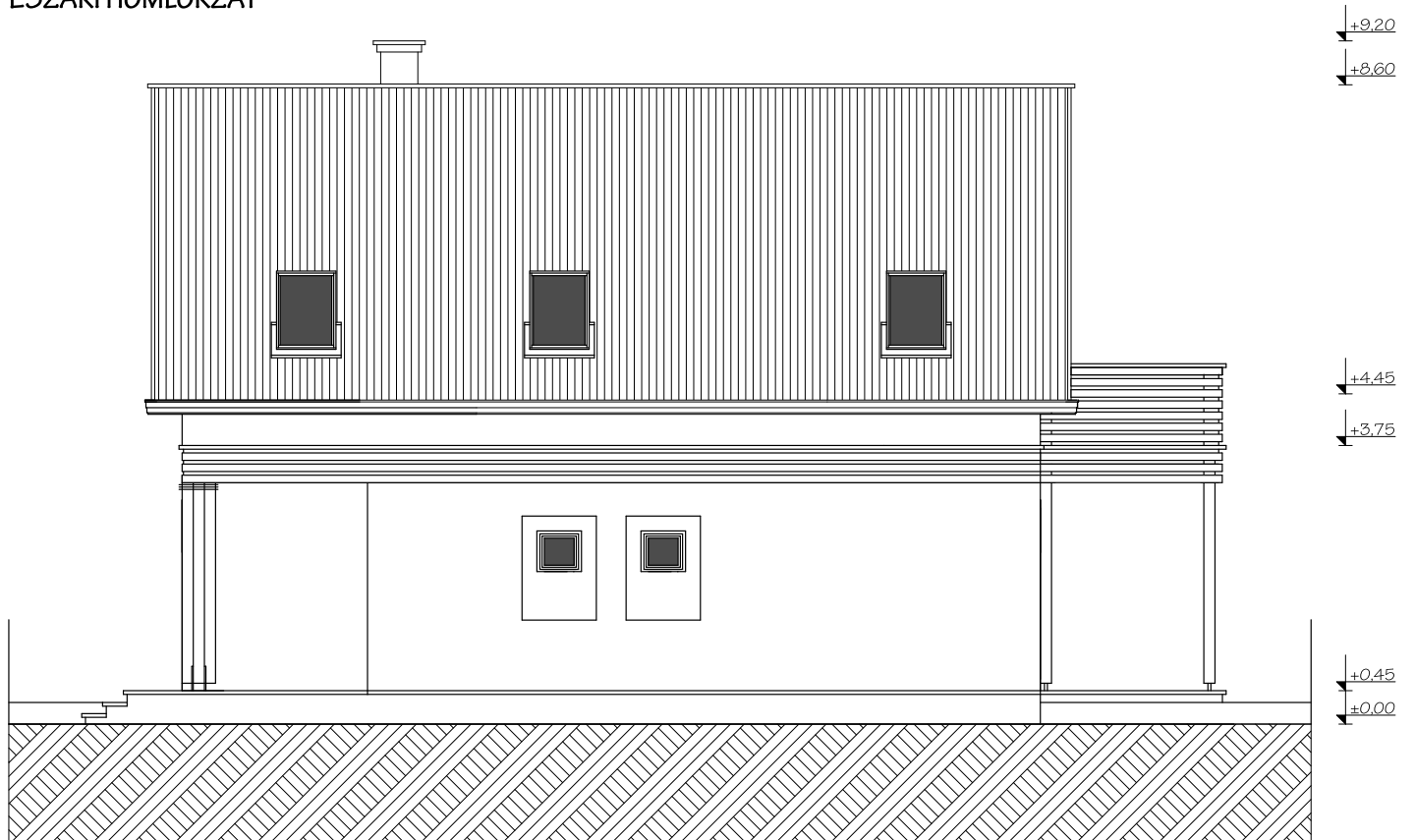
+0.45

±0.00

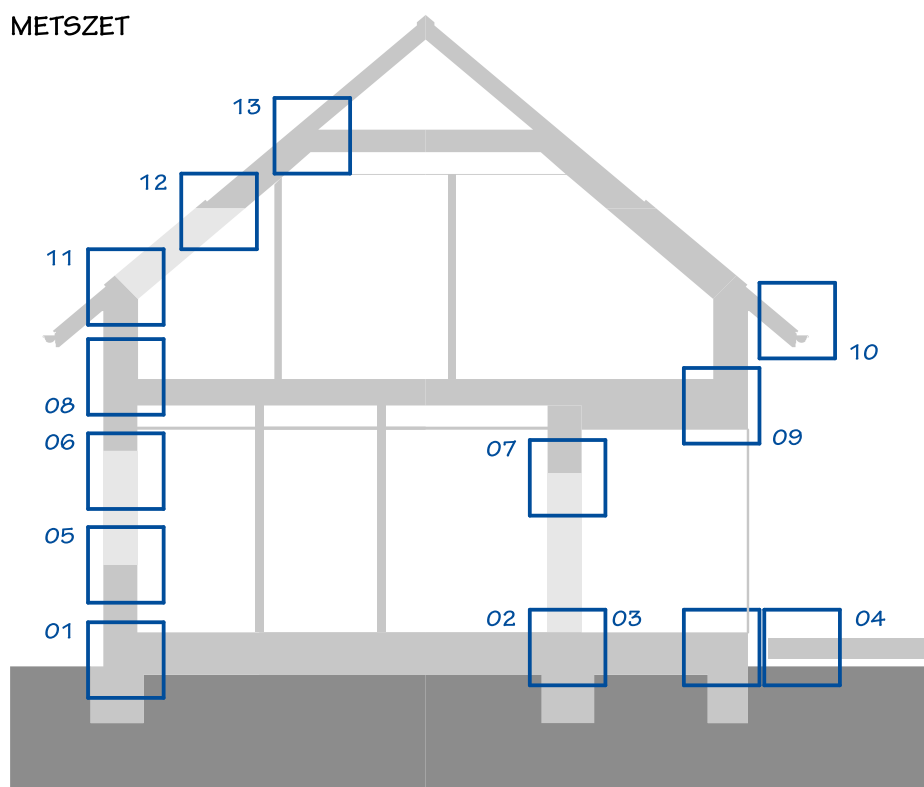
KELETI HOMLOKZAT



ÉSZAKI HOMLOKZAT



METSZET



Szerkezeti ismertetés

A fal és egyéb térelhatároló szerkezetek tervezésekor a legfontosabb szempont a költséghatékonyság elérése volt, a hőszigetelési szempontok optimalizálásával. A falak tartószerkezete 16 cm vastag pallóváz, tömören kitöltve ásványgyapot szigeteléssel. Az üzemben előregyártott nagypanelos bordaváz kívülről 15 mm gipszrost lemezzel és 8 cm polisztirol homlokzati hőszigeteléssel, míg belső oldalon csak a 15 mm gipszrost lemezzel van borítva. A belső oldalon a gipszrost lemez alatt párazáró fólia kerül beépítésre, ügyelve arra, hogy az egyes csomópontokban a fólia folytonosságát biztosítani lehessen. Ehhez a fóliát túllógatva, a túllógó részeket a panelek oldalára hajtva és ideiglenesen rögzítve kell a helyszínre szállítani, majd a szereléskor ezeket összeragasztani, vagy tömítő szalaggal folytonossá tenni.

Belső falak esetében a hangszigetelés az elsődleges szempont, ami kétoldalról gipszrosttal borított, ásványgyappal kitöltött fa bordaváz szerkezettel biztosítható. A bordák szelvénymérete és kiosztása rendszerint a tartó funkcióknak is megfelelnek, így nem különböztetünk meg belső tartó- illetve válaszfalakat.

Ha a szerkezet hőszigetelő képessége az elsődleges szempontok között szerepel, ügyelnünk kell arra, hogy a fűtött teret határoló hőszigetelő burok a lehetőségekhez képest folytonos, és egyenletes teljesítményű legyen. Talajon fekvő padló és pincefödém esetében is figyelembe vehetjük, hogy a lefelé történő hőáramlás nem lesz intenzív, és a lábazat 6 cm vastag polisztirol anyagú fagyálló hőszigetelését is számításba vehetjük, így a padlóba elegendő 6 cm lépésálló hőszigetelést beépíteni.

A köztés födémnek nincs hőtechnikai feladata, a hangszigetelés a födémgerendák közé beépített ásványgyapot szigeteléssel, valamint az úsztatott kivitelben bedolgozott aljzatbetonnal biztosítható. Az aljzatbeton javítja a tetőtér hőtároló viszonyait is, tömege a fafödémekre jellemző káros lengéseket is kiküszöböli, bár emiatt a födémgerendákat túlmérettel kell tervezni. A födém élei mentén gondoskodnunk kell arról, hogy a hangszigetelő céllal beépített vékony szigetelés a teljes födémvastagságot kitöltse, hiszen ennek hiányában jelentősen megnövekedne a födém élének hőhíd-hatása.

Zárófödémként a tetőszerkezet fogópárjai, illetve földszintes épület esetében a rácsostartó alsó öve használandó. A fogópárok illetve a rácsostartók teljes magasságát 15 cm vastag ásványgyappal kitöltve, alsó oldalon párnafák közé helyezendő további 5 cm ásványgyapot szigeteléssel elérhető a falakkal azonos teljesítményű hőszigeteltség. A födém alsó burkolata 15 mm gipszkarton, mögötte a párazáró fóliát folytonossá kell ragasztani.

A tetősíkok kialakítása a zárófödémhez hasonló, hiszen a teljes szarufa magasság 15 cm ásványgyapot szigeteléssel van kitöltve, amire a belső oldalon 5 cm-es lécváz közé beépített ásványgyapot szigetelés, folytonosra ragasztott párazáró fólia, és 15 mm-es gipszkarton borítás készül. A külső oldalt 24 mm-es deszkaterítéssel kell borítani, amire hagyományos rétegrend szerint alátétfóliát, ellenléctet, cserépléctet és cserepet tehetünk héjazatnak. A fűtetlen padlástér felett felesleges a hőszigetelés beépítése, így ezeken csak a deszkaterítés készül.

A teraszok esetében különös körülményekkel kell eljárni, hiszen jelentős hőhidak alakulnak ki ezen csomópontokban. A fogadósínttel közös betonlemez csak kisebb teraszoknál, pl. bejárati ajtó előtt ajánlott. Ilyen esetben a hőhídmentesítés érdekében a kültéri lemezt is szigetelni kell, teljes felső és oldalsó felületein. Tanácsosabb azonban a hőtechnikailag elválasztott terasz építése. Az eltérő mozgásokat el lehet kerülni közös sávalap alkalmazásával, de a két lábazat közé akkora dilatációt kell tervezni, amibe elfér a hőszigetelő burok részét képező fagyálló polisztirol szigetelés. A kétféle szerkezetre egyaránt igaz, hogy a falszerkezet alsó gerendáját meg kell védeni a homlokzaton lefolyó, illetve a teraszon összegyűlő víztől. Erre a célra egyedi bádogos szerkezetek készítése javasolt.

Erkélyek kialakítása során a legjobb megoldás a lábakon álló, önálló tartószerkezettel rendelkező rendszer, ami szerkezetét tekintve inkább terasznak nevezendő. Konzolos erkély építése faanyagvédelmi szempontból nem tanácsos, bár nem megoldhatatlan. A kültérre kinyúló födémgerendák felső felületét lejtőre kell gyalulni, majd bádoggal védett fedődeszkával kell ellátni. A bádogozás fölé lambéria borítást kell készíteni, majd vízszigetelő lemezzel borítani. A vízszigetelő lemez az erkély élei mentén legyen cseppentő lemezzel futtatva. A vízszigetelés fölé a párnafázás úgy készüljön, hogy kompenzálja a konzolos gerendák lejtését, magassága pedig az erkélyajtó kényelmes használatát lehetővé teszi. Az erkély és a fal síkja közé semmilyen módon nem juthat víz, ezt a szigetelés illetve bádogozás átgondolt kialakításával kell biztosítani.

Árkádfödémek ritkán fordulnak elő családi házak szerkezeteiben. Kialakításuk során annyiban kell kiegészíteni a köztés födémeket, hogy a gerendák közötti tereket teljes vastagságban ki kell tölteni ásványgyapot szigeteléssel. 20 cm-es gerendamagasság esetében a külső oldalon már további hőszigetelésre nincs szükség, az aljzatbeton alatti 4 cm-es szigeteléssel együtt ez a rétegrend már eléri a ház többi térelhatároló szerkezetének megfelelő teljesítményt. Nagyon fontos követelmény a párazáró fólia folytonossága, így az árkádfödémeket minden esetben a

köztes födémtől elválasztva kell gyártani, hogy a két födémelem közötti toldási hézagban a földszinti fal párazáró fóliája felvezethető legyen az árkádfödém felső síkjára, ahol összeragasztható az aljzatbeton alatti technológiai fóliával.

A nyílászárók esetében a jelenleg elterjedt, $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ U értékű, kétrétegű üvegezéssel ellátott rendszer beépítése megfelelő, mert ezek teljesítménye optimálisan működik együtt a falszerkezettel. A nyílászárók beépítése során a legfontosabb kérdés a tömítés. A nyílászárók körül kialakított beépítési hézagot előtömörített szigetelő szivaccsal érdemes kitömni, amit a külső oldalon vízzáró kittel, a belső oldalon pedig a párazáró fólia folytonos rávezetésével kell lezárni. A homlokzati hőszigetelést az ablakok kerete elé futtatva jelentősen csökkenthető az elkerülhetetlen hőhíd hatás. A homlokzati hőszigetelést a nyílászárók felett vízcseppentős profillal érdemes kiegészíteni, ami a hőhídhátás csökkentése érdekében műanyag legyen.

A tetősíkba beépített nyílászárók esetében szintén $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ U értékű, kétrétegű üvegezéssel ellátott szerkezetek javasoltak. A tetőablak gyártók kivétel nélkül csomagolnak beépítési útmutatót a termékeik mellé, melyek csomóponti rajzokat is tartalmaznak. Az ablakok csak akkor biztosítják az összes elvárt funkciót, ha a beépítés a gyártó előírásai szerint történik. Meg kell azonban jegyezni, hogy a tetősíklablakok a hőszigetelő kereteik nélkül rendkívül hőhidasak, csak olyan ablaktípust érdemes betervezni, melyekhez rendelhető a tok külső hőszigetelését fokozó kiegészítő keret, különben a páralecsapódás és a penészesedés elkerülhetetlenül bekövetkezik.

Rétegredek

Az U értéknek is nevezett mennyiség megmutatja, hogy a szerkezet 1 m^2 felületén mekkora hőveszteség lép fel 1 °C kétoldali hőmérséklet-különbség hatására. A tervezés első szakaszában az egyes épületek külső térelhatároló szerkezeteit kell meghatározni. Az egyes falszerkezetekből felépítettük ugyanazt a mintaépületet négy különböző hőszigetelési teljesítménnyel. A falakon kívül további térelhatároló szerkezetek rétegrendjét állítottuk össze, a hőszigetelési teljesítményt igyekeztük a fal teljesítményéhez hangolni.

A rétegredek U hőátbocsátási tényezőjének meghatározása mellett elengedhetetlen adat a páratechnikai viselkedést leíró páraesés-diagram. A réteges szerkezetek felületi és szerkezeten belüli páratechnikai viselkedését az MSZ EN ISO 13788 szabvány számítási módszereivel lehet modellezni. Az eredményeket a pára nyomás-esési diagramban lehet ábrázolni. A pára nyomás-esési diagram mutatja meg, hogy a szerkezeten belüli hőmérséklet-csökkenés hatására képes-e kialakulni olyan állapot, mely – jellemzően a külső rétegekben – páralecsapódáshoz, és ebből kifolyólag állagromlási problémákhoz vezet, vagy ez a káros jelenség elkerülhető. A páratechnikai viselkedést a rétegredeket felépítő anyagok páraáteresztési tulajdonságainak ismeretében ellenőriztük.

A pára nyomás-esési diagramokat az inhomogén rétegredek esetében külön a bordákon és külön a bordaközökben is elkészítettük, kétszeresen inhomogén rétegredek esetében pedig a négyféle rétegrekombinációnak megfelelően négy diagram készült. A tervezett rétegredek mindegyike megfelelt a szabvány előírásainak, a diagramokat a kiadvány terjedelmi korlátai miatt nem közöljük.

1. táblázat Rétegredek U értékei az egyes épületekben

Rétegrend megnevezése	Épület hőszigetelési színvonalára illetve elnevezésére			
	0,20	0,18 Bio	0,17	0,12
	U érték [W/m ² K]			
Fal	0,20	0,18	0,17	0,12
Padló	0,27	0,27	0,23	0,10
Padlásfödém	0,22	0,20	0,18	0,10
Tető	0,23	0,20	0,19	0,10
Árkádfödém	0,20	0,17	0,17	0,12
Nyílászárók	1,25	1,25	0,70	0,70

2. táblázat Padló rétegendje

U= 0,10 [W/m²·K]		
Rétegend	d [cm]	λ [w/m·K]
Padlóburkolat	1,6	0,30
Aljzatbeton (ρ = 1800 kg/m ³)	6	1,65
Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 réteg	0,01	0,12
Lépésálló polisztirol szigetelés (ρ = 25 kg/m ³)	6	0,04
Bitumenes szigetelő lemez (ρ = 1000 kg/m ³)	0,5	0,40
Vasbeton (ρ = 2400 kg/m ³)	15	2,00
Kavicságy	20	0,35
Termett talaj		
Lábazati polisztirol szigetelés (ρ = 30 kg/m ³)	5	0,04
Vastagság	29,1	
Hőszigetelő képesség (MSZ EN ISO 6946 szerint)		
R _{si} belső hőátadási ellenállás	0,170 [m ² ·K/W]	
R _{se} külső hőátadási ellenállás	0,000 [m ² ·K/W]	
R hővezetési ellenállás	3,649 [m ² ·K/W]	
U hőátbocsátási tényező súlyozott értéke	0,27 [W/m²·K]	

3. táblázat Falak rétegendje

U= 0,12 [W/m²·K]		
Rétegend	d [cm]	λ [w/m·K]
Gipszrost lap (ρ = 900 kg/m ³)	1,5	0,30
OSB3 lap (ρ = 500 kg/m ³ , S _d = 3,5)	1,5	0,16
Párazáró fólia (S _d = 108)	0,01	0,20
Fenyő bordaváz (ρ = 350 kg/m ³)	16	0,13
Ásványgyapot hőszigetelés (ρ = 35 kg/m ³)	16	0,04
Gipszrost lap (ρ = 1150 kg/m ³)	1,5	0,30
Homlokzati polisztirol szigetelés (ρ = 20 kg/m ³)	8	0,04
Falvastagság	28,5	
Hőszigetelő képesség (MSZ EN ISO 6946 szerint)		
R _{si} belső hőátadási ellenállás	0,130 [m ² ·K/W]	
R _{se} külső hőátadási ellenállás	0,040 [m ² ·K/W]	
R hővezetési ellenállás	5,530 [m ² ·K/W]	
U hőátbocsátási tényező súlyozott értéke	0,20 [W/m²·K]	

4. táblázat Zárófödém rétegrendje

U = 0,10 [W/m²·K]		
Rétegrend	d [cm]	λ [w/m·K]
Gipszkarton lemez (ρ = 900 kg/m ³)	1,5	0,30
Párazáró fólia (S _d = 108)	0,01	0,20
Szerelő lécváz (fenyő, ρ = 350 kg/m ³), közöttte	5	0,13
Ásványgyapot hőszigetelés (ρ = 35 kg/m ³)	5	0,04
Fogópár (fenyő, ρ = 350 kg/m ³), közöttte	15	0,13
Ásványgyapot hőszigetelés (ρ = 35 kg/m ³)	15	0,04
Födémvastagság	21,5	
Hőszigetelő képesség (MSZ EN ISO 6946 szerint)		
R _{si} belső hőátadási ellenállás	0,110 [m ² ·K/W]	
R _{se} külső hőátadási ellenállás	0,040 [m ² ·K/W]	
R hővezetési ellenállás	4,343 [m ² ·K/W]	
U hőátbocsátási tényező súlyozott értéke	0,22 [W/m²·K]	

