



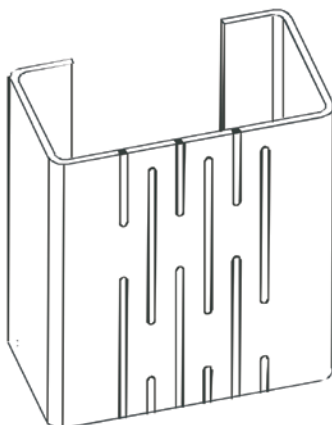
Lindab Construline

Lindab Könnyűszerkezetes falprofilok Alkalmazástechnikai útmutató

Tartalomjegyzék

3

A. Termékleírás	5
1. Felhasználási terület	6
2. Alapanyag (acélmag, horganyréteg)	7
3. Terméklista, geometria	8
4. Szállítási, tárolási előírások	10
B. Általános tervezési kérdések (Dr. Tóth Elek, BME).	13
1. Hő és nedvesség elleni védelem	14
2. Akusztikai viselkedés	23
3. Tűzvédelem	28
4. Korrozíóvédelem	33
Felhasznált szakirodalom	33
C. Perforált profilok hőtechnikai méretezése (Dr. Tóth Elek, BME)	35
1. Előzmény: svédországi tapasztalatok	36
2. A perforált gerincű Lindab-profilok hőtechnikai viselkedése	42
3. A számítási eredmények összefoglalása	46
Felhasznált szakirodalom	48
D. Perforált profilok statikai méretezése (Dr. Ádány Sándor, Dr. Dunai László, BME).	49
1. Bevezetés	50
2. Geometriai és anyagjellemzők	51
3. A méretezési eljárás leírása	53
4. A méretezés végrehajtása táblázatokkal	56
5. Kapcsolatok méretezése	67
Hivatkozások	70
E. Javasolt konstrukciós megoldások (rajzgyűjtemény)	71
1. Perforált gerincű külső falszerkezet (rétegrendek, csomópontok)	72
2. Válaszfali rétegrendek	81



A TERMÉKLEÍRÁS

TARTALOMJEGYZÉK

1. Felhasználási terület	6
2. Alapanyag (acélmag, horganyréteg)	7
3. Terméklista, geometria	8
3.1 Külső falprofilok és tartozékok	8
3.2 Válaszfali falprofilok és tartozékok	9
4. Szállítási, tárolási előírások	10

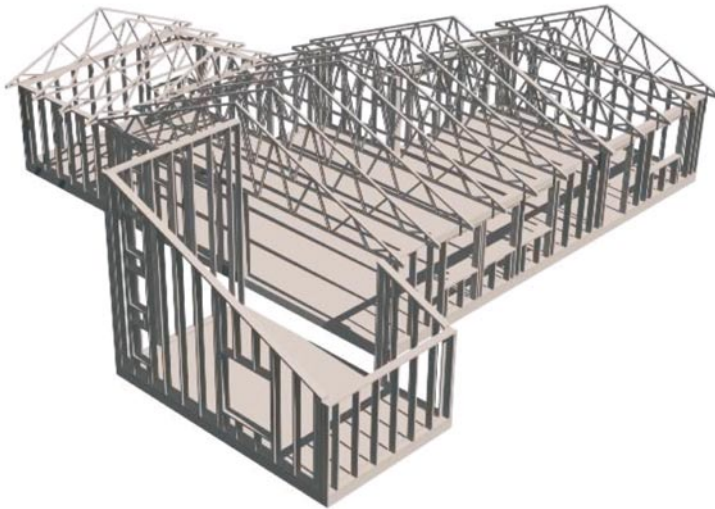
A – Termékleírás

1. Felhasználási terület

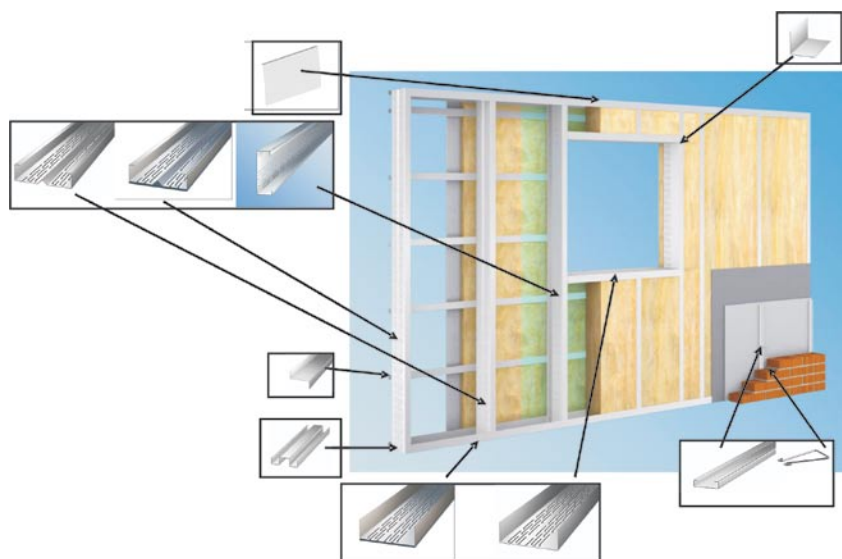
A Lindab által gyártott és forgalmazott falprofilok az alábbi felhasználási területeken alkalmazhatók.

Külső (perforált gerincű) falprofilokból álló falrendszer fő felhasználási területe:

- Egy-, kétszintes könnyűszerkezetes lakóépületek, családiházak függőleges teherhordó és térelhatároló falszerkezetei.
- Többszintes, önálló (acél vagy vasbeton anyagú) főtartó vázrendszerrel rendelkező középületek (irodaépületek, szállodák stb.) kitöltő falai, függönyfalai.



Mindegyik felhasználási területre általánosan igaz, hogy a vékonyfalú acél falvázoszlopok gerinclemezének a „perforációjával”, azaz hosszirányban eltolt keskeny lyukak gyári készítésével nagyon kedvező hőtechnikai viselkedés érhető el, és ezáltal műszakilag és gazdaságilag is optimális szerkezeti rendszer alakítható ki. A falváz-szerkezet mindkét oldala burkolati építőlemez kap (gipszkarton, gipszrost, farost, OSB, acél trapézlemez stb.), amely a fal teherbírását is növeli megtámasztó hatása révén. A belső oldalon egymástól maximum 600mm-re elhelyezett, vízszintesen futó másodlagos tartóváz is kerülhet a burkolólemez alá, így biztosítva megfelelő teret az épületgépészeti szerelvényeknek. Az acél falvázelemek közé szálas hőszigetelő anyag (üvegyapot, kőzetgyapot) kerül. Nagyon fontos a belső („meleg”) oldalon a párazáró fólia elhelyezése, és az egész felület pára- és légzárásának biztosítása.



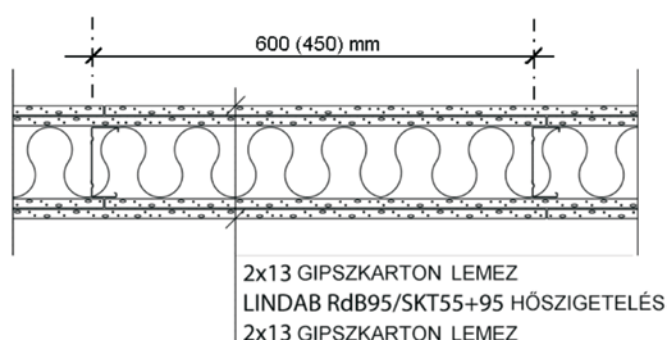
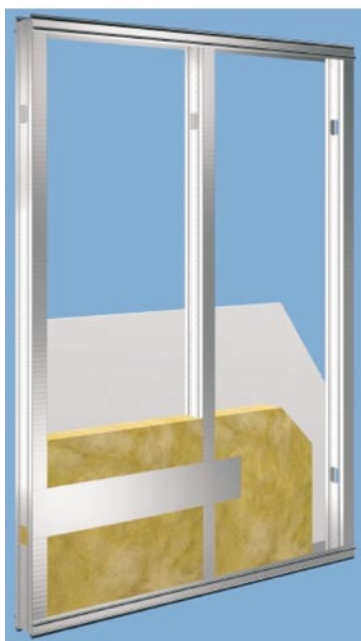
Perforált gerincű acél profilból készült könnyűszerkezetes külső fal

A – Termékleírás

7

Válaszfali profilokból álló falrendszer fő felhasználási területe:

Bármilyen anyagú és szerkezeti rendszerű; egy- vagy többszintes; ipari, köz- és lakóépületek belső könnyűszerkezetes válaszfalainak acél vázszerkezete. Az ilyen könnyűszerkezetes válaszfalak általános érvényű jellemzője, hogy kiváló akusztikai tulajdonsággal rendelkező, könnyen szerelhető szerkezetek építhetők felhasználásukkal.



TŰZÁLLÓSÁG	R'	R'w + C50-3150
EI 60	50 dB	45 dB

Könnyszerkezetes válaszfal

A könnyűszerkezetes falak előnyei:

- Könnyű súly, egyszerű kivitelezés
- Alaktartás, pontos geometria
- Tartós, időálló anyagok
- Száraz építési technológia, gyors építés
- Nagyon jó hőszigetelő képesség
- Kiváló akusztikai, hangszigetelési paraméterek
- Magas teherbíró képesség
- Változatos burkolati rendszerek alkalmazhatók a vázhoz

2. Alapanyag (acélmag, horganyréteg)

A felhasznált alapanyag minden esetben **tűzhorganyzott acél**:








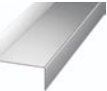





- Külső perforált gerincű falprofilok: **S350GD+Z275** (MSZ EN 10326)
- Válaszfalak, tartozékok: **DX51D+Z100** (MSZ EN 10327)

A jelölésnek megfelelően a külső falprofilokon a cinkréteg 275g/m² (kb. 20 mikron mindkét oldalon); a válaszfali profilok esetén pedig 100g/m² (kb. 7-7,5 mikron mindkét oldalon).

A – Termékleírás



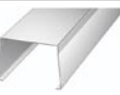
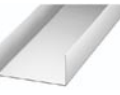
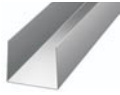
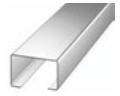
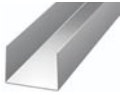
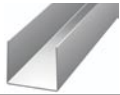
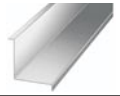


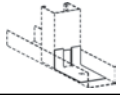
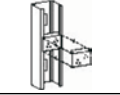
3. Terméklista, geometria

3.1 Külső falprofilok és tartozékok






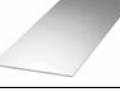
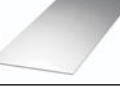
Jel	Ábra	Profil-magasság (mm)	Vastagság (mm)	Öv-méret (mm)	Hossz (mm)	Megjegyzés
FŐ SZERKEZETI ELEMÉK						
HRY-C		100/120/150/200	1,0/1,2/1,5	41/47	1000-13000	perforált gerincű falvázoszlop
C		100/120/150/200	1,0/1,2/1,5	41/47	1000-13000	tömör C-profil szelvényű falvázoszlop (kiváltások esetén)
HSKY-U		100/120/150/200	1,0/1,2/1,5	56/56	1000-13000	perforált sín
TARTOZÉKOK						
ÄÄ		100/120/150/200	0,70	15	X	végmerezítő nyomott falvázoszlophoz
YVX		215/240/290	1,0/1,2/1,5	15/20/25	1000-4000	nyíláskiváltó L-profil elem (burkolattal együtt dolgoztatva!)
LPY		100/120/150/200	0,70	50/50	X	L-profil kapcsolóelem (nyílászáróknál)
L50 / L100		50/100	0,70	12	1000-4000	tartószegély gipszkarton burkolat csatlakoztatásához
RZ		45/50/70/75	0,70	30/30	1000-4000	Z-profil másodlagos falvázgerenda kiegészítő hőszigetelés esetén
RCY		45/50/70/75	0,50	30/50	1000-4000	C-profil másodlagos falvázgerenda kiegészítő hőszigetelés esetén
MSK		27	0,8/1,0		2500	sín téglaburkolat rögzítésére (t=0,8: rozsdamentes)
MK		90/120/150	3,0		X	bekötő karom téglaburkolat rögzítésére (teherbírás: 0,5kN/db; bekötési mélység: min. a falvastagság fele)
B08		4,8x16			X	süllyesztett fejű szerkezeti csavarok
PD10		100/120/145/195			70m	10mm-es polietilén csík a sínhez, szigetelőanyag

A – Termékleírás

3.2 Válaszfali falprofilok és tartozékok

Jel	Ábra	Profil-magasság (mm)	Vastagság (mm)	Öv-méret (mm)	Hossz (mm)	Megjegyzés
FŐ SZERKEZETI ELEMÉK						
RE		45	0,56	34/37	1000-7500	falvázoszlop (akusztikai minta nélkül)
RdB		70/95/120	0,56	34/37	1000-7500	falvázoszlop (akusztikai profilok)
RdBf		70/95/120	0,56	48/48	1000-6000	falvázoszlop, szélesebb övekkel
SK		45/70/95	0,56	30	1000-4200	sín 30mm-es övekkel
SK55		45/70/95/120	0,56	55	1000-4200	sín 55mm-es övekkel
KIEGÉSZÍTŐ SZERKEZETI ELEMÉK						
KR; FR		45/70/95/120	1,00/1,50	41/45	1000-8000	ajtó/kapu tokoszlop
KSK		45/70/95/120	1,00	50/50	1000-4000	sín 50mm övekkel
FSK60		45/70/95/120	1,50	60/60	1000-4000	sín 60mm övekkel
TARTOZÉKOK						
HR		60	0,56	60	1000-4000	sarok-falvázoszlop
PD4		45/70/95			50m	4mm-es polietilén csík a sínhez, szigetelőanyag (40dB alatt)
GT		45/70/95/120			50m 25m	EPDM gumicsík a sínhez, szigetelőanyag (40dB-től felfelé)
FRK		45/70/95/120	1,50	35	X	L-profil kapcsolóelem (KR/FR és KSK/FSK illesztéséhez)
DK		45/70/95/120	0,70	45	X	szerelési segédelem elektromos aljzatokhoz

A – Termékleírás

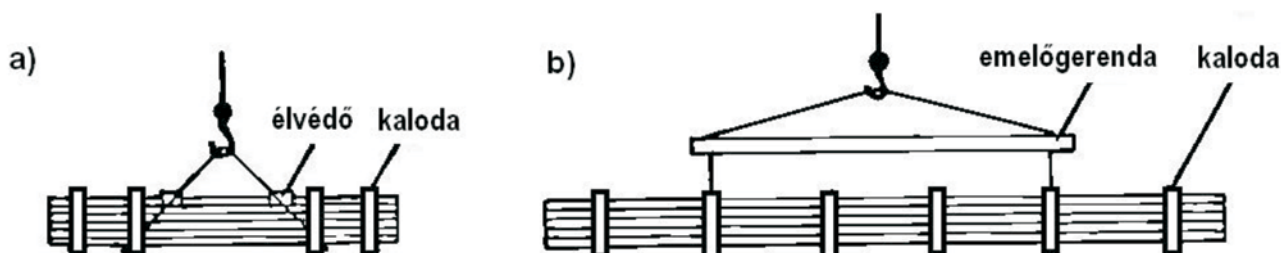
Jel	Ábra	Profil-magasság (mm)	Vastagság (mm)	Öv-méret (mm)	Hossz (mm)	Megjegyzés
LP; KLP		50/55	0,6; 1,00	50/50	1000-4000	sarokelem
HS		29	0,50	29/29	2450-3000	perforált sarokelem
VBA		100/200	0,56	X	50-25m	helyszínen hajlítható sarokelem egyedi szögű falsarkokhoz (tekercsben)
TSKA		10	0,56	60	1000-3000	T-csatlakozó idom gipszkartonlapok sorolásához (takaróléc), PE bevonatos
J		12,5	0,50	13,5/32	2450-3000	peremszegély (horganyzott)
BA		100-170-300	0,56-0,70	X	15-25-50m	síklemeszalag tekercsben
BAD		100	0,56	X	1000-4000	síklemeszalag táblában

A profilok geometriai mérettűrésére, toleranciájára vonatkozóan teljesülnek az MSZ EN 10143 szabvány követelményei.

4. Szállítási, tárolási előírások

A perforált gerincű külső falprofilok szállítására és tárolására ugyanazok a szabályok érvényesek, amelyek az ipari épületek, csarnokok szerkezeti elemeiként használt tüzhorganyzott acél Z/C/U-profilokra vonatkoznak, mivel az alapanyaguk megegyezik (S350+Z275).

A szállításhoz a különböző hosszúságú profilokat fa kalodákkal illetve fémpántokkal, kötelekkel összefogott rakományokba kell rendezni úgy, hogy az összefogás alatt megfelelő faékekkel, élvédőkkel a profilok sérülését, deformációját elkerüljük. A kötegek mozgatásához hevedereket, vagy gumizott emelőkötelet, hosszabb rakomány (8-10m felett) esetén pedig célszerű emelő gerendát alkalmazni. A rakományok mozgatásához kisebb hosszak esetén villástargonca, hosszabb kötegek esetén pedig daru (autódaru) javasolt.



Rakományok képzése kisebb (<8m) és nagyobb (>8-10m) hosszak esetén

A – Termékleírás

11

A tűzhorganyzott acél profilokat a helyszínen száraz, szellőztetett légtérben, lehetőleg hűvös helyen kell tárolni. Óvni kell a profilokat agresszív, korrózió és nedves anyagok, építőanyagok (nyersbeton, mész, habarcs, talaj, savak, vegyszerek, magas sótartalmú anyagok stb.) közelségétől illetve érintkezésétől, sugárzó hő hatásától, valamint a cinkkel együtt kontaktkorróziót okozó más fémektől (pl. réz, ólom). Ügyelni kell arra, hogy se víz, se szennyeződés ne rakódhasson le a profilok felületén. Ennek érdekében a rakományt úgy kell tárolni, hogy hosszirányban enyhe lejtés (min. 2-3%) biztosítva legyen. Horganyzott acélfelületnél előfordul, hogy rövid idejű nedvesség hatás, párakicsapódás esetén ún. fehér rozsdá képződik, amely rövid ideig történő tárolás esetén nem jelent károsodást, de felhasználás előtt el kell távolítani. Szabadban huzamos ideig (3-6 hónap) történő tárolást kerülni kell, az elemeket a szállítást követően legkésőbb 6 hónapon belül mindenképpen be kell építeni.



Rakományok tárolása enyhe lejtés biztosításával

Szerelés közben is ugyanúgy meg kell óvni a profilokat a víztől és más szennyeződésektől. Az építés során esetleg felgyűlt víz távozását is biztosítani kell (pl. az U-sínek oldalán fűrt lyukakon keresztül), illetve a szennyeződésektől meg kell tisztítani a hőszigetelés és a végleges burkolatok elhelyezése előtt.

A **válaszfali profilok** szállításakor is az előzőekben ismertetett módszerekkel kell gondoskodni a rakományképzésről, kalodázásról, csomagolásról. Tekintettel azonban a könnyebb, vékonyabb elemekre, általában kézi erővel is mozgathatóak a rakatok, legfeljebb targonca segítségével. A vékonyabb (0,56-0,60-0,7mm) profilok sérülékenyebbek, nagyobb koncentrált mechanikai hatásokra érzékenyebbek, ezért a csomagolás, a mozgatás és a szerelés fokozottabb figyelmet és óvatosságot igényel, mint a külső falprofilok esetében. A kizárólag beltéri és takart (kétoldali burkolólemezzel ellátott) felhasználás miatt a horganyzott acél alapanyag kisebb cinkréteg-vastagsággal rendelkezik (Z120), ezért a válaszfali profilok kültéri tárolása csak rövidebb ideig (maximum 2-3 hónapig) történhet, a külső falprofiloknál már ismertetett feltételeket (nedvesség és korrózió anyagoktól való távoltartás, lejtésben tárolás stb.) betartva, és igyekezni kell a rakományokat minél előbb zárt helyre juttatni és szétbontva tárolni. A szállítástól számított 6 hónapon belül történő végleges, terv szerinti beépítés a válaszfali profiloknál is követelmény.

B

ÁLTALÁNOS TERVEZÉSI KÉRDÉSEK

(Közreműködött: DR. TÓTH ELEK, BME)

TARTALOMJEGYZÉK

1. Hó és nedvesség elleni védelem	14
1.1 Téli hőszigetelés	14
1.1.1 A hőhidak elkerülése	14
1.1.2 Szélmentesség és légzárás	16
1.1.3 Energiatakarékosság	17
1.2 Nedvesség okozta károk	18
1.2.1 A szerkezet átszellőztetése	20
1.2.2 Felületi páralecsapódás kialakulása	20
1.2.3 Páralecsapódás kialakulása egy elemen belül – páraeringés	20
1.3 Nyári hővédelem	20
2. Akusztikai viselkedés	23
2.1 Akusztikai alapfogalmak	23
2.2 Réteges szerelt falak	25
2.3 Léghang csillapítása könnyű acélszerkezetű épületben	25
2.3.1 Rugalmas burkolat készítése nagy tömeg/felület arányú anyagból.	25
2.3.2 A kétoldali burkolólemezek kapcsolásának elkülönítése	25
2.3.3 A burkolólemezek közötti tér hőszigetelése	26
2.4 Könnyű acélszerkezetű padlók	26
2.5 A hang kerülőutas terjedése.	27
2.6 A szerkezeti elemkapcsolatok helyes kialakítása.	27
3. Tűzvédelem.	28
3.1 Könnyű acélszerkezetű építés anyagainak tűzzel szembeni ellenállóképessége	28
3.2 A tűzállósági határérték meghatározása	29
3.3 A falak tűzzel szembeni teljesítménye	29
3.3.1 Teherhordó falak és válaszfalak	29
3.3.2 Tűzfalak	30
3.3.3 Elektromos berendezések a falakban függőleges és keresztirányú gerendáknál	31
3.4 Acélgerendás födémek tűz elleni védelme	31
3.4.1 Tűz elleni védekezés a födém alsó oldalán.	32
3.4.2 Tűz elleni védekezés a födém felső oldalán	32
3.4.3 Összetett építőelemek tűzvédelmi teljesítménye	32
3.4.4 Az egyes elemek közötti kapcsolat és a berendezések elhelyezése	32
4. Korrózióvédelem	33
Felhasznált szakirodalom	33

B

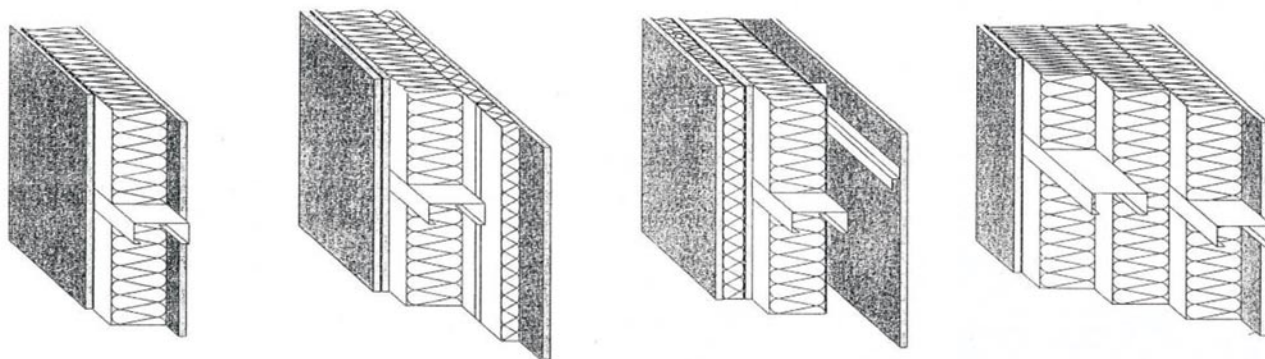
ÁLTALÁNOS TERVEZÉSI KÉRDÉSEK

(Közreműködött: DR. TÓTH ELEK, BME)

A magyarországi Lindab Kft. perforált gerincű acél C- ill. U-profiljainak gyártása megteremti a lehetőséget a könnyűszerkezetes belső és külső térelhatároló, térelválasztó falak széleskörű alkalmazására. Ennek érdekében, a tervezési-kivitelezési hibák elkerülésére célszerű áttekinteni a témakör külföldi szakirodalmát, illetve az abból levonható tapasztalatokat.

1. Hő és nedvesség elleni védelem**1.1 Téli hőszigetelés**

A könnyű acélszerkezetes épületek külső falszerkezeteiben az elsődleges hőszigetelő réteg a teherhordó bordák (falvázoszlopok) között helyezkedik el. A tartóbordák közötti teret a hőhidak és hőáramlások elkerülésére hőszigetelő anyaggal kell kitölteni. Az acél tartóelemek közti beépített hőszigetelést hőhid-hatás megakadályozására sok esetben egy újabb réteg külső és/vagy belső oldali hőszigetelés egészíti ki (1. ábra).



1. ábra. Külső falak rétegváriációi könnyű acél tartóvázzal

Az alacsony energiájú házak energetikai követelményeinek a könnyű acélszerkezetes épületek majdnem minden esetben megfelelnek. A passzív házra vonatkozó követelmények teljesülésére elegendő például egy további külső hőszigetelő réteg elhelyezése.

A könnyű acélszerkezetek vékonyabb falvastagságuknak köszönhetően ily módon 5-10%-os alapterületi nyereséggel és ugyanolyan hőszigetelési tulajdonságokkal rendelkeznek, mint a szilikát rendszerek.

1.1.1 A hőhidak elkerülése

A könnyű acélszerkezetes épületek fentiekben vázolt hőszigetelő képességének biztosításához elengedhetetlen a kapcsolatok hővédelmének részletes és aprólékos átgondolása.

A hőhidakat teljes mértékben el kell kerülnünk a hőveszteség mérséklése és a fűtési idényben a hideg felületeken a pára lecsapódásának megelőzése érdekében. A hőhidak főleg a sarkokban, a szerkezeti csatlakozásoknál (geometriai hőhidak), a merevítések környezetében és a nagy hőveszteségű elemeknél (a hőhid az anyag hővezető tulajdonságának köszönhető), valamint a külső köpeny-hőszigetelések tömítési hiányosságainál (konvencionális hőhidak) jelentkeznek.

A hőhid hatása közvetlenül a közeli terület hővezetési tényezőjétől függ. Minél kisebb a teljes panel hővezető képessége, annál nagyobb a veszteség a hőhídon keresztül, és annál jobban lehet érezni a negatív hatását.

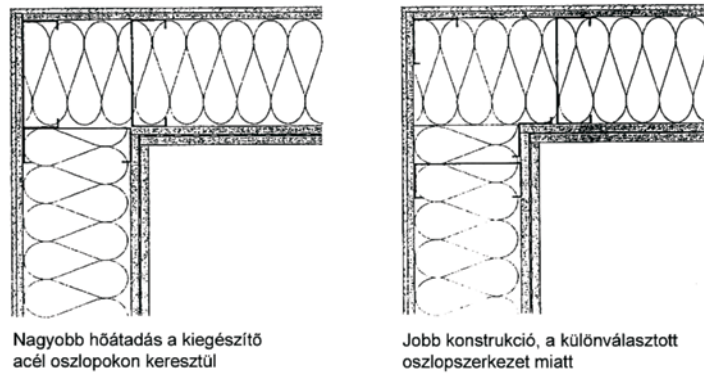
Mivel az acél nagy hővezetési tényezővel rendelkezik, a külső szerkezetek (tetőgerendák, merevítő elemek) keresztmetszeteinek külső oldali hőszigetelését rendkívül gondosan kell megoldani, hiszen ezek mind lehetséges hőhidak.

A keresztirányú (átfutó) acélelemeket teljes mértékben el kell kerülni.

A szerkezet keresztvezető elemeinek környezetében a belső hőszigetelésben a hőmérséklet harmatpont alá eshet. A statikai merevítések elemei, a csavarlekötések vagy a merevítő lemezek szintén alacsonyabb felületi hőmérsékletet okoznak.

B – Általános tervezési kérdések

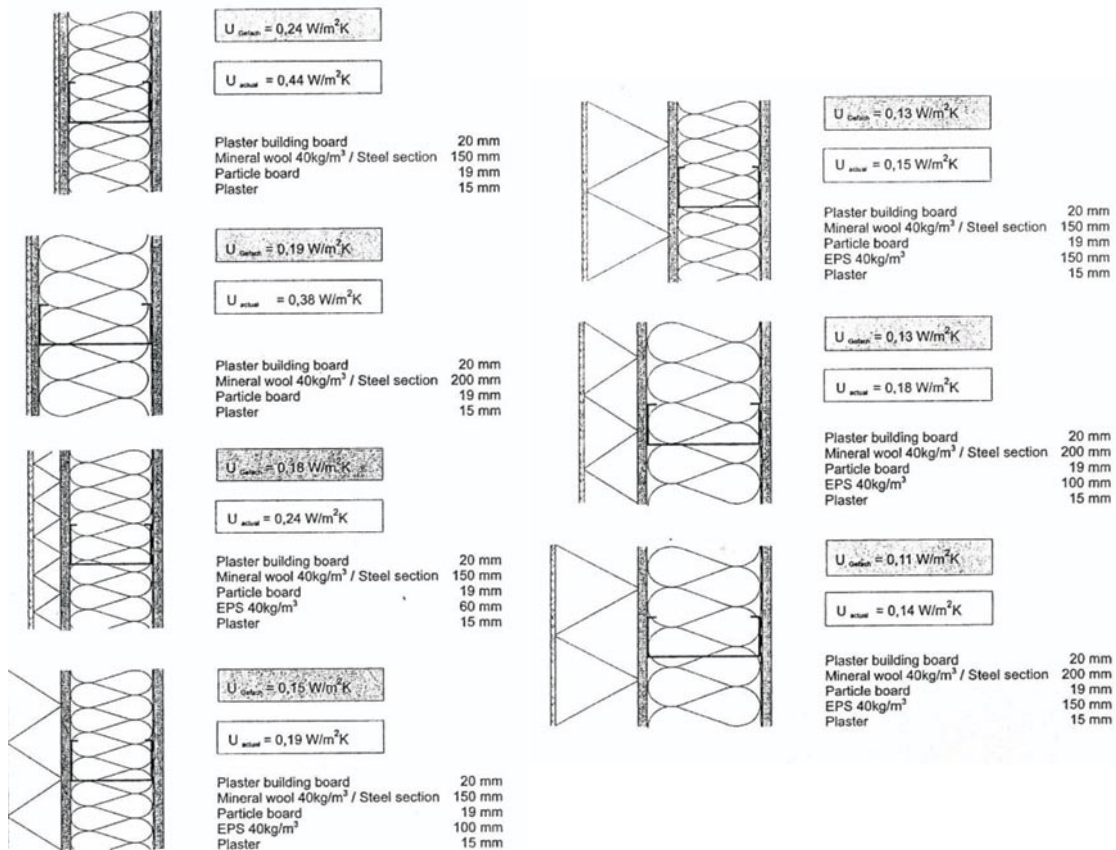
Az alábbi 2. ábra a geometriai és konstrukciós hőhidak kialakulásának megelőzési lehetőségére ad példát.



2. ábra. Anyagi és geometriai hőhid szuperponálása

Az épületszerkezetek és falak hőellenállása és transzmissziós hőátbocsátási tényezője kiszámítható az EN ISO 6946 szabvány alapján. Ez a szabvány homogén falakra érvényes, és meghatároz egy heterogén rétegekből álló falakra vonatkozó módszert is. Nem érvényes arra az esetre, amikor az acélszerkezet átmegy a hőszigetelésen.

A hőhidak az EN ISO 10211 szabvány által meghatározott 3D végeeselemes módszerrel számíthatók. Gyakorlatban ez a számítás csak akkor végezhető el, ha az acél keresztmetszetek és a belső üregek kitöltéséhez használt hőszigetelés közötti hőátbocsátási tényező aránya megközelítőleg 1/5. Ez könnyen elérhető a fal kibélelésével és egy külső hőszigetelés alkalmazásával.

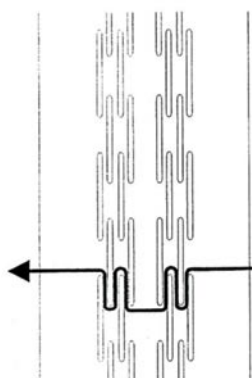


3. ábra. Acélszerkezetű hőhidak hatása a falszerkezetben (példák külföldi irodalomból)

B – Általános tervezési kérdések

A 3. ábra az acélszerkezetek okozta hőhidak hatását mutatja be különböző szerkezetek és különböző hőszigetelési vastagságok esetén. Ha hőhíd megszakító merevítéseket kiegészítő hőszigetelési rendszerrel együtt használunk, még jobb hőszigetelési értéket érhetünk el a teljes falfelületre vonatkozóan. Egy 60 mm-nél vastagabb és $0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ hővezetésű külső hőszigetelés a hőhidak hatását eléggé lecsökkenti ahhoz, hogy kizárja a harmatponti hőmérséklet kialakulását a belső rétegben.

Az indokolt helyeken a szerkezet magasabb hőszigetelési szintjének elérése érdekében hőhíd megszakító elemeket kell alkalmaznunk. Az acél tartóborda szelvények gerinclemezét (amelyek általában kisebb mechanikai igénybevételeknek vannak kitéve) a hővezetés csökkentése érdekében függőleges perforációkkal láthatják el. Az egymáshoz képest lépcsőzetesen eltolított perforációk lecsökkentik a hővezetést. A nyílások és a gerinc hosszának következtében a hő által megtett út akár meg is háromszorozódhat, amint azt a következő 4. ábra mutatja. Ez jelentősen lecsökkenti a hőterjedést.



4. ábra. A perforált profil keresztmetszetén átfolyó hőáram útja

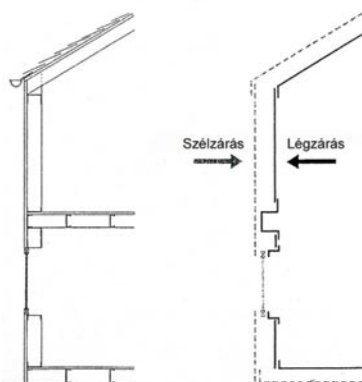
1.1.2 Szélmentesség és légzárás

Az épületek szélmentessége és légzárása kritikus szerkezeti tulajdonság, hibája messzemenő következményekkel jár, amely kihat a belső tér légkörére, az építési hibákra, a belső légminőségre és az energiamérlegre.

Légzárás alatt a légnyomáskülönbség következtében kialakuló légáramlatok csökkentését értjük. El kell kerülni a levegőnek a helyiségeink és a külső tér közötti ki-be mozgását. Általános szabályként elmondható, hogy a párazáró fóliák a hőszigetelés belső oldalán helyezendők el.

Akkor beszélhetünk szélmentességről, ha meg tudjuk akadályozni a külső levegőnek a hőszigetelő rétegekbe vagy a szerkezet belső tereibe való beáramlását, és ezáltal az ott kifejtett negatív hatását.

A külső köpeny-hőszigetelés külső oldalát ezért szélzáró membránnal zárjuk le (a beépített tetőtér páraáteresztő alátétfedéseihez hasonlóan). Természetesen $S_{d,külső}$ kisebb legyen, mint $S_{d,belső}$ (5. ábra).



5. ábra. A szélmentesség és a légzárás közötti különbség

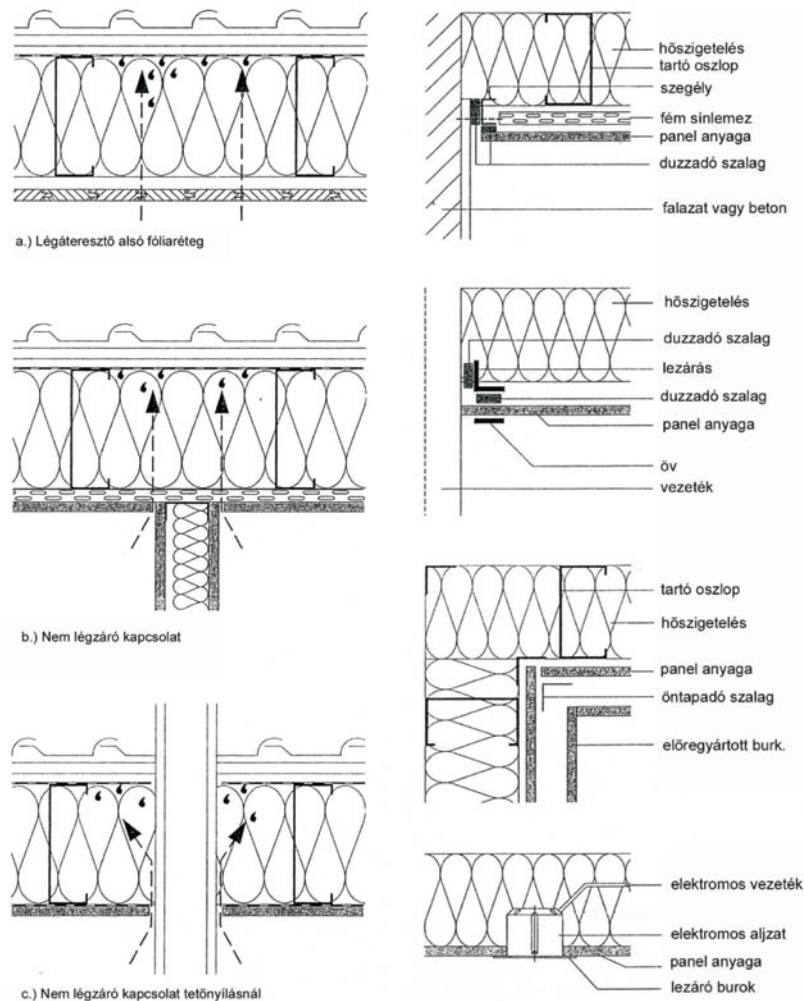
B – Általános tervezési kérdések

A külső levegő belső térbe való beáramlását megakadályozó elemek hiányában kellemetlen huzat-hatás alakulhat ki. A hideg levegő a padlószinten gyűlik össze, hűti a lakók lábát, és jelentős hőmérsékletkülönbséget okoz a szoba alsó és felső szintje között.

A kiváló belső légállapot biztosításához elengedhetetlen tehát a légzáró réteg alkalmazása. Ez valóban segít a szomszédos lakásokból beáramló kellemetlen szagok, az alagsorból feljövő nedves levegő, vagy a finom porrészecskéket és más szennyeződésekkel tartalmazó légáramlatok kizárásában.

1.1.3 Energiatakarékosság

A burkolólemezek közé elhelyezett hőszigetelés, vagy a dupla belső faltérbe beépített hőszigetelő paplanok, falburkolatok és tapéták továbbá tömítések nem légzáróak. Ezek a hiányos kapcsolatok (hőáram okozta hőhidak) a felületi csatlakozásoknál a külső és belső tér között nem ellenőrizhető légcserét eredményeznek. A külső légzárás hibája miatt a kültéri levegő bekerül a falszerkezetbe, ahol az esetleges belső lemezek hiányos lezárásán, vagy két elem közötti hiányos kapcsolaton keresztül a belső térbe juthat (6. ábra). Ugyanígy a belső meleg levegő is kiáramolhat, ami jelentős hővesztéssel jár. Ennek megakadályozására a szerkezet belső oldalát pára- és légzáró réteggel kell ellátnunk. Ennek hiányában a páratel meleg levegő kondenzációja tönkreteszi a szerkezetet. Másrészt a szálal hőszigetelő anyagokat a külső oldalról beáramló levegő folyamatosan szellőzteti, amitől hőszigetelő képességük lecsökken.



6. ábra. Légzárási problémák szerelt tetőknél

7. ábra. Légzáró csatlakozások kialakítása

Jó megoldás, ha a teljes épületet külsőleg körbehőszigeteljük, mert a hiányos csatlakozásoknál fellépő hővesztések arányában nagyon jelentősek, nagymértékben befolyásolják az energiamérleget. A veszteségek lehető legnagyobb mértékű csökkentése érdekében a pára- és légzáró fóliák csatlakozásait és csatlakozásait a lehető legpontosabban kell kialakítani (7. ábra).

B – Általános tervezési kérdések

A jól hőszigetelt házakban higiéniai szempontból alapvető feltétel a friss levegő bevezetéséről gondoskodó ellenőrizhető légcserélő berendezések beszerelése.

1.2 Nedvesség okozta károk

Amennyiben a belső fólia nem tökéletesen lég- és párazáró, a légáramlattal meleg levegő és pára juthat a szerkezet külső részeihez (6. ábra). Az épületszerkezetekben bennmaradó nedvesség a későbbiekben számos gondot okozhat a szerkezetben, pl. korróziót, penészesedést, gombásodást és még jó néhány előre nem látható fizikai kárt. A szerkezetben belüli páralecsapódást teljes mértékben el kell kerülni, mert károsító hatása hosszú ideig látható marad.

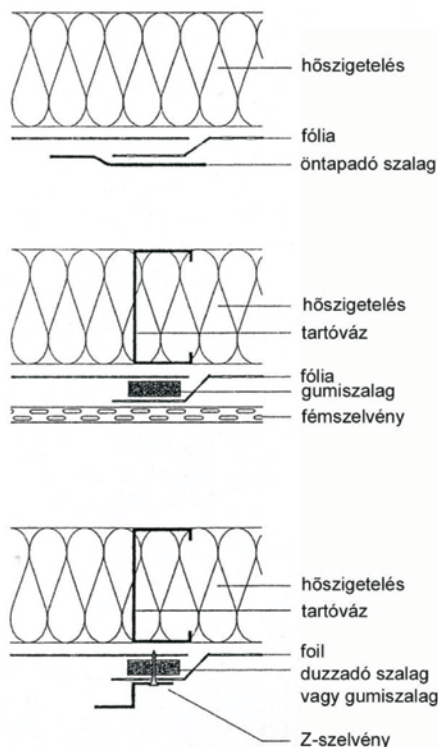
A légáramlásból kiváló nedvességtartalom mértéke számottevően nagyobb, mint a diffúzió, mert az áramló levegő gőztartalma lényegesen magasabb.

Egy szomszédos épületszerkezettel való kapcsolat csak akkor lehet tartós, ha rugalmas anyaggal (membrán) készül. Ez úgy érhető el egyszerűen, ha a szerkezet például kéthéjú burkolattal körbevet.

A belső kéreghéj anyagaként a gipszkarton lapok alkalmazása előnyösebb, mint a fa vagy műfa lemezeké. A falemezekkel összehasonlítva a gipszkarton több előnnyel is rendelkezik: minimális a zsugorodása és 0,02% alatti a hőtágulási tényezője. Ennek tudatában ilyen szilárd első réteg beépítése fontos a szél és a légzáró réteg kialakítása szempontjából is. Könnyűszerkezetes épületeknél ugyanis a légzárás elleni védelem sokkal nagyobb jelentőségű, mint a hagyományos szerkezeteknél.

Ha vékony fóliát (párazáró, párafékező fóliát) alkalmazunk a légzárás biztosítására, néhány tervezési szempontot figyelembe kell vennünk:

- A vízszintes csatlakozási hézagok elkerülésére a fóliát szélteben átlapolással kell fektetni. A tetőknél a fólia gerinctől az ereszig folyamatos kell legyen.
- Legalább 100 mm-es átfedést kell biztosítani a vízszintes csatlakozásoknál (8. ábra).



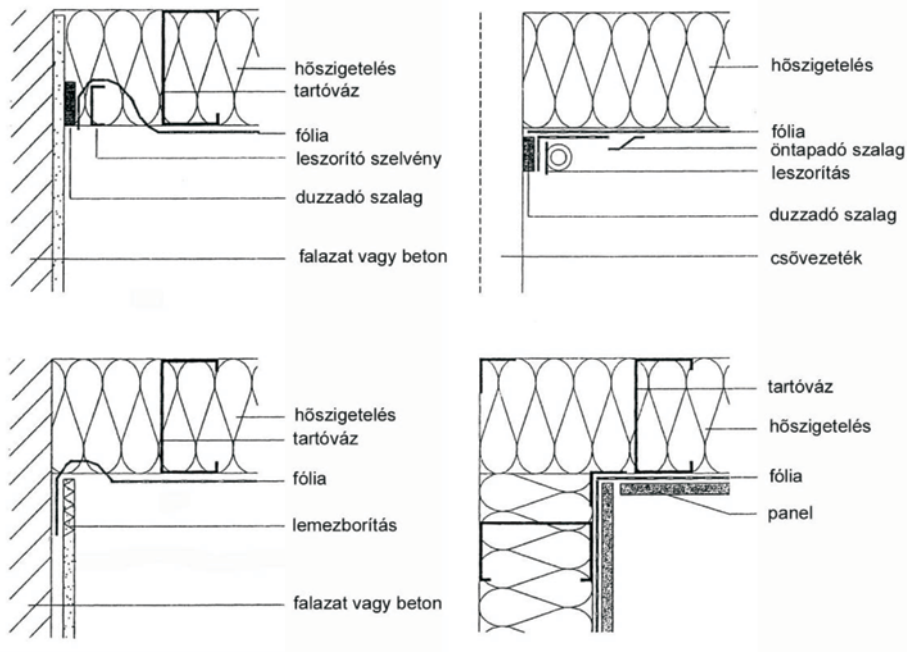
8. ábra. A légzáró fóliák toldása

A szakszerű toldás kialakításához a gyártó által ajánlott egy-, vagy kétoldalas öntapadó szalagok használatosak. Az átlapolási szélesség minden esetben biztosítandó. Merev hőszigetelés vagy fólia esetében lebegő kötés, vagy olyan ragasztószalag használható, ami adott nyomóerő hatására lehetővé teszi az illeszték mozgását.

B – Általános tervezési kérdések

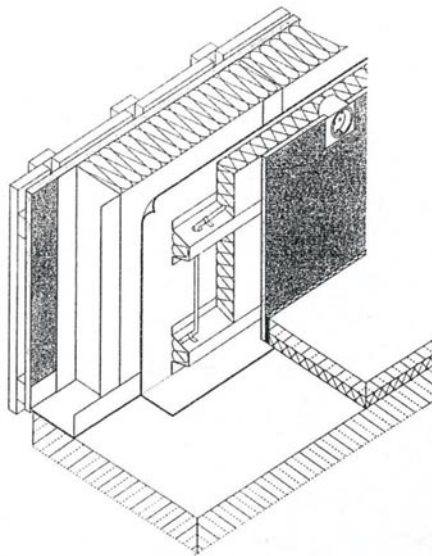
19

Az egymás melletti szerkezeti elemek találkozásánál a fóliaréteget teljes hosszon le kell ragasztani, vagy hozzá kell szorítani a fogadó szerkezethez (9. ábra).



9. ábra. Légzáró fóliák csatlakoztatása a szomszédos szerkezetekhez

További figyelmet igényelnek az összemetsződések, az elektromos szerelvények kapcsolói, a gépészeti csövek átvezetései, a fűtőberendezések, ajtókeretek. Szendvicsszerkezetek esetén az elektromos és szaniter berendezések – függetlenül a munka minőségétől – áttörik a lezárt felületet, és kapcsolatot hoznak létre a szerkezet belső terével. Ezért a csatlakozást légmentesen tömíteni kell (10. ábra).



10. ábra. Belső szerelő légréssel ellátott szerkezet zavartalan légzéssel

B – Általános tervezési kérdések

Az alábbi intézkedések biztosíthatják a teljes légzárást könnyűszerkezetes acél épületek esetén:

- a szél- és légzárás szerkesztési szabályainak figyelembe vétele a levegő külső kérgen való bejutásának elkerülésével; ez történhet bizonyos szerkezetek (pl.: erkélyek) leválasztásával;
- légzáró réteg kialakítása a lemezek leragasztásával és a rétegek minimum 100 mm-es átlapolásával;
- nagy tekerccsszélességű fólia beépítése, ami lecsökkenti a csatlakozások számát;
- az áttörések környezetének gondos eldolgozása (például az átmenő vízvezetékknél);
- szendvicsszerkezetek részére tervezett különleges csatlakozóelemek használata (mint például tetőtéri ablak csatlakozása a vízhatlan réteggel, vagy az elektromos szerelvényekkel való csatlakozás);
- a belső oldali szerelő légrés alkalmazása egyszerű és megbízható módszer a párazáró réteg károsodásának megelőzésére.

Ha a légmentesen lezárandó tér túl sok áttörést tartalmaz a csatlakozó konzolok (pl.: erkélyek, árkádok), valamint a kiugró talpszeelemenek és szarufák miatt, nehéz tartós és korszerű lég- és vízzáró felületet kialakítani.

Ezért nem javasoltak a hagyományos építésmódban alkalmazott szerkezetek a könnyű acélszerkezetek esetére: ilyenkor ezeket a szerkezeteket ajánlott a hőhátartás szempontjából sokkal előnyösebb megoldással helyettesíteni!

Ha üzemben előregyártott elemeket használunk, az így felállított épületnek, vagy épületrészeknek sokkal több csatlakozási csomópontja lesz, mint a hagyományos szilikát épületeknek. A függőleges csatlakozásokat a tervnek tartalmaznia kell, szél- és légzárónak kell lenniük, a helyszínen kifogástalanul kell összeszerelni őket.

1.2.1 A szerkezet átszellőztetése

Könnnyűszerkezetes acélszerkezetű épületeknél, szemben a hagyományos épületekkel, a külső részekben különleges figyelmet kell fordítani a levegő keringetésére. Minden elem párazáró rétegét a belső téri oldalon kell elhelyezni a páralecsapódás megelőzése érdekében.

1.2.2 Felületi páralecsapódás kialakulása

Amikor a helyiségen belül páratartalom szintje hirtelen megnő, egy abszorbens belső burkolat – például a gipsz és a fa –, megelőzheti az épületen belüli páralecsapódást. Ahhoz, hogy ezeknek a burkolatoknak megmaradjon a nedvességfelszívó tulajdonságuk, kizárólag csak mikro-pórusú anyagokkal vonhatjuk be azokat. Ezekon a felületeken elképzelhetetlen a pillanatnyi páralecsapódás megjelenése, hiszen ezek az anyagok a levegő nedvességtartalmát magukba szívják, és csak hosszú idő múlva adják le.

A belső falon kialakuló páralecsapódás elkerülésére normál klímaviszonyok között ajánlatos legalább 13°C-ot biztosítani a fal felületén. Az EN ISO 13788 szerint az épület belső felületénél kialakuló páratartalom nem lehet több 80%-nál (MSZ 04-140-2:1991 szerint a megengedett érték 75%). Tapasztalati javaslat a keretek felső részénél jelentkező elszíneződések megelőzése érdekében: a keret körüli felület és a többi rész közötti hőmérsékletkülönbség ne haladja meg az 5°C-t.

1.2.3 Páralecsapódás kialakulása egy elemen belül – párakeringés

A beépített elemeknek általában épületfizikai tervezésen alapuló teljesítmény- igazolással, vagy a gyártó által kiállított bizonyítvánnyal kell rendelkezniük.