5. táblázat Árkádfödém rétegrendje

U= 0,12 [W/m²·K]		
Rétegrend	d [cm]	λ [w/m·K]
Padlóburkolat (ρ = ~1000 kg/m ³)	1,6	0,30
Aljzatbeton (ρ = 1800 kg/m ³)	5	1,65
Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 rtg.	0,01	0,12
Lépésálló polisztirol szigetelés (ρ = 25 kg/m ³)	4,00	0,04
OSB3 lap (ρ = 500 kg/m ³ , S _d = 3,5)	1,80	0,16
Födémgerendázat (fenyő, ρ = 350 kg/m ³), közöttte	20	0,13
Ásványgyapot hőszigetelés (ρ = 35 kg/m ³)	20	0,04
Gipszrost lap (ρ = 1150 kg/m ³)	1,5	0,30
Födémvastagság	32,3	
Hőszigetelő képesség (MSZ EN ISO 6946 szerint)		
R _{si} belső hőátadási ellenállás	0,170 [m ² ·K/W]	
R _{se} külső hőátadási ellenállás	0,040 [m ² ·K/W]	
R hővezetési ellenállás	5,285 [m ² ·K/W]	
U hőátbocsátási tényező súlyozott értéke	0,20 [W/m²·K]	

6. táblázat Tető rétegrendje

U = 0,10 [W/m²·K]		
Rétegrend	d [cm]	λ [w/m·K]
Gipszkarton lemez (ρ = 900 kg/m ³)	1,5	0,30
Párazáró fólia (S _d = 108)	0,01	0,20
Szerelő lécváz (fenyő, ρ = 350 kg/m ³), közötté	5	0,13
Ásványgyapot hőszigetelés (ρ = 35 kg/m ³)	5	0,04
Szaruzat (fenyő, ρ = 350 kg/m ³), közötté	15	0,13
Ásványgyapot hőszigetelés (ρ = 35 kg/m ³)	15	0,04
Héjazati alátét farostlemez (ρ = 250 kg/m ³)	2,4	0,13
Páraáteresztő fólia, ellenléc, tetőléc, cserépfedés		
Tetővastagság	23,9	
Hőszigetelő képesség (MSZ EN ISO 6946 szerint)		
R _{si} belső hőátadási ellenállás	0,110 [m ² ·K/W]	
R _{se} külső hőátadási ellenállás	0,040 [m ² ·K/W]	
R hővezetési ellenállás	4,539 [m ² ·K/W]	
U hőátbocsátási tényező súlyozott értéke	0,23 [W/m²·K]	

Vonalmenti hőhidak

Az épület hőveszteségeinek számítása során az U felületi hőátbocsátási tényezők nem képesek figyelembe venni a csatlakozó élek mentén kialakuló hőhidak hatását. A ψ_1 [W/mK] belső oldali vonalmenti hőhídveszteségi tényezők segítségével azonban a hőveszteségek pontosan kiszámíthatók. Az energetikai számításokhoz használatos 7/2006 (V.24.) TNM rendelet szerinti ún. egyszerűsített módszer rendkívül magas többletértékekkel számol; az ún. részletes módszer pedig csak tényleges hőhídveszteségi tényezők figyelembe vételét engedi meg – így ezek meghatározása a kutatásban elvégzendő feladatok részét képezte.

A hőhídveszteségi tényezők meghatározásához előzetesen meg kell rajzolni az egyes csomópontok síkmetézetét (csomóponti rajz). A modellek geometriai méretének meghatározásához, valamint a peremfeltételek felvételéhez az MSZ EN ISO 10211 – Hőhidak az épületszerkezetekben – Hőáramok és felületi hőmérsékletek számítása, valamint az MSZ EN 13788 – Épületszerkezetek hő- és nedvességtechnikai viselkedése című szabványok adnak iránymutatást. A peremfeltételi hőmérséklethez a szabvány által meghatározott adatokat az OMSZ (Országos Meteorológiai Szolgálat) honlapján vezetett adatbázisból vettük át. A belső hőmérséklet függ a helyiség funkciójától. A számításokhoz 20 °C-os hőmérsékletet vettünk fel, amit a mennyezet esetén 21 °C-ra módosítottunk. A számításokat végelem szoftver segítségével végeztük.

Számítások kiértékelése – hőtechnika

A számítás az MSZ EN 10211-1:1995 Hőhidak a szerkezetekben – Hőáramok és felületi hőmérsékletek számítása – szabvány szerint történik.

Vízszintes metszeti csomópontokon:

$$\psi_e = L^{2D} - U_1 \times l_1 - U_2 \times l_2$$

ahol,

L^{2D} – a végeelemes-modellzés eredményeként kapott vonalmenti hőveszteség-tényező [W/mK]

U – a rétegtervi számításokban kapott súlyozott rétegtervi hőátbocsátási tényező, üvegezett szerkezeteknél az üvegezésre megadott hőátbocsátás [W/m²K]

l – az adott hőátbocsátású réteg becsatlakozási hossza a számításhoz felépített modellben [m]

Függőleges metszeti csomópontokon:

$$\psi_e = \left(0.15 \cdot L_{\text{Borda}}^{2D} + 0.85 \cdot L_{\text{Bordaköz}}^{2D} \right) - U_1 \times I_1 - U_2 \times I_2$$

ahol,

L^{2D} *borda/bordaköz* – a végeelemes-modellezés eredményeként kapott vonalmenti hőveszteség-tényező, 15:85 arányban súlyozva a fa tartóbordán és a hőszigetelésen keresztül felvett metszetek eredményeit [W/mK]

A számítás eredményeit úgy tudjuk felhasználni, hogy a belső felületméretekkel számított felületi hőveszteségekhez hozzáadjuk a vonalmenti hőveszteségek értékét, ami a vonalmenti hőveszteség-tényező és a folyóméterben kifejezett hosszúság szorzata.

Számítások kiértékelése – páratechnika

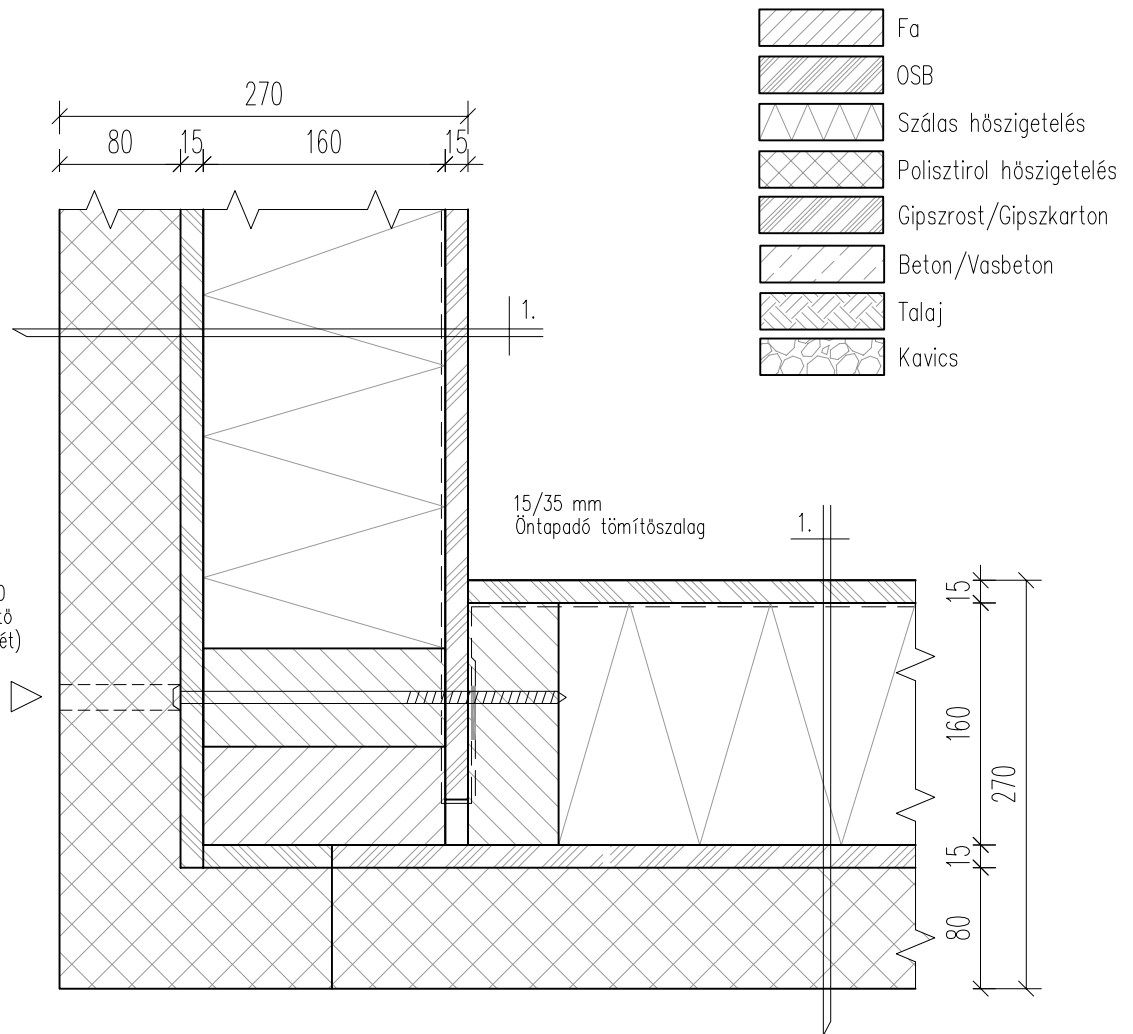
A $\varphi_{si}=0,8$ -as, illetve $\varphi_{si}=1,0$ -ás felületi relatív páratartalom adott belső léghőmérsékleten adott relatív páratartalom mellett tud kialakulni. A φ_{80} illetve a φ_{100} értékek azt a relatív nedvességtartalmat mutatják meg, amelyek $\Theta_i=20^\circ\text{C}$ beltéri léghőmérséklet mellett huzamosabb ideig fennállva felületi penészesedés, ideiglenesen fennállva pedig felületi páralecsapódás kialakulásához vezethetnek kedvezőtlen külső légállapotok mellett.

A penészesedés kialakulásához huzamosabb ideig fennálló $\varphi_{si}=0,8$ -as felületi relatív páratartalom szükséges. Az ellenőrzést az MSZ EN 13788-as szabvány iránymutatásai szerint $\Theta_e=-2^\circ\text{C}$ külső hőmérséklet esetére kell vizsgálni.

A felületi páralecsapódás $\varphi_{si}=1,0$ -ás értéket jelent. Ezt kis hőtehetetlenségű szerkezet vizsgálatok az éves legalacsonyabb napi középhőmérséklettel, vagyis -9°C -kal kell számítani (forrás: OMSZ). A szabvány a nyílászárók mellett egyéb kis hőtehetetlenségű szerkezetekre is ezt a peremfeltételt írja elő, így minden esetben ezt alkalmaztuk.

Az eredmények tájékoztató adatként szolgálnak az egyes szerkezeti hőhidak megítélésére. A magasabb számérték azt jelenti, hogy az adott hőhíd magasabb belső páratartalom esetén sem okoz tényleges problémát (penészesedést vagy páralecsapódást).

Csomóponti rajzok
19. oldaltól – 37. oldalig



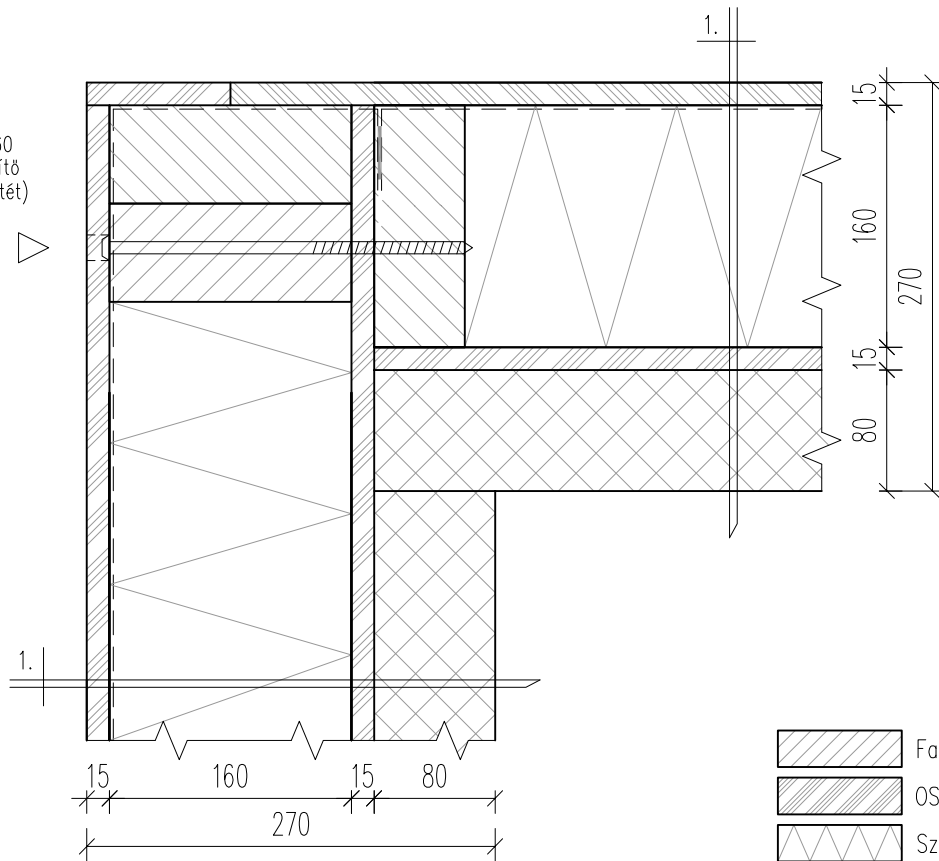
1. Külső falszerkezet, $U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
 - Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 - Gipszrost-lemez 15 mm
 - Párazáró fólia 1 rtg.
 - KVH bordaváz 60/160 mm, közötté
 - Ásványgyapot szigetelés 160 mm
 - Gipszrost-lemez 15 mm
 - Polisztirol hőszigetelő tábla 80 mm
 - Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm



Külső falak 90°-os sarokkapcsolata
$U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet
Vízszintes metszet (M 1:5)
Hantos Zoltán

Ψ_i	0,038	W/mK
f_{Rsi}	0,895	-
φ_{80}	0,70	-
φ_{100}	0,83	-

4 db $\varnothing 8 \times 260$
(szerkezetépítő
facsavar+alátét)



	Fa
	OSB
	Szálás hőszigetelés
	Polisztirol hőszigetelés
	Gipszrost/Gipszkarton
	Beton/Vasbeton
	Talaj
	Kavics

1. Külső falszerkezet, $U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Párázáró fólia 1 rtg.
 KVH bordaváz 60/160 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 160 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Polisztirol hőszigetelő tábla 80 mm
 Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm



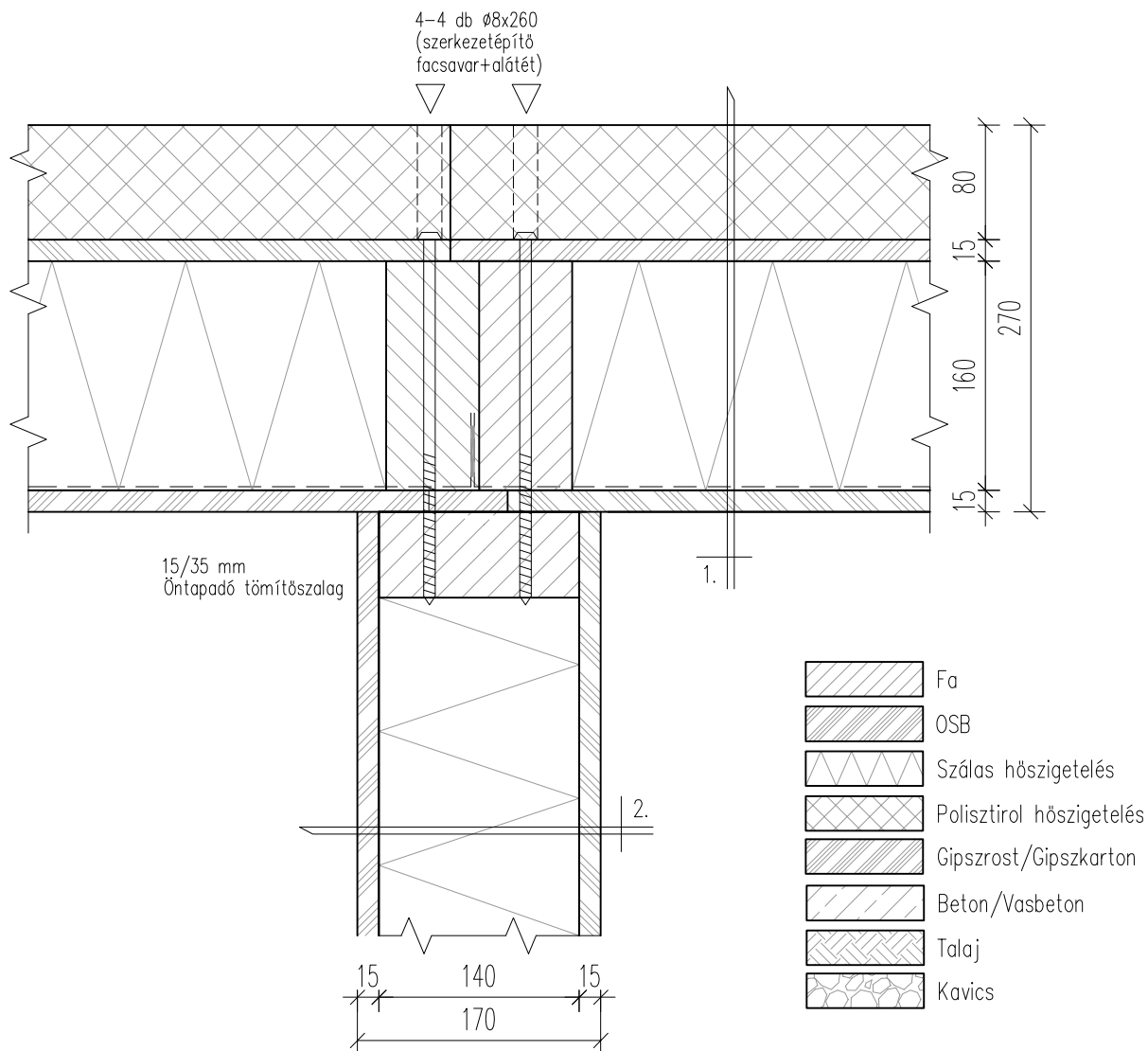
Külső falak 270°-os sarokkapcsolata

$U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet

Vízszintes metszet (M 1:5)

Hantos Zoltán

Ψ_i	-0,068	W/mK
f_{Rsi}	0,964	-
φ_{80}	0,76	-
φ_{100}	0,93	-



1. Külső falszerkezet, $U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$

Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
Gipszes glettsimítás 0,3 mm
Gipszrost-lemez 15 mm
Párazáró fólia 1 rtg.
KVH bordaváz 60/160 mm, közötté
Ásványgyapot szigetelés 160 mm
Gipszrost-lemez 15 mm
Polisztirol hőszigetelő tábla 80 mm
Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

2. Belső falszerkezet

Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
Gipszes glettsimítás 0,3 mm
Gipszrost-lemez 15 mm
KVH bordaváz 60/140 mm, közötté
Ásványgyapot szigetelés 140 mm
Gipszrost-lemez 15 mm
Gipszes glettsimítás 0,3 mm
Diszperziós beltéri festés 2 rtg.



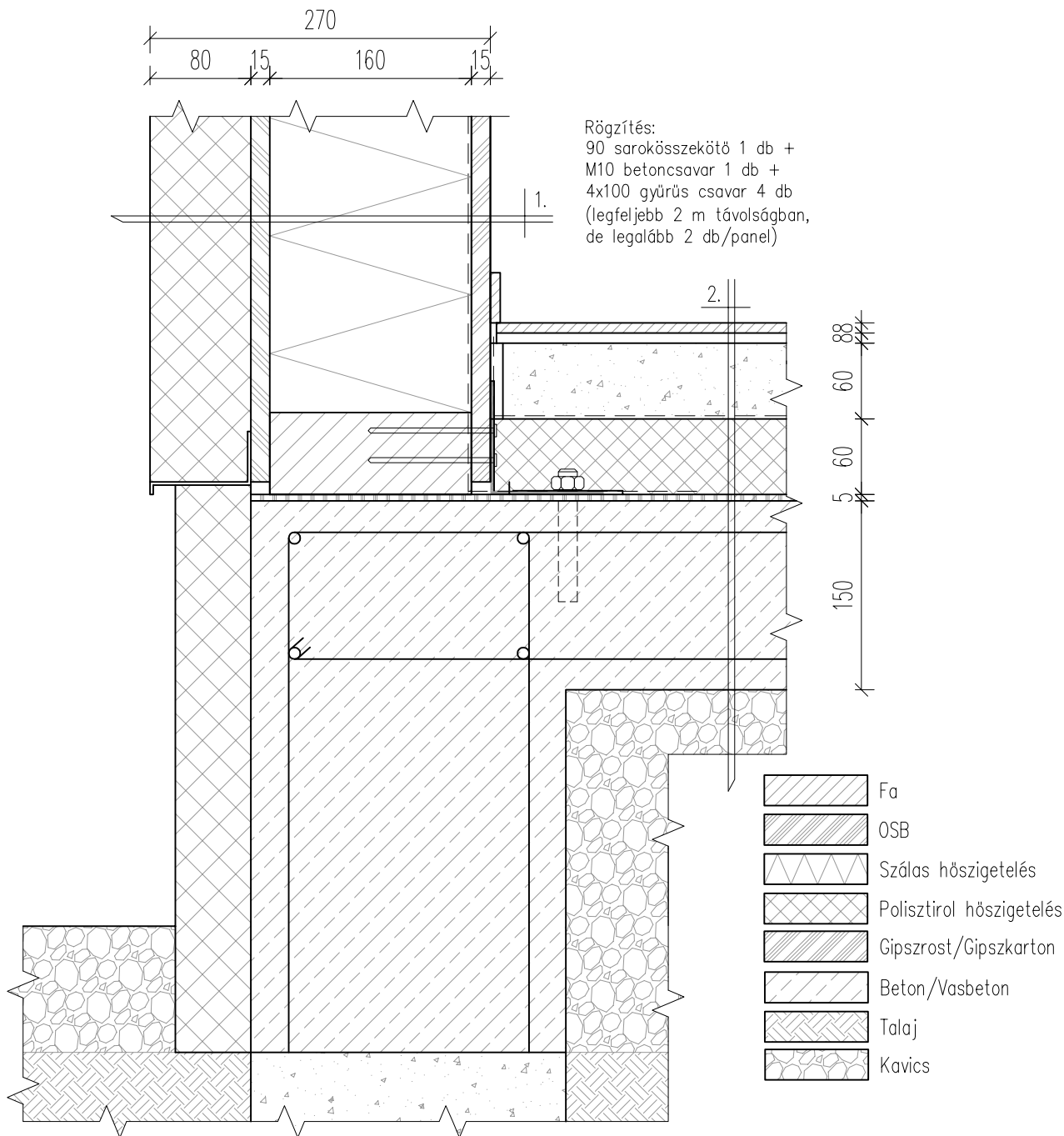
Külső falak és belső teherhordó falak T-kapcsolata

$U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet

Vízszintes metszet (M 1:5)

Hantos Zoltán

Ψ_i	-0,010	W/mK
f_{Rsi}	0,955	-
φ_{80}	0,75	-
φ_{100}	0,91	-



1. Külső falszerkezet, $U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$

Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 KVH bordaváz 60/160 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 160 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Polisztirol hőszigetelő tábla 80 mm
 Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

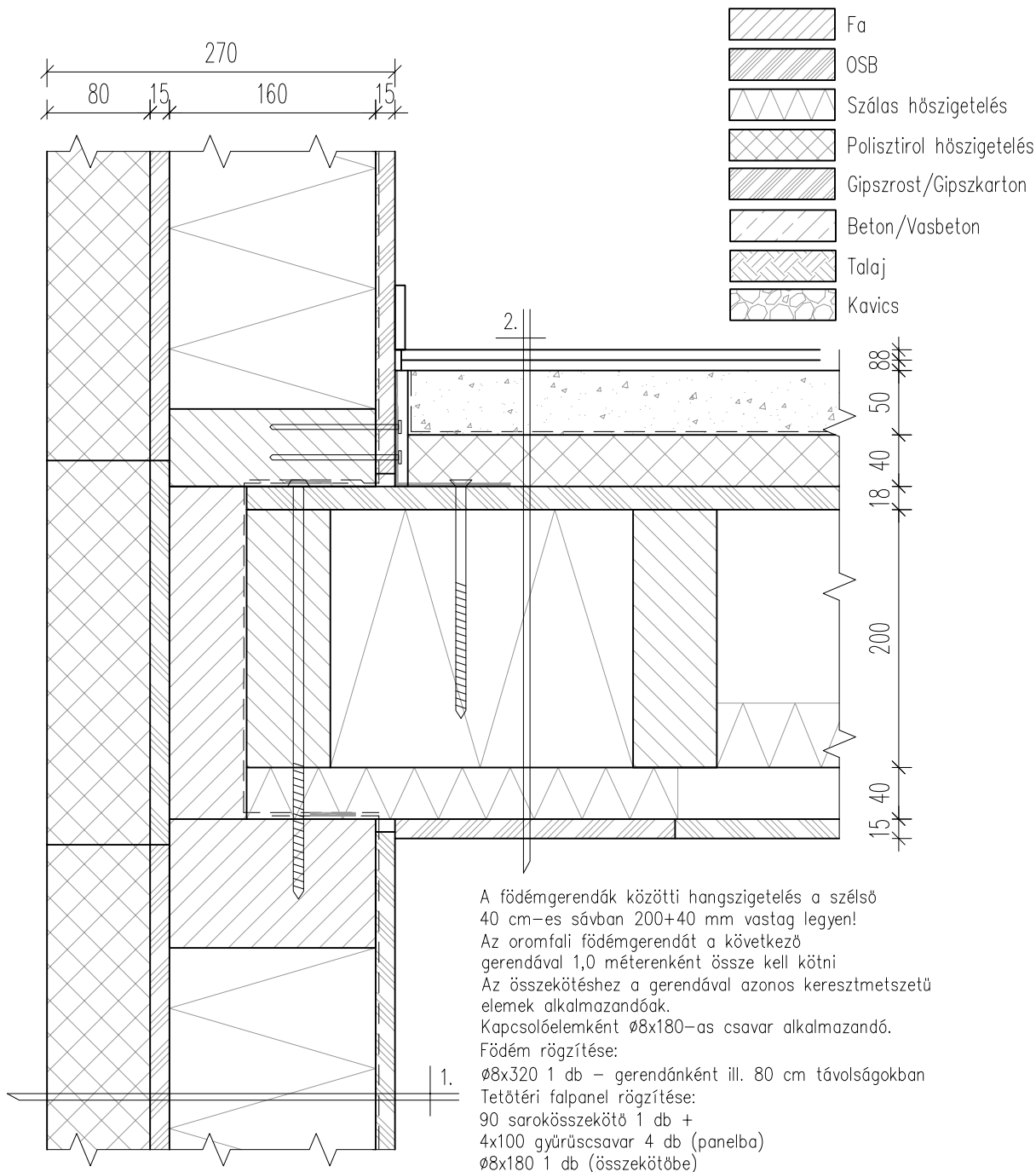
2. Talajon fekvő padló, $U=0.27 \text{ W/m}^2\text{K}$

Padlóburkolat
 Aljzatbeton 6 cm
 Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 rtg.
 Lépésálló hőszigetelés 6 cm
 Bitumenes vízszigetelés 2 rtg.
 Vasszerelt betonlemez 15 cm (C20~C25)
 Kavicságy 20 cm
 Termett talaj



Külső fal és lábazat kapcsolata
$U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet
Függőleges metszet (M 1:5)
Hantos Zoltán

Ψ_i	0,023	W/mK
f_{Rsi}	0,850	-
φ_{80}	0,66	-
φ_{100}	0,76	-



A födémgerendák közötti hangszigetelés a szélső 40 cm-es sávban 200+40 mm vastag legyen!
 Az oromfali födémgerendát a következő gerendával 1,0 méterenként össze kell kötni
 Az összekötéshez a gerendával azonos keresztmetszetű elemek alkalmazandók.
 Kapcsolóelemként $\varnothing 8 \times 180$ -as csavar alkalmazandó.
 Födém rögzítése:
 $\varnothing 8 \times 320$ 1 db – gerendánként ill. 80 cm távolságokban
 Tetőtéri falpanel rögzítése:
 90 sarokösszekötő 1 db +
 4x100 gyűrűcsavar 4 db (panelba)
 $\varnothing 8 \times 180$ 1 db (összekötőbe)

1. Külső falszerkezet, $U=0.20$ W/m²K

- Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
- Gipszes glettsimítás 0,3 mm
- Gipszrost-lemez 15 mm
- Párazáró fólia 1 rtg.
- KVH bordaváz 60/160 mm, közötté
- Ásványgyapot szigetelés 160 mm
- Gipszrost-lemez 15 mm
- Polisztirol hőszigetelő tábla 80 mm
- Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

2. Köztes födém (beépített tetőtérhez)

- Padlóburkolat
- Esztrichréteg 50 mm
- Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 rtg.
- Lépésálló hőszigetelés 40 mm
- OSB 18 mm
- Födémgerendázat 60/200, közötté
- Ásványgyapot szigetelés 240 ill. 50 mm
- Gyalult lécváz 50/40 mm
- Gipszkarton-lemez 15 mm
- Gipszes glettsimítás 0,3 mm
- Diszperziós beltéri festés 2 rtg.



Külső fal és köztes födém kapcsolata	
$U=0.20$ W/m ² K falszerkezet	
Függőleges metszet (M 1:5)	
Hantos Zoltán	

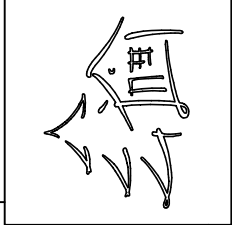
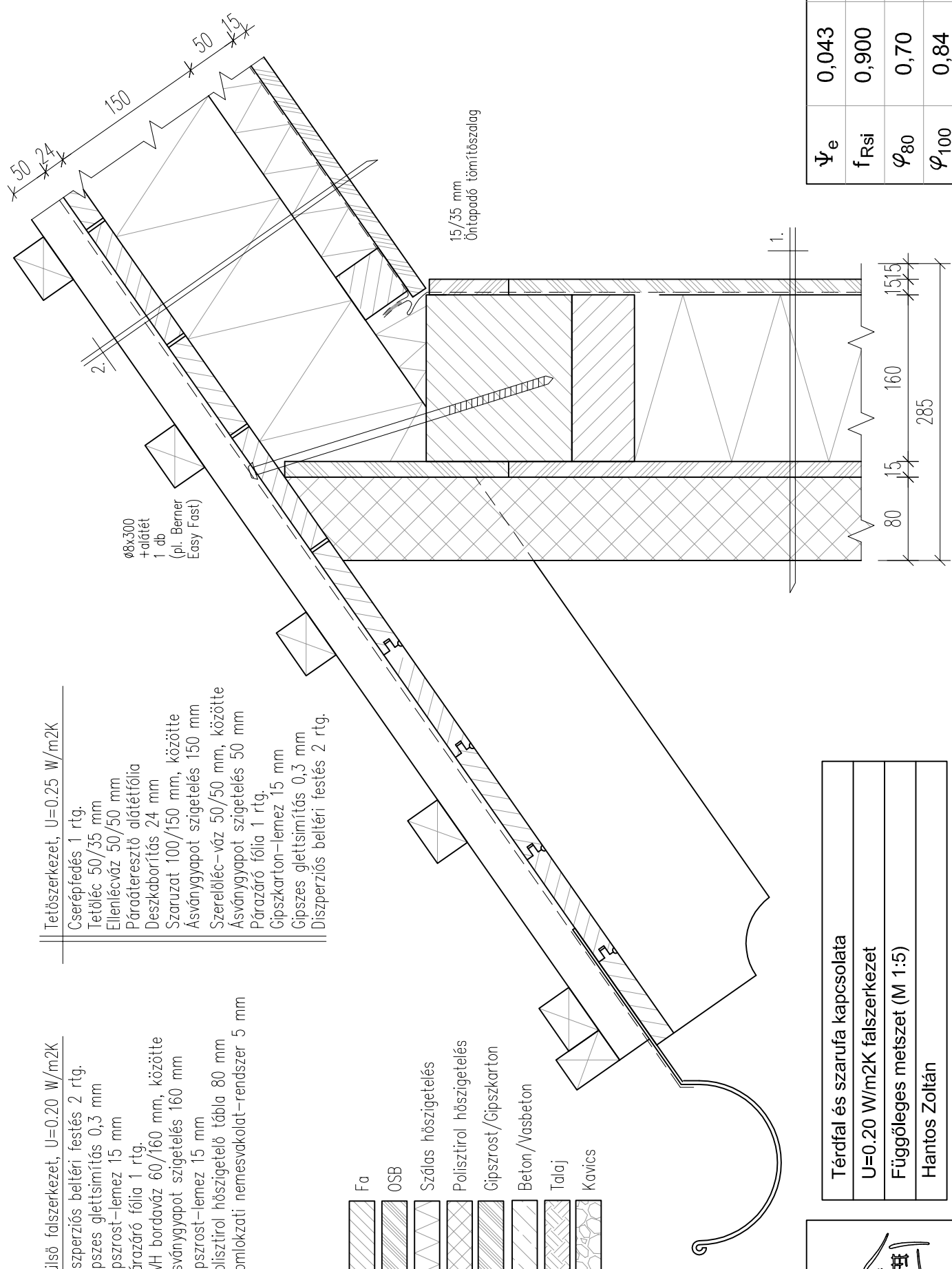
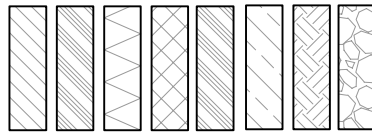
Ψ_e	0,001	W/mK
f_{Rsi}	0,950	-
φ_{80}	0,74	-
φ_{100}	0,91	-

1. Külső falszerkezet, $U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$

Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 KVH bordaváz 60/160 mm, közöttte
 Ásványgyapot szigetelés 160 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Polisztirol hőszigetelő tábla 80 mm
 Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

Tetőszerkezet, $U=0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$

Cserépfedés 1 rtg.
 Tetőléc 50/35 mm
 Ellenlécváz 50/50 mm
 Páraáteresztő alátétfólia
 Deszkaborítás 24 mm
 Szaruzat 100/150 mm, közöttte
 Ásványgyapot szigetelés 150 mm
 Szerelőléc-váz 50/50 mm, közöttte
 Ásványgyapot szigetelés 50 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 Gipszkarton-lemez 15 mm
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Diszperziós beltéri festés 2 rtg.



Térfal és szarufa kapcsolata
$U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet
Függőleges metszet (M 1:5)
Hantos Zoltán

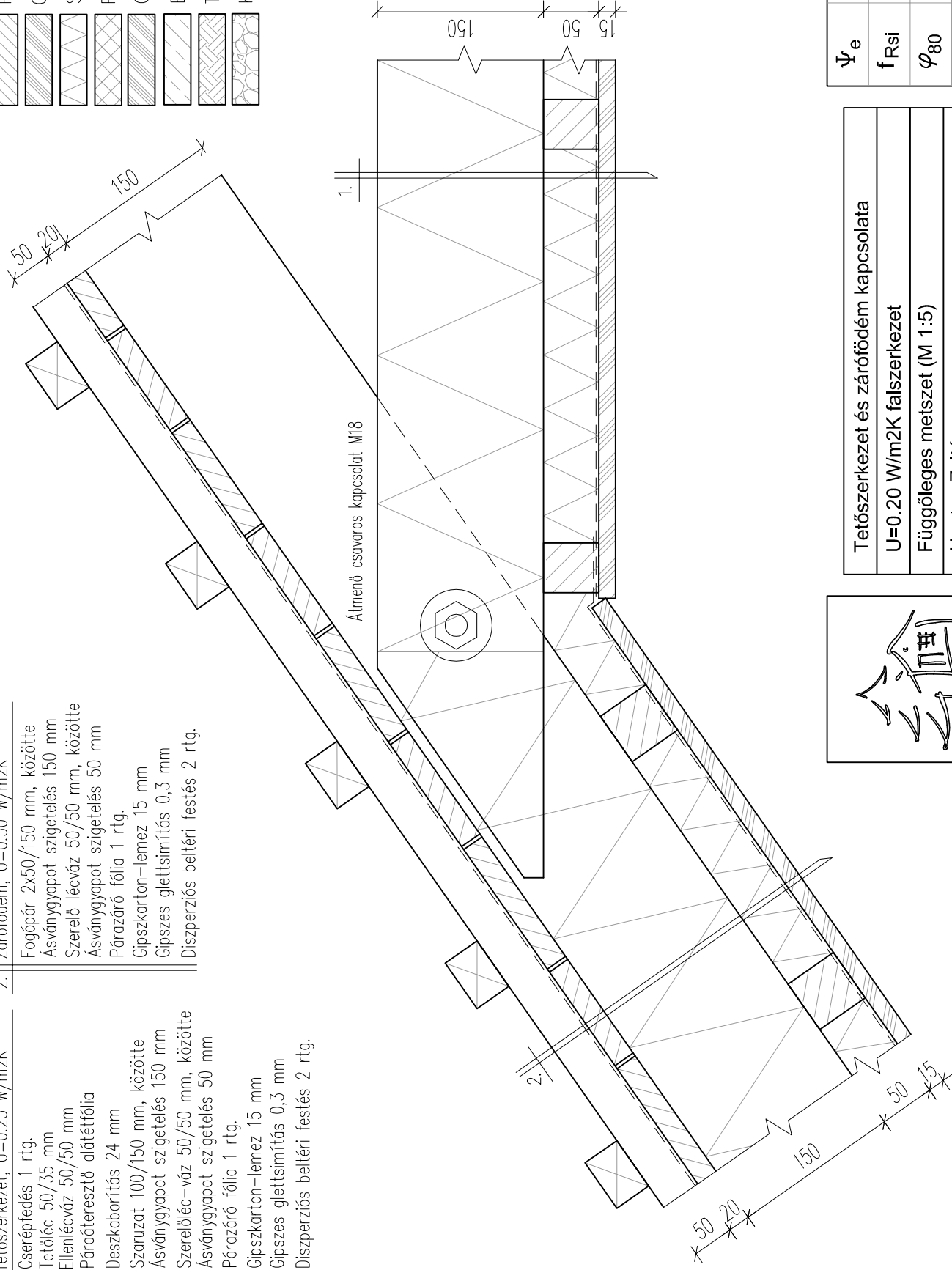
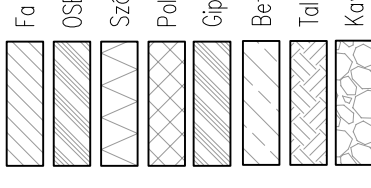
Ψ_e	0,043	W/mK
f_{Rsi}	0,900	-
φ_{80}	0,70	-
φ_{100}	0,84	-

1. Tetőszerkezet, $U=0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$

Cserépfedés 1 rtg.
 Tetőléc 50/35 mm
 Ellenlécváz 50/50 mm
 Páraáteresztő alátétfólia
 Deszkaborítás 24 mm
 Szaruzat 100/150 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 150 mm
 Szerelőléc-váz 50/50 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 50 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 Gipszkarton-lemez 15 mm
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Diszperziós beltéri festés 2 rtg.