Ha ezek a számítások páralecsapódási kockázatot mutatnak, a szerkezetet az alábbiak szerint kell módosítani:

- a kondenzációval fenyegető réteget át kell szellőztetni;
- párazáró réteg beépítése szükséges a szerkezet meleg (belső) oldalára.

Általánosságban a külső paneleknél nem alakulhat ki páralecsapódás, ha az alábbi szempontokat betartják:

- megfelelő hőszigetelés;
- megfelelő diffúziós ellenállású belső réteg (párazáró réteg) a külső burkolat egyidejű szellőztetésével.

1.3 Nyári hővédelem

Az épület tervezésénél a nyári hőmérsékletet is figyelembe kell venni az erős napsugárzás, valamint a külső magas hőmérsékletből adódó kellemetlen belső hőmérséklet elkerülése miatt.

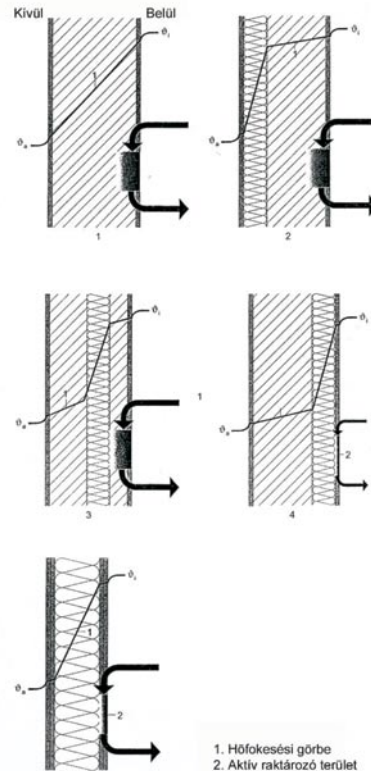
Az épület a napenergia révén kap hőt. Ez igaz a tömör falú épületekre éppen úgy, mint a könnyűszerkezetesekre. A napsugarak áthatolnak a transzparens szerkezeteken – például az ablakokon –, és hőenergiává alakulnak. Ezért ez az elsődleges oka egy szoba hőmérséklet-emelkedésének. De az épületszerkezetek nagy mennyiségű hőt raktározhatnak közvetlen sugárzás nélkül is diffúzió vagy visszaverődés következtében (11. ábra). Az elégtelen hőszigetelés, az ablakok előtti hiányzó vagy nem megfelelő napvédelem, valamint a hibás szellőztetés következtében magas belső hőmérséklet alakulhat ki.

Egy épületben kialakuló magas hőmérsékletet az alábbiak okozhatják:

- az üveg magas összenergia-átbocsátási tényezője;
- az ablakok mérete és tájolása;
- a nyílászárók nap elleni külső és belső védelmének hiánya;
- a szoba szellőztetési lehetőségei, különösen az éjszakai szellőztetés ellehetetlenülése;
- a szerkezeti elemek kis hőtehetetlensége;

B – Általános tervezési kérdések

- a külső szerkezetek anyagainak kedvezőtlen hővesztési tényezője;
- a külső szerkezetek fáziseltolása és csillapítása.



11. ábra. Építőanyagok eltérő hőtárolási viselkedése

A helyesen hőszigetelt házban a nappali és éjszakai hőmérséklet közti különbség minimális. Ezért a hőtároló képesség korlátozott és gyakran túlbecsült, mert berendezési tárgyak (bútorok, lépcsők, falburkolatok) leronthatják a hőtároló képességet. A hőtehetetlenség alacsonyabb a könnyűszerkezetes acélfalaknál, mint a tömör falaknál, ami részben jobb hőszigeteléssel kompenzálható. A tehetetlenség hatékonyságát illetően azonban figyelembe kell veyük, hogy a masszív falaknál csak egy 6-10 cm-es réteg aktív a nappali-éjszakai időszakok váltakozás során, és a hőmérséklet csökken a fal felületétől a belseje felé. Egy szoba nyári felmelegedésének legalapvetőbb forrása az üvegfelületek mérete és tájolása. Meg kell akadályoznunk a hőenergia ily módon való bejutását, és ha már bejutott, valahogyan ki kell vezetnünk onnan. Az EN 832 szabvány G függeléke segítséget nyújt a szoláris számításhoz egy olyan módszerrel, ami az elhárítandó energia kiszámítását teszi lehetővé.

A 7/2006(IV.24.)TNM rendelet a nyári sugárzási hőterhelést az alábbi képlettel számolja:

$$Q_{sd,nyár} = \sum A_{ü} \cdot I \cdot G_{nyár}$$

$$A_{ü} = 0,75 A_{nyz}$$

I : tájolásfüggő sugárzási intenzitás

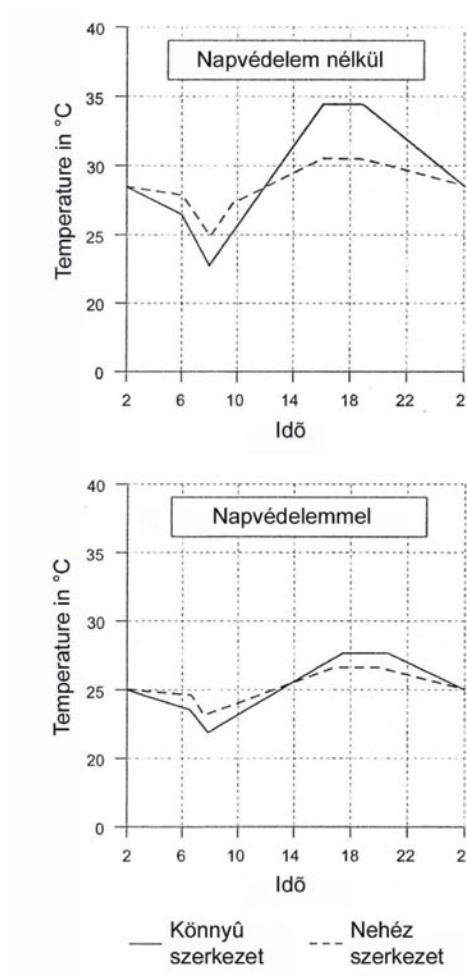
$$G_{nyár} = g \cdot N \text{ (ahol N a naptényező)}$$

B – Általános tervezési kérdések

Szerkezeti ajánlások

A tervezés során ellenőrizendők az alábbi tényezők (fontossági sorrendben):

- a szoláris sugárzás intenzitásának csökkentése az üvegfelületeken (tervezés, tájolás, szoba geometriája, árnyékolók beépítése, üveg tulajdonságai), ld. a 12. ábrát;
- megfelelő hőszigetelés,
- az összes helyiségben a hűtő- és fűtő berendezések méretének optimalizálása (csökkenteni a belső hőtermelőket nyáron, összetett rendszer létesítése, mely meleget és hideget is tud termelni);
- a légcserélő beállítása a külső hőmérséklethez és a külső-belső klímaviszonyokhoz (keresztthuzat és különösen éjszakai szellőztetés);
- az összenergia-átbocsátási tényező és a minden szerkezeten átsugárzott hővel kapcsolatos hőtehetetlenség optimalizálása.



12. ábra. Árnyékolás hatása az ablakfelületeken az épület felmelegedésére

Az alapvető feltétel, amennyire csak lehet a hő beáramlásának megakadályozása és a bejutott hő kivezetése.

A természetes szellőzés hatását olyan készülékkel kell javítani, amely a keresztthuzatot nem gátolja. Fontos a hatékony természetes éjszakai légmozgás. Ezekkel a szabályokkal kombinálva a könnyű acélszerkezetű épületek jó klímaviszonyokat kínálnak.

A könnyűszerkezetes épületek átlagos a hőmérséklete 0,5-1 K-el magasabb a tömör falas épületek átlaghőmérsékleténél, de az árnyékolók beépítése hatékonyan lecsökkentheti a hőmérsékletet.

B – Általános tervezési kérdések

2. Akusztikai viselkedés

2.1 Akusztikai alapfogalmak

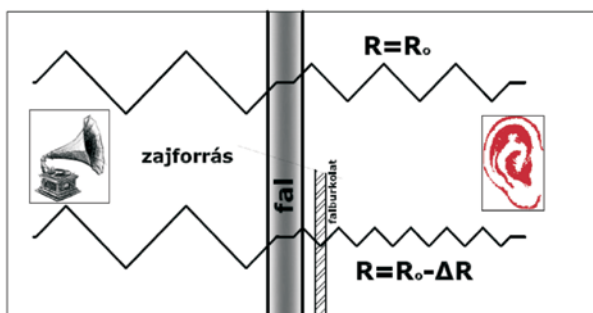
Az épületszerkezetek tervezése, kivitelezése esetén az alábbi fontosabb akusztikai fogalmak értelmezésére lehet szükség:

- A **hangelnyelési tényező** (α) mely ugyanabban a helyiségben lévő zajforrás esetén a falburkolat, padlóburkolat, vagy álmennyezet felületére érkező hanghullámok elnyelésének mértékét adja meg.
- A **léghanggátlási szám** (R), mely két különböző tér közötti fal, födém, vagy nyílászáró önállóan, vagy kiegészítő szerkezetekkel (burkolat, álmennyezet, stb..) együtt mérhető lég-hanggátló képességét jellemzi
- A **lépéshangnyomásszint** (L_n), mely két, egymás fölött elhelyezkedő helyiségnél a felső helyiségben működő kopogó zajforrás hatására az alsó szinten a födém által önállóan, vagy a kiegészítő padlóburkolattal és álmennyezettel együttesen biztosított lépéshanggátló képességet jellemzi

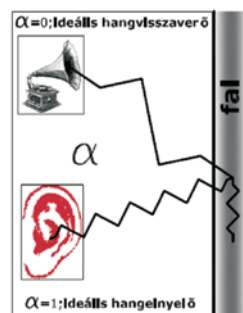
A különböző épületszerkezetek esetén a következő táblázatban összefoglalt akusztikai jellemzők lehetnek fontosak:

ÉPÜLETSZERKEZET	AKUSZTIKAI JELLEMZŐK				
	R	ΔR	L_n	ΔL_n	α
Falak (teherhordó fal, válaszfal, homlokzati fal, belső fal, falazott vagy szerelt falak)					
Falburkolatok					
Födémek (épületen belül)					
Álmennyezet					
Padlóburkolatok (lágy, kemény, hajlékony, úszó)					
Ablakok, ajtók (belső, erkély, bejárati)					

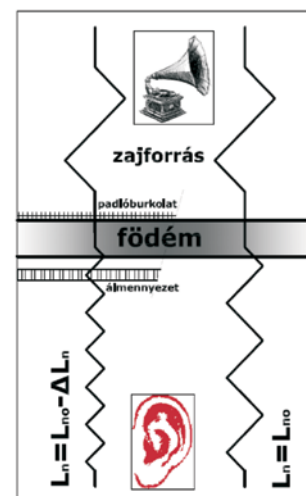
ahol: R = léghanggátlási szám
 ΔR = léghanggátlási szám változása (javulás, csökkenés)
 L_n = szabványos lépéshangnyomásszint
 ΔL_n = szabványos lépéshangnyomásszint változás (csökkentés)
 α = hangelnyelési tényező



A léghanggátlási szám (R) értelmezése



A hangelnyelési tényező (α) értelmezése



A lépéshangnyomásszint (L_n) értelmezése

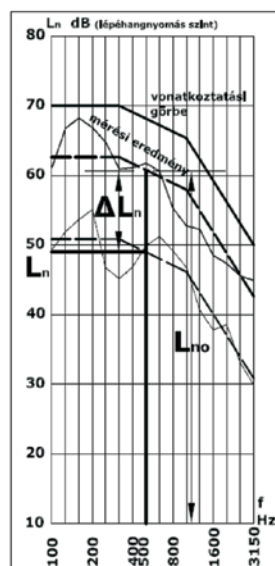
B – Általános tervezési kérdések

A súlyozott lépéshangnyomásszint és a súlyozott léghanggátlás fogalma

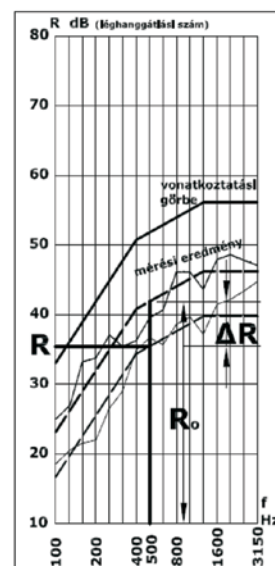
A gyakorlatban a lépéshangnyomásszint, illetve a léghanggátlás mértékét egyszerűsített módon, egyetlen mérőszámmal adják meg. Mindkét esetben egy meghatározott alakú „vonatkoztatási görbét” mozgatnak a függőleges tengely mentén mindaddig, amíg az a legjobban illeszkedik a ténylegesen mért, vagy számított akusztikai görbére. Ebben a helyzetben az 500 Hz-es középfrekvenciához tartozó ordináta lesz a súlyozott akusztikai érték, melyet az alsó indexben szereplő „w” jelzéssel különböztetnek meg a tercsávonkénti értékektől.

A padló- és falburkolatok, illetve álmennyezetek akusztikai javító hatását hasonló módon a ténylegesen mért vagy számított értékekre illesztett vonatkoztatási görbe 500 Hz-es frekvenciához tartozó ordinátájának, tehát a súlyozott akusztikai értékek változásával adják meg. Jele: $\Delta L_{n,w}$ illetve ΔR_w .

Az épületszerkezetek súlyozott akusztikai teljesítmény-értékeit az épületek (általában szabványokban megadott) hangszigetelési követelményértékeivel kell összehasonlítani. E követelményértékek többlakásos lakóépületek, szállás jellegű épületek és oktatási intézmények esetére részletesen kidolgozottak.



A súlyozott lépéshangnyomásszint értelmezése



A súlyozott léghanggátlás értelmezése

Néhány jellegzetes funkciójú épület két helyiséget elválasztó határoló szerkezeteinek szabványos akusztikai követelményértéke:	Szomszédos helyiségek	Egymás alatti helyiségek	
	R'_{w} , dB	R'_{w} , dB	L'_{nw} , dB
Oktatási intézmények azonosan hangos tantermei között	47	55	55
Oktatási intézmények eltérően hangos tantermei között	55	55	46
Kórház, diákotthon beteg-, illetve lakószobái között	42	52	55
Kétcsillagos, vagy gyengébb szállodák vendégszobái	45	52	55
Háromcsillagos, vagy jobb szállodák vendégszobái	48	52	55
Lakások lakószobáinak határoló szerkezeteinél	52	52	55

HELYISÉGEK MEGENGEDETT ZAJSZINTJE (zajhatárérték)	L_{AM} dB
Kórtermek, betegszobák, szanatóriumok, lakószobák éjszaka	30
Kórtermek, betegszobák, szanatóriumok nappal	35
Tantermek, előadótermek, tárgyalótermek, olvasótermek, lakószobák	40
Fokozottan igényes irodai munkahelyek (fokozott szellemi munkavégzés)	50
Éttermek, eszpresszók, igényes irodai munkahelyek gépi zajforrásokkal	55
Üzletek, szolgáltató létesítmények, rajztermek, közepes igényű irodák	60
Kevésbé igényes irodák, laboratóriumok, művezetői helyiség, zajvédő fülke	65
Igényes fizikai munkahely, ügyfélforgalom, leíróiroda, laboratórium gépekkel	70
Számítógépterem, konyhaüzem	75
Bármely munkahelyen a halláskárosodás elkerülésére	85

Szabványos épületszerkezeti követelményértékek hiányában az adott funkciójú helyiségben megengedett zajszint, és a helyiség, vagy a szomszéd helyiségek üzemi zajszintjei, illetve a környezeti zajterhelés arányából határozható meg a szerkezetek szükséges hangnyelési, vagy hanggátlási értéke.

B – Általános tervezési kérdések

2.2 Réteges szerelt falak

Léghang, kopogó- és lépéshang elleni szigetelésként akusztikai szempontból általánosan elfogadottak a szárazépítésű szerelt, könnyű konstrukciók. A hangszigetelés a réteges szerelt falak esetében nem az anyag tömegétől függ (hiszen e falaknak csak igen kis tömege van), hanem a tömeg-rugó-tömeg felépítés az akusztikai teljesítés alapja.

Ha figyelembe vesszük a súlyt, a vastagságot és az árat, akkor pl. a gipszkarton borítású acélbordás panelek hangszigetelése nagyon kedvező értékeket ad. Akusztikai tulajdonságuk a teljes rendszerfelépítésből adódik: a lapok anyagának, a fém tartóváz típusának és osztástávolságának, a bordák közé elhelyezett hőszigetelés anyagának, a rögzítés és az összeszerelés módjának eredménye.

Ezek az összetevők akusztikai szempontból „tömeg-rugó-tömeg” felépítést alkotnak. Meghatározó szerepű:

- a két gipszkarton lap kapcsolatának merevsége, a fém tartószerkezetek elemkapcsolatainak merevsége, a geometriai elrendezés, valamint a lapok rögzítésének módja a tartószerkezetekhez
- a lapok illesztése
- a lapok rugalmassága. Ez – többek között – függ: a vastagságtól, a felhasznált anyagtól és annak összetételétől;
- a súly és a felület aránya. Ez – többek között – összefügg: a felhasznált anyaggal és a rétegek számával;
- a lapok típusa, jellemző tulajdonságaik (mint például bizonyos hullámhosszokon kedvezőbb hangelnyelés) és a hőszigetelő anyag térkitöltő képessége.

2.3 Léghang csillapítása könnyű acélszerkezetű épületben

A léghangok csillapítását hatékonyan az alábbi eszközökkel lehet elérni:

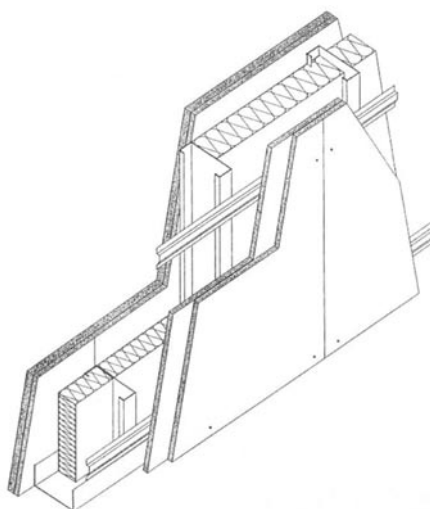
2.3.1 Rugalmas burkolat készítése nagy tömeg/felület arányú anyagból

Jó hangszigetelés eléréséhez a burkolólap akusztikai szempontból csekély hajlítási merevségű kell legyen. Egy erre a célra alkalmas normál, körülbelül 20 mm-nél nagyobb összvastagságú réteg lehet normál, szálerősítésű gipszkarton vagy akár fa, építőlemez. A burkolat felület/súly arányának pozitív hatása van a panel hangszigetelésére. Minél nagyobb tömegű ugyanis a falpanel, annál jobb a hangszigetelése, de az előbbieket miatt a két réteg 12,5 mm-es gipszkarton burkolat pl. hatékonyabb, mint az 1x 25 mm-es.

2.3.2 A kétoldali burkolólemezek kapcsolásának elkülönítése

Két burkolólemez közvetlen kapcsolata (például a vázoszlopoknál) hanghidat képez.

Jobb hangszigetelés eléréséhez a két oldalt annyira el kell választanunk egymástól, amennyire csak lehetséges (például a tartószerkezet és lemez között rugalmas elemek beépítésével, ld. 13. ábrán), illetve ideális esetben teljes függetlenséget kell biztosítanunk (minden oldal különálló oszlophoz kapcsolódjon), vagyis kettős falat kell építeni.



13. ábra. Fém tartóvázú falszerkezet, rugalmas rögzítősávval

B – Általános tervezési kérdések

Tervezői fogások:

- ritkább bordatávolság (statikai követelmények figyelembe vételével),
- nagyobb üres tér a lemezek között (szélesebb falszerkezet),
- a lemezek rögzítése szigetelő tulajdonságú, rugalmas keresztmetszetű, vagy rugós kialakítású alátéteken keresztül
- hanghidat korlátozó keresztmetszetek (például szűkített vagy kivágott keresztmetszetek, MW keresztmetszetek),
- a fal két oldalának kérgének elkülönítése (kettős tartóborda).

2.3.3 A burkolólemezek közötti tér hőszigetelése

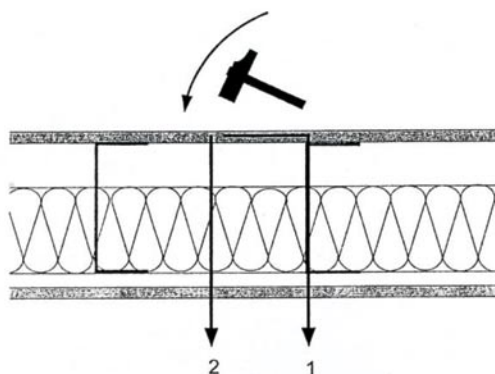
Az akusztikai tulajdonságok javításához a burkolólemezek közti teret általában hangelnyelő (gyakran szálas) anyaggal töltik ki. Amikor a hangenergia ezeket a szálakat átjárja, hőenergiává változik. Kemény anyagok, például a merev habok e célra nem alkalmasak.

Tervezői fogások:

- a lemezek közti tér legalább 80%-át szálas anyaggal kell kitölteni (kivéve a hanghíd keletkezését).

2.4 Könnyű acélszerkezetű padlók

A padlók hangszigetelési szempontból ugyanolyan konstrukciós megoldásokat igényelnek, mint a falak. Mindazonáltal van egy másik fontos követelmény a léghangok csökkentése mellett: a kopogó és lépéshangok (14. ábra) csillapítása. E követelmény biztosítása bonyolultabb a könnyű padló szerkezetek esetében, mint a léghanggátlás biztosítása, ezért sok figyelmet kell a helyes kialakításához.



14. ábra. Kopogó hang terjedése könnyű acélszerkezetű födémekben
1. Transzmisszió a födémgerendán keresztül
2. Transzmisszió az üreges födémén keresztül

Az acélszerkezetű födémek kialakítása során meg kell kísérelnünk megelőzni a lépéshangok padlón keresztüli közvetlen terjedését, korlátozva a hang átadását a szerkezet felső részén úgy, hogy az alsó részt érő átsugárzás mértéke minél kisebb legyen. Ez úgy érhető el, ha az építés során minden réteg elkülönül egymástól. Ez megoldható például úsztatott padlóval, mert az a tartószerkezettől hangszigetelő rétegekkel van elválasztva.

Tervezői fogások:

- rugalmas és nagy felület-tömegű födém betervezése;
- flexibilis hangszigetelő anyagok alkalmazása (50 mm vastagságig);
- akusztikai hidak elkerülése a falak és fő teherhordó szerkezetek mellett;
- a falcsatlakozások csomópontjainak gondos kialakítása;
- nagy tömegű burkolat, pl. kőlap;
- rugalmas vagy lágy padlóburkolat (például szőnyeg) alkalmazása.

Általános módszer napjainkban a könnyű padló szerkezetek alkalmazása, ahol a hangszigetelés számításánál merev tárcsaként működő aljzatot vesznek figyelembe a burkolat alatt. Az úszópadló csillapító hatása alacsony frekvenciájú hangtartomány esetén kisebb, mint a magas frekvenciánál.

A könnyűszerkezetes födém alsó síkját általában álmennyezet képezi, amely álmennyezet közvetlenül a keresztgerendák alá rögzíthető.

A burkolat akusztikai teljesítményét az alábbi tervezési fogások javíthatják:

- rugalmas és viszonylag nagy felület-tömegű burkolat betervezése;
- a hangszigetelés szempontjából flexibilis szerelés, azaz a födém alatt elválasztó csíkok vagy rugalmas kialakítású kapcsolóelemek alkalmazása, flexibilis rögzítés.

B – Általános tervezési kérdések

Száraz építési móddal készült lakóépületek könnyű padló esetében a szabványban előírt minimális hangvédelem az alábbi tervezői fogásokkal biztosítható:

- > 20 mm vastagságú szárazburkoló tábla beépítése;
- jó minőségű hangszigetelő anyag > 20 mm;
- teherhordó kéreg > 19 mm vastagság; < 80% üregkitöltéssel;
- rugalmas csatlakozások, rugós kapcsolódások, függetlenített rögzítések;
- kétrétegű burkolat $\approx 2 \times 15$ mm.

A padló általában nem felel meg az előírásoknak rugalmas ágyazású padlóburkolat nélkül vagy csak egyrétegű burkolattal. A padlóburkolat tehát olyan nehéz és rugalmas kell legyen, amennyire csak lehetséges (például a faforgácslap 10-12,5 mm, vagy a gipszkarton lemez 12,5 – 15 mm vastagság között legyen). Ezekkel az elővigyázatossági lépésekkel a léghang-szint hanggátlási indexe körülbelül 60 dB lesz, a kopogó hangé körülbelül 51-54 dB, ami éppen megfelel a szabványnak.

Ha a szárazpadló a födém szerkezettől lábakkal vagy szigetelő szalaggal elválasztott, a kopogóhang-gátlási tényező $L'_{n,w} = 51-54$ dB. Ez tovább javítható a padlóburkolat további leterhelésével, tömegének növelésével.

Ha nem alkalmaznak rugalmas kapcsolatot (a padlóburkolat rugalmas rögzítésével), a lakásválasztó födémekkel szemben éppen csak teljesül a minimális követelmény.