2. Zárófödém, $U=0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$

Fogópár 2x50/150 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 150 mm
 Szerelő lécváz 50/50 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 50 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 Gipszkarton-lemez 15 mm
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Diszperziós beltéri festés 2 rtg.



Tetőszerkezet és zárófödém kapcsolata

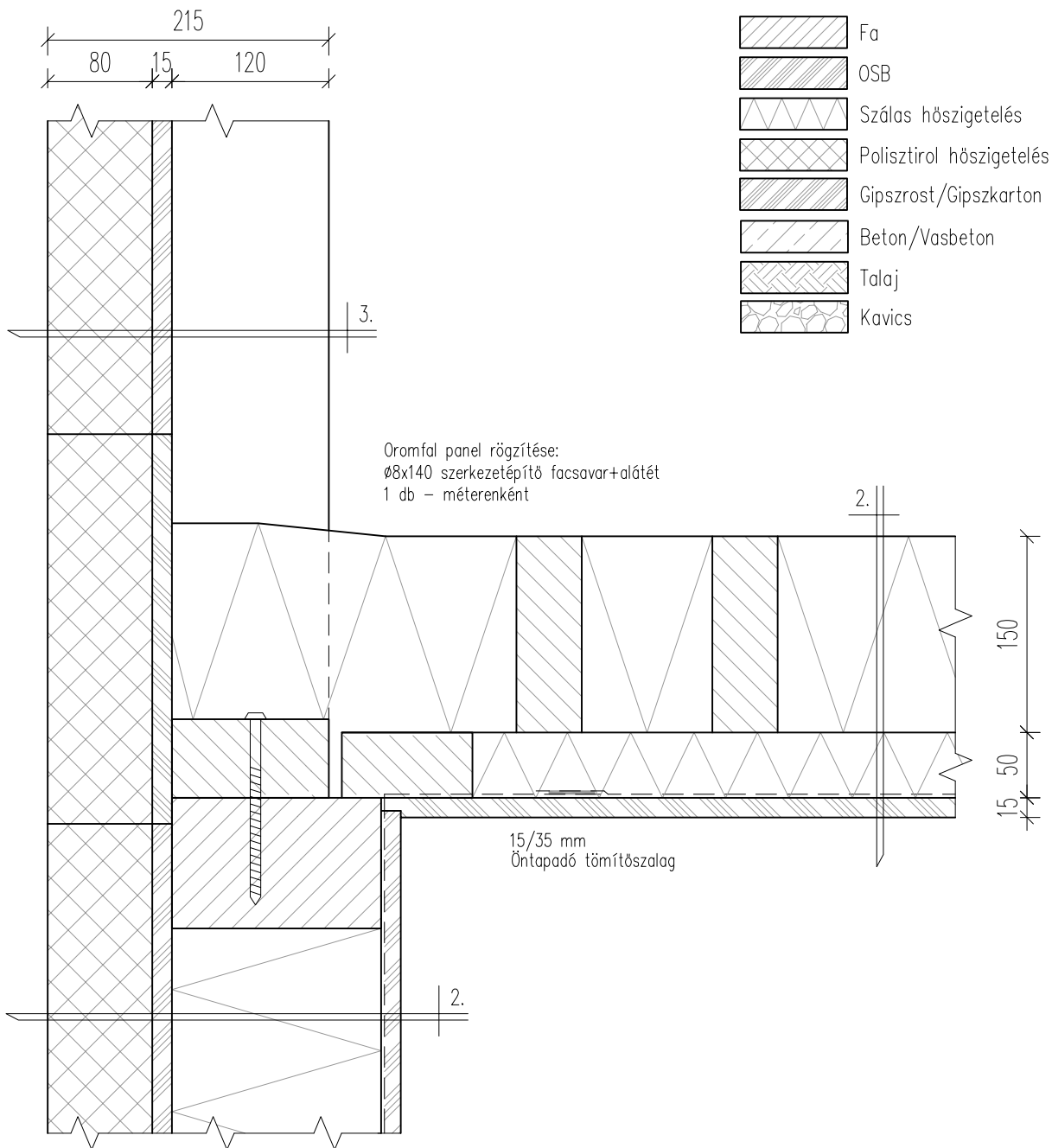
$U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet

Függőleges metszet (M 1:5)

Hantos Zoltán



Ψ_e	-0,010	W/mK
f_{Rsi}	0,909	-
φ_{80}	0,71	-
φ_{100}	0,85	-



1. Külső falszerkezet, $U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$

Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 KVH bordaváz 60/160 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 160 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Polisztirol hőszigetelő tábla 80 mm
 Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

2. Zárófödém, $U=0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$

Fogópár 2x50/150 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 150 mm
 Szerelő lécváz 50/50 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 50 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 Gipszkarton-lemez 15 mm
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Diszperziós beltéri festés 2 rtg.

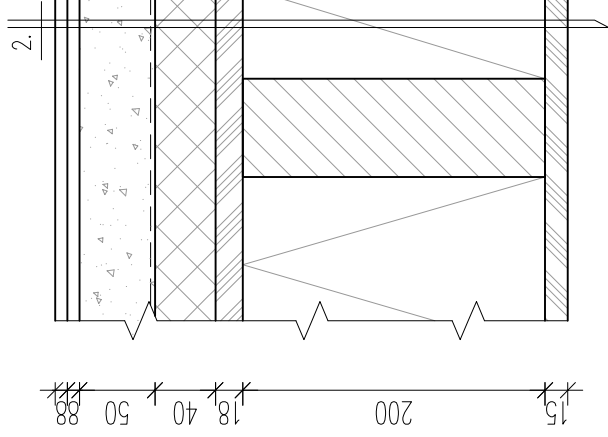
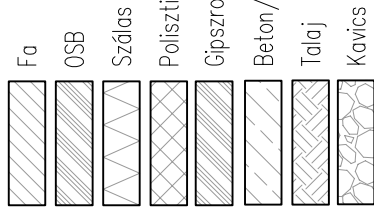
3. Oromfal

KVH bordaváz 60/120 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Polisztirol hőszigetelő tábla 80 mm
 Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm



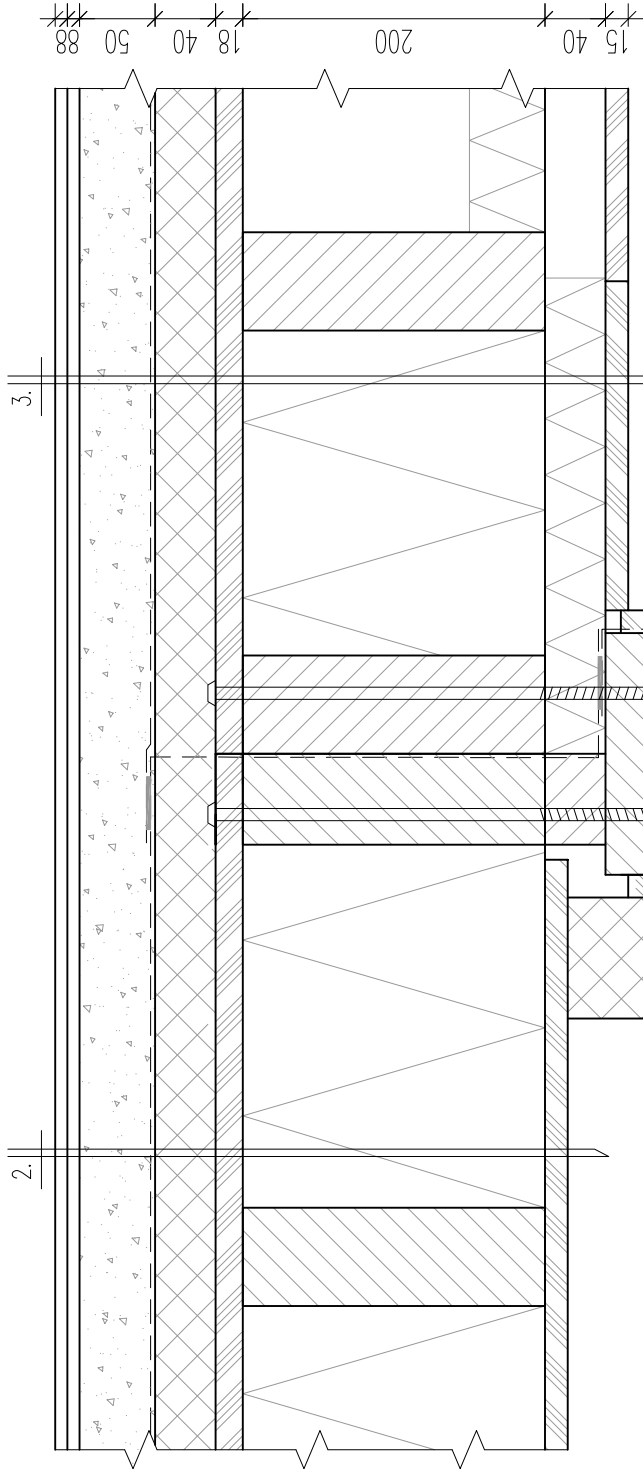
Külső fal és köztes földem kapcsolata
$U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet
Függőleges metszet (M 1:5)
Hantos Zoltán

Ψ_e	0,008	W/mK
f_{Rsi}	0,914	-
φ_{80}	0,71	-
φ_{100}	0,86	-

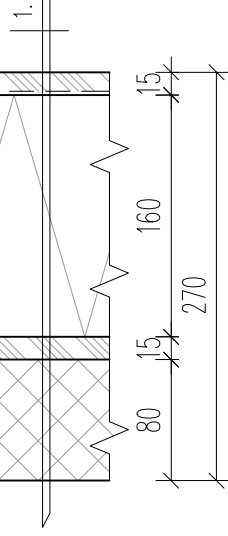


1. Külső falszerkezet, $U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 KWH bordaváz 60/160 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 160 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Polisztirol hőszigetelő tábla 120 mm
 Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

2. Árkádfödém, $U=0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Padlóburkolat
 Esztrichréteg 50 mm
 Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 rtg.
 Lépcsődíló hőszigetelés 40 mm
 OSB 18 mm
 Födémgerendázat 60/200, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 200 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm



3. Köztes födém (beépített tetőtérhez)
 Padlóburkolat
 Esztrichréteg 50 mm
 Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 rtg.
 Lépcsődíló hőszigetelés 40 mm
 OSB 18 mm
 Födémgerendázat 60/200, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 240 ill. 50 mm
 Gyaltult lécváz 50/40 mm
 Gipszkarton-lemez 15 mm
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Diszperziós beltéri festés 2 rtg.



A födémgerendák közötti hangszigetelés a szélső 40 cm-es sávban 200+40 mm vastag legyen!
 A felfekvő födémgerendát a következő gerendával 1,0 méterenként össze kell kötni
 Az összekötéshez a gerendával azonos keresztmetszetű elemek alkalmazandóak.
 Kapcsolóelemként $\varnothing 8 \times 180$ -as csavar alkalmazandó.
 Födém rögzítése:
 $\varnothing 8 \times 320$ 1 db – gerendánként ill. 80 cm távolságokban
 Az árkádfödém gerendája alá 4 cm-es párnafát kell fektetni



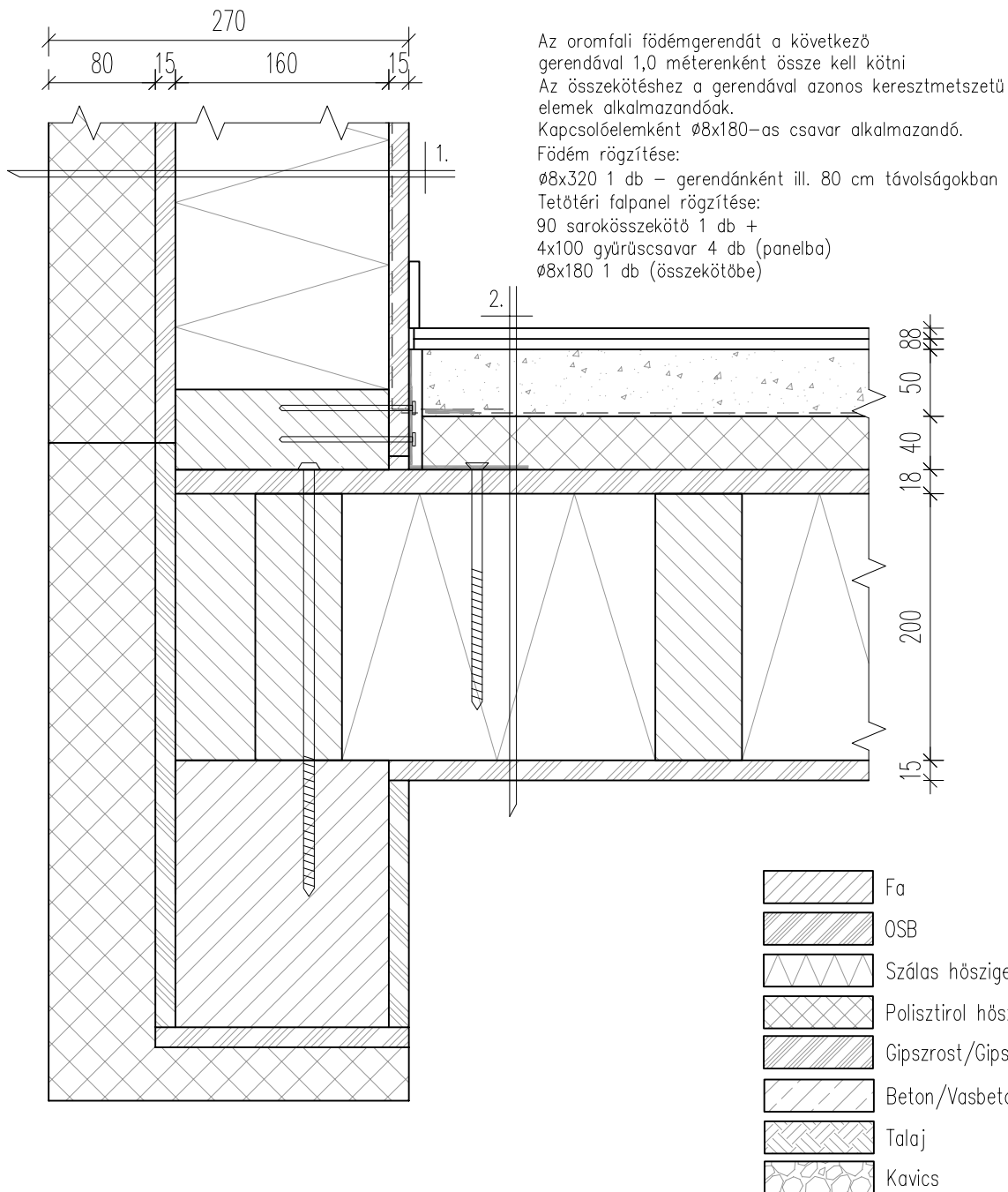
Köztes födém és árkádfödém kapcsolata

$U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet

Függőleges metszet (M 1:5)

Hantos Zoltán

Ψ_e	-0,065	W/mK
fRsi	0,959	-
φ_{80}	0,75	-
φ_{100}	0,92	-



Az oromfali födémgerendát a következő gerendával 1,0 méterenként össze kell kötni
Az összekötéshez a gerendával azonos keresztmetszetű elemek alkalmazandók.
Kapcsolóelemként $\varnothing 8 \times 180$ -as csavar alkalmazandó.
Födém rögzítése:
 $\varnothing 8 \times 320$ 1 db – gerendánként ill. 80 cm távolságokban
Tetőtéri falpanel rögzítése:
90 sarokösszekötő 1 db +
4x100 gyűrűcsavar 4 db (panelba)
 $\varnothing 8 \times 180$ 1 db (összekötőbe)

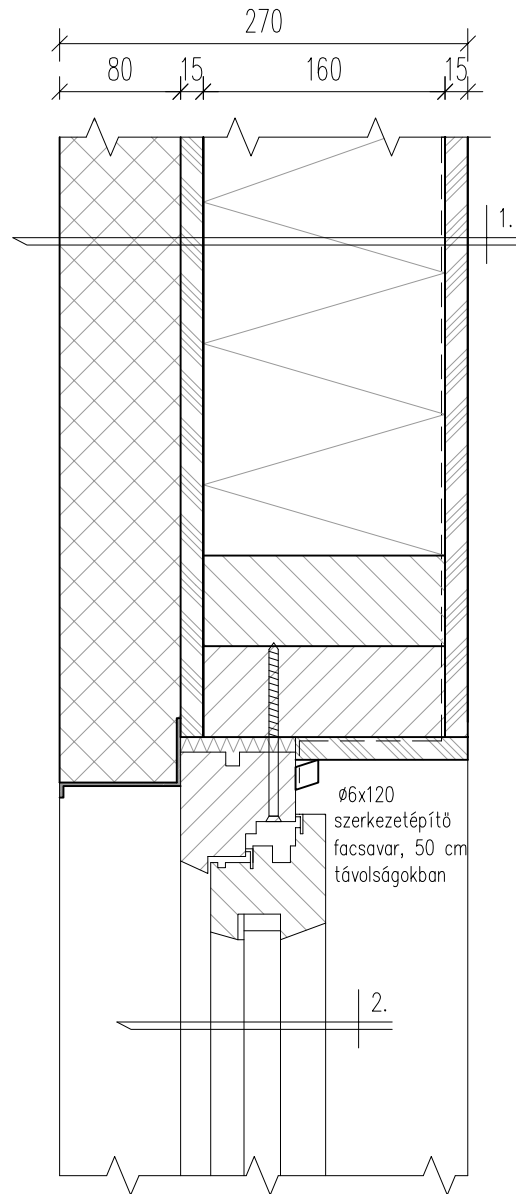
1. Külső falszerkezet, $U=0.20$ W/m²K
Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
Gipszes glettsimítás 0,3 mm
Gipszrost-lemez 15 mm
Párazáró fólia 1 rtg.
KVH bordaváz 60/160 mm, közötté
Ásványgyapot szigetelés 160 mm
Gipszrost-lemez 15 mm
Polisztirol hőszigetelő tábla 80 mm
Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

2. Árkádfödém, $U=0.25$ W/m²K
Padlóburkolat
Esztrichréteg 50 mm
Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 rtg.
Lépésálló hőszigetelés 40 mm
OSB 18 mm
Födémgerendázat 60/200, közötté
Ásványgyapot szigetelés 200 mm
Gipszrost-lemez 15 mm
Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm



Külső fal és árkádfödém kapcsolata
$U=0.20$ W/m ² K falszerkezet
Függőleges metszet (M 1:5)
Hantos Zoltán

Ψ_e	0,052	W/mK
f_{Rsi}	0,873	-
φ_{80}	0,68	-
φ_{100}	0,80	-



	Fa
	OSB
	Szálás hőszigetelés
	Polisztirol hőszigetelés
	Gipszrost/Gipszkarton
	Beton/Vasbeton
	Talaj
	Kavics

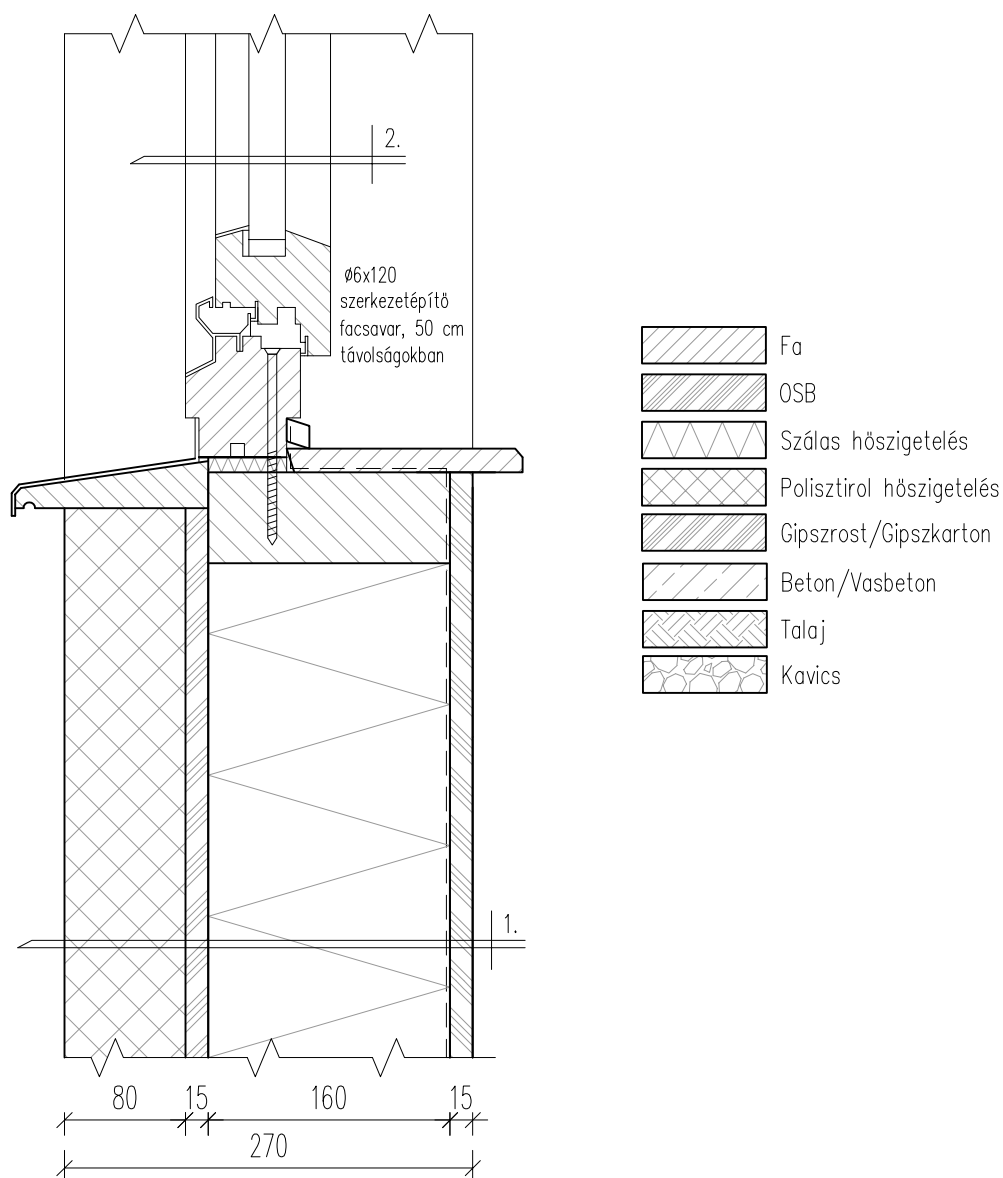
1. Külső falszerkezet, $U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 KVH bordaváz 60/160 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 160 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Polisztirol hőszigetelő tábla 80 mm
 Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

2. Üvegezett homlokzati nyílászáró
 $U_g = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_w = 1.316 \text{ W/m}^2\text{K} (120/120)$



Ablak oldalsó beépítése
$U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet
Függőleges metszet (M 1:5)
Hantos Zoltán

Ψ_e	0,087	W/mK
f_{Rsi}	0,717	-
φ_{80}	0,47	-
φ_{100}	0,57	-



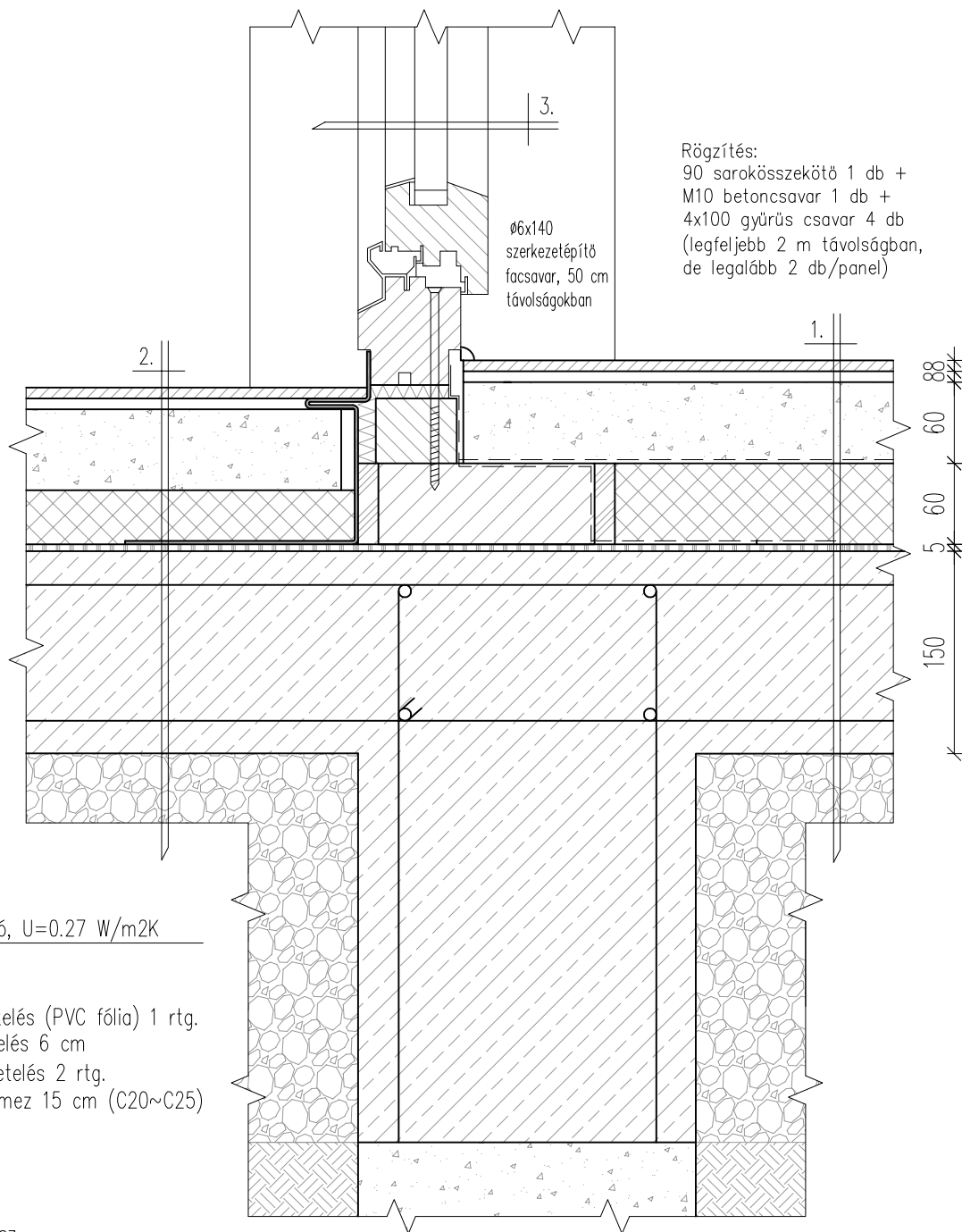
1. Külső falszerkezet, $U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 KVH bordaváz 60/160 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 160 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Polisztirol hőszigetelő tábla 80 mm
 Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

2. Üvegezett homlokzati nyílászáró
 $U_g = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_w = 1.316 \text{ W/m}^2\text{K} (120/120)$



Ablak oldalsó beépítése
$U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet
Függőleges metszet (M 1:5)
Hantos Zoltán

Ψ_e	0,104	W/mK
f_{Rsi}	0,690	-
φ_{80}	0,43	-
φ_{100}	0,53	-



Rögzítés:
 90 sarokösszekötő 1 db +
 M10 betoncsavar 1 db +
 4x100 gyűrűs csavar 4 db
 (legfeljebb 2 m távolságban,
 de legalább 2 db/panel)

Ø6x140
 szerkezetépítő
 facsavar, 50 cm
 távolságokban

1. Talajon fekvő padló, $U=0.27 \text{ W/m}^2\text{K}$

Padlóburkolat
 Aljzatbeton 6 cm
 Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 rtg.
 Lépésálló hőszigetelés 6 cm
 Bitumenes vízszigetelés 2 rtg.
 Vasszerelt betonlemez 15 cm (C20~C25)
 Kavicságy 20 cm
 Termett talaj

2. Talajon fekvő terasz

Fagyálló padlóburkolat
 Fagyálló aljzatbeton 6 cm
 Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 rtg.
 Fagyálló hőszigetelés 4 cm
 Bitumenes vízszigetelés 2 rtg.
 Vasszerelt betonlemez 15 cm (C20~C25)
 Kavicságy 20 cm
 Termett talaj

3. Üvegezett homlokzati nyílászáró

$U_g = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_w = 1.260 \text{ W/m}^2\text{K}$ (120/210)

	Fa
	OSB
	Szálás hőszigetelés
	Polisztirol hőszigetelés
	Gipszrost/Gipszkarton
	Beton/Vasbeton
	Talaj
	Kavics



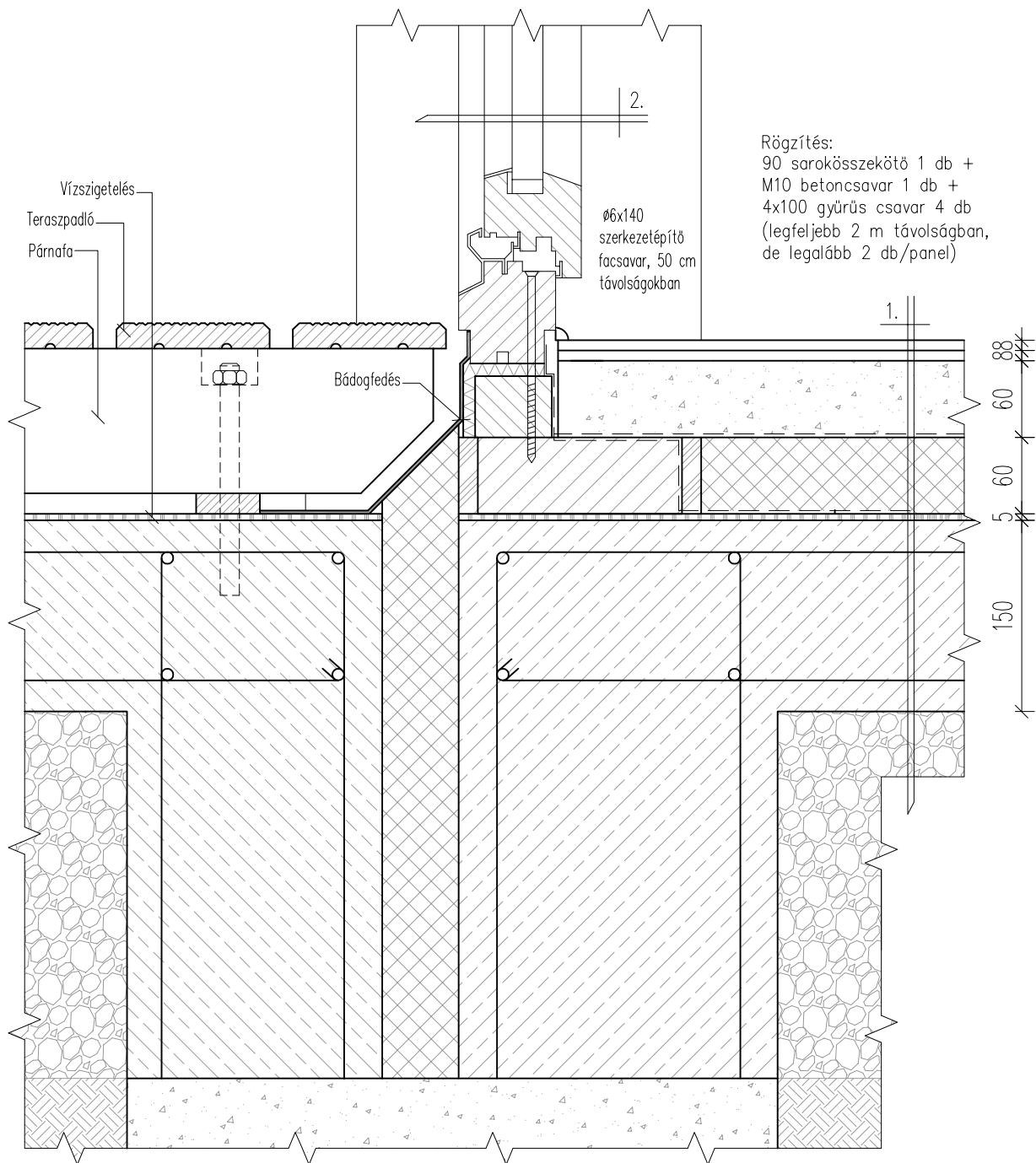
Külső fal és lábazat kapcsolata - teraszajtó - terasz

$U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet

Függőleges metszet (M 1:5)

Hantos Zoltán

Ψ_e	0,076	W/mK
f_{Rsi}	0,669	-
φ_{80}	0,41	-
φ_{100}	0,50	-



Rögzítés:
 90 sarokösszekötő 1 db +
 M10 betoncsavar 1 db +
 4x100 gyűrűs csavar 4 db
 (legfeljebb 2 m távolságban,
 de legalább 2 db/panel)

1. Talajon fekvő padló, $U=0.27 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Padlóburkolat
 Aljzatbeton 6 cm
 Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 rtg.
 Lépcsálló hőszigetelés 6 cm
 Bitumenes vízszigetelés 2 rtg.
 Vasszerelt betonlemez 15 cm (C20~C25)
 Kavicságy 20 cm
 Termett talaj

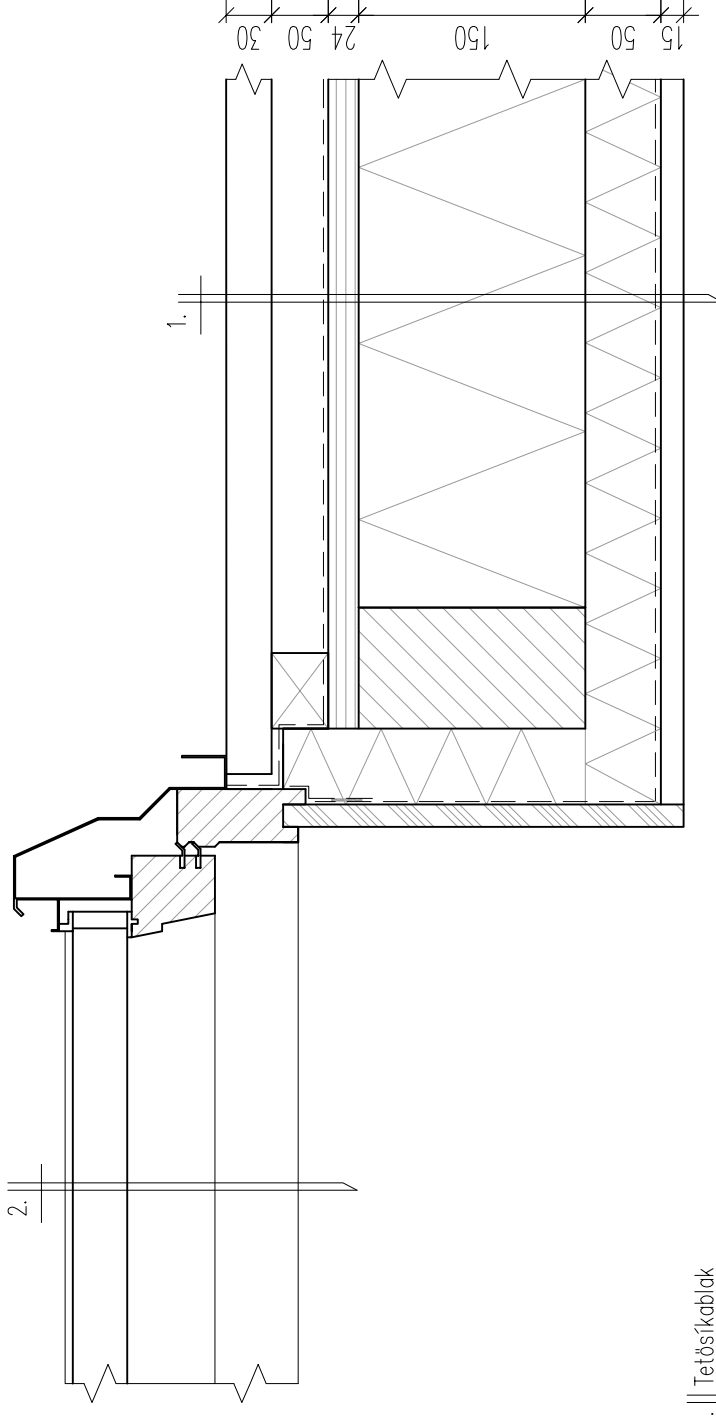
2. Üvegezett homlokzati nyílászáró
 $U_g = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_w = 1.260 \text{ W/m}^2\text{K} (120/210)$









	Fa
	OSB
	Szálás hőszigetelés
	Polisztirol hőszigetelés
	Gipszrost/Gipszkarton
	Beton/Vasbeton
	Talaj
	Kavics



Külső fal és lábazat kapcsolata - teraszajtó - terasz	
$U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet	
Függőleges metszet (M 1:5)	
Hantos Zoltán	

Ψ_e	0,072	W/mK
f_{Rsi}	0,690	-
φ_{80}	0,43	-
φ_{100}	0,53	-



-  Fa
-  OSB
-  Szálás hőszigetelés
-  Polisztirol hőszigetelés
-  Gipszrost/Gipszkarton
-  Beton/Vasbeton
-  Talaj
-  Kavics

- 1. Tetőszerkezet, $U=0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Cserépfedés 1 rtg.
 Tetőléc 50/35 mm
 Ellenlécváz 50/50 mm
 Páradáteresztő alátétfólia
 Deszkborítás 24 mm
 Szaruzat 100/150 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 150 mm
 Szerelőléc-váz 50/50 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 50 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 Gipszkarton-lemez 15 mm
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Diszperziós beltéri festés 2 rtg.

- 2. Tetősíkkabla
 $U_g = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_w = 1.489 \text{ W/m}^2\text{K} (74/140)$



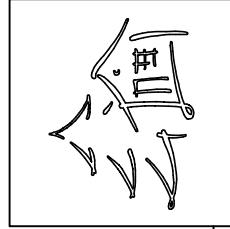
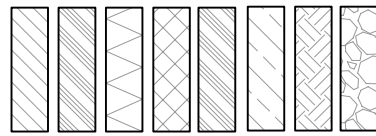
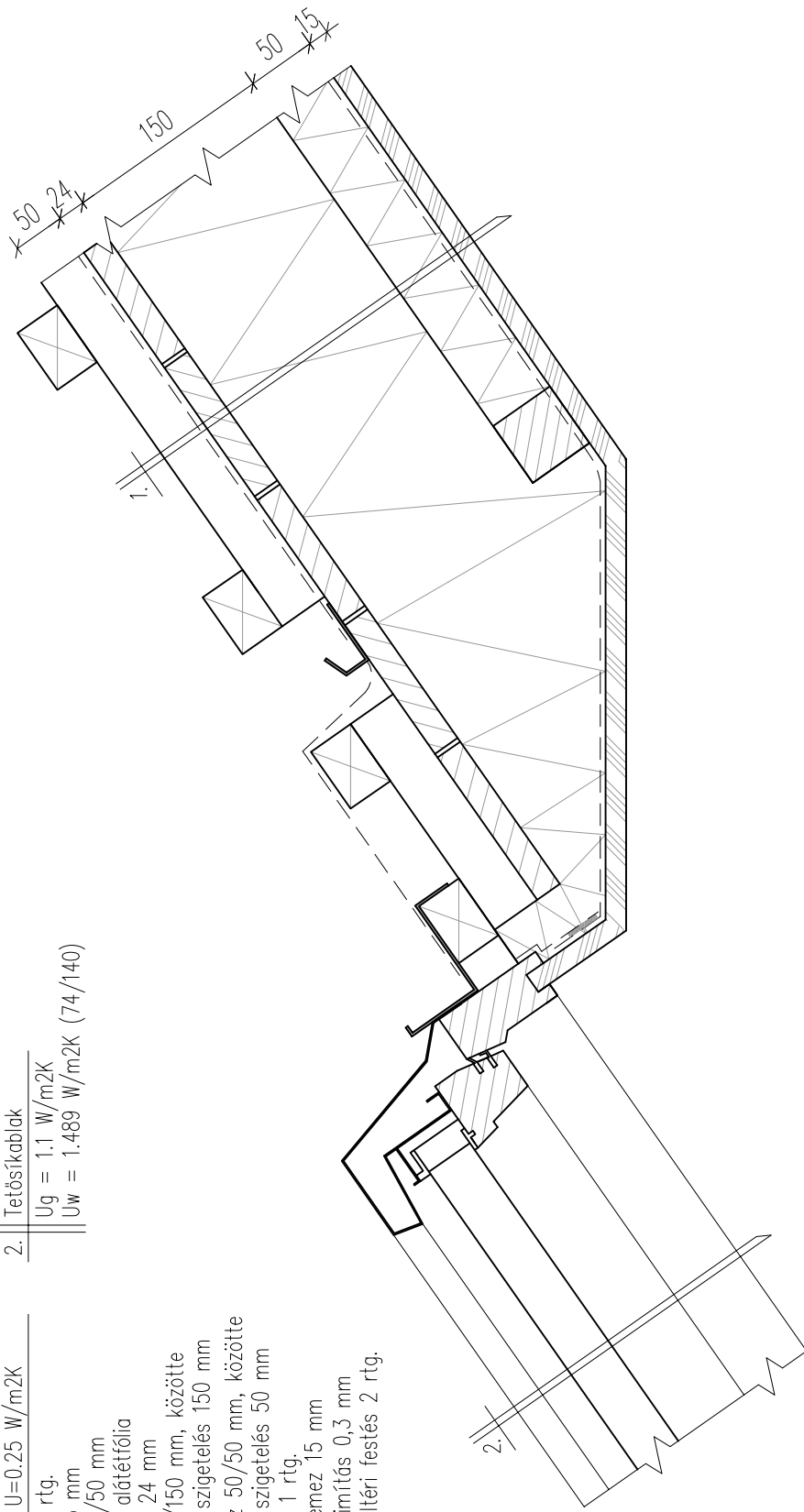
Tetősíkkabla oldalsó beépítése	
U=0.20 W/m2K falszerkezet	
Tetősíkra merőleges metszet (M 1:5)	
Hantos Zoltán	

Ψ_e	0,186	W/mK
fRsi	0,624	-
φ_{80}	0,36	-
φ_{100}	0,43	-

1. Tetőszerkezet, $U=0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Cserépfedés 1 rtg.
 Tetőléc 50/35 mm
 Ellenlécváz 50/50 mm
 Párátérsztő alátétfólia
 Deszkaborítás 24 mm
 Szaruzat 100/150 mm, közötté
 Asványgyapot szigetelés 150 mm
 Szerelőléc-váz 50/50 mm, közötté
 Asványgyapot szigetelés 50 mm
 Párázáró fólia 1 rtg.
 Gipszkarton-lemez 15 mm
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Diszperziós beltéri festés 2 rtg.

2. Tetősíkkabla

- $U_g = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_w = 1.489 \text{ W/m}^2\text{K}$ (74/140)



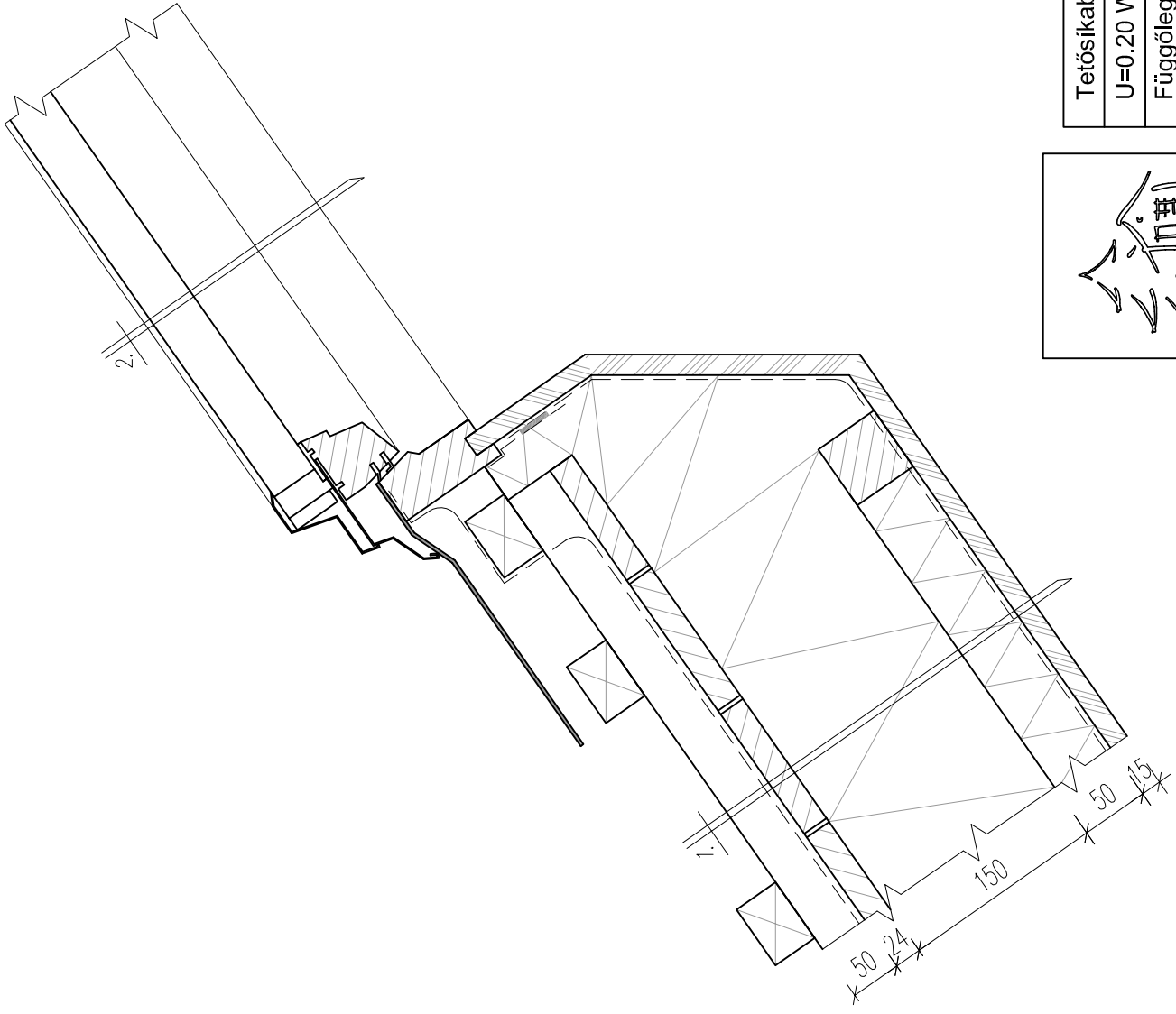
Tetőablak felső oldali beépítése

$U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet

Függőleges metszet (M 1:5)

Hantos Zoltán

Ψ_e	0,107	W/mK
f_{Rsi}	0,548	-
φ_{80}	0,27	-
φ_{100}	0,32	-

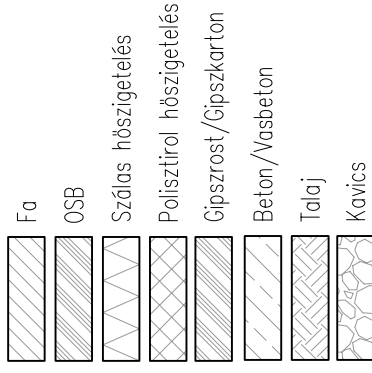


1. Tetőszerkezet, $U=0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Cserépfedés 1 rtg.
- Tetőléc 50/35 mm
- Ellenlécváz 50/50 mm
- Páraáteresztő alátét fólia
- Deszkaborítás 24 mm
- Szaruzat 100/150 mm, közöttte
- Asványgyapot szigetelés 150 mm
- Szerelőléc-váz 50/50 mm, közöttte
- Asványgyapot szigetelés 50 mm
- Párazáró fólia 1 rtg.
- Gipszkarton-lemez 15 mm
- Gipszes glettsimítás 0,3 mm
- Diszperziós beltéri festés 2 rtg.

2. Tetősíkablak

- $U_g = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $U_w = 1.489 \text{ W/m}^2\text{K} (74/140)$



Tetősíkablak alsó beépítése

$U=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet

Függőleges metszet (M 1:5)

Hantos Zoltán



Ψ_e	0,170	W/mK
f_{Rsi}	0,414	-
φ_{80}	0,12	-
φ_{100}	0,13	-

Az épület gépészeti bemutatása, energetikai számítások és az ötféle gépészeti rendszer összehasonlítása

A bemutatásra kerülő épület energiát használ fel a komfortérzet biztosítása érdekében. Komfort alatt lakóépületek esetében a megfelelő nyári-téli hőérzetet és a megfelelő hőfokú használati meleg vizet értjük. A belső térben való tartózkodásra alkalmas hőmérsékletet folyamatosan biztosítani kell. Ehhez szükséges energiamegtakarítást az épületszerkezet hőtechnikai minősége mellett a telepített épületgépészeti rendszerek hatásfoka, azok veszteségei határozzák meg.

A **0.20 jelű épületet** öt különböző gépészeti rendszerrel vizsgáljuk, amelyek az épület fűtését, használati melegvíz-ellátását és szellőzését biztosítják. A vizsgálandó gépészeti rendszerek a következők:

G1: Fűtés és használati melegvíz-előállítás kondenzációs kombi gázkazánal

A gépészeti helyiségben elhelyezésre kerül egy 20 kW névleges teljesítményű kondenzációs kombi kazán, amely a fűtést és a használati melegvíz-ellátást is biztosítja. A kazánt gázmérőn keresztül a települési földgázvezetékre kell csatlakoztatni. A kazán égéstermék elvezetését szétválasztott rendszerű 80/80 mm méretű PP-gyári égéstermék elvezető rendszer végzi. Az égéstermék elvezető csövek a gépészeti helyiségen belül szabadon szereltek, a tetőtéri szobán áthaladó égéstermék elvezető cső pedig tűzgátló gipszkarton burkolattal alakítható ki. A fűtési rendszer hőleadó elemei acéllemez lapradiátorok, a fürdőszobában csőradiátor. A helyiség hőmérsékletek pontos szabályozhatósága érdekében a radiátorokat termosztatikus fejvel kell ellátni, így a használaton kívüli csökkentett fűtés lehetősége is megvalósítható, illetve a túlfűtés elkerülhető. A használati melegvíz-ellátást ugyanez a kazán biztosítja, átfolyós üzemmódban. A csapolók és a kazán közötti cirkulációs rendszer nem épül. A fűtési és használati melegvíz-termelő rendszer szabályozását a kazán automatikája biztosítja. A radiátoros fűtési kör időjárásfüggő előremenő hőmérsékletű vízzel üzemel.

G2: Fűtés és használati melegvíz-előállítás faelgázosító kazánal, fűtésre és használati meleg vízre külön indirekt pufferrel tárolóval kombinálva

A gépészeti helyiségben elhelyezésre kerül egy 20 kW névleges teljesítményű faelgázosító kazán, amely a fűtést és a használati melegvíz-ellátást is biztosítja. Fűtési oldalon egy fűtési puffertárolót helyezünk el, amely a kazán által megtermelt energiát tárolja, valamint használati melegvíz-oldalon elhelyezünk egy 120 literes indirekt tárolót. A kazán égéstermék elvezetését Schiedel-Leier típusú, épített kémény végzi, a kazán égési levegő ellátását pedig a helyiség kültérbe nyíló nyílászáróján keresztül biztosítjuk. A fűtési rendszer hőleadó elemei acéllemez lapradiátorok, a fürdőszobában csőradiátor kerül beépítésre. A helyiség hőmérsékletek pontos szabályozhatósága érdekében a radiátorokat termosztatikus fejvel kell ellátni, így a használaton kívüli csökkentett fűtés lehetősége is megvalósítható, illetve a túlfűtés elkerülhető. A radiátoros fűtési kör a pufferről csatlakozik le, saját keringető szivattyúval és keverőszelleppel. A használati melegvíz-ellátást a 120 literes indirekt bojlerrel biztosítjuk. A csapolók és a bojler közötti cirkulációs rendszer épül. A fűtési és használati melegvíz-termelő rendszer szabályozását a kazán automatikája biztosítja. A radiátoros fűtési kör időjárásfüggő előremenő hőmérsékletű vízzel üzemel. A cirkulációs szivattyú időprogram szerint üzemel.

G3: Fűtés és használati melegvíz-előállítás faelgázosító kazánal, fűtésre és használati meleg vízre külön indirekt pufferrel tárolóval kombinálva, használati meleg vízre napkollektoros rásegítéssel

A G2-változattal azonos rendszer, de használati melegvíz-ellátásra egy nagyméretű tárolót helyezünk el, ami a kazánon kívül a napkollektor vezetékeit is bekötjük. A gépészeti helyiségben elhelyezésre kerül egy 20 kW névleges teljesítményű faelgázosító kazán, amely a fűtést és a használati melegvíz-ellátást is biztosítja. Fűtési oldalon egy fűtési puffertárolót helyezünk el, amely a kazán által megtermelt energiát tárolja, valamint a használati melegvíz-oldalon elhelyezünk egy 300 literes, kéthőcserélős indirekt tárolót. A tetőn elhelyezésre kerül 3 db 2 m² felületű napkollektor. A napkollektorok a kéthőcserélős tároló alsó hőcserélőjét fűtik. Számítások alapján – egy 4 fős család esetén – a fenti rendszer az éves melegvíz-ellátás 60%-át fedezi, így csak a fennmaradó 40%-ot kell a faelgázosító kazánal biztosítani. Opcióként beépíthető a tárolóba egy harmadik, elektromos fűtőpatron is, amivel elkerülhető a kazán használata az átmeneti időszakban. A kazán égéstermék elvezetését Schiedel-Leier típusú, épített kémény végzi, a kazán égési levegő ellátását pedig a helyiség kültérbe nyíló nyílászáróján keresztül biztosítjuk. A fűtési rendszer hőleadói acéllemez lapradiátorok, a fürdőszobában csőradiátor készül. A helyiség hőmérsékletek pontos szabályozhatósága érdekében a radiátorokat termosztatikus fejvel kell ellátni, így a hasz-

nálaton kívüli csökkentett fűtés lehetősége is megvalósítható, illetve a túlfűtés elkerülhető. A radiátoros fűtési kör a pufferről csatlakozik le, saját keringető szivattyúval és keverőszeleppel. A használati melegvíz-ellátást a 300 literes kéthőcserélős indirekt bojlerrel biztosítjuk. A csapolók és a bojler közötti cirkulációs rendszer épül. A fűtési és használati melegvíz-termelő rendszer szabályozását a kazán automatikája biztosítja. A radiátoros fűtési kör időjárásfüggő előremenő hőmérsékletű vízzel üzemel. A cirkulációs szivattyú időprogram szerint üzemel.

Megjegyzés: a napkollektorokat fűtés-rásegítésre nem javasolt használni, illetve csak abban az esetben, ha a nyáron keletkező hulladékhő valamilyen módon – például kültéri medence fűtésére – hasznosítható.

G4: Fűtés és használati melegvíz-előállítás faelgázosító kazánal, fűtésre és használati meleg vízre külön indirekt pufferral tárolóval kombinálva, hő visszanyerős lakásszellőző alkalmazásával

A G2-változattal azonos rendszer, a fűtési és használati melegvíz-ellátó rendszer kiegészül egy központi hővisszanyerős lakásszellőzővel. A gépészeti helyiségben elhelyezésre kerül egy 20 kW névleges teljesítményű faelgázosító kazán, amely a fűtést és a használati melegvíz-ellátást is biztosítja. Fűtési oldalon egy fűtési puffertárolót helyezünk el, amely a kazán által megtermelt energiát tárolja, valamint használati melegvíz-oldalon elhelyezünk egy 120 literes indirekt tárolót. A kazán égéstermék elvezetését Schiedel-Leier típusú, épített kémény végzi, a kazán égési levegő ellátását pedig a helyiség kültérbe nyíló nyílászáróján keresztül biztosítjuk. A fűtési rendszer hőleadói acéllemez lapradiátorok, a fürdőszobában csőradiátor kerül beépítésre. A helyiség hőmérsékletek pontos szabályozhatósága érdekében a radiátorokat termosztatikus fejjel kell ellátni, így a használaton kívüli csökkentett fűtés lehetősége is megvalósítható, illetve a túlfűtés elkerülhető. A radiátoros fűtési kör a pufferről csatlakozik le, saját keringető szivattyúval és keverőszeleppel. A használati melegvíz-ellátást a 120 literes indirekt bojlerrel biztosítjuk. A csapolók és a bojler közötti cirkulációs rendszer épül. A fűtési és használati melegvíz-termelő rendszer szabályozását a kazán automatikája biztosítja. A radiátoros fűtési kör időjárásfüggő előremenő hőmérsékletű vízzel üzemel. A cirkulációs szivattyú időprogram szerint üzemel. Az épületben központi gépi szellőzés készül. A hővisszanyerős szellőztető berendezés a földszinti gépészeti helyiségben kerül elhelyezésre. A berendezés névleges térfogatárama 200 m³/h. A befűvási pontokat a lakóterekben, azaz a hálószobákban és a nappaliban kell elhelyezni, a visszaszívási pontokat pedig a konyhában, fürdőben és a WC-kben. A helyiségek közötti átszellőzést ajtórésszel vagy ajtóráccsal kell biztosítani.