Összehasonlítva a hagyományos úszópadlót a rugalmas rögzítéssel vagy a leterheléssel, mindkettőnél alacsony ($L_{n,w,R} = 44-50$ dB) léghanggátlási tényezőt kapunk, ami nagyjából megegyezik a száraz födém + leterhelés + rugalmas rögzítés kombináció teljesítményével.

A legjobb tényező ($L_{n,w,R} \geq 42$ dB) a tömör födém + leterhelés + rugalmas kapcsolat kombinációjával kapható.

2.5 A hang kerülőutas terjedése

A hang szomszédos szerkezetek felé történő terjedésének egy lehetséges útja a kerülőutas hangterjedés. Az oldalsó (oldalirányba történő) hangvezetés módja a könnyűszerkezetes acélvázás épületeknél eltér a tömör szerkezetű épületekétől. A merev illesztésű szerkezetek és a szomszédos elemek kapcsolatai, mint „ütközés csillapítási pontok”, javítják az elkülönített falak hangcsillapítási tényezőjét.

A könnyű acélszerkezetű épületeknél az elkülönített szerkezeti elemek és a határos részek nem kapcsolódnak közvetlenül egymáshoz. Ezért kölcsönhatás nélkül önállóan tudnak rezegni. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a hang oldalirányú áramlása gyengébb lenne. Épp ellenkezőleg: a könnyű, réteges falakban a hang hosszirányú terjedése nagyon jelentős, és nem elhanyagolható.

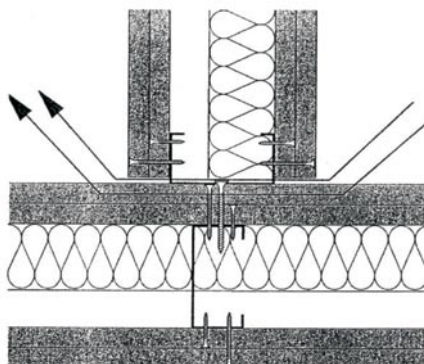
Az EN 12354 szabványnak megfelelően a longitudinális hanggátlási tényező könnyű kétrétegű falak esetében 55 és 75 dB közötti. Alapvetően a hang terjedésének két lehetséges módja van az épületek ezen típusánál, fal, födém és padló esetében is. Egyik a burkoló felületen keresztül, a másik a belső üregeken át.

A hanghullámok továbbterjedésének minimalizálására megoldás lehet a szerkezet belső terének szálas anyaggal való feltöltése, vagy a függőleges irányú lemezek merőleges felosztása (a hangközvetítésre merőlegesen). A falburkoló lemezen keresztüli hangterjedés a gyártmány típusától függ. A nagyobb tömegnek pozitív hatása van; a hang kevésbé jól terjed két burkolati rétegen keresztül, mint csak egyen.

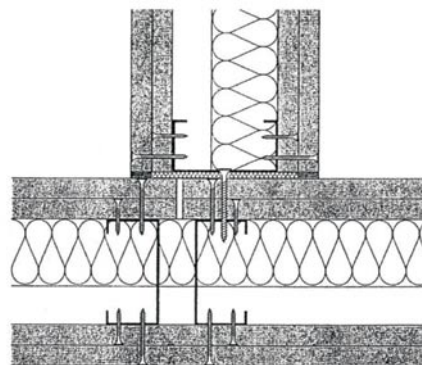
A leghatékonyabb megoldás tehát az, ha gondoskodunk két szomszédos helyiség közötti burkolólemezek folyamatosságának megszakításáról. A hangterjedés irányára merőleges felosztás így lefékezi a hosszanti hanghullámok tovaterjedését.

2.6 A szerkezeti elemkapcsolatok helyes kialakítása

A rugalmas, két részből álló és a szomszédos elemek között megfelelő kapcsolatot biztosító kialakítás (födémek, padlók és falak között) nagyon fontos. Könnyűszerkezetes építményeknél két szerkezeti elem csatlakozásánál hézag alakul ki (15. ábra), ezekben a csatlakozási hézagokba hermetikusan záró akusztikailag jól szigetelő tömítőszalagokat kell helyezni (16. ábra).



15. ábra. Réshatás és hanghíd a szerkezeti elemek csatlakozásának környezetében



16. ábra. Akusztikailag helyes megoldás a szerkezeti elemek csatlakozásánál

B – Általános tervezési kérdések

A hiányos tömítés eredményeként hanghíd alakul ki, ami lehetővé teszi a léghang szobáról szobára terjedését.

Tervezői fogások:

- a szomszédos szerkezetek akusztikai elkülönítése;
- az összeérő szerkezetek akusztikai elkülönítése;
- szigetelő szalagok, szigetelő (tömítő) anyagok beépítése;
- az illesztések tömítésénél különleges kapcsolatok alkalmazása;
- a csatlakozások óvatos tömítése pépes tömítőanyaggal.

3. Tűzvédelem

Az acélszerkezet teherviselő képessége (szilárdság, hajlíthatóság) lineárisan csökken, amikor a hőmérséklet 500 °C fölé emelkedik. Noha az acélelemek éghetetlenek, nem tűzállóak, különösen vékonyfalú könnyűszerkezetes keretek esetében nem. Tűz esetén ezért meg kell védeni azokat a magas hőmérséklettől. Ez az egyetlen lehetősége a súlyos képlékeny alakváltozás, és ennek során a szerkezeti elemekben kialakuló elégtelen teherbírás miatti tönkremenetel megelőzésének.

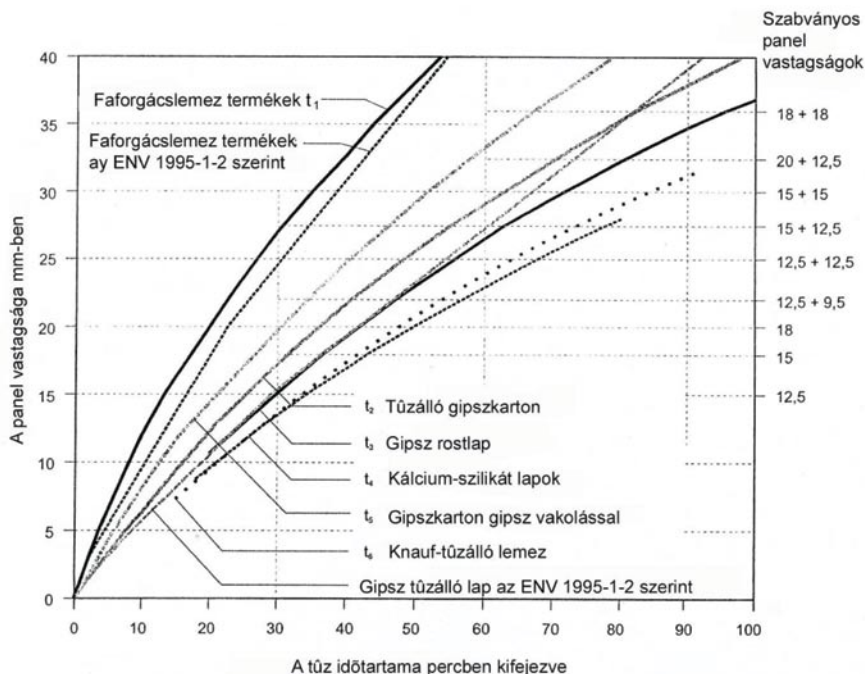
3.1 Könnyű acélszerkezetű építés anyagainak tűzzel szembeni ellenállóképessége

A vékony keresztmetszeteket valamilyen burkolattal kell ellátnunk a tűz pusztításának megelőzésére. Az alábbi anyagok sikeresen alkalmazhatók tűzvédelmi célra:

- vakolatok (különösen a szálerősítésű vakolat, üvegszál-erősítésű vakolat);
- mészhomok-tégla;
- gipszkarton, gipszrost építőlemez.

Ezek az éghetetlen anyagok a tűz különböző hatásai ellen megfelelő védelmet nyújtanak a teherhordó elemek számára, és egyaránt alkalmasak fal-, padló vagy födémburkolatnak.

A következő 17. ábrán összeállítottuk néhány gyártmány jellemző melegezési idejét.



17. ábra. Különböző anyagokból készült burkolati építőlemezek átégési karakterisztikája

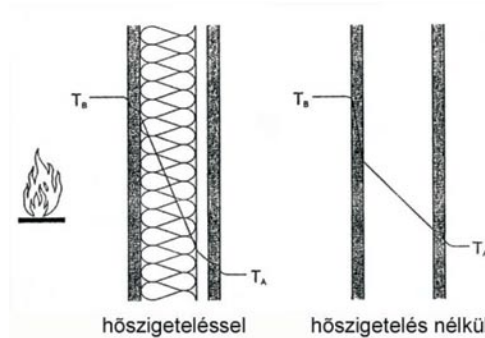
Az eredmény hasznos információként szolgálhat az acélszerkezetek burkolatainak tűzállóságáról. A szálerősítésű habarcslemez tűzzel szembeni teljesítménye hasonló szintű, mint a GKF (megerősített, tűzszigetelő anyaggal ellátott) gipszkartoné.

Ha a panelek belső terébe szigetelőanyagot teszünk, akkor tudnunk kell, hogy az teherviselő elem-e vagy sem.

Egy nem teherviselő elembe a hőszigetelés növelheti a szerkezet tűzállóságát. Használjunk olyan ásványi szálas hőszigetelő anyagot, aminek az olvadási hőmérséklete >1000°C. Ennek köszönhetően a fal túoldalán levő hőmérséklet alacsonyabb, először a tűz felőli oldalon ég el a burkolat, és addig a hőszigetelés lelassítja a tűz átterjedését a fal másik oldalára.

B – Általános tervezési kérdések

Teherhordó fal esetén a kritikus idő az acélszerkezet számára az 500°C kritikus hőmérséklet eléréséig tart. Hőszigetelés alkalmazása csökkenti a szerelt fal belsejében lévő hőáramlást: a fal tűzfelőli oldala hamarabb felmelegszik és a kritikus hőmérséklet ott gyorsabban bekövetkezik, mint hőszigetelés nélkül (18. ábra)!



18. ábra. A hőmérséklet változása egyoldali tűzterhelésnél

Ha a tűzvédelem szempontjából nézzük, akkor a szigetelés alkalmazása nem szükséges, vagy akár káros is lehet, azonban hő- és hangszigetelési szempontból nélkülözhetetlen. Ezért minden esetben mérlegelni kell a hőszigetelés alkalmazásának előnyeit, illetve hátrányait. Ha a szigetelés akusztikai vagy hőszigetelési szempontok alapján indokolt, akkor legalább B2 osztályba tartozzon, mert jelenléte rossz hatással lehet az épületrész tűzzel szembeni teljesítményére.

Könnyűszerkezetes acélszerkezetű épületszerkezeteknél párazáró vagy légzáró réteg elhelyezése nem káros a tűzvédelem szempontjából.

3.2 A tűzállósági határérték meghatározása

A tűz szomszédos helyiségekbe vagy szomszédos szintekre terjedésének megakadályozásához tűzgátló szerkezetek –például tűzgátló falak és födémek – alkalmazása szükséges. Ezen szerkezeteknek tűzállóságuk ideje alatt ki kell elégíteniük az alábbi követelményeket:

- a tűz terjedésének meggátlása;
- gyúlékony, éghető gázok átszivárgásának megakadályozása;
- a fal tűzzel ellentétes felületén kialakuló hőmérséklet értékének limitálása.

Az épületek és könnyűszerkezetes acélszerkezetek tűzzel szembeni teljesítményét az alábbi tényezők határozzák meg:

- a tűzterhelés (fal esetében tűz jelenléte csak az egyik oldalon, középgerenda esetében mindkettőn);
- az elem mérete és geometriája;
- az építési folyamat (a részeké külön-külön és az egész szerkezeté egyben);
- a statikai rendszer;
- az elemek megengedhető dinamikus teherbírása;
- az építési anyagok fajtája;
- a tűzvédő burkolat elhelyezkedése.

A könnyű acélszerkezetű épületek minden eleme és azok helyzete együttesen határozza meg az egész szerkezet tűzállósági határértékét.

3.3 A falak tűzzel szembeni teljesítménye

3.3.1 Teherhordó falak és válaszfalak

Tűz elleni védelem szempontjából nem olyan fontos, hogy a fal teherhordó-e, vagy sem. Ami meghatározza a fal tűzzel szembeni ellenállásának idejét, az a burkolat típusa és vastagsága, valamint a fal belsejében elhelyezett hőszigetelés.

A nem teherhordó fal meghatározott ideig meg kell akadályozza a tűz következő szobába való továbbterjedését.

A teherhordó fal ezen felül még meg kell őrizze a teherbíró képességét is. Ez azt jelenti, hogy minden teherhordó acélszerkezetet burkolattal kell megvédeni a tűz hatásaitól. Ez minden acélszerkezetet érint: a függőleges és vízszintes teherhordó elemeket és a merevítéseket, valamint az acél huzalokat vagy lemezeket egyaránt.

B – Általános tervezési kérdések

3.3.2 Tűzfalak

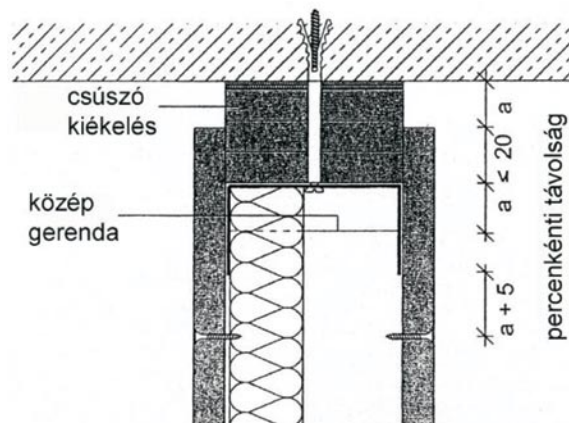
A tűzfalak lehetnek teherhordó, vagy csak tűztereket elválasztó funkcióval rendelkező falak. A tűzfalak olyan elemekből állnak, amelyek tűzzel szembeni ellenálló viselkedése bizonyított. Ahhoz, hogy a fal tűzálló legyen (90 perc), ütéssel szemben is nagy ellenállással kell, hogy rendelkezzen. Az ehhez szükséges felületi szilárdság elérése például a különböző burkolati rétegek között elhelyezett hengerelt fémllemezzel lehetséges (19. ábra).



19. ábra. Tűzfal kialakítása könnyű acélszerkezetű épületnél

A tűzfalak három osztályra oszthatók: nyomásnak ellenálló, teherbíró és nem teherbíró. A nyomásnak ellenálló fal nem kaphat nagyobb terhet az előírt maximumnál (kN/m). A teherhordó tűzfalak méretezése a rákerülő terhek alapján kell történjen. Statikai és állékonysági ellenőrzés szükséges.

Amikor tűztereket elválasztó (nem teherhordó) falakat helyezünk el, úgy kell felvenni a megfelelő méreteket, hogy tűz esetén a fal ne kaphasson váratlan terhelést (pl megereszkedő földém). Ha a földém előreláthatólag 10 mm-nél nagyobb lehajlást végez, akkor egy lehajlást lehetővé tevő csúszka építendő be a földémhez való csatlakozásnál (20. ábra).



20. ábra. Csúszó kiékeléses kapcsolat nem teherhordó falnál

Az is gondot jelent, hogy a tűzfalat kiegészítő valamennyi merevítő szerkezet – a szomszédos falak és földégek –, a csatlakozásoknál azonos tűzellenállással kell rendelkezzen. A könnyű acélszerkezeteket úgy kell tervezni, hogy tűzzel szemben ne csak a fal feleljen meg, hanem minden csatlakozó elem is. Ez magától értetődően sokkal nagyobb pontosságot kíván a tervezés során.

Tervezés során az alábbi szempontokra kell figyelmet fordítani:

- a falakban keletkező függőleges és vízszintes irányú erők felvétele;
- határoló falakkal és földémekkel való kapcsolat;
- üvegfelületek beépítése;
- ablakkeretek beépítése;
- berendezések üzemeltetése.

B – Általános tervezési kérdések

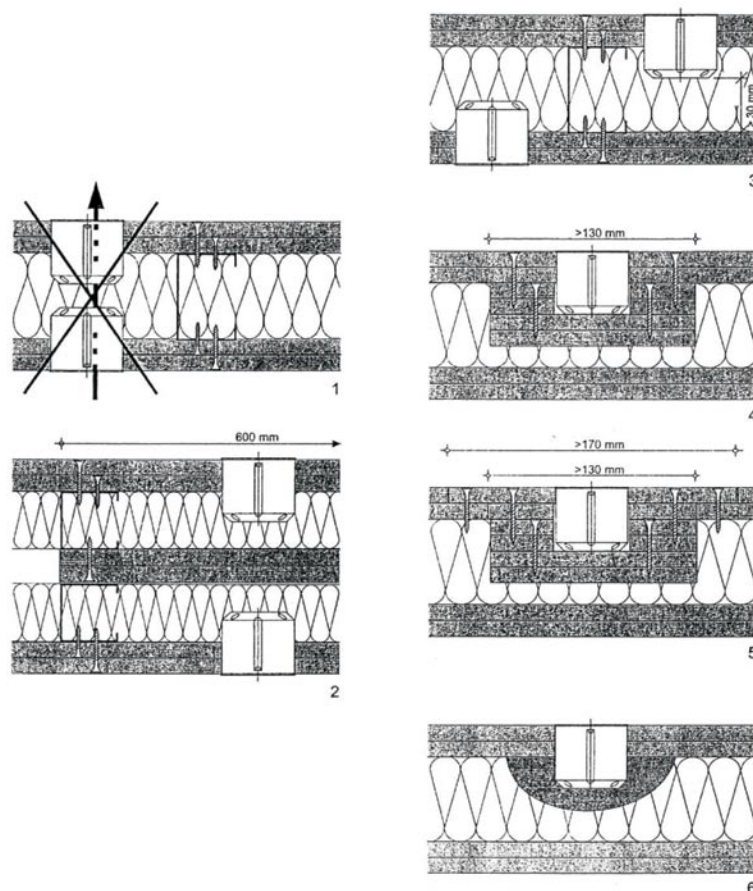
3.3.3 Elektromos berendezések a falakban függőleges és keresztirányú gerendáknál

Gyakorlatilag az üreges falakba bármilyen berendezés elhelyezhető az időjárásból és teherhordási viszonyoktól függetlenül. A gépészeti elemek falban való elhelyezésére vonatkozó megkötéseket az ábra mutatja be.

Ezen kívül a gépészeti elemek szabadon vezethetők a falban.

Amennyiben az alábbi előírások nem teljesülnek, teljes technikai ellenőrzést kell végrehajtani:

- Elektromos vezetékek vagy kapcsolók elhelyezhetők válaszfalban mindkét oldalon, de külön falrekeszbe kell kerüljenek.
- Elektromos szerelvények elhelyezhetők egymással szemben, de akkor tűzálló gipszkartonnal el kell legyenek választva egymástól.
- Az elektromos szerelvény körül a tűz elleni szigetelőanyag legalább 30 mm vastag kell legyen.
- Abban a falban, amelyben nem tűz elleni szigetelés van, vagy egyáltalán nincs szigetelés, az elektromos kapcsolódobozokat minimum 20 mm vastag gipszréteggel kell körülvenni.



21. ábra. Elektromos szerelvények szerelési szabályai tűzvédelmi követelményeknek megfelelő falban

3.4 Acélgerendás födémek tűz elleni védelme

A könnyűszerkezetes acélszerkezetekből készült födémek tűzzel szembeni ellenállásának osztályozása ugyanazokat az elveket követi, mint a falaké. Mindazonáltal a födém szerkezet egységesen veendő figyelembe. A födémgerendák védettek, alsó felületüket tűzálló álmennyezet burkolja és a felső borítás is általában teljesíti a szabványban előírtakat. A tűzvédelmi feltételek ugyanazok, mint szárazépítés esetében.

A teljes szint minősítése, például 90 perces tűzgátlásra, azon alapul, hogy a főbb szerkezeti egységek, mint például a födém, miként viselkednek. A kulcsfontosságú részek a stabilitást biztosító teherhordó és merevítő elemek. Ez igaz a födémekre (különösen a födémgerendák alatt) és a felfüggesztett álmennyezetekre egyaránt.

B – Általános tervezési kérdések

3.4.1 Tűz elleni védekezés a födém alsó oldalán

Mivel nincs tűzvédelmi szabályozás a könnyűszerkezetes acélszerkezetekből készült épületek padlóira vagy falaira, ezért tanúsítványokkal tudjuk igazolni a különböző anyagokból épített szintek tűzállóságát. Ez elsősorban olyan szerkezetekre alkalmazható, ahol az egyetlen kérdés abból adódik, hogy a tűz esetén szükséges védelem alulról biztosított-e.

Az álmennyezet felfüggesztése merőleges kell legyen a födémgerendákra, amelyek osztásközét az aktuális terhelés határozza meg. Bizonyos álmennyezet-típusok közvetlenül a födém alsó síkjára erősíthetők bármilyen más segédszerkezet alkalmazása nélkül. Ebben az esetben a gerendák kiosztása nem lehet nagyobb, mint 40 cm.

3.4.2 Tűz elleni védekezés a födém felső oldalán

Könnnyű acélszerkezetű födémeknél 30 percnyi tűzállóság kötelező. Az úsztatott padló szerkezetek védik a gerendák borítását, és megátolják a későbbi gyors alakváltozást, ezáltal a szint összeomlását. Egy padló tűzállósága a típusától és szerkezeti vastagságától éppúgy függ, mint a szigetelésétől. Esztrich, gipsz, aszfaltlemez, padlógipszkarton, vagy fa építőlemez egyaránt szolgálhat padlóborításként. Ezek maximum 60 perces tűzállósági határértékűek. Minimum 90 perces határérték elérésére vizsgálat vagy tapasztalati értékelés után alkalmazhatunk gipszkartont vagy rabcicot.

3.4.3 Összetett építőelemek tűzvédelmi teljesítménye

A könnyű acélszerkezetű épületek összetett építőelemekből készülnek. Ezért a tűz a szerkezet belsejében szétterjedhet és ártalmas gázok szivároghatnak az épület tűz által nem érintett részeibe is.

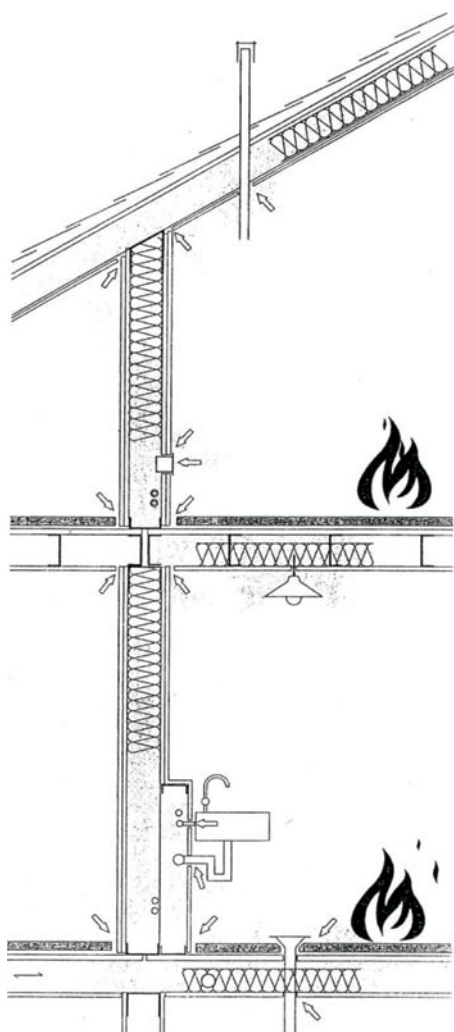
A tűz továbbterjedésének megelőzésére és a különböző elemek füstzáró kapcsolatának biztosítására a következőkben felsorolt szempontokat kell ellenőrizni.

3.4.4 Az egyes elemek közötti kapcsolat és a berendezések elhelyezése

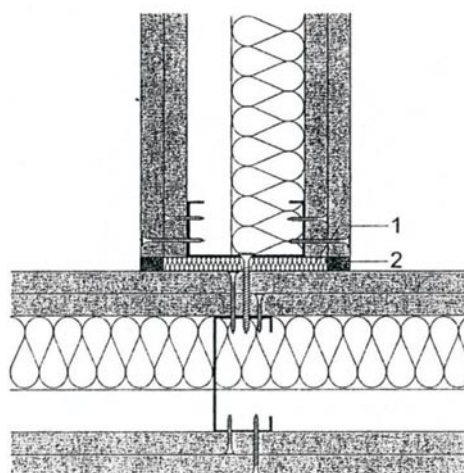
Különös figyelmet kell fordítani a különböző vízszintes és függőleges elemek csatlakozása közötti légzárásra. A hézagokat ki kell bélelni éghetetlen ásványgyapot csíkokkal, vagy tűzre habosodó habokkal, végül a végső burkolatot fel kell helyezni (22-23. ábrák).

Ezt a kialakítást különösen a csatlakozásoknál, furatoknál és a beépített berendezések körül kell alkalmazni. Egy tűzvédő burkolat légzárásában ezek azok a gyenge pontok, amelyek lehetővé teszik a tűz a szerkezet belső terébe való terjedését. Ha valamelyik berendezés felfúrása közben kilyukad valamelyik határoló elem, biztosítanunk kell, hogy az adott elem tűzbiztosság szempontjából ép maradjon. Gondoskodnunk kell tehát arról, hogy a tűz ne tudjon szétterjedni, a felhelyezett berendezésből való kiáramlás útján sem! A nyitott részeket (>50mm, épületgépészeti vezetékék számára) be

kell takarni addig a mértékig, míg a fal szabványértékével megegyező éghetetlen anyagú cső besüllyed a furatba.



22. ábra. A tervezés során a kapcsolatok pontos kialakításának megfontolása az üreges szerkezetekben a füst és a tűz továbbterjedésének megakadályozására



1. 10 mm ásványgyapot csatlakozó szalag olvadáspont > 1000 °C
2. tömör kitöltés

23. ábra. Tűz továbbterjedésének megelőzése szempontjából hatékony szerkezeti kapcsolat T-falcsatlakozásnál

B – Általános tervezési kérdések**4. Korrózióvédelem**

A hidegen hengerelt szelvények tűzihorganyzott acéllemezekből készülnek, 20 µm vastagságú 275 g/m² súlyú horganybevonatot kapnak. Az épület várható élettartamának ideje alatt a horganybevonatot az egyik legjobb módszere a korrózió megelőzésének, ha a részletmegoldások és a különböző burkolatok megtervezése és kivitelezése kifogástalan. A védelmi bevonat sérülése elsősorban szállítás és raktározás alatt fordul elő. Ezért kell a lehető leggyorsabban biztosítani azt, hogy az elemek csomagolása megóvja őket mindenféle mechanikai sérüléstől. Továbbá úgy kell tárolni a szelvényeket, hogy se víz, se egyéb szennyeződés ne rakódhasson le rájuk.

Normál klímaviszonyok között a korrózió következtében az épület külső részén évente ~0,1 g/m² horgany bomlik le. Elmondható tehát, a bevonati réteg élettartama jóval hosszabb az épület tervezett élettartamánál. A horgany ráadásul a katódos reakcióval a sérült részek „öngyógyítására” képes. Ha nedvesség vagy pára érintkezik az acélfelülettel, galvánelemet generál. A kevés nemesohorgany részecske „oldódó” anódot alkot, amik letelepedve az acélon katódos reakciót idéznek elő. Az eredmény egy anódos horganybevonat, ami megvédi az acélt a korróziótól.

Ezért van az, hogy az elvágott horganyzott keresztmetszet nem igényel semmiféle további kezelést, de megfontolandó a horgany-spray alkalmazása.

A horgannyal bevont termékek kezdetben fénylő felületűek, ami néhány hét múlva fénytelen, szürke bevonattá alakul.

Ez a „passzív átalakulás” a horgany vízzel, oxigénnel és szén-dioxiddal való kölcsönhatásának eredménye. A horgany-karbonát alap vízben oldhatatlan, és a felületen kiváló védelmet nyújt az utólagos korrózió ellen. Mindazonáltal ezt a reakciót nem szabad alkalmatlan tárolással előidézni, tehát ezeket az acél szelvényeket hűvös, száraz helyen kell tárolni. Ha a keresztmetszet közvetlenül a gyártás után nedvességgel kerül kapcsolatba, akkor a felületen fehér rozsda alakul ki az oxigén és széndioxid hiánya miatt. Ez a fehér és pelyhes hidroxid nagy térfogatú. Ha ezt a bevonatot látható nyom nélkül el tudjuk távolítani, akkor a védelmi rendszer nem sérül meg. Ha viszont komoly elváltozás észlelhető az alapbevonaton, akkor a védelem hatékonyságát ellenőriznünk kell. Jól szellőztetett raktárban való tároláskor ez a fehér rozsda nem alakul ki.

Ha magas korrózió-hatás várható, mint például tengervíz hatásának kitett épületek esetében, és a fém szelvények védőbevonat nélkül maradtak, a horganybevonaton kívül még rendszeres felületi kezelés is szükséges. Ezt nevezzük „kettős védelmi rendszernek”. A felkent réteg megelőzi a passzívált réteg lassú erózióját. A horganybevonat megvédi az acélfelületet a korróziótól, megakadályozva a rozsda kialakulását.

A két eljárás együttes alkalmazása következtében a kettős rendszer védelmi ideje a két rendszer külön-külön összegzett védelmi idejének legalább 1,8-2,5-szöröse. A hidegen hengerelt vékony acél keresztmetszetek kezelése folyamatos is lehet, azaz közvetlenül a galvanizáció után is megkaphatják azt egy szerves fürdőbe merítéssel (kenés vagy polimerizáció) vagy védőbevonattal. Ily módon kezelt szelvényeket használunk akkor is, ha magas korrózióvédelem vagy különleges mázolás szükséges. Mivel a nedvesség felgyorsítja a korróziót, az elemek illesztése úgy történjen, hogy a nyitott szelvények megfelelő lejtése biztosítva legyen. Így az esővíz lefolyik, nem tud összegyűlni a szerkezeten, és nem okoz korróziót. A csatlakozási hézagokat úgy kell kialakítani, hogy a víz zavartalanul tovább folyhasson. A rögzítő elemek anyagának kiválasztásánál figyelniük kell arra, hogy elkerüljék az érintkezésnél kialakulható korróziót. Két különböző fém érintkezése elektrokémiai reakciót okozhat (kontaktokorrózió). Ezért lehetőleg a galvanizált szerkezeti elemeket galvanizált acél rögzítő elemekkel együtt kell alkalmazni. Külső oldalon, rossz időnek kitett szerkezetek esetében, vagy ha kondenzáció fenyeget, csak rozsdamentes acél rögzítő elemeket kell alkalmazni. Belső térben alkalmazható bevonatos csavar is, de ezt nedvesség nem érheti.

Felhasznált szakirodalom

- [1] European Lightweight Steel-framed Construction. Light Steel Construction Association (LSK) és az ARCELOR angol nyelvű kiadványa, 2005, Luxemburg (ISBN: 2-9523318-2-0)
- [2] T. Höglund és H. Burstrand: Slotted Steel Studs to Reduce Thermal Bridges in Insulated Walls. Különálló cikk (angol nyelven) a „Journal of Thin-Walled Structures” szakmai folyóiratba, Royal Institute of Technology, Department of Structural Engineering, 2000, Stockholm (Svédország)

C

PERFORÁLT PROFILOK HŐTECHNIKAI MÉRETEZÉSE

(Közreműködött: DR. TÓTH ELEK, BME)

TARTALOMJEGYZÉK

1. Előzmény: svédországi tapasztalatok	36
1.1 Számítógépes programok épületfizikai célra.	36
1.2 A numerikus szimulációhoz szükséges adatok	37
1.3 Mintapélda	38
1.4 A tartóbordák közötti távolság változtatásának hatása	39
1.5 Az acél hővezető képességének változása	39
1.6 Az acélbordák falvastagságának változtatása	40
1.7 Perforálás nélküli gerendák	41
1.8 A tartóbordák övszélességének csökkentése	41
1.9 Hővezetés a perforációkban.	41
1.10 Acél tartóbordák hatásának összehasonlítása fa tartóbordákkal.	41
1.11 Következtetések	42
2. A perforált gerincű Lindab-profilok hőtechnikai viselkedése.	42
2.1 A perforált LINDAB borda ellenőrzése	42
2.2 A perforált borda hőszigetelő képességének összehasonlítása a tömör gerincű bordáéval	43
2.3 A perforált borda lemezzvastagság-változtatásának hatása	44
2.4 A perforált acélbordá gerincmagasságának változtatása	44
2.5 A falszerkezetbe beépített anyagok típusának, minőségének változtatása.	44
2.5.1 Hőszigetelések	44
2.5.2 Burkolólapok	45
2.6 A perforált bordák osztástávolságának változtatása	45
3. A számítási eredmények összefoglalása	46
Felhasznált szakirodalom.	48

C – Perforált profilok hőtechnikai méretezése

C

PERFORÁLT PROFILOK HŐTECHNIKAI MÉRETEZÉSE

(Közreműködött: DR. TÓTH ELEK, BME)

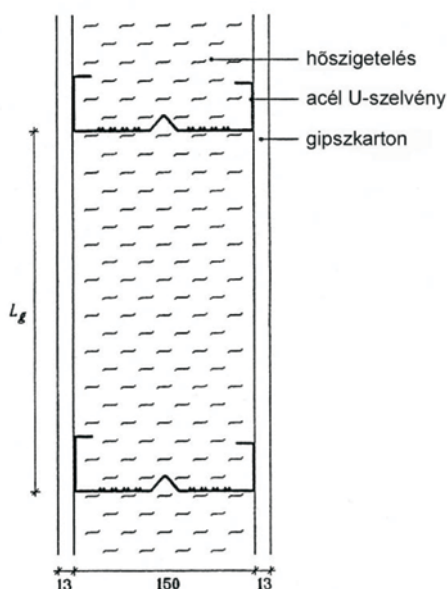
1. Előzmény: svédországi tapasztalatok

A szárazépítési technológiával készülő hőszigetelt falak belső váza általában vékonyfalú acél tartóborda. A hőátadás számítása ilyen esetben meglehetősen nehéz feladat a hőszigetelő anyag és acélszerkezet hővezető képessége közötti nagy eltérés következtében. Az ilyen típusú speciális problémák folyamatainak tanulmányozása háromdimenziós numerikus analízissel lehetséges, amelynek eredményeit a témában nagy tapasztalatokkal rendelkező svéd könnyűszerkezetes építőipari szakma irodalmát [1] felhasználva mutatjuk be.

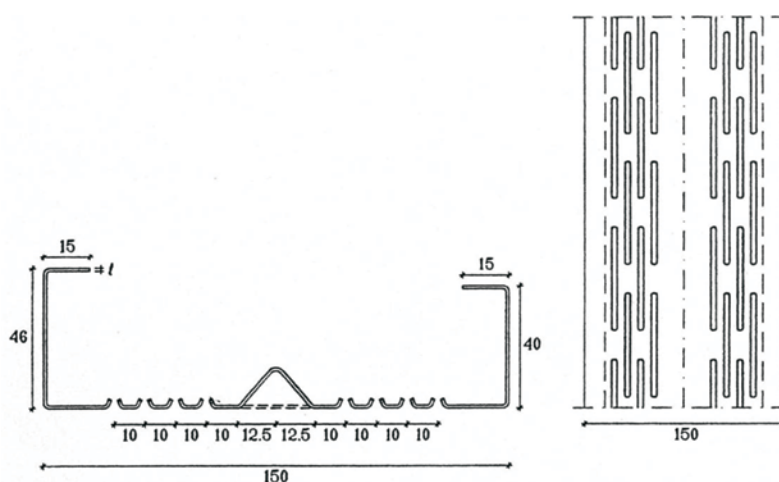
1.1 Számítógépes programok épületfizikai célra

A hőtechnikai számítások elvégzéséhez végeelem-modellen alapuló számítógépes alap-programok állnak a tervezők rendelkezésére. Ilyen pl. a **HEAT2** szoftver, amely kétdimenziós hővezetés modellezésére alkalmas számítógépes program, amellyel meghatározható a különböző rétegrendszerek U -értéke – a 7/2006(IV.24.)TNM rendelet szerinti „ U_r ” hőátbocsátási tényező ez, mely az MSZ 04-140-2:1991. hőtechnikai szabványban szereplő „ k ” hőátbocsátási tényező értékétől annyiban különbözik, hogy a hőhidak hatását is tartalmazza –, közelítően számítható a padlóhőmérséklet és a talajoldali hőveszteség, illetve lehetőséget teremt a hőhidak hatásának és viselkedésének elemzésére, valamint a hőszigetelés optimalizálására is. A program a hővezetés egyenletét a véges differenciák módszerével oldja meg. Az állandósult (stacioner) állapot gyors kiszámítására az ún. over-relaxation módszer szolgál.

A program továbbfejlesztett változata a **HEAT3** program, amely már háromdimenziós átmeneti és állandósult hővezetés számítására is alkalmas. A hőegyenlet megoldásához ez a program is a véges differenciák módszerét használja; és többek között térben jelentkező hőhidak, ablaksarkoknál létrejövő hőáramlások, illetve az épület talajjal kapcsolatos hőveszteségének vizsgálatára használható. Lehetővé teszi a későbbi változtatásokat, például az üregeknél jelentkező átsugárzás vagy a hőforrás későbbi hatásának figyelembe vételét is.



1. ábra. U-gerendás fal kialakításának elvi vázlata



2. ábra. Perforált acél U-szelvény (keresztmetszet és oldalnézet)

Az 1. ábra egy olyan falszerkezetet mutat be, amely két 13 mm vastag gipszkarton lemez közötti hőszigetelést tartalmaz. A két fémkeretű „C”-szelvény közötti távolságot L_g -vel jelöljük. Ebben az esetben a fém C-szelvények mentén többlet hőveszteség következik be. Ezt a hőveszteséget csökkenthetjük, ha a bordák gerincét a hőáram irányára merőlegesen bevágjuk, mint ahogy azt a 2. ábra mutatja. A fém bordák lemezvastagságát t -vel jelöljük. Az elemzés a Heat3 programmal történt.

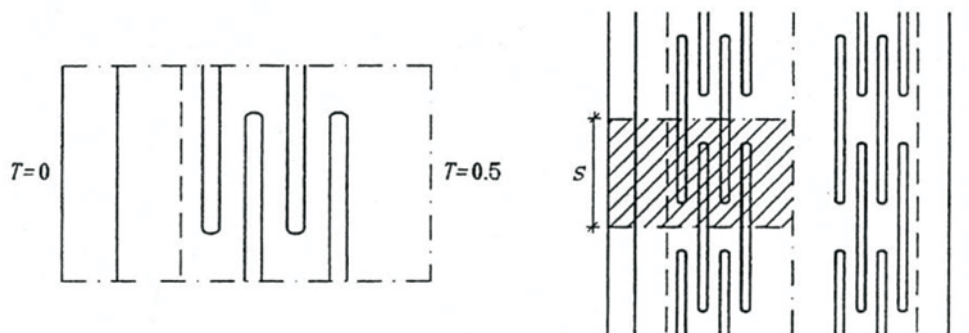
C – Perforált profilok hőtechnikai méretezése

1.2 A numerikus szimulációhoz szükséges adatok

A feladat a valóságban nem teljesen szimmetrikus a különböző szélességű övek miatt (40 és 46 mm, lásd 2. ábra). Ezt a különbség azonban elhanyagolták a számítás során, így a bal oldali övszélességet (46 mm) használták mindkét oldalon. A Svéd Szabvány az U-érték számításához előírja, hogy a belső és külső felületi hőátadási ellenállás ($1/\alpha=1/h$) összege $0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ kell legyen. A belső és külső felületi ellenállás értékét a következőkben elvégzett számításban ezen érték felére ($0,085 \text{ m}^2\text{K/W}$) vették fel. A keresztmetszet közepén felemelkedő rész (redőzés) hatását a számítás során elhanyagolták; a keresztmetszetet úgy modellezték, mintha egyenes lenne. Ezt a 2. ábra bal oldalán szaggatott vonal jelzi. Ez az engedmény a biztonság javára 1%-ot változtat a falon átfolyó hőáramban.

A perforációk szélén a préslyukasztási technológia miatt kis felemelkedő peremek jönnek létre, ahogy az a 2. ábra metszetén látható. Ezeket a peremeket ugyancsak elhanyagolták a számítás során, hatásukat később vették figyelembe.

A számításokat a 3. ábra besatírozott területen végezték. A magasságot a felületre merőlegesen (lásd. 1. ábra) nevezzük s -nek. A levegő hőmérséklete az egyik oldalon 0°C , közepén $0,5^\circ\text{C}$ (a fal két oldala között összesen 1°C hőmérsékletkülönbség feltételezése miatt). A hővezetési tényező értéke $\lambda=0,036 \text{ W/mK}$ az acélbordák között kitöltő hőszigetelés, illetve $\lambda=0,22 \text{ W/mK}$ a gipszkarton burkolólap esetén.



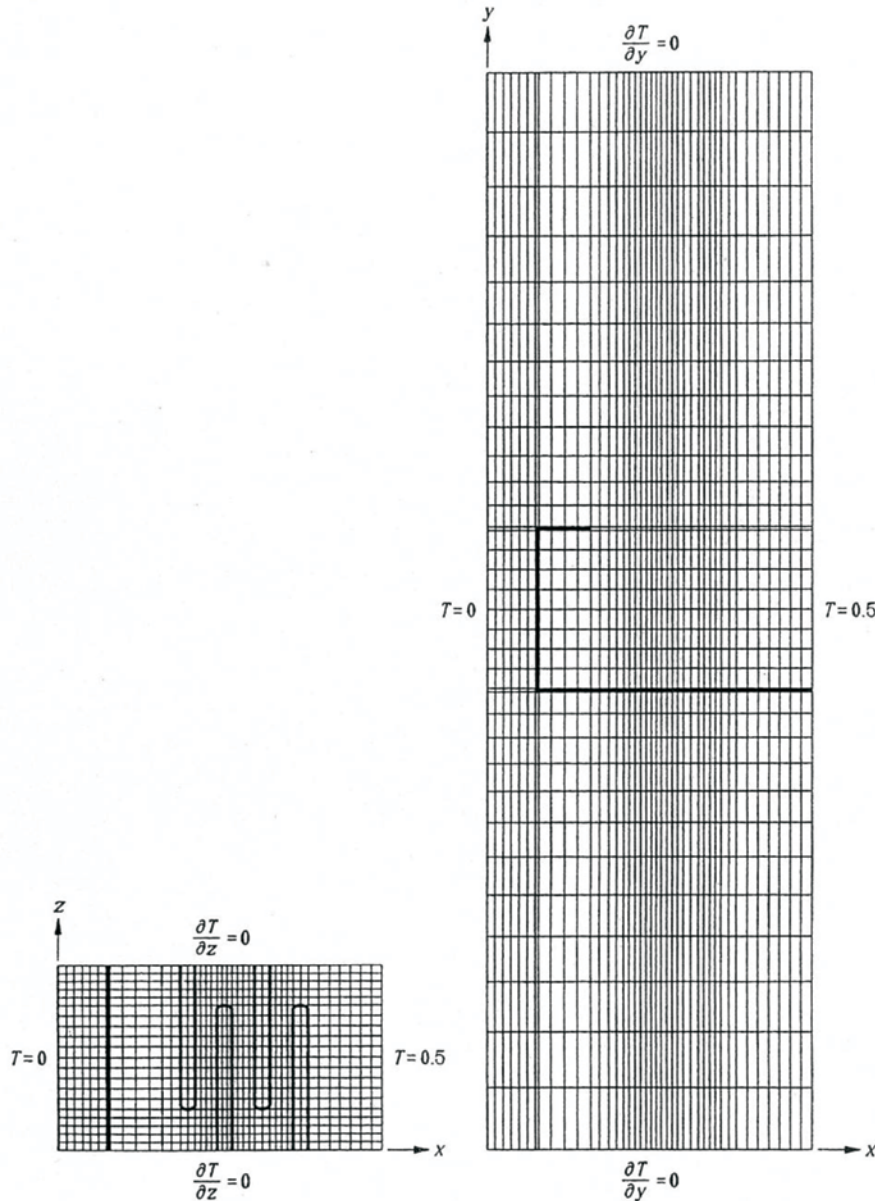
3. ábra. A szelvény szimuláció során felhasznált tartománya

A megfelelő számítási pontossághoz szükséges cellák száma különböző változóktól függ. Az Európai Szabvány (CEN, 1992) ajánlása szerint a vizsgálat során a céltárgyon áthaladó hőáram abszolút értékét két alternatívával számították ki: egyszer n számú cellával, és egyszer $2n$ számú cellával. A két hőáram közti relatív különbség 2%-nál kisebb kell legyen. Ha a vizsgálat során ez a kívánalom nem teljesül, akkor a hálózat további sűrítése szükséges.

Ez esetben elegendő volt egy 30.000 cellát tartalmazó hálózat alkalmazása a feltétel kielégítéséhez ezzel ugyanis a relatív különbség, amit itt kaptak, tízszer kisebb volt az előírtnál, azaz 0,2%.

A 4. ábra a numerikus hálózat levetítését mutatja meg 30.000 elemes hálózat esetében x - y és x - z síkokra. Az acél tartóborda helyzetét a vastagabb vonallal jelölték. Az ún. over-relaxation tényezőt $\omega=1,95$ -re vették fel.

C – Perforált profilok hőtechnikai méretezése



4. ábra. Numerikus hálózat 30.000 számítógépes cella esetén x-y és x-z síkban

1.3 Mintapélda

A mintaként bemutatandó numerikus szimuláció kiindulási adatai az alábbiak:

- acél hővezetési tényezője $\lambda_s = 60 \text{ W/mK}$.
- a gerendák közötti távolság $L_g = 0,6 \text{ m}$ és
- az acélszelvény vastagsága $t = 0,7 \text{ mm}$ (lásd 1. és 2. ábra).

Az eredmények:

- A falon átmenő hőáram $Q_{\text{szám}} = 0,00786 \text{ W/K}$ -re adódott.
- A többlet hőveszteség Q_{extra} az acél miatt az alábbi:
 $Q_{\text{extra}} = Q_{\text{szám}} - U_{1d} \cdot L_g \cdot s = 0,00786 - 0,225 \cdot 0,6 \cdot 0,05 = 0,00111 \text{ W/K}$;
 ahol U_{1d} a gerenda nélküli fal hőátbocsátási tényezője.
- A teljes hővezetési ellenállás $R = 0,17 + 2 \cdot 0,013 / 0,22 + 0,150 / 0,036 = 4,44 \text{ m}^2\text{K/W}$,
 és ebből $U_{1d} = 1 / 4,44 = 0,225 \text{ W/m}^2\text{K}$ -re adódik.

C – Perforált profilok hőtechnikai méretezése

1.4 A tartóbordák közötti távolság változtatásának hatása

A fal U -értéke változik a fém tartóbordák közti L_g távolság függvényében. Ha az L_g távolság nő, akkor az U -érték közelíteni fog a tartóváz nélküli fal U_{1d} nélküli U -értékéhez. Elfogadható az a feltételezés, hogy a többlet hővesztés minden borda esetében, ugyanúgy mint a mintapéldában Q_{extra} . Ekkor megengedhető az U -érték alábbi közelítése, mint L_g függvénye:

$$U = \frac{Q_{extra}}{L_g * s} + U_{1d} = \frac{0,00111}{L_g * 0,05} + 0,225 = 0,0222 / L_g + 0,225 \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (01)$$

A fenti (01) egyenlet a súlyponti távolságokra érvényes bármely két, egymással szomszédos tartóbordáé esetén; a bordák egymásra hatása elhanyagolható. A numerikus tesztek azt mutatják, hogy 0,1m-es súlyponti távolság 2%-os hibát ad összehasonlítva a fenti egyenlettel. A hiba nő a távolság csökkenésével. Mindazonáltal a súlyponti távolság a valóságban jóval nagyobb, mint 0,1m.

1.5 Az acél hővezető képességének változása

Az acél hővezetési tényezője jóval nagyobb, mint a hőszigetelésé. Ennek következtében az acél és a hőszigetelés közötti hőátadás relatíve kicsi az acél hosszirányú vezetéséhez képest. Eléggé jó közelítést kapunk a probléma kétfelé bontásával, majd a külön-külön kapott eredmények összegzésével. Az első esetben az acél borda hatását nem vesszük figyelembe. Az egydimenziós áramlás 1 egység hőmérsékletkülönbségnél:

$$U_{1d} * L_g * s = 0,225 * 0,6 * 0,05 = 0,00675 \text{ W/K.}$$

A második esetben a hőszigetelés hatását hanyagoljuk el, és a hő áramlását csak az acélban és a gipszkartonban vizsgáljuk. A peremfeltételek miatt az acélborda és a hőszigetelés, valamint a gipszkarton és a hőszigetelés között hőcserementesség áll fenn. A numerikus szimuláció $\lambda_s = 60$ érték esetén 0,00105 W/K hőáramot mutatott. Az áramlás lényegében arányos az acél hővezetésével. Tehát a hőáram, mint λ_s függvénye $0,00105 * (\lambda_s / 60) = 17,5 * 10^{-6} * \lambda_s$ -re adódik. Összegezve ezt a két tényezőt, az alábbi közelítő képletet kapjuk:

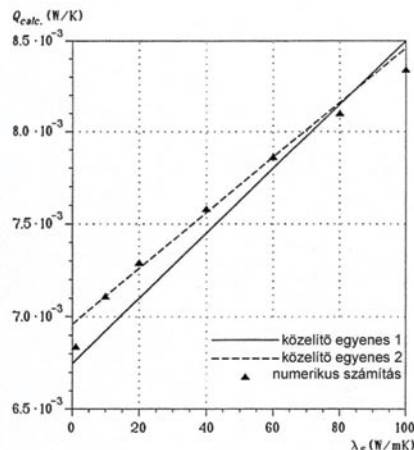
$$Q_{szám} = 0,00675 + 17,5 * 10^{-6} * \lambda_s \quad [\text{W/K}] \quad (02)$$

Ezt az egyenletet ábrázolja grafikusán az 5. ábra 1-es jelű közelítő egyenese.

A fekete háromszögek a közvetlen numerikus számításokból a különböző λ_s értékekből származó $Q_{szám}$ -kat mutatják. A numerikus vizsgálatok eredményei alapján a $\lambda_s = 10$ és $\lambda_s = 60$ értékek közötti értékekre illeszthető egyenes egyenlete a következőképpen írható fel:

$$Q_{szám} = 0,00696 + 15 * 10^{-6} * \lambda_s \quad [\text{W/K}] \quad (03)$$

Ez az egyenlet grafikus feldolgozásban látható szaggatott vonalként feltüntetve (lásd 5. ábra 2-es közelítő egyenese).