G5: Fűtés és használati melegvíz-előállítás faelgázosító kazánal, fűtésre és használati meleg vízre külön indirekt pufferral tárolóval kombinálva, használati meleg vízre napkollektoros rásegítéssel, hő visszanyerős lakásszellőző alkalmazásával

A G2-változattal azonos rendszer, de használati melegvíz-ellátásra egy nagyméretű tárolót helyezünk el, a tárolót a kazán mellett napkollektor is tudja fűteni, a rendszer ezen kívül kiegészül egy központi hővisszanyerős lakásszellőzővel is. A gépészeti helyiségben elhelyezésre kerül egy 20 kW névleges teljesítményű faelgázosító kazán, amely a fűtést és a használati melegvíz-ellátást is biztosítja. Fűtési oldalon egy fűtési puffertárolót helyezünk el, amely a kazán által megtermelt energiát tárolja, valamint használati melegvíz-oldalon elhelyezünk egy 300 literes, kéthőcserélős indirekt tárolót. A tetőn elhelyezésre kerül 3 db 2 m² felületű napkollektor. A napkollektorok a kéthőcserélős tároló alsó hőcserélőjét fűtik. Számítások alapján – egy 4 fős család esetén – a fenti rendszer az éves melegvíz-ellátás 60%-át fedezi, így csak a fennmaradó 40%-ot kell a faelgázosító kazánal biztosítani. Opcióként beépíthető a tárolóba egy harmadik, elektromos fűtőpatron is, amivel elkerülhető a kazán használata az átmeneti időszakokban. A kazán égéstermék-elvezetését Schiedel-Leier típusú, épített kémény végzi, a kazán égési levegő-ellátását pedig a helyiség kültérbe nyíló nyílászáróján keresztül biztosítjuk. A fűtési rendszer hőleadói acéllemez lapradiátorok, a fürdőszobában csőradiátor kerül beépítésre. A helyiség hőmérsékletek pontos szabályozhatósága érdekében a radiátorokat termosztatikus fejjel kell ellátni, így a használaton kívüli csökkentett fűtés lehetősége is megvalósítható, illetve a túlfűtés elkerülhető. A radiátoros fűtési kör a pufferről csatlakozik le, saját keringető szivattyúval és keverőszeleppel. A használati melegvíz-ellátást a 300 literes kéthőcserélős indirekt bojlerrel biztosított. A csapolók és a bojler közötti cirkulációs rendszer épül. A fűtési és használati melegvíz-termelő rendszer szabályozását a kazán automatikája biztosítja. A radiátoros fűtési kör időjárásfüggő előremenő hőmérsékletű vízzel üzemel. A cirkulációs szivattyú időprogram szerint üzemel. Az épületben központi gépi szellőzés készül. A hővisszanyerős szellőztető berendezés a földszinti gépészeti helyiségben kerül elhelyezésre. A berendezés névleges térfogatárama 200 m³/h. A befűvási pontokat a lakóterekben, azaz a hálószobákban és a nappaliban kell elhelyezni, a visszaszívási pontokat pedig a konyhában, fürdőben és a WC-kben. A helyiségek közötti átszellőzést ajtórésszel vagy ajtóráccsal kell biztosítani.

Megjegyzés: a napkollektorokat fűtés-rásegítésre nem javasolt használni, illetve csak abban az esetben, ha a nyáron keletkező hulladékhő valamilyen módon – például kültéri medence fűtésére – hasznosítható.

Értékelés

Az energiaigények számításához alapvetően szükséges az épület teljes hőveszteségének ismerete. Ennek

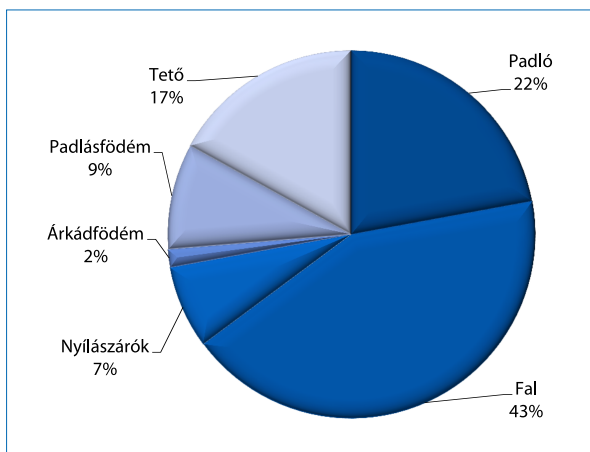
meghatározásához az egyes térelhatároló szerkezetek U [W/m²K] hőátbocsátási tényezőjét az A [m²] lehűlő felülettel kell szorozni, majd a szorzatokat összegezni. Vonalmenti szerkezeti részek (hőhidak) esetében ugyanez a hőveszteség a vonalmenti hőveszteségtényező ψ [W/mK] és a hosszúság L [m] szorzataként születik. Hőhidak esetében 26 különböző csomóponti hőhidveszteségi tényezőt találunk a korábban bemutatott épületben, összesen 313 m hosszúságban. A nyílászárók hőátbocsátási tényezői aszerint változnak, hogy ablakról, tetősík ablakról, vagy üvegezetlen ajtóról van-e szó. Emiatt a vonalmenti hőhidak hőveszteségeit és a nyílászárók hőátbocsátási tényezőit a könnyebb áttekinthetőség érdekében átlagos értékekkel mutatjuk be.

A számított hőveszteségeket a bemutatott mintaház esetén a 7. táblázat tartalmazza, míg az 1. diagramon és 2. diagramon a megoszlásukat mutatjuk be.

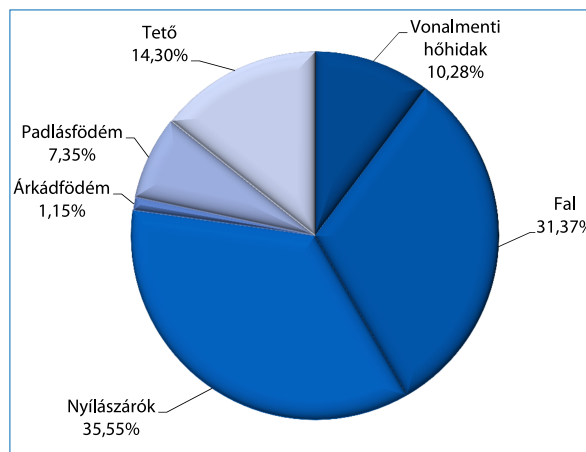
7. táblázat A hőveszteségek megoszlása a különböző épületszerkezeteken

		A [m ²], L [m] ¹	U [W/m ² K], ψ [W/mK] ¹	A*U, L* ψ [W/K] ¹	hőveszteség megoszlása
0.20	Vonalmenti hőhidak ¹	312,62	0,030	9,45	10,28%
	Fal	143,54	0,20	28,83	31,37%
	Nyílászárók	24,46	1,34	32,67	35,55%
	Árkádfödém	5,32	0,20	1,06	1,15%
	Padlásfödém	31,23	0,22	6,75	7,35%
	Tető	57,06	0,23	13,14	14,30%
	Összesen			91,90	100,00%

¹A mértékegység csak az azonos jelölésű szerkezeti részre vonatkozik



1. diagram A különböző épületszerkezetek lehűlő felületeinek megoszlása



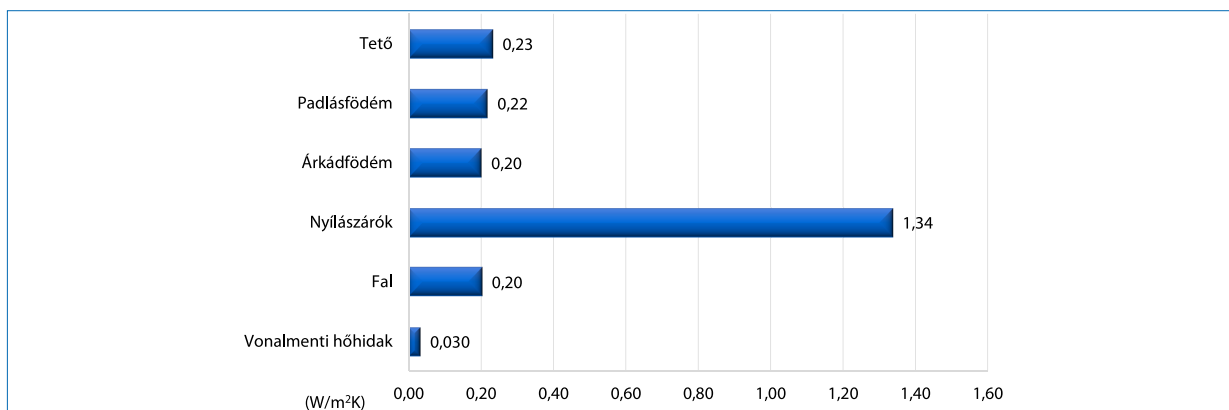
2. diagram Hőveszteségek megoszlása a különböző épületszerkezeteken

Látható, hogy az épületszerkezetek közül a lehűlő felületek arányához képest a nyílászáróknak kiugróan nagy a hővesztesége. Emellett a falak hővesztesége is jelentős. A falak képezik a legnagyobb lehűlő felületet, ezért érthető a nagy érték. A nyílászárók esetében azonban a magyarázat abban rejlik, hogy a hőátbocsátási tényezők – a korszerű technológia ellenére – jelentősen elmaradnak az épületszerkezetek rétegtervi hőátbocsátási tényezőihez képest (3. diagram).

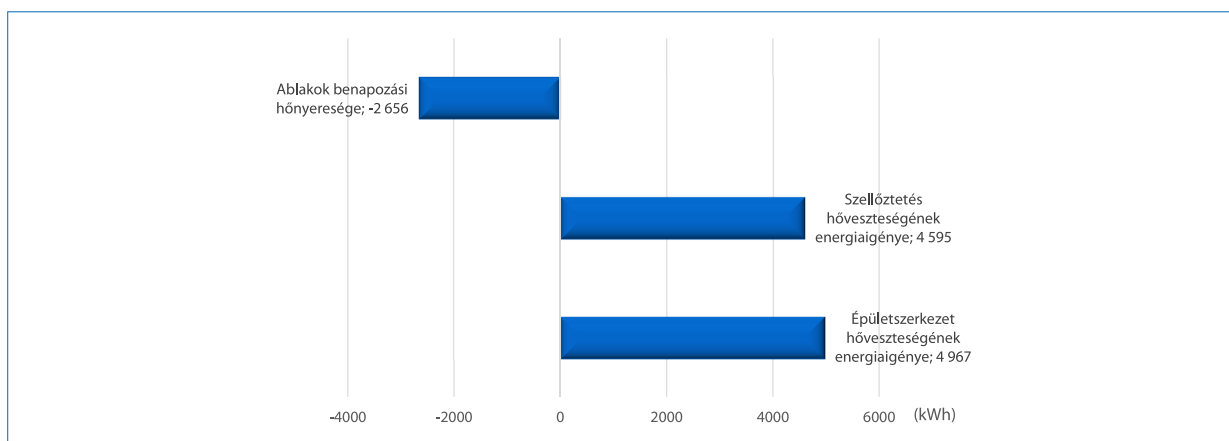
Az épület fűtési hőenergia-igényét az épületszerkezetek hővesztesége, a szellőzési hőveszteség és a nyílászárók üvegfelületeinek szoláris hőnyeresége határozza meg. E szerint a bemutatott épületet két csoportba sorolhatjuk: az egyik csoport, ahol a 'G1', 'G2', 'G3' jelű épületgépészeti rendszerek üzemelnek (4. diagram) (nem alkalmazunk hővisszanyerős szellőztető rendszert), a másik a 'G4', 'G5' jelű épületgépészeti rendszer (5. diagram) (hővisszanyerős szellőztető rendszert alkalmazunk).

A légcsereszámot $n = 0,5$ [1/h] értékkel vettük figyelembe a számítások során. A 4. diagramon látható, hogy a szellőzési hőenergiaigény közel duplája az épületszerkezetek hővesztesége miatti hőenergiaigénynek. A 70%-os hatásfokkal üzemelő szellőző berendezés esetén (5. diagram) a szellőztetés hőenergia-igénye harmadára csökken, és így a teljes fűtési hőenergia-igény is jelentősen csökken (6. diagram). Az üvegfelületek sugárzási hőnyereségének fontos szerep jut.

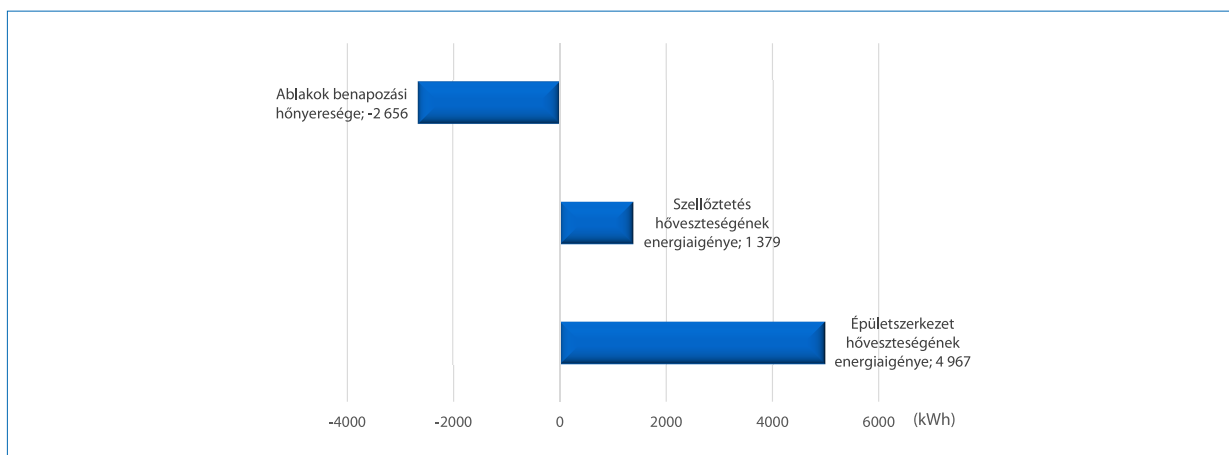
Az épület fűtési primer energiaigénye figyelembe veszi a kazánok hatásfokát, a fűtési hőenergiaigényt, a



3. diagram Az épületszerkezetek hőátbocsátási tényezőinek ábrázolása



4. diagram A fűtési hőenergiaigény összetevői és azok megoszlása, ha nem üzemeltetünk hőcserélős szellőztető rendszert (G1, G2, G3)



5. diagram A fűtési hőenergiaigény összetevői és megoszlása, ha hőcserélős szellőztető rendszert üzemelünk (G4, G5)

hőelosztás és hőtárolás (puffer) veszteségeit, illetve a hőelosztás (szivattyúk), hőtárolás és a kazán villamos segédenergia-igényét.

Ezen kívül nagyon fontos, hogy a felhasznált energiahordozó fajtája is jelentősen befolyásolhatja a fűtési primer energiában kifejezett energiaszükségletét. Ez annak függvénye, hogy az alkalmazott energiahordozó fosszilis (földgáz) vagy biomassza alapú (tűzifa).

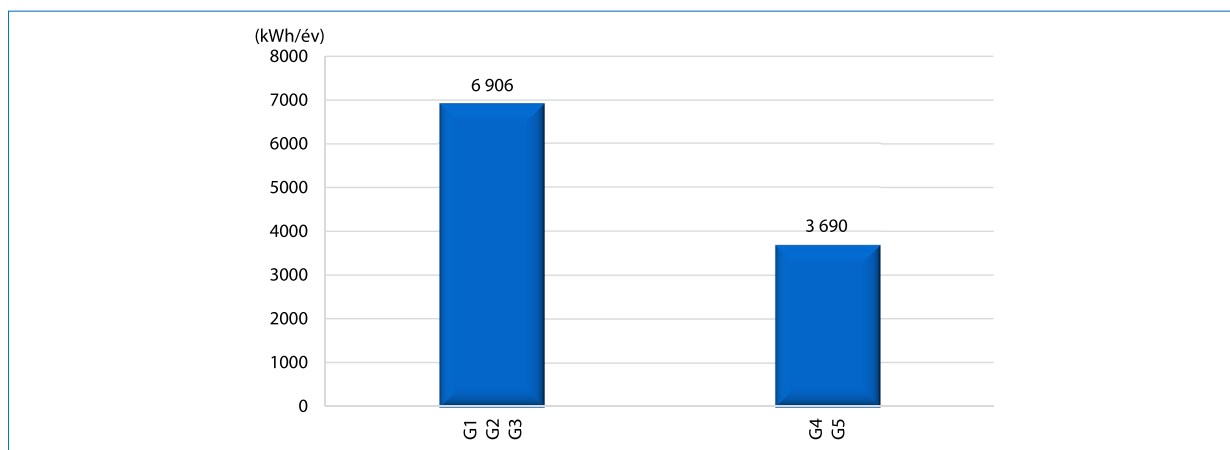
A 7. diagram mutatja be, hogy az egyes gépészeti rendszerek esetén mennyi az éves energiaigénye a fűtési rendszernek – primer energiában kifejezve. A földgáz energiahordozó a tűzifához képest kedvezőtlenebb értéket mutat. Ez elsősorban a biomassza alacsonyabb primer energiaátalakítási tényezője miatt van ($e_{\text{földgáz}}=1,0$; $e_{\text{biomassza}}=0,6$). Hőcserélős szellőztető rendszer beépítésével felére csökkenthető a fűtési rendszer energiaigénye.

A használati meleg víz (HMV) előállítására fordított primer energiaigényeket a 8. diagram mutatja be.

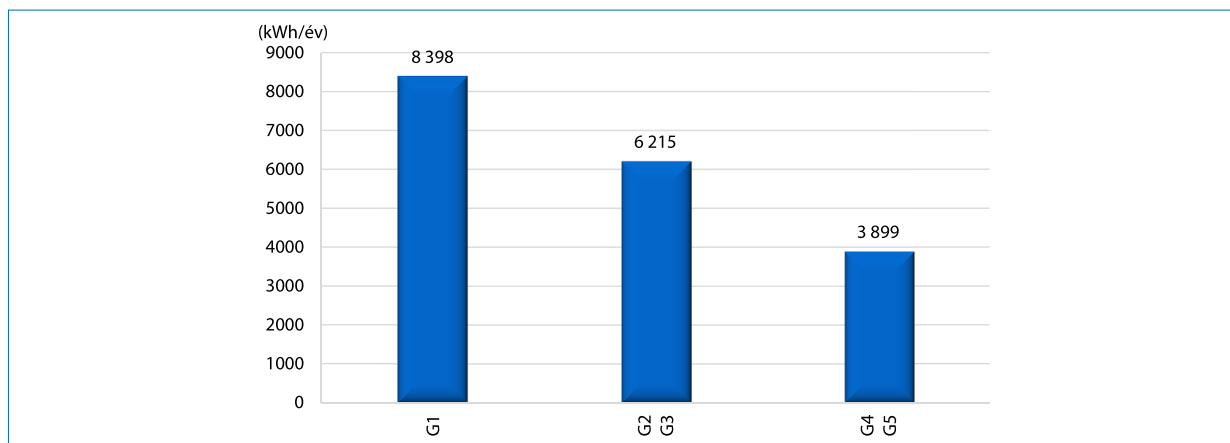
Látható, hogy a napkollektoros rásegítés közel felére csökkenti a felhasznált energiaigényt. Az alkalmazott kollektorfelület körülbelül 60%-ban fedezi a használati meleg víz energiaszükségletét. Tapasztalatok szerint a tervezett napkollektor felület a nyári időszakban a teljes melegvíz-igény közel 100%-át képes fedezni, míg a téli időszakban csupán 20–25%-ot. Ez amiatt van, hogy a napsütéses órák száma télen lényegesen kevesebb. A tényleges érték a tájolástól, a napsütéses órák számától és a napkollektor hatásfokától is függ.