5. ábra. A hőáramlás λ_s függvényében 3D-s számítás alapján

C – Perforált profilok hőtechnikai méretezése

Az előzőek alapján közelítőleg kifejezhetjük az U értékét, mint λ_s és L_g függvényét. A bemutatott képletek szerint a 2. közelítő egyenes ennek megfelelően a (01) egyenlet $s=0,05\text{m}$ esetében a következőket adja:

$$U = \frac{Q_{extra}}{L_g * s} + U_{1d}$$

$$U = \frac{0,00696 + 15 * 10^{-6} * \lambda_s - 0,225 * L_g * s}{L_g * s} + 0,225 =$$

$$= \frac{0,0042 + 0,0003 * \lambda_s}{L_g} + 0,225 \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad (04)$$

A 6. ábra táblázata a (04) egyenleten alapuló U -értékeket mutatja be. Az így megkapott U -értékeket a tartóknál végzett közvetlen numerikus elemző számítások adták. A hiba kevesebb, mint 2%.

λ_s	$L_g=0.3 \text{ m}$	$L_g=0.6 \text{ m}$	$L_g=1.0 \text{ m}$	$L_g=0.1 \text{ m}$
60	0.299 (0.300)	0.262 (0.262)	0.247 (0.246)	0.447 (0.456)
40	0.279 (0.282)	0.252 (0.253)	0.241 (0.241)	
20	0.259 (0.263)	0.242 (0.243)	0.235 (0.235)	
10	0.249 (0.252)	0.237 (0.237)	0.232 (0.232)	

6. ábra. A (04) egyenleten és a numerikus számításokon alapuló U -értékek (a tartóknál)

1.6 Az acélbordák falvastagságának változtatása

Mivel az acélban történő hővezetés λ_s hővezetési tényezővel hozzávetőlegesen arányos, feltételezhetjük, hogy a szelvény t vastagságával szintén arányos. Ezek alapján a (04) egyenlet így változik:

$$U = \frac{0,0042 + 0,0003 * \lambda_s * \frac{t}{0,0007}}{L_g} + 0,225 = \frac{0,0042 + 0,43 * \lambda_s * t}{L_g} + 0,225 \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad (05)$$

ahol

$$L_g > 0,1 \text{ m}, \quad \lambda_s \geq 10 \text{ W/mK}, \quad t \geq 0,0001 \text{ m}$$

A 7. ábra táblázata a (05) egyenleten alapuló, különböző t , λ_s és L_g értékeknél kapott U -értékeket tünteti fel. A táblázati eredményeket a tartóknál végzett numerikus analízissel kapták. A legnagyobb hiba 2%.

Megjegyzendő, hogy létrehozható egy egyenlet, ami tekintetbe veszi a fal vastagságát H (m) és a szigetelés hővezetési képességét $\lambda_{h\acute{o}szig}$ (W/mK) is.

Így az U -érték könnyen számítható $U = f(\lambda_s, L_g, t, \lambda_{h\acute{o}szig}, H)$ függvényeként.

t	λ_s	L_g	U
1	60	0.6	0.275 (0.272)
1.5	60	0.6	0.296 (0.289)
1	10	1.0	0.233 (0.233)
1.5	10	0.3	0.260 (0.265)

7. ábra. A (05) egyenleten és a numerikus számításokon alapuló U -értékek

C – Perforált profilok hőtechnikai méretezése

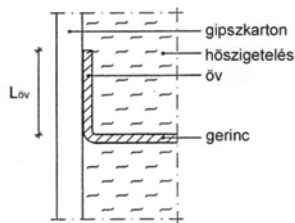
1.7 Perforálás nélküli gerendák

Numerikus számításokat végeztek perforáció nélküli tartóbordákkal kialakított falakra is ($\lambda_s=60$, $t=0,7$ mm és $L_g=0,6$ m esetén). A hőátbocsátási tényező értéke $U=0,413$ W/m²K-re adódott, ami **83%**-kal volt nagyobb, mint a borda nélküli falszakaszé ($0,413/0,225=1,83$).

A perforált gerincű tartókkal kialakított falnál ezzel szemben a 6. ábra táblázatának megfelelően csak **16%**-kal nagyobb hőáramot kaptak, mint a tartók nélküli falnál ($0,262/0,225=1,16$).

1.8 A tartóbordák övszélességének csökkentése

Az övek gyakorlatilag hőgyűjtőként működnek. Ha a 8. ábra szerint $L_{öv}$ hossza lecsökken, az U értéke szintén le fog csökkenni. A 9. ábra táblázatában perforáció nélküli tartóbordával épített falak kétdimenziós számítása során nyert U-értékek szerepelnek, ha $\lambda_s=60$, $t=0,7$ és $L_g=0,6$ m.



8. ábra. $L_{öv}$ csökkenésével a hőáram is csökken a gerinc mentén

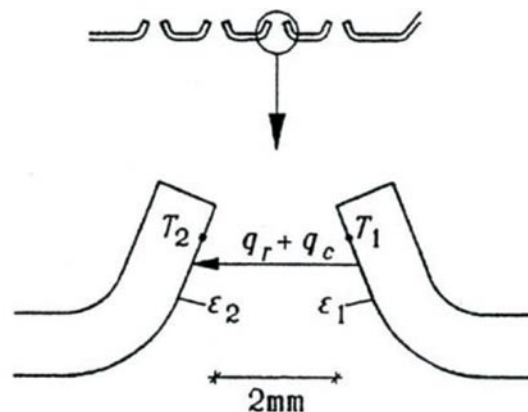
L_{flange}	U (W/m ² K)	lowered U-value
0.046	0.413	-
0.020	0.389	6%
0.005	0.347	19%

9. ábra. U-értékek különböző övhosszaknál

1.9 Hővezetés a perforációkban

A perforált tartók bemetszéseinél keletkező üregek hőszigetelő anyag helyett vélhetően levegővel telnek meg. A numerikus számítógépes számítás feltételezése szerint ezt a teret hőszigetelés tölti ki. Az alábbi fejezet a légrésekben belül a sugárzó és átáramló hőmennyiség becslésével foglalkozik.

A rés mérete a 10. ábra szerint $D=2$ mm. A sugárzással és áramlással átadott hő a résekben közel ugyanúgy viselkedik, mint a tiszta vezetés a szigetelésben. Így a hőáram a résekben keresztül elhanyagolható az acélon való átáramláshoz képest.



10. ábra. Hővezetés sugárzás és a bemetszéseknél lévő légrésekben keresztül való áramlás útján

1.10 Acél tartóbordák hatásának összehasonlítása fa tartóbordákkal

Érdekes összehasonlítani egy olyan falnak az U-értékét, amely acél U-szelvényekből készült egy olyan olyanéval, amelyben fa gerendák vannak ugyanolyan helyzetben elhelyezve, mint az előzőben az acélszelvények.

A számítások azt mutatják, $\lambda_s=60$, $t=0,7$ és $L_g=0,6$ m értékeknél a mintapéldában bemutatott perforált acélgerendákból álló fal U-értéke ugyanolyan, mint a 0,04m vastag fagerendásé, 0,14 W/mK hővezetési tényezővel.

C – Perforált profilok hőtechnikai méretezése

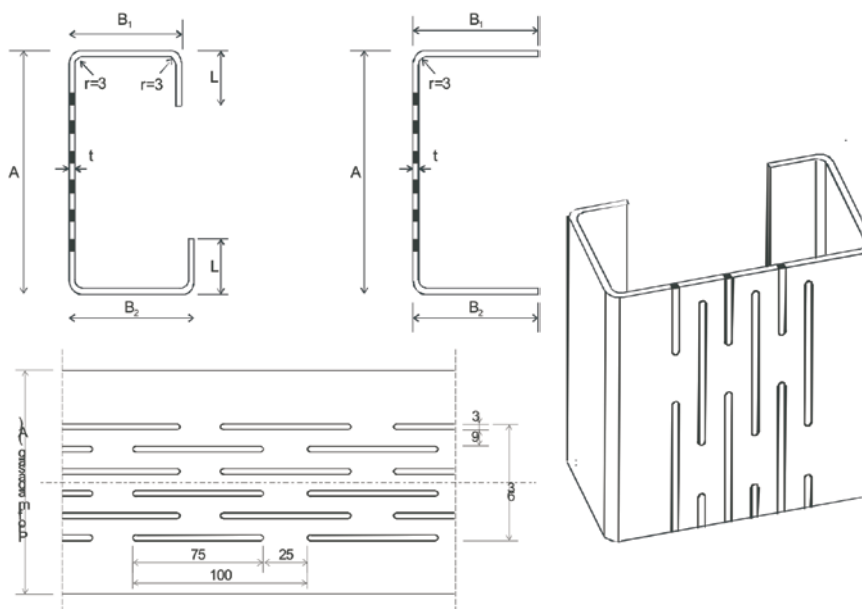
1.11 Következtetések

Az előző numerikus vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy az acélgerendák gerincének elnyújtott bevágása kedvezően hat a hővezetés csökkentésére. A példán bemutatott geometria esetén a hőátbocsátási tényező hatodrésztére csökkent. A gerendán átmenő hőáram a keskeny perforációk számának növelésével tovább csökkenthető.

A konkrét példánk esetén a (05) egyenlettel megadható formula az U-érték számítására, amely az acél hővezetési tényezőjétől (λ_s), a gerendák súlyponti távolságától (L_g) és a keresztszelvény vastagságától (t) függ. Összehasonlítva a közvetlen háromdimenziós numerikus számítás eredményével, a tapasztalt hiba kisebb, mint 2%.

2. A perforált gerincű Lindab-profilok hőtechnikai viselkedése

A továbbiakban – az előzőekben ismertetett skandináv tapasztalatok alapján – a Magyarországon gyártott Lindab perforált profilok hőtechnikai viselkedését vizsgáljuk, amelyeknek a pontos geometriája a 11. ábra látható (HRY-C és HSKY-U profilok).



11. ábra. A perforált LINDAB profil geometriai jellemzői

A svédországi és a magyarországi tervezés, méretezés elve több téren is jelentősen eltér egymástól. Az alapvető különbségeket nagy részben a klimatikus viszonyok okozzák, melyek a szabványokban is érzékelhetők. Az energetikai számításokban a hazánkban érvényes, eltérő értékeket kell figyelembe vennünk – például a falak kétoldali hőátadási tényezőjének felvételénél. Ezért a HEAT3 5.0 programverzió felhasználásával megvizsgáljuk és az ellenőrzött viselkedésű modell alkalmazásával bemutatjuk, hogy a LINDAB perforált tartóborda hogyan viselkedik a hazai szabványoknak megfelelő környezeti paraméterek esetén.

2.1 A perforált LINDAB borda ellenőrzése

A hazai bordák három eltérő falvastagsággal készülnek:

A „C” bordák gerincmagassága:

Az acél bordák hővezetési tényezője a számítások során:

A gipszkarton burkolat hővezetési tényezője a számítások során:

A tartóbordák között kitöltő hőszigetelés alternatív hővezetési tényezője a számítások során:

$$\lambda_{\text{hőszig-1}} = 0,036 \text{ W/mK}$$

$$\lambda_{\text{hőszig-2}} = 0,045 \text{ W/mK}$$

A felületi hőátadási tényező külső falszerkezet esetén: $h_e=24$ és $h_i=8$, így a számításoknál figyelembe vett felületi hőátadási ellenállás $R=1/2*(1/24+1/8)=0,085 \text{ m}^2\text{K/W}$.

$$t = 1,0 \text{ mm}; 1,2 \text{ mm} \text{ és } 1,5 \text{ mm}$$

$$h = 100 - 120 - 150 - 200 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{acél}} = 60 \text{ W/mK}$$

$$\lambda_{\text{burkolat}} = 0,22 \text{ W/mK}$$

C – Perforált profilok hőtechnikai méretezése

2.2 A perforált borda hőszigetelő képességének összehasonlítása a tömör gerincű bordáéval

Megvizsgáltunk egy $h=150\text{mm}$ gerincmagasságú, $t=1,0\text{mm}$ vastag bordával kialakított, 60cm bordaosztású falszerkezetet, kétoldali $12,5\text{mm}$ (13mm) vastag gipszkarton burkolattal, a vázon belül 15cm üveggyapot hőszigeteléssel ($\lambda_{\text{hőszig-1}}=0,036\text{ W/mK}$). A vizsgálatot az eredeti számítási módszernek megfelelően fél keresztmetszeten $0,5^\circ\text{C}$ hőmérsékletkülönbséggel, végeztük, a külső oldalon $R=0,085\text{ m}^2\text{K/W}$ felületi hővezetési ellenállással számolva.

Az eredmények a következők szerint alakultak:

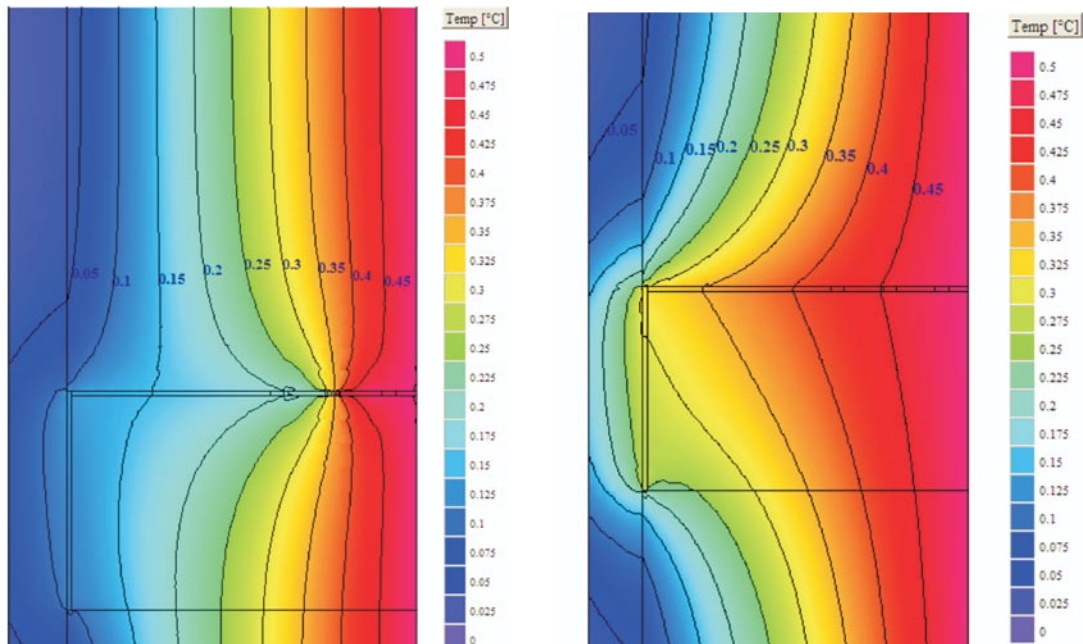
	Tömör gerincű borda ($h=150\text{mm}$, $t=1,0\text{mm}$, $L_g=60\text{cm}$)	Perforált gerincű borda ($h=150\text{mm}$, $t=1,0\text{mm}$, $L_g=60\text{cm}$)
$Q_{\text{számított}}$ (W)	0,0135	0,0089
Q_{extra} (W)	0,00675	0,00215
$U_{\text{r,perforáltgerincű}}$ ($\text{W/m}^2\text{K}$)	-----	0,297
$U_{\text{r,tömörgerincű}}$ ($\text{W/m}^2\text{K}$)	0,451	-----

12. ábra. Tömör és perforált borda U_{r} értékeinek összehasonlítása

A 150mm -es gerincmagasságú perforált tartóval kialakított hőszigetelt szerelt fal eredő hőátbocsátási tényezője ($U_{\text{r,perforáltgerincű}}=0,297\text{ W/m}^2\text{K}$) alig **66%**-a a perforáció nélküli bordával épített fal hőátbocsátási tényezőjének ($U_{\text{r,tömörgerincű}}=0,451\text{ W/m}^2\text{K}$).

Ha a perforált acél bordát fa vázoszlopra cseréljük, az eredő hőátbocsátási tényező értéke:

- $7,5/15\text{ cm}$ -es fa bordával: $U_{\text{rfa,75x150}}=0,286\text{ W/m}^2\text{K}$,
- $10/15\text{ cm}$ -es fa bordával: $U_{\text{rfa,100x150}}=0,306\text{ W/m}^2\text{K}$



(a) Perforált acél tartóbordával kialakított fal vizsgált keresztmetszeti részlete hőmérsékletének alakulása a hőmérsékleti izotermákkal bemutatva

(b) Perforáció nélküli tömör bordával kialakított fal vizsgált keresztmetszeti részlete hőmérsékletének alakulása a hőmérsékleti izotermákkal bemutatva.

13. ábra. A perforált illetve a tömör borda környezetének hőmérsékleti izotermái

C – Perforált profilok hőtechnikai méretezése

2.3 A perforált borda lemeztavastagság-változtatásának hatása

Megvizsgáltuk a perforált tartóbordák lemeztavastagsága ($t=1,0$ mm; 1,2 mm és 1,5 mm) változtatásának hatását a falszerkezet eredő hőátbocsátási tényezőjére a fenti 150mm-es gerincmagasságú tartóval kialakított, kétoldali gipszkarton borítású, üvegyapottal hőszigetelt szerelt fal esetén, 60cm-es bordakiosztásnál.

Az eredmények a következők: ($\lambda_{\text{acél}}=60\text{W/mK}$; $\lambda_{\text{burkolat}}=0,22\text{ W/mK}$; $\lambda_{\text{hőszig-1}}=0,036\text{W/mK}$)

	$t=1,0$ mm	$t=1,2$ mm	$t=1,5$ mm
$U_{r,\text{perforáltgerincű}}$ ($\text{W/m}^2\text{K}$)	0,297	0,307	0,321
Százalékos arány:	100%	103,4%	108,1%

14. ábra. A gerincvastagság változásának hatása a perforált bordájú fal U_f értékére

A várakozásnak megfelelően a gerincvastagság növekedésével a falszerkezet eredő hőátbocsátási tényezője romlik, ez a romlás azonban a legkedvezőtlenebb esetben (a gerincvastagság 50%-os növelése) is 10% alatt marad.

2.4 A perforált acélborda gerincmagasságának változtatása

A legjobban eltérő eredményeket nyilvánvalóan itt kapjuk, hiszen a borda magasságának változása egyben a kitöltő hőszigetelés vastagságának változásával jár együtt.

A számítás kiinduló paraméterei: $t=1,0\text{mm}$; $L_g=0,6\text{m}$; $\lambda_{\text{acél}}=60\text{W/mK}$; $\lambda_{\text{burkolat}}=0,22\text{W/mK}$; $\lambda_{\text{hőszig-1}}=0,036\text{W/mK}$.

Az eredmények:

Bordamagasság:	$h=100$ mm	$h=120$ mm	$h=150$ mm	$h=200$ mm
$U_{r,\text{perforáltgerincű}}$ ($\text{W/m}^2\text{K}$)	0,397	0,346	0,297	0,246
Százalék arány:	100%	87,2%	74,8%	62%

15. ábra. A perforált borda gerincmagasság-változásának hatása a fal U_f értékére

A számítás eredményei rendkívül kedvezőek, ha figyelembe vesszük, hogy

- még a $h=100\text{mm}$ gerincmagasságú perforált acélszelvényt kialakított falszerkezet is kielégíti a 7/2006(V.24.) TNM rendeletben a külső falakra előírt $U_f=0,45\text{ W/m}^2\text{K}$ értéket,
- a $h=120\text{mm}$ gerincmagasságú perforált acélszelvényt kialakított falszerkezet már kielégíti a hivatkozott rendeletben a könnyűszerkezetes külső falakra javasolt $U_f=0,35\text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási tényező értéket is.

2.5 A falszerkezetbe beépített anyagok típusának, minőségének változtatása

2.5.1 Hőszigetelések

Hő- illetve hangszigetelő anyagként a perforált acél bordák között feltétlenül szálas anyagú szigetelést kell alkalmazni. Az ellenőrző számítások során eddig a hivatkozott irodalomból vett, svéd rétegrendszernél is alkalmazott $\lambda_{\text{hőszig-1}}=0,036\text{W/mK}$ hővezetési tényezővel dolgoztunk, mely általában üvegyapot hőszigetelésekkel érhető el.

Célszerű megvizsgálni a változásokat valamivel rosszabb hőszigetelő képességű $\lambda_{\text{hőszig-2}}=0,045\text{ W/mK}$ hővezetési tényezővel rendelkező kőzetgyapot szigetelés alkalmazása esetén.

Az eredményeket a számítási bázisként kezelt $h=150$ mm-es gerincmagasságú, $t=1,0$ mm gerincvastagságú, $L_g=60$ cm bordatávolságú, kétoldali egyrétegű gipszkarton burkolattal ellátott falszerkezet esetére az alábbi táblázatban foglaljuk össze:

A hőszigetelés hővezetési tényezője	$\lambda_{\text{hőszig-1}}=0,036\text{ W/mK}$	$\lambda_{\text{hőszig-2}}=0,045\text{ W/mK}$	25% romlás
$U_{r,\text{perforáltgerincű}}$ ($\text{W/m}^2\text{K}$)	0,297	0,349	17,5% romlás

16. ábra. A hőszigetelés minőségi változásának hatása a fal U_f értékére

A hőszigetelő képesség 25%-os csökkenése tehát az eredő hőátbocsátási tényező 17,5%-os romlásához vezet, a szerkezet azonban még így is nagy biztonsággal kielégíti a 7/2006(V.24.) TNM rendeletben a külső falakra előírt $U_f=0,45\text{ W/m}^2\text{K}$ követelményértéket.

C – Perforált profilok hőtechnikai méretezése

2.5.2 Burkolólapok

Az eddigi számítások során a svéd szakirodalomból vett példának megfelelően kétoldali 13 mm vastag gipszkarton lap burkolattal számoltunk, $\lambda_{\text{burkolat}}=0,22 \text{ W/mK}$ hővezetési tényező értékkel.

Más anyagú burkolólapok alkalmazása esetén a szerkezet hőátbocsátási tényezője lényegesen nem változik, mert a szűlős hőszigeteléshez képest a burkolati anyagok hővezetési tényezőjének számértékénél jelentkező differencia jelentéktelen.

A hazai gyakorlatnak megfelelően elképzelhető burkolati rétegek:

- gipszkarton lap 9-12,5-2x12,5 mm vastagságban ($\lambda_{\text{gipszkarton}}=0,22 \text{ W/mK}$)
- OSB-3 lap 8-10-12-15-18-22-25 mm vastagságban ($\lambda_{\text{OSB lap}} \approx 0,20 \text{ W/mK}$)
- Betonyp (CK) lap 8-10-12-14-16-18-20-24 mm vastagságban ($\lambda_{\text{betonyp}}=0,26 \text{ W/mK}$)

A burkolólapok tehát közel azonos hővezetési tényezővel számíthatók, és hatásuk a teljes rétegszerkezet hőszigetelő képességéhez képest általában csekély. Kedvezőbb értéket inkább a vastagabb, vagy több rétegű burkolatok beépítése esetén lehet elérni.

Összehasonlítottuk a $h=150\text{mm}$ -es gerincmagasságú, $t=1,0 \text{ mm}$ gerincvastagságú, $L_g=60\text{cm}$ bordatávolságú, $\lambda_{\text{hőszig-2}}=0,045\text{W/mK}$ kitöltésű szerelt fal eredő hőátbocsátási tényezőjét 2x1 réteg, illetve 2x2 réteg 12,5mm vastag gipszkarton lap alkalmazása esetén.

	$U_{\text{r,perforáltgerincű}} \text{ (W/m}^2\text{K)}$	Arány
2x1 rtg. gipszkarton burkolattal	0,349	100%
2x2 rtg. gipszkarton burkolattal	0,334	95,7%

17. ábra. A burkolat vastagság-változásának hatása a fal U_f -értékére

A falszerkezet hőátbocsátási tényezője tehát a megduplázott gipszkarton burkolat következtében 4,3%-kal javult.

2.6 A perforált bordák osztástávolságának változtatása

Az osztásköz csökkentésével a besűrűsödő acélbordák eredő hőátbocsátási tényezőre gyakorolt rontó hatása növekszik. E növekedés mértékét az alábbi számítási adatok jellemzik ($t=1,0\text{mm}$; $h=150 \text{ mm}$; $\lambda_{\text{acél}}=60\text{W/mK}$; $\lambda_{\text{burkolat}}=0,22\text{W/mK}$; $\lambda_{\text{hőszig-1}}=0,045\text{W/mK}$):

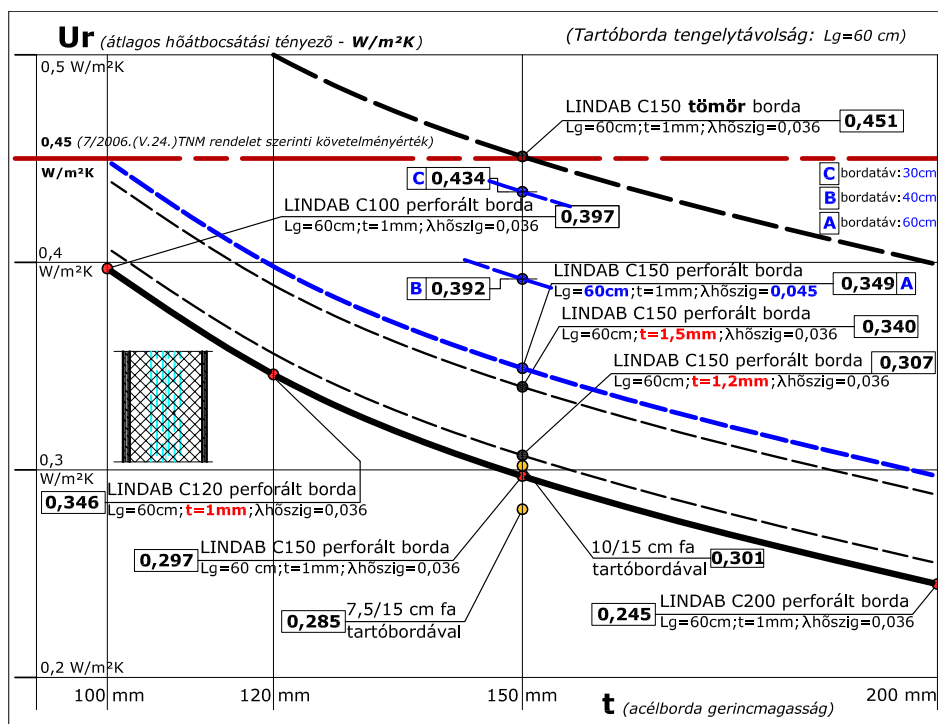
Borda osztásköz:	$L_g=0,6\text{m}$	$L_g=0,4\text{m}$	$L_g=0,3\text{m}$
$U_{\text{r,perforáltgerincű}} \text{ (W/m}^2\text{K)}$	0,349	0,392	0,434
Változás:	100%	112%	124%

18. ábra. A borda osztástávolság változásának hatása a fal U_f értékére

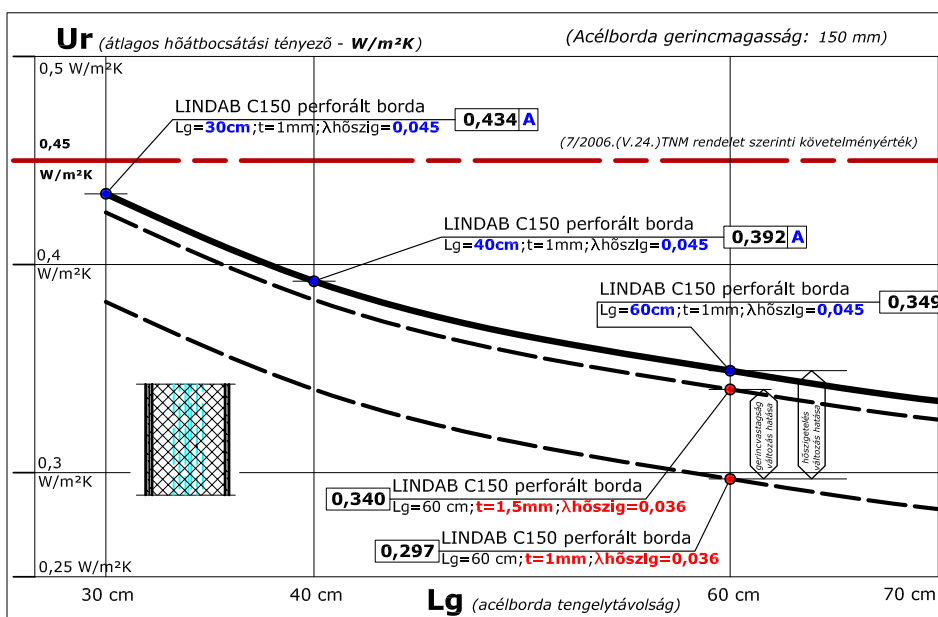
C – Perforált profilok hőtechnikai méretezése

3. A számítási eredmények összefoglalása

Az alábbiakban az előző fejezetben számított eredményeket összesítjük grafikonon ábrázolva (19. és 20. ábrák).



19. ábra. A fal U_r -hőátbocsátási tényezőjének változása, grafikusán ábrázolva-I.



20. ábra. A fal U_r -hőátbocsátási tényezőjének változása, grafikusán ábrázolva-II.

C – Perforált profilok hőtechnikai méretezése

Az alábbiakban pedig gyors ellenőrzésre, méretezésre alkalmas módon táblázatokban foglaljuk össze az eredményeket. A táblázati értékek a kétoldali 12,5 mm vastag gipszkarton réteggel borított hőszigetelt LINDAB falszerkezet „U_r” rétegtervi hőátbocsátási tényezőjét adják meg [W/m²K] mértékegységben, ahol

- h = a perforált acélprofil gerincmagassága = a hőszigetelés vastagsága [mm]
- t = a perforált profil falvastagsága [mm]
- L_g = a perforált profilok tengelytávolsága [cm]
- L_{hőszig} = a kitöltő hőszigetelés hővezetési tényezője [W/mK]

LINDAB C200 perforált borda, h=200 mm				
L _{hőszig} = 0,045 W/mK	L _g (kiosztás)	t=1,0 mm	t=1,2 mm	t=1,5 mm
	30 cm	0,382	0,392	0,425
	40 cm	0,345	0,355	0,388
	60 cm	0,297	0,307	0,340

LINDAB C200 perforált borda, h=200 mm				
L _{hőszig} = 0,036 W/mK	L _g (kiosztás)	t=1,0 mm	t=1,2 mm	t=1,5 mm
	30 cm	0,330	0,340	0,373
	40 cm	0,293	0,303	0,336
	60 cm	0,245	0,255	0,288

LINDAB C150 perforált borda, h=150 mm				
L _{hőszig} = 0,045 W/mK	L _g (kiosztás)	t=1,0 mm	t=1,2 mm	t=1,5 mm
	30 cm	0,434	0,444	0,477
	40 cm	0,397	0,407	0,440
	60 cm	0,349	0,359	0,392

LINDAB C150 perforált borda, h=150 mm				
L _{hőszig} = 0,036 W/mK	L _g (kiosztás)	t=1,0 mm	t=1,2 mm	t=1,5 mm
	30 cm	0,382	0,392	0,425
	40 cm	0,345	0,355	0,388
	60 cm	0,297	0,307	0,340

LINDAB C120 perforált borda, h=120 mm				
L _{hőszig} = 0,045 W/mK	L _g (kiosztás)	t=1,0 mm	t=1,2 mm	t=1,5 mm
	30 cm	0,483	0,493	0,526
	40 cm	0,446	0,456	0,489
	60 cm	0,398	0,408	0,441

LINDAB C120 perforált borda, h=120 mm				
L _{hőszig} = 0,036 W/mK	L _g (kiosztás)	t=1,0 mm	t=1,2 mm	t=1,5 mm
	30 cm	0,431	0,441	0,474
	40 cm	0,394	0,404	0,437
	60 cm	0,346	0,356	0,389

LINDAB C100 perforált borda, h=100 mm				
L _{hőszig} = 0,045 W/mK	L _g (kiosztás)	t=1,0 mm	t=1,2 mm	t=1,5 mm
	30 cm	0,534	0,544	0,577
	40 cm	0,497	0,507	0,540
	60 cm	0,449	0,459	0,492*

LINDAB C100 perforált borda, h=100 mm				
L _{hőszig} = 0,036 W/mK	L _g (kiosztás)	t=1,0 mm	t=1,2 mm	t=1,5 mm
	30 cm	0,482	0,492	0,525
	40 cm	0,445	0,455	0,488
	60 cm	0,397	0,407	0,440

Lindab perforált profillal szerelt rétegek U_r-értékei (W/m²K)

$$(\lambda_{\text{acél}}=60,0 \text{ W/mK}, \lambda_{\text{burkolat}}=0,22 \text{ W/mK}, R=0,085 \text{ m}^2\text{K/W})$$

A korábban hosszú ideig érvényes MSZ-előírások alapján valamennyi U_r-érték megfelelő (U_r < 0,7), a vastagon szedett táblázati értékek pedig még a Magyarországon 2006. szeptember 1-jétől hatályos új energetikai követelményeknek (U_r ≤ 0,450) is megfelelnek!

C – Perforált profilok hőtechnikai méretezése**Felhasznált szakirodalom**

- [1] Thomas R. Blomberg: **Heat Conduction in Two and Three Dimensions, Computer Modelling of Building Physics Applications.** Report TVBH-1006, Department of Building Physics, Lund University, 1994, Sweden (ISBN: 91-628-1311-0)
- [2] **European Lightweight Steel-framed Construction.** Light Steel Construction Association (LSK) és az ARCELOR angol nyelvű kiadványa, 2005, Luxemburg (ISBN: 2-9523318-2-0)

D

PERFORÁLT PROFILOK STATIKAI MÉRETEZÉSE

(Közreműködött: DR. ÁDÁNY SÁNDOR, DR. DUNAI LÁSZLÓ, BME)

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	50
1.1. A tervezési útmutató tárgya	50
1.2. Méretezéselméleti háttér	50
2. Geometriai és anyagjellemzők	51
2.1. Geometriai jellemzők	51
2.2. Anyagjellemzők	52
2.3. A méretezéshez használt geometriai és anyagjellemzők	53
2.3.1. A keresztmetszet geometriája	53
2.3.2. Tervezési lemeztavastagság	53
2.3.3. A folyási feszültség tervezési értéke	53
3. A méretezési eljárás leírása	53
3.1. Bevezetés	53
3.2. A szerkezeti kialakításra vonatkozó feltevések	54
3.3. Statikai modell	54
3.4. Terhek meghatározása	54
3.5. A méretezési eljárás rövid összefoglalása	55
3.5.1. Az eljárás alapgondolata	55
3.5.2. Zónák igénybevételeinek meghatározása	55
3.5.3. Ellenőrzések	56
4. A méretezés végrehajtása táblázatokkal	56
4.1. A teherbírasi táblázatok felépítése és jelölései	56
4.2. Statikai méretezés a teherbírasi táblázatokkal	57
4.3. Teherbírasi táblázatok	58
5. Kapcsolatok méretezése	67
5.1. Kötőelem típusa, anyagminősége, geometriája	67
5.2. Kapcsolatok szerkezeti kialakítása	67
5.3. Kötőelemek statikai ellenőrzése	68
5.4. B08 szerkezeti önmetsző csavar ellenállási táblázatai	69
Hivatkozások	70

D – Perforált profilok statikai méretezése

D

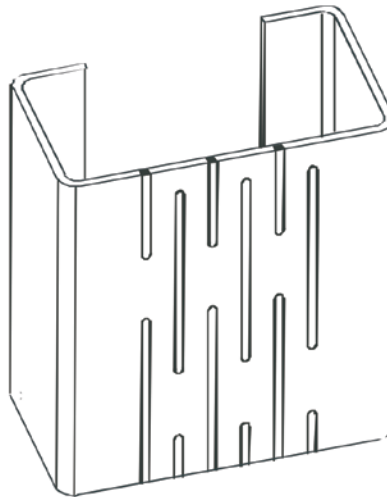
PERFORÁLT PROFILOK STATIKAI MÉRETEZÉSE

(Közreműködött: DR. ÁDÁNY SÁNDOR, DR. DUNAI LÁSZLÓ, BME)

1. Bevezetés

1.1. A tervezési útmutató tárgya

Jelen tervezési útmutató perforált gerincű Lindab szelvények méretezését tárgyalja. Ezek a szelvények – a szokásos Lindab Z- ill. C-elemekhez hasonlóan – vékony lemezekből hideg-hengerléses eljárással készülnek, de gerincükben perforáltak az 1.1. ábrán szemléltetett módon. Az alkalmazott perforáció épületfizikai szempontból előnyös, elsősorban azért, mert az egymáshoz képest eltoltan elhelyezkedő kivágások jelentősen javítják a szelvény hőtechnikai tulajdonságait. Ez magyarázza azt is, hogy a tárgyalt szelvények döntően könnyűszerkezetes vázas épületek külső falainak elemeiként kerülnek alkalmazásra: a C-alakú szelvények elsősorban oszlopként, míg az U-alakú szelvények elsősorban az oszlopokat összefogó elemekként („talpgerenda” vagy „sín” és „koszorú” funkcióban). Az alkalmazási kör behatárolja a vizsgálandó statikai modellek körét is.



1.1. ábra: Gerinc perforációja

1.2. Méretezésméleti háttér

Hasonlóan számos más termékre vonatkozó korábbi Lindab útmutatóhoz, jelen útmutató méretezési eljárása is két fő alapon nyugszik: a terhek felvétele a vonatkozó magyar előírások szerint történik, míg a teherbírás számítása a vonatkozó svéd előírások és gyakorlat szerint.

A gerinc perforációjának kedvező hőtechnikai hatása mellett statikai következménye is van: a gerinc merevsége, – elsősorban is nyírási merevsége – lecsökken, mely nem pusztán a nyírási teherbírás csökkenésében jelentkezik, de megváltoztatja a gerenda egész viselkedését. A rúdszerkezetek vizsgálatában általánosan alkalmazott sík keresztmetszetek elve (Bernoulli-Navier hipotézis) érvényét veszti, s így a hajlítással és normálerővel szembeni ellenállás meghatározásánál nem alkalmazhatóak a szokásos (nem-perforált gerincű) hidegen hajlított elemekre érvényes eljárások és összefüggések.

Bár Magyarországon a perforált gerincű szelvények alkalmazása újdonságnak számít, külföldön már többéves hagyománya van. Jelen útmutató elsősorban a skandináv országok tapasztalatára épít, köszönhetően a svéd Lindab anyacég és a Lindab Kft. magyar leányvállalat szoros kapcsolatának. A perforált gerincű szelvények teherbírásának számítására vonatkozó méretezési elvek és azok gyakorlati megvalósítása tehát szorosan követi a svéd Lindab-nál már kidolgozásra került és évek óta alkalmazott eljárásokat. Ily módon az itt bemutatott eljárások lényegében a svéd Lindabnál alkalmazott eljárások magyarországi – érdemi változtatás nélküli – adaptációjának tekinthetők.

D – Perforált profilok statikai méretezése

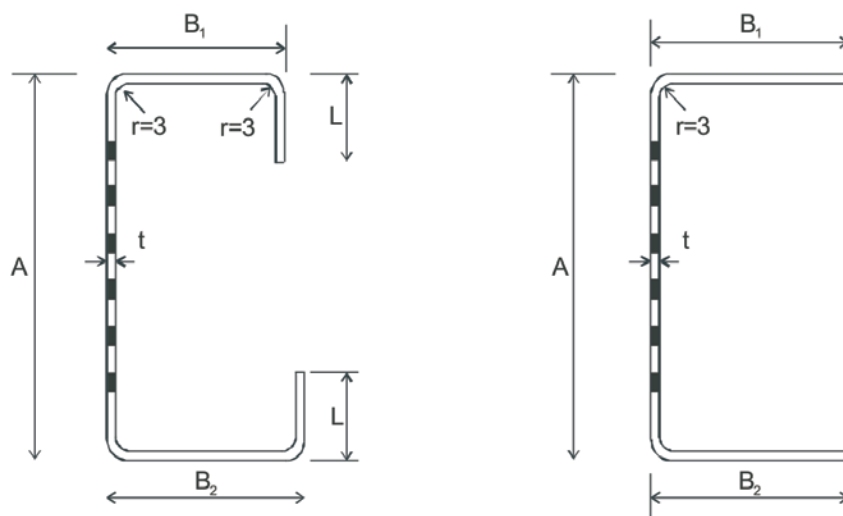
2. Geometriai és anyagjellemzők

2.1 Geometriai jellemzők

Jelen útmutatóban kétféle keresztmetszeti alakkal rendelkező terméket vizsgálunk:

- a C alakú HRY jelű szelvényeket, illetve
- az U alakú HSKY jelű szelvényeket.

Mindegyik típus különféle méretekben és lemezvastagságokból készül, az alábbi ábrák és táblázatok szerint:



2.1. ábra: Lindab HRY és HSKY szelvények keresztmetszetei

A [mm]	t_n [mm]	B_1 [mm]	B_2 [mm]	L [mm]
100	1,0	47	41	16,2
	1,2	47	41	16,8
	1,5	47	41	17,7
120	1,0	47	41	16,2
	1,2	47	41	16,8
	1,5	47	41	17,7
150	1,0	47	41	16,2
	1,2	47	41	16,8
	1,5	47	41	17,7
200	1,0	47	41	16,2
	1,2	47	41	16,8
	1,5	47	41	17,7

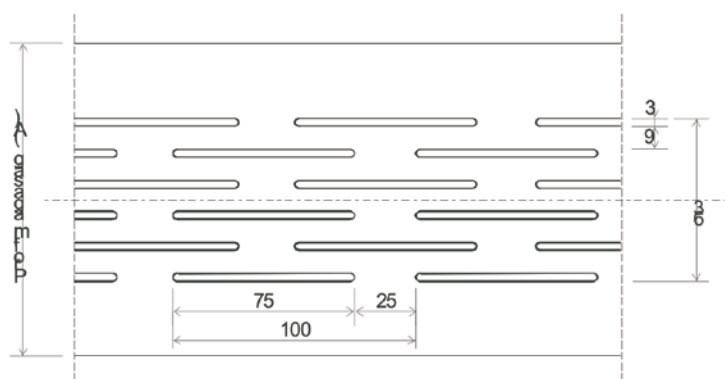
2.1. táblázat: Lindab HRY szelvények geometriai adatai

D – Perforált profilok statikai méretezése

A [mm]	t_n [mm]	B_1 [mm]	B_2 [mm]
100	1.0	56	56
	1.2	56	56
	1.5	56	56
120	1.0	56	56
	1.2	56	56
	1.5	56	56
150	1.0	56	56
	1.2	56	56
	1.5	56	56
200	1.0	56	56
	1.2	56	56
	1.5	56	56

2.2. táblázat: Lindab HSKY szelvények geometriai adatai

A gerinc perforálásának geometriája mindkét szelvénytípusnál megegyezik (2.2. ábra).



2.2. ábra: Lindab HRY és HSKY szelvények gerincperforációja

2.2. Anyagjellemzők

A Lindab HRY és HSKY szelvények anyagminősége: **S350GD+Z275** (MSZ EN 10326).

A számítások szempontjából lényeges anyagjellemzők:

A folyási feszültség karakterisztikus értéke:	$f_{yk} = 350 \text{ N/mm}^2$
Rugalmassági modulus:	$E = 210000 \text{ MPa}$
Nyírási rugalmassági modulus:	$G = 81000 \text{ MPa}$
Poisson tényező:	$\nu = 0,3$
A gerinc nyírási szilárdságának karakterisztikus értéke*:	$\tau_{uk} = 15 \text{ N/mm}^2$
A gerinc nyírási merevségének redukciós tényezője*:	$\tau_G = 0,04$

* A gerinc nyírási szilárdságát és merevségének redukciós tényezőjét kísérletekkel határozták meg (Svédországban).

D – Perforált profilok statikai méretezése

2.3. A méretezéshez használt geometriai és anyagjellemzők**2.3.1. A keresztmetszet geometriája**

Fenti adatokból látszik, hogy az RY szelvények két övének szélessége nem egyezik meg, azaz a szelvények nem teljesen szimmetrikusak. A számításoknál azonban a továbbiakban egy átlagos övmérettel számolunk, amely kis mértékű pontatlanságot jelent ugyan, de két jelentős gyakorlati előnnyel jár: a szelvények szimmetrikussá válnak, és nem szükséges a kétféle lehetséges elhelyezésre külön-külön méretezési táblázatokat közölni. (Megjegyzés: a C-szelvényekre vonatkozó korábbi Lindab útmutatók ugyanezt a feltételezést alkalmazzák.)

2.3.2. Tervezési lemezvastagság

A lemezek statikai szempontból figyelembe vehető (t) vastagságát [4] alapján határozzuk meg az alábbi összefüggés szerint:

$$t = \frac{t_{\min}}{0,95}$$

ahol

t_{\min} az acéllemez vastagságának azon minimális értéke, melynél kisebb a statisztikai mintában nem fordulhat elő.

Megjegyezzük, hogy fenti összefüggés viszonylag szigorú, pl. a vonatkozó Eurocode szabványhoz képest. Ennek az az oka, hogy a tervezési lemezvastagság nem pusztán a lemezvastagság bizonytalanságát, hanem az anyagminőségben meglévő bizonytalanságot is figyelembe veszi (lásd alább).

2.3.3. A folyási feszültség tervezési értéke

A [4] szabvány szerint a folyási feszültség tervezési értéke az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$f_y = \frac{f_{yk}}{\gamma_m \gamma_n}$$

ahol

γ_m az anyagminőség bizonytalanságát figyelembe vevő tényező,

γ_n a szerkezeti elem rendeltetését figyelembe vevő tényező, melynek értéke 1,0, 1,1 vagy 1,2 lehet.

Az előző pont szerint az anyagminőség bizonytalansága a lemezvastagság tervezési értékében kerül figyelembe vételre, így:

$$\gamma_m = 1,0.$$

A szerkezeti elem rendeltetését figyelembe vevő γ_n tényező (teherbírás oldalon történő szerepeltetése) mind a magyar, mind az újabb európai előírásoktól idegen. A magyar méretezési gyakorlat a szerkezeti elem rendeltetésének hatását más módon veszi figyelembe, részben a terhek biztonsági tényezőjében (pl. hőteher), részben a különféle elemekre vonatkozó különböző merevségi követelményekben (mely utóbbi a magyar előírásokban sokkal szigorúbb, mint a skandináv előírások). Ezért jelen útmutató a γ_n tényezőre egységesen

$$\gamma_n = 1,0$$

értéket alkalmaz.

3. A méretezési eljárás leírása**3.1. Bevezetés**

A gerinc perforációjának legfontosabb statikai vonzata, hogy lecsökken a nyírási merevsége. Ennek következménye, hogy a rúdszerkezetek vizsgálatában általánosan alkalmazott sík keresztmetszetek elve (Bernoulli-Navier hipotézis) érvényét veszti, s így a hajlítással és normálerővel szembeni ellenállás meghatározásánál nem alkalmazhatóak a szokásos (nem-perforált gerincű) elemekre érvényes eljárások és összefüggések.

Jelen útmutató a [7]-ben kidolgozott számítási eljárást követi, (mely eljárást [6] is ismertet) felhasználva a vékonyfalú hidegen hajlított szelvényekre vonatkozó [4 és 5] svéd szabványokat. Az eljárás alapján teherbírasi határértékeket közlünk táblázatos formában, melyek a leggyakrabban előforduló esetekre (statikai modell, terhelés, megtámasztások, stb.) lettek kidolgozva.

D – Perforált profilok statikai méretezése

Bár a jelen útmutatóban szereplő teherbírési táblázatok a gyakorlati esetek jelentős részét lefedik, előfordulhatnak olyan esetek, melyek az itt feltételezett statikai modellel nem kezelhetők megfelelő pontossággal. Ilyen esetekben javasoljuk a Lindab által kidolgozott DimStud program használatát, mely a bemutatott elvek alapján számol, de általánosabb esetekre is alkalmazható.

3.2. A szerkezeti kialakításra vonatkozó feltevések

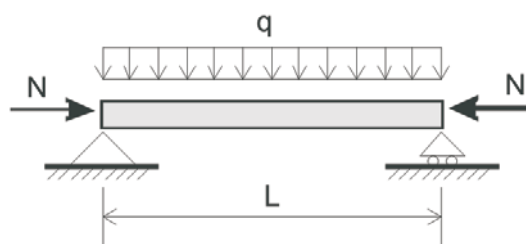
Jelen útmutatóban számos egyszerűsítő feltevést alkalmazunk.

- A perforált gerincű szelvény mindkét övéhez egy olyan szerkezeti elem csatlakozik (pl. gipszkarton lap), mely az övek oldalirányú (gerincre merőleges) elmozdulását hatékonyan megakadályozza.
- A megtámasztó elem a perforált gerincű szelvényhez csavarokkal van rögzítve. A csavarok egymástól mért távolsága mindkét övnél azonos.
- A perforált gerincű szelvények aszimmetriáját elhanyagoljuk, (azaz: átlagos övmérettel és övmerevítő mérettel számolunk), ami azt eredményezi, hogy a gerinccel párhuzamos síkú terhelés egyenes hajlításra veszi igénybe a tartót.
- Feltételezzük, hogy a tartóvég megtámasztása olyan, amely a gerinc – koncentráltan működő keresztirányú erő hatására bekövetkező – beroppanását kizárja.

3.3. Statikai modell

Jelen útmutató a 3.1. ábrán bemutatott statikai modellt feltételezi. Azaz:

- A tartó kéttámaszú.
- A tartó egy N normálerővel és egy q egyenletesen megoszló teherrel terhelt.
- A megoszló teher a gerenda gerincével párhuzamosan működik.
- A megoszló erő lehet nyomó vagy szívó jellegű is. A keresztmetszet és szerkezeti kialakítás (feltételezett) szimmetriája és az alkalmazott eljárás sajátosságai miatt a nyomó és szívó jellegű terhelés elvileg nem különbözik egymástól, azaz a táblázatokban megadott értékek mind nyomó, mind szívó jellegű terhekre érvényesek.
- A normálerő lehet központos vagy külpontos.
- Központos terhelés esetén a normálerőből nem származik hajlás, azaz a keresztmetszet minden pontjában ugyanakkora feszültséget tételezünk fel.
- Külpontoság esetén csak azt az esetet vizsgáljuk, ha a külpontos normálerő valamelyik övzóna középpontjában működik.
- Bár az alkalmazott méretezési eljárás elvileg nyomó és húzó jellegű normálerőre egyaránt alkalmazható, jelen útmutatóban csak nyomó jellegű terhelést tételezünk fel, mivel jelentős nagyságú húzó jellegű teher a gyakorlati esetekben nemigen fordul elő.



3.1. ábra: Statikai modell

3.4. Terhek meghatározása

Jelen útmutató nem foglalkozik a terhek felvételének kérdésével. Az alábbiakban csak néhány szempontot foglalunk össze.