A 9. diagram a 0.20 jelű épület összes energiafelhasználását mutatja be primer energiában kifejezve, az egyes épületgépészeti rendszerek alkalmazása esetén. Jól látható, hogy a legkedvezőbb adatot a G5 jelű rendszer adja, ahol a faelgázosító kazán mellett hővisszanyerős szellőző rendszer és napkollektoros használati melegvíz-előállítás is üzemel.

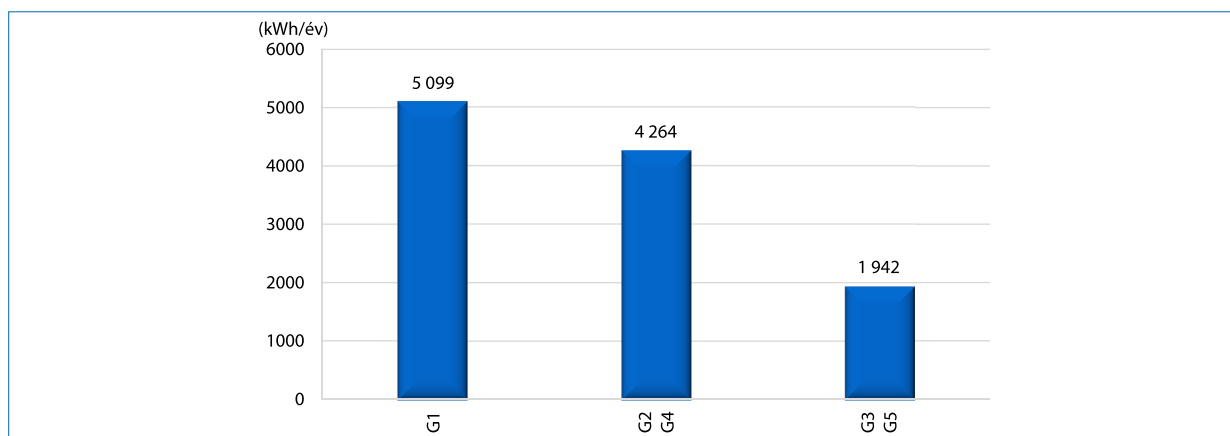
A 10. diagram egyértelműen azt mutatja, hogy kizárólag kazán (gáz vagy fatüzelés) alkalmazása esetén a fűtés energiafelhasználása 10-15%-kal haladja meg a használati meleg víz ellátás energiaigényét. Abban az



6. diagram Az épület fűtési hőenergiaigényének változása a különböző gépészeti rendszerek alkalmazása esetén



7. diagram Az épület teljes fűtési energiaigénye primer energiában kifejezve



8. diagram Használati meleg víz primer energia változása az alkalmazott épületgépészet függvényében

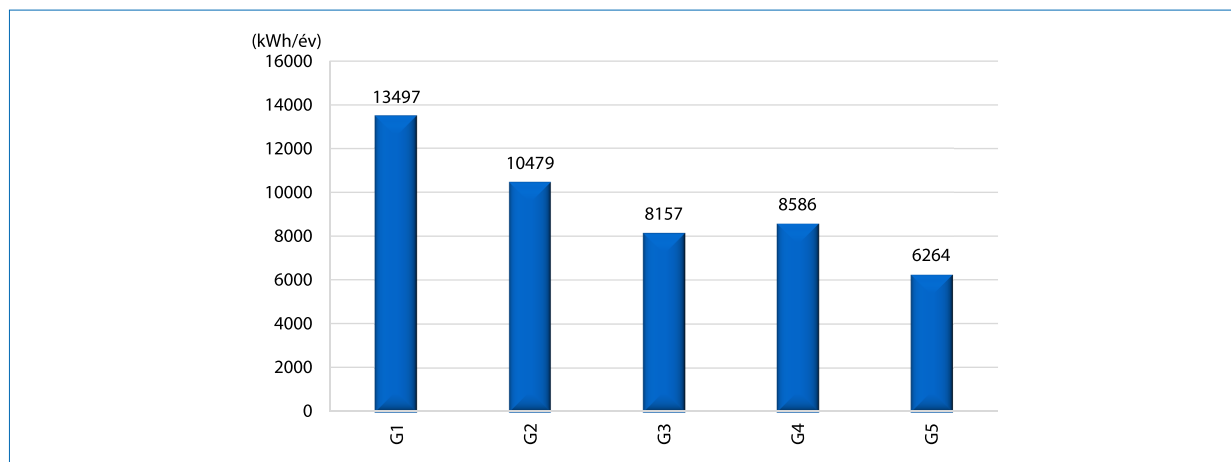
esetben, ha a meleg víz előállítására megújuló energiaforrást (napkollektor) alkalmazunk, a használati meleg víz primer energia felhasználása jelentősen csökken. Ezzel párhuzamosan 76%-ra növekszik a fűtési energiaigény részaránya. Fordított hatást tapasztalunk, ha hőcserélős szellőztető rendszert építünk be, hiszen ebben az esetben – ahogy korábban láttuk – a légcseréből származó veszteségek csökkennek nagymértékben, így a fűtési energiaigénye is lényegesen kisebb lesz. Ha a fűtési hőenergia-szükséglet csökkentésére hőcserélős szellőztető rendszert, a használati meleg víz biztosítására pedig napkollektorokat is telepítünk, az energiafelhasználások hasonlóan kiegyenlítettek lesznek, mint amikor nem alkalmaztunk semmilyen plusz épületgépészeti rendszert a gáz- vagy faelgázosító kazán mellett, de az éves fogyasztás megközelítőleg a felére csökkent.

A hatályos előírások nem csak az épület fogyasztásának meghatározását, hanem az energetikai osztályba sorolást is előírják. A bemutatott épület a rendkívül kicsi hőveszteségei, a korszerű hatásfokú épületgépészeti berendezései és az alkalmazott energiahordozók miatt a G1 rendszer esetén 'A', energiatakarékos, a G2, G3, G4, G5 épületgépészeti rendszerek esetén 'A+' fokozottan energiatakarékos besorolást kapja.

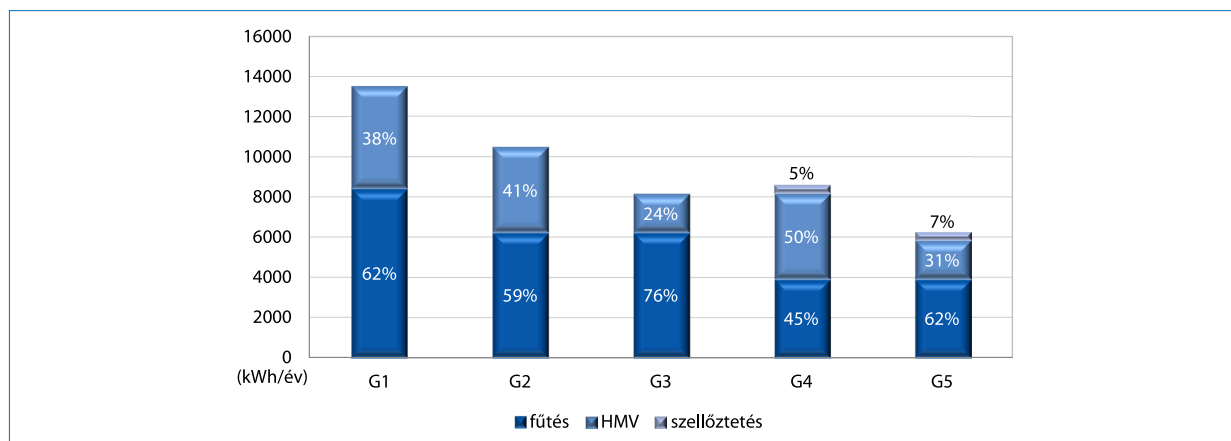
A 8. táblázatban összefoglaltuk az eddigi diagramokon szereplő adatokat – az épület fajlagos hőveszteség tényezőit, a fűtési hőenergiaigényeket, a fűtés, használati meleg víz, szellőztetés és a teljes energiafelhasználást – primer energiában kifejezve.

Napjainkban központi téma az üvegházhatású gázok (azon belül is a szén-dioxid) kibocsátásának hatása a globális klímára és az éghajlatváltozásra. Magyarországon az épületek komfortjának biztosítása az ország teljes energiafelhasználásának ~50%-át teszi ki, ráadásul a felhasznált energiahordozók döntő többsége fosszilis alapú, ezért az épületállományunk CO₂ kibocsátása nagyon magas. A biomassa (tűzifa, brikett, pellet) alapú energiahordozókra épülő tüzelőberendezések szén-dioxid kibocsátása sokkal kedvezőbb, mivel a biomassa alapú energiahordozók az emberi élet léptékéhez mérten megújulónak minősülnek – szemben a fosszilis alapú energiahordozókkal.

A 11. diagram mutatja az egyes gépészeti rendszerek szén-dioxid kibocsátását. A kg/év mértékegységben kifejezett értéket az ún. emissziós faktor – f_{CO_2} (g/kWh) – segítségével határozhatjuk meg. Az emissziós faktor értéke elektromos áram esetén $f_{CO_2, vill.} = 365$ g/kWh, földgáz esetén $f_{CO_2, gáz.} = 203$ g/kWh, biomassa esetében pedig $f_{CO_2, biom.} = 0$ g/kWh. Ez utóbbi faktor 0 értéke teszi lehetővé, hogy faelgázosító kazán alkalmazása esetén rendkívül alacsonyak lehessenek a CO₂ kibocsátási adatok.



9. diagram Az épület teljes energiafelhasználása primer energiában kifejezve



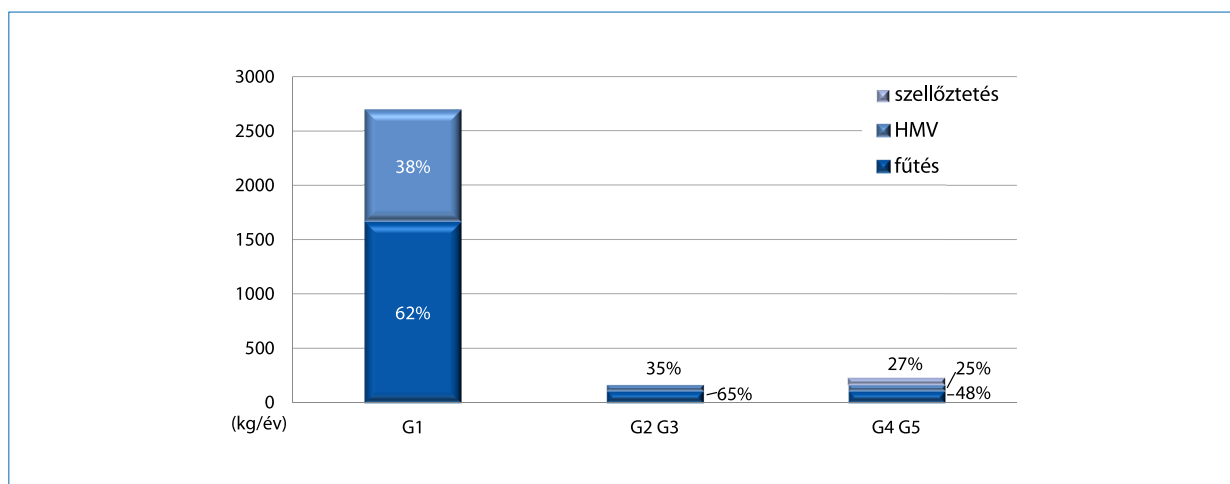
10. diagram Energiafelhasználás eloszlása a különböző épületgépészeti rendszerek esetén

A 9. táblázatban a fenti diagramok számértékeit foglaltuk össze g/m^2 és $\text{kg}/\text{év}$ mértékegységben kifejezve.

A kiadványban megismerhettünk egy átlagon felüli hőszigeteltséggel bíró, rendkívül energiatakarékos könnyűszerkezetes épületet. Az épület rétegrendjei, valamint a csomópontjainak hőhidértékei megközelítik a manapság sokszor emlegetett passzívházak szigorú követelményeit. A szerkezet elsősorban lakossági felhasználásra, lakóházak építésére lett alkotva, de megfelelő tűzvédelmi igazolások beszerzése után középületek tervezői is alkalmazhatják.

A rétegrendek hőátbocsátási értékeit, valamint a hőhidak vonalmenti hővesztéseit közvetlenül fel lehet használni más, de ezzel azonos épületszerkezeti megoldásokkal tervezett épületek energiahatékonysági számításainál is. A kiadványban bemutatott részletesen kidolgozott csomóponti megoldások a tudományos módszerekkel számított hőtechnikai értékeken kívül szerkezettervezőknek és kivitelezőknek kívánnak segítséget nyújtani munkájukhoz.

Az épületgépészeti fejezet részletesen ismerteti a bemutatott mintaépület energiafogyasztását, és elemzi a különböző fokozatú gépészeti rendszerek jellegzetességeit. Az eredményeket grafikonokkal és táblázatokkal igyekeztük átláthatóvá és könnyen érthetővé tenni.



11. diagram A különböző épületgépészeti rendszerek alkalmazása esetén a CO_2 kibocsátás értékei

8. táblázat A hővesztések megoszlása a különböző épületszerkezeteken

	q	Q	E _{fűtés}		E _{HMV}		E _{szellőztetés}		ΣE _{összes}	
	$[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$	$[\text{kWh}]$	$[\text{kWh}/\text{m}^2]$	$[\text{kWh}/\text{év}]$	$[\text{kWh}/\text{m}^2]$	$[\text{kWh}/\text{év}]$	$[\text{kWh}/\text{m}^2]$	$[\text{kWh}/\text{év}]$	$[\text{kWh}/\text{m}^2]$	$[\text{kWh}/\text{év}]$
G1	0,19	6906	66,57	8398	40,42	5099	0,00	0	106,98	13497
G2	0,19	6906	49,26	6215	33,80	4264	0,00	0	83,06	10479
G3	0,19	6906	49,26	6215	15,39	1942	0,00	0	64,65	8157
G4	0,19	3690	30,90	3899	33,80	4264	3,36	424	68,06	8586
G5	0,19	3690	30,90	3899	15,39	1942	3,36	424	49,66	6264

9. táblázat A 0.20 jelű épület CO_2 kibocsátási adatai

	F _{CO2, fűtés}		F _{CO2, HMV}		F _{CO2, szellőztetés}		ΣF _{összes}	
	$[\text{g}/\text{m}^2]$	$[\text{kg}/\text{év}]$	$[\text{g}/\text{m}^2]$	$[\text{kg}/\text{év}]$	$[\text{g}/\text{m}^2]$	$[\text{kg}/\text{év}]$	$[\text{g}/\text{m}^2]$	$[\text{kg}/\text{év}]$
G1	13172	1662	8177	1032	0	0	21349	2693
G2	860	108	456	58	0	0	1316	166
G3	860	108	456	58	0	0	1316	166
G4	860	108	456	58	490	62	1806	228
G5	860	108	456	58	490	62	1806	228

Nem hoztunk ítéletet, csupán lehetőségeket fogalmaztunk meg. Az egyes gépészeti rendszerek beruházási költségei közt akár nagyságrendi eltérés is lehet, ami jelentősen befolyásolja a megtérülési időket. A választást az anyagiak mellett gyakran személyes meggyőződés is befolyásolja, ugyanakkor aki objektív adatok alapján szeret dönteni, annak lehetőséget nyújtunk a teljesítmények összehasonlítására.

Felhasznált szabványok és jogszabályok

MSz EN ISO 6946 Épületszerkezetek és épületelemek. Hővezetési ellenállás és hőátbocsátás. Számítási módszer
MSz EN ISO 10211-1 Hőhidak az épületszerkezetekben. Hőáramok és felületi hőmérsékletek számítása
MSZ EN 13788 Épületszerkezetek hő- és nedvességtechnikai viselkedése
MSZ EN ISO 7345:1997 Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számítása
MSZ-04.140/2:1991 Hőtechnikai méretezés
MSZ-04.140/3:1987 Fűtési hőszükséglet-számítás
7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról
176-2008 (VI.30.) Korm.rendelet az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról
11/2013 (III.21.) NGM rendelet a gáz csatlakozóvezetésekre, a felhasználói berendezésekre, a telephelyi vezetésekre vonatkozó műszaki biztonsági előírásokról és az ezekkel összefüggő hatósági feladatokról, továbbá az e rendelet 2. melléklete (GMBSZ, szabályzat)
MSZ EN 1443 Égéstermék elvezető berendezések. Általános követelmények.
MSZ EN 13384-1,2 Égéstermék-elvezető berendezések. Hő- és áramlástechnikai méretezési eljárások. 1. és 2. rész
MSZ 845:2012 Égéstermék-elvezető berendezések tervezése, kivitelezése és ellenőrzése
MSZ 12623-85 Gáz- és olajtüzelésű berendezések kezelési osztályba sorolása
28/2011. (IX.6.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról
MSZ-CR 1752 Épületek szellőztetése – tervezési kritériumok beltéri környezethez
27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról
MSZ 2364 Épületek villamos berendezéseinek létesítése
312/2012. (XI. 8.) Korm. rendelet az építésügyi és építésfelügyeleti hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről, valamint az építésügyi hatósági szolgáltatásról
4/2002. (II. 20.) SZCSM-EüM együttes rendelet az építési munkahelyeken és az építési folyamatok során megvalósítandó minimális munkavédelmi követelményekről

Felhasznált irodalom

Hantos Zoltán, Karácsonyi Zsolt: Fa bordavázás épület hőátbocsátási tényező számítása I. – Faipar 2007/1-2, 28-32. oldal
Hantos Zoltán: Fa bordavázás lakóépületek energetikai minősítési módszere, és alkalmazása fejlesztési célokra – Doktori értekezés, Sopron, 2008
Hantos Zoltán, Karácsonyi Zsolt: Fa bordavázás épület hőátbocsátási tényező számítása II. – Faipar, 2009/2, 5-10. oldal
Hantos Zoltán, Huszár Gyula, Karácsonyi Zsolt, Lonsták Nóra, Oszvald Ferenc, Szabó Péter: Bevezető a passzívházak világába – ISBN 978-963-334-000-4, Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, 2011
Hantos Zoltán, Karácsonyi Zsolt, Lonsták Nóra, Oszvald Ferenc, Sági Éva, Szabó Péter: Hagyományos, tájjelegű építészeti megoldások energetikai vizsgálata Vas, Zala és Pomurje megyében – ISBN 978-963-334-043-1, Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, 2011
Hantos Zoltán: Könnyűszerkezetes lakóházak hőtechnikai vizsgálata – ISBN 978-963-359-003-4, NymE-FMK Cziráki József Doktori Iskola, Sopron, 2012
Hantos Zoltán, Karácsonyi Zsolt: Lakóépület fűtési energiaigényének modellezése – Faipar 62. évf. (2014), DOI: 10.14602/WoodScience-HUN_2014_21
Bajor Ervin – Épületgépész tanulmányterv a TÁMOP 4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 „Környezettudatos energiahatékony épület” pályázathoz, Budapest, 2014

Kiadó:

Nyugat-magyarországi Egyetem

megjelent elektronikusan

2014, Sopron

ISBN 978-963-334-217-6

ISBN 978-963-334-213-8ö



NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
KIADÓ