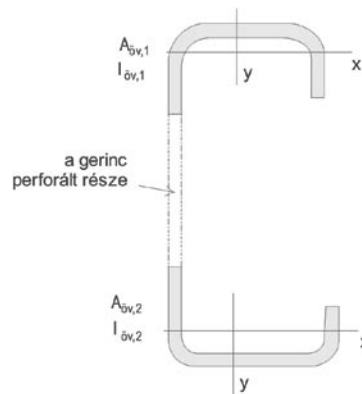
- A terheket a vonatkozó magyar előírások szerint javasoljuk felvenni, [1-3] alapján.
- A terheket a fenti statikai modellnek megfelelően kell a szerkezetre redukálni.
- Az alkalmazott számítási modell azt feltételezi, hogy a perforált gerincű szelvények csak a gerincükkel párhuzamos síkban vannak terhelve. Az esetlegesen fellépő merőleges síkú terhekről feltételezzük, hogy azt az egyéb szerkezeti elemek felvesszik.
- A teherbírési táblázatokban megadott határterhelések a teherbírési oldal biztonsági tényezőit tartalmazzák, de nem tartalmazzák a teher oldali biztonsági tényezőket. Azaz: a táblázatokban megadott értékeket a terhek megfelelő kombinációival kell összehasonlítani, alkalmazva a terhek megfelelő biztonsági és egyidejűségi tényezőit.
- A teherbírési táblázatokban megadott határteherbírások nem tartalmazzák az önsúlyt sem, tehát a tényleges terhelés számításánál a szerkezet önsúlyát is figyelembe kell venni.

D – Perforált profilok statikai méretezése

3.5. A méretezési eljárás rövid összefoglalása

3.5.1. Az eljárás alapgondolata

Az eljárás alapgondolata az, hogy a szelvényt három zónára bontjuk, a két övzónára és a perforált gerinczónájára (lásd a 3.2. ábrát). A két övzóna normálerőre és hajlításra dolgozik, míg a gerinczóna csak nyírásra. A különböző zónákra a statikai egyensúlyi egyenleteknek valamint a geometriai kompatibilitásnak teljesülnie kell, mely alapján – adott statikai modellre – a zónákra ható igénybevételek meghatározhatóak.



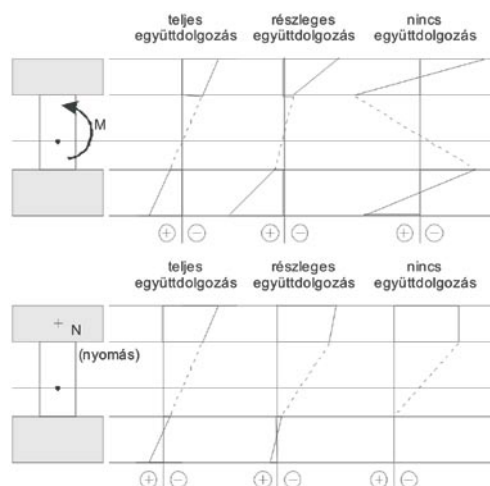
3.2. ábra: A keresztmetszet zónái

Az igénybevételek ismeretében a szükséges ellenőrzések elvégezhetőek a szokásos, nem-perforált vékonyfalú szelvényekhez hasonló módon. Az elvégzendő ellenőrzések részben függenek a feladat jellegétől (szerkezeti kialakítás, stb.).

3.5.2. Zónák igénybevételeinek meghatározása

A zónákban ébredő igénybevételek meghatározása bonyolult megfontolásokat igényel és bonyolult összefüggésekre vezet. Ezek részleteit nem ismertetjük. Megemlítjük azonban az alábbiakat:

- A zónák igénybevételei függenek a terhelés jellegétől, tehát más összefüggések szolgálnak az egyenletesen megoszló külső terhelés ill. a külpontos normálerő kezelésére.
- Az igénybevételek természetesen függenek a megtámasztási viszonyoktól; jelen útmutató minden esetben kéttámaszú tartót feltételez.
- A csökkentett nyírési merevségű gerinc részleges együttdolgozást biztosít az övzónák között, tehát az igénybevételek megoszlása és az alakváltozások/feszültségek eloszlása a keresztmetszet mentén ennek a részleges együttdolgozásnak a sajátosságait mutatja. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a tartó viselkedése a teljes együttdolgozás (azaz: gyengítetlen gerincű tartó) és az övek egymástól teljesen független viselkedése (azaz: a gerinc nyírési merevsége zérus – nincs együttdolgozás) között lesz. Ezt szemlélteti a 3.3. ábra, ahol a jellegzetes feszültség/alakváltozás eloszlásokat mutatjuk be megoszló terhebről származó nyomaték és a külpontos nyomóerő esetében.



3.3. ábra: Jellegzetes feszültségeloszlások

D – Perforált profilok statikai méretezése

3.5.3. Ellenőrzések

Jelen útmutatóban az alábbi ellenőrzéseket vesszük figyelembe:

- az övek kihajlása a gerinc síkjában,
- az övek kihajlása a gerinc síkjára merőlegesen (oldalirányban),
- a teljes szelvény kihajlása a gerinc síkjában,
- a teljes szelvényre vonatkozó normálerő-hajlítás interakció,
- a gerinc nyírása,
- elmozdulások (lehajlások) vizsgálata.

Fenti ellenőrzések lényegüket tekintve nem különböznek a vékonyfalú szelvényeknél általában alkalmazott számításoktól. Az alábbiakban összefoglalunk néhány sajátosságot, feltételezést.

- Az övek gerinc síkjában történő kihajlásának ellenőrzése során azt vizsgáljuk, hogy a rögzítő csavarok között nem hajlik-e ki az öv. A vizsgálat lényegében egy nyomott oszlop kihajlásvizsgálatával egyezik meg. A kihajlási hossz a rögzítőcsavarok távolságának 0,7-szerese, melytől kívánja figyelembe venni, hogy az övek kihajlása nem jöhet létre szabadon a gerinc (és esetleg egyéb szerkezeti elemek, pl. gipszkarton lap) megtámasztó hatása miatt.
- Az övek oldalirányú kihajlásának vizsgálatánál az öveket mint rugalmasan ágyazott nyomott oszlopokat vizsgáljuk. A helyettesítő (megoszló) rugó-merevséget a csavarok nyírási merevségéből (és a csavarok távolságából) határozzuk meg. A csavarok nyírási merevségét svéd kísérleti eredmények alapján vettük fel (80 N/mm).
- A teljes szelvény kihajlásának vizsgálatánál feltételezzük, hogy a szelvényhez kapcsolódó oldalirányú megtámasztást biztosító szerkezeti elemek (pl. gipszkarton lap) ezen tönkremeneteli mód ellen egyáltalán nem dolgoznak. A gerinc síkjában a kihajlási ellenállást két ellenállás közül a nagyobbik adja: vagy a teljes szelvény kihajlása a nyírási deformációk figyelembe vételével, vagy az övek együttes, de egymástól lényegében független kihajlása. Hogy a fenti két eset közül melyik a mértékadó, a két tönkremeneteli módhoz tartozó kritikus erők alapján döntjük el.
- A kihajlás jellegű stabilitásvesztési módok vizsgálatánál a kihajlási csökkentő tényező értéke az [5]-ben található görbe alapján veendő fel.
- Amennyiben a vizsgált elemben nyomóerő működik, a hajlítás és normálerő interakcióját is ellenőrizni kell, figyelembe véve a másodrendű hatásokat. Ezt a vizsgálatot a [4]-ben megadott interakciós formula szerint végezzük el.
- A gerinc nyírását oly módon ellenőrizzük, mely formailag megegyezik egy szilárdsági vizsgálattal. A nyírási szilárdság értékét azonban nem az acélanyag nyírási szilárdságával vesszük figyelembe, hanem a perforált gerinc nyírási szilárdságával (lásd 2.2. szakasz), melyet kísérleti alapon lehet meghatározni, s amely természetesen magában foglalja a perforált gerincrészes komplex viselkedésének hatását.
- Az elmozdulások meghatározásánál szintén figyelembe kell venni a két övzóna részleges együttműködését, mert az együttműködés részlegessége miatt a lehajlások nőnek (a teljesen együttműködő esethez képest).

Megjegyezzük, hogy fenti vizsgálatok mindegyike magában foglalja a lokális horpadás vizsgálatát, mely az effektív (hatékony) lemezszélességek (illetve lemezvastagságok) alkalmazásán keresztül valósul meg, az alábbiak feltételezésével:

- A belső lekerekítési sugár elég kicsi ahhoz, hogy a lekerekítéseket elhanyagolhassuk.
- A C-alakú HRY szelvények öveinek különböző szélességéből származó aszimmetriát elhanyagoltuk: mindkét öv szélességére egy átlagos szélességet vettünk fel. Ily módon a közölt tervezési táblázatok a szelvény elhelyezésétől (szélesebb/keskenyebb öv alul/felül) függetlenül használhatóak.

4. A méretezés végrehajtása TÁBLÁZATOKKAL

4.1. A teherbírési táblázatok felépítése és jelölései

Az útmutató függelékében tervezési táblázatokat mellékelünk, melyekben különböző esetekhez tartozó határterheléseket adunk meg. A táblázatok az alábbi paramétereket tartalmazzák.

- A szelvény típusa, mely lehet HRY vagy HSKY.
- A keresztmetszeti mérete, mely a h gerincmagassággal jellemezhető. Ennek értékei: 100, 120, 150 vagy 200 mm (névleges méretek).
- A lemezvastagság (névleges, tn) értéke, mely lehet 1,0, 1,2 vagy 1,5 mm.
- Az oldalirányú megtámasztást biztosító elem rögzítőcsavarjainak dcs távolsága (mindkét övre azonos, egyenletes kiosztást feltételezve), melynek feltételezett értékei: 100, 300 vagy 600 mm.
- A tartó L támaszköze, mely 3,0 és 6,6 m között változik.

A határterhelések az alábbi esetekre vannak megadva:

- ULS, q – egyenletesen megoszló teher működik, a határterhelés teherbírési határállapot alapján számítva
- ULS, N, központos – központos normálerő működik, a határterhelés teherbírési határállapot alapján számítva
- ULS, N, külpontos – külpontos normálerő működik, a határterhelés teherbírési határállapot alapján számítva (az erő támaszpontja valamely övzóna súlypontjában van)

D – Perforált profilok statikai méretezése

- SLS, q – egyenletesen megoszló teher működik, a határterhelés használhatósági határállapot alapján számítva
- SLS, N, külpontos – külpontos normálerő működik, a határterhelés használhatósági határállapot alapján számítva (az erő támadáspontja valamely övzóna súlypontjában van)

Megjegyzések:

- Minthogy a keresztmetszet egy átlagos méretekkel rendelkező szimmetrikus keresztmetszetként van számítva, az 'N, külpontos' jelű eset mindkét irányú külpontosság esetén érvényes, mind teherbírasi, mind használhatósági határállapotban.
- Az egyenletesen megoszló teher lehet pozitív vagy negatív is, a között értékek mindkét esetben alkalmazhatóak (szintén a feltételezett szimmetria miatt).
- A normálerő feltételezett iránya minden esetben nyomás. (Húzás esetén a megadott értékek csak közelítőleg igazak, ilyen alkalmazásukat nem javasoljuk.)
- Központosan működő normálerőből lehajlás nem származik.

4.2. Statikai méretezés a teherbírasi táblázatokkal

Amennyiben a szerkezeti kialakítás megfelel a teherbírasi táblázatok alapfeltevéseinek, a terhelési táblázatok segítségével a statikai méretezés közvetlenül végrehajtható.

Teherbírasi határállapot vizsgálata:

1. Mértékadó teherkombináció(k) meghatározása teherbírasi határállapotra (q_{ULS} ill. N_{ULS}).
2. A határterhelés meghatározása a terhelési táblázat alapján, a határterhelés értékeit a megfelelő 'ULS' sorokból véve ($q_{lim,ULS}$ ill. $N_{lim,ULS}$).
3. Ellenőrzés végrehajtása teherbírasi határállapotban:
 $q_{ULS} \leq q_{lim,ULS}$ ill. $N_{ULS} \leq N_{lim,ULS}$
4. Amennyiben megoszló teher és normálerő együttesen működik, együttes hatásuk közelítően az alábbi képlettel vizsgálható:

$$\frac{q_{ULS}}{q_{lim,ULS}} + \frac{N_{ULS}}{N_{lim,ULS}} \leq 1$$

5. Az eredmény kiértékelése és szükség esetén módosítás végrehajtása.

Megjegyzések:

- Megoszló teher és normálerő együttes működése esetén a normálerő hatása általában kedvezőtlen.
- A megoszló erő és normálerő hatása összegződik, ha a nyomó normálerő központosan működik. Ekkor a két tagot abszolút értékben kell összegezni.
- A megoszló erő és normálerő hatása akkor is összegződik, ha a nyomóerő külpontos, és abban az övben működik, amelyik a megoszló teherből is nyomott. A két tagot ekkor is abszolút értékben kell összegezni.
- Amennyiben a külpontos nyomóerő abban az övben működik, amelyik a megoszló teherből húzott, a két hatásból származó maximális feszültségek a keresztmetszet különböző helyein lépnek fel (az egyik, illetve másik szélső szálban). Ebben az esetben a kétféle terhelés egymásra hatása általában csekély, de általában kedvezőtlen. A biztonság javára szolgáló közelítésképpen a két hatás egyszerű (abszolút értékben vett) összegzése továbbra is alkalmazható. Pontosabb eredményt részletes statikai vizsgálat elvégzésével kaphatunk.
- A táblázatban nem szereplő csavartávolság esetén – közelítésképpen – lineáris interpoláció alkalmazható.

Használhatósági határállapot vizsgálata:

1. Mértékadó teherkombináció(k) meghatározása használhatósági határállapotra (q_{SLS} ill. N_{SLS}).
2. A határterhelés meghatározása a terhelési táblázat alapján, a határterhelés értékeit a megfelelő 'SLS' sorokból véve ($q_{lim,SLS}$ ill. $N_{lim,SLS}$).
3. Ellenőrzés végrehajtása használhatósági határállapotban:
 $q_{SLS} \leq q_{lim,SLS}$ ill. $N_{SLS} \leq N_{lim,SLS}$
4. Amennyiben megoszló teher és normálerő együttesen működik, együttes hatásuk közelítően az alábbi képlettel vizsgálható:

$$\frac{q_{SLS}}{q_{lim,SLS}} \pm \frac{N_{SLS}}{N_{lim,SLS}} \leq 1$$

5. Az eredmény kiértékelése és szükség esetén módosítás végrehajtása.

D – Perforált profilok statikai méretezése**Megjegyzések:**

- A táblázatokban szereplő határértékek $L/300$ lehajlási határ alapján lettek meghatározva. Amennyiben a tényleges lehajlási határ ettől eltér, a határteherbírás arányosan módosítandó. Pl. $L/200$ esetén a határérték a táblázatban szereplő érték 1,5-szerese, $L/150$ esetén kétszerese, stb.
- Megoszló teher és normálerő együttes működése esetén a normálerő hatása lehet kedvező és kedvezőtlen is, a megoszló teher irányának és a normálerő előjelének függvényében. A kérdést szemléletből egyszerűen eldönthető. Például pozitív megoszló teher esetén (melyből pozitív lehajlás származik) a nyomott övben ható többlet külpontos nyomóerő nyilván növeli a lehajlást, viszont a (megoszló teherből) húzott övben ható nyomóerő nyilván csökkenti a lehajlást. Amennyiben a másodrendű hatásoktól eltekintünk, a kétféle terhelésből származó értékek előjelhelyes összegzése helyes eredményre vezet.

A jelen útmutatóban nem szereplő esetekben javasolt a Lindab DimStud program alkalmazása.

4.3. Teherbírési táblázatok

A 4.1 pontban ismertetett tartalommal felépített teherbírési táblázatokat a következő 8 oldal tartalmazza. A táblázatban megadott (q ill. N) értékek adják meg a az előző ellenőrző formulákban használandó (q_{lim} ill. N_{lim}) határértékeket a megoszló terhelésre illetve a normálerőre vonatkozóan (központos és külpontos esetben); külön teherbírési (ULS) és használhatósági (SLS) határállapokra vonatkozóan.

D - Perforált profilok statikai méretezése

t _n [mm]	teher típusa	d _{cs} [mm]	Támaszköz [m]															
			1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8			
1,0	ULS	q ---	2,366	1,862	1,535	1,306	1,136	1,006	0,902	0,817	0,748	0,689	0,638	0,595	0,557			
		N központos	37,709	37,050	36,242	35,261	34,076	32,657	30,994	29,109	27,070	24,971	22,905	20,945	19,131			
	N központos	N központos	17,014	16,654	16,241	15,775	15,248	14,652	13,981	13,237	12,432	11,649	10,976	10,304	9,651			
		q ---	2,366	1,862	1,535	1,306	1,136	1,006	0,902	0,817	0,748	0,689	0,638	0,595	0,554			
	N központos	N központos	36,458	36,458	36,242	35,261	34,076	32,657	30,994	29,109	27,070	24,971	22,905	20,945	19,131			
		N központos	17,014	16,654	16,241	15,775	15,248	14,652	13,981	13,237	12,432	11,649	10,976	10,304	9,651			
	N központos	N központos	2,366	1,862	1,535	1,306	1,136	1,006	0,902	0,817	0,748	0,689	0,638	0,595	0,554			
		N központos	26,715	26,715	26,715	26,715	26,715	26,715	26,715	26,715	26,715	26,715	26,715	26,715	26,715			
	N központos	N központos	12,936	12,936	12,936	12,936	12,936	12,936	12,936	12,936	12,936	12,936	12,936	12,936	12,936			
		q ---	4,630	2,918	1,933	1,334	0,953	0,701	0,529	0,408	0,321	0,257	0,208	0,171	0,142			
SLS	N központos	31,869	25,388	21,108	18,068	15,795	14,032	12,623	11,472	10,513	9,703	9,008	8,407	7,881				
	q ---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---				
1,2	ULS	q ---	2,877	2,263	1,865	1,586	1,380	1,221	1,095	0,992	0,908	0,836	0,775	0,722	0,676			
		N központos	53,179	52,079	50,706	49,012	46,942	44,469	41,624	38,517	35,311	32,171	29,213	26,503	24,060			
	N központos	N központos	23,880	23,305	22,639	21,873	20,995	19,992	18,866	17,638	16,461	15,429	14,403	13,413	12,476			
		q ---	2,877	2,263	1,865	1,586	1,380	1,221	1,095	0,992	0,908	0,836	0,775	0,722	0,676			
	N központos	N központos	50,438	50,438	50,438	49,012	46,942	44,469	41,624	38,517	35,311	32,171	29,213	26,503	24,060			
		N központos	23,880	23,305	22,639	21,873	20,995	19,992	18,866	17,638	16,461	15,429	14,403	13,413	12,476			
	N központos	N központos	2,877	2,263	1,865	1,586	1,380	1,221	1,095	0,992	0,908	0,836	0,775	0,722	0,676			
		N központos	36,507	36,507	36,507	36,507	36,507	36,507	36,507	36,507	36,507	36,507	36,507	36,507	36,507			
	N központos	N központos	17,652	17,652	17,652	17,652	17,652	17,652	17,652	17,652	17,652	17,652	17,652	17,652	17,652			
		q ---	5,629	3,550	2,352	1,624	1,161	0,854	0,645	0,498	0,392	0,313	0,254	0,209	0,174			
SLS	N központos	38,986	31,050	25,813	22,093	19,314	17,157	15,434	14,026	12,854	11,863	11,014	10,278	9,635				
	q ---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---				
1,5	ULS	q ---	3,618	2,844	2,343	1,992	1,733	1,533	1,374	1,246	1,139	1,049	0,972	0,906	0,848			
		N központos	71,907	70,559	68,499	65,937	62,802	59,082	54,872	50,386	45,880	41,570	37,589	33,992	30,785			
	N központos	N központos	32,358	31,525	30,549	29,419	28,114	26,622	24,958	23,171	21,688	20,224	18,796	17,438	16,168			
		q ---	3,618	2,844	2,343	1,992	1,733	1,533	1,374	1,246	1,139	1,049	0,972	0,906	0,848			
	N központos	N központos	66,910	66,829	66,829	65,937	62,802	59,082	54,872	50,386	45,880	41,570	37,589	33,992	30,785			
		N központos	32,356	31,525	30,549	29,419	28,114	26,622	24,958	23,171	21,688	20,224	18,796	17,438	16,168			
	N központos	N központos	3,618	2,844	2,343	1,992	1,733	1,533	1,374	1,246	1,139	1,049	0,972	0,906	0,848			
		N központos	48,533	48,533	48,533	48,533	48,533	48,533	48,533	48,533	48,533	48,533	48,533	48,533	48,533			
	N központos	N központos	23,469	23,469	23,469	23,469	23,469	23,469	23,469	23,469	23,469	23,469	23,469	23,469	23,469			
		q ---	7,079	4,468	2,963	2,047	1,464	1,078	0,814	0,628	0,494	0,395	0,321	0,264	0,219			
SLS	N központos	49,488	39,400	32,748	28,026	24,497	21,760	19,575	17,788	16,302	15,044	13,967	13,034	12,218				
	q ---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---				

D - Perforált profilok statikai méretezése

t _n [mm]	teher típusa	d cs [mm]	Támaszköz [m]															
			1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8			
1,0	ULS	q ---	2,872	2,246	1,844	1,564	1,358	1,200	1,075	0,973	0,889	0,819	0,758	0,706	0,661			
		N központos	38,253	38,074	37,550	36,940	36,232	35,410	34,458	33,356	32,095	30,676	29,119	27,462	25,756			
	SLS	N külpontos	17,403	17,140	16,843	16,517	16,160	15,771	15,346	14,878	14,363	13,800	13,190	12,542	11,869			
		q ---	2,872	2,246	1,844	1,564	1,358	1,200	1,075	0,973	0,889	0,819	0,758	0,706	0,661			
	1,2	ULS	N központos	36,763	36,763	36,763	36,763	36,232	35,410	34,458	33,356	32,095	30,676	29,119	27,462	25,756		
			N külpontos	17,403	17,140	16,843	16,517	16,160	15,771	15,346	14,878	14,363	13,800	13,190	12,542	11,869		
		SLS	q ---	2,872	2,246	1,844	1,564	1,358	1,200	1,075	0,973	0,889	0,819	0,724	0,631	0,555		
			N központos	29,108	29,108	29,108	29,108	29,108	29,108	29,108	29,108	29,108	29,108	29,108	29,108	29,108	29,108	
		1,5	ULS	N külpontos	14,016	14,016	14,016	14,016	14,016	14,016	14,016	14,016	14,016	13,800	13,190	12,542	11,869	
				q ---	6,781	4,321	2,889	2,009	1,444	1,067	0,809	0,626	0,493	0,395	0,321	0,264	0,220	
1,2			ULS	N külpontos	42,843	34,010	28,223	24,130	21,080	18,717	16,831	15,292	14,012	12,929	12,002	11,200	10,498	
				q ---	3,489	2,728	2,239	1,899	1,649	1,457	1,305	1,182	1,080	0,994	0,921	0,858	0,802	
			SLS	N központos	53,752	53,752	52,924	51,902	50,698	49,281	47,621	45,698	43,513	41,106	38,547	35,930	33,343	
				N külpontos	24,518	24,104	23,635	23,113	22,537	21,899	21,191	20,405	19,538	18,595	17,591	16,605	15,773	
	1,5		ULS	N központos	3,489	2,728	2,239	1,899	1,649	1,457	1,305	1,182	1,080	0,994	0,921	0,858	0,802	
				N külpontos	51,038	51,020	51,020	51,020	50,698	49,281	47,621	45,698	43,513	41,106	38,547	35,930	33,343	
			SLS	q ---	24,518	24,104	23,635	23,113	22,537	21,899	21,191	20,405	19,538	18,595	17,591	16,605	15,773	
				N központos	3,489	2,728	2,239	1,899	1,649	1,457	1,305	1,182	1,080	0,994	0,921	0,858	0,761	
		1,5	ULS	N külpontos	40,311	40,311	40,311	40,311	40,311	40,311	40,311	40,311	40,311	40,311	38,547	35,930	33,343	
				q ---	8,247	5,258	3,517	2,447	1,759	1,301	0,986	0,763	0,601	0,482	0,392	0,322	0,268	
1,5			ULS	N külpontos	52,372	41,569	34,493	29,490	25,761	22,873	20,569	18,688	17,123	15,800	14,667	13,686	12,829	
				q ---	4,383	3,426	2,812	2,384	2,070	1,829	1,638	1,483	1,355	1,247	1,155	1,076	1,007	
			SLS	N központos	75,925	75,925	75,251	73,556	71,532	69,128	66,302	63,048	59,419	55,533	51,544	47,608	43,843	
				N külpontos	34,886	34,239	33,500	32,670	31,741	30,701	29,536	28,238	26,813	25,286	23,791	22,519	21,244	
	1,5		ULS	N központos	4,383	3,426	2,812	2,384	2,070	1,829	1,638	1,483	1,355	1,247	1,155	1,076	1,007	
				N külpontos	71,027	70,781	70,781	70,781	70,781	69,128	66,302	63,048	59,419	55,533	51,544	47,608	43,843	
			SLS	q ---	34,140	34,021	33,500	32,670	31,741	30,701	29,536	28,238	26,813	25,286	23,791	22,519	21,244	
				N központos	4,383	3,426	2,812	2,384	2,070	1,829	1,638	1,483	1,355	1,247	1,155	1,076	1,007	
		1,5	ULS	N külpontos	56,871	56,871	56,871	56,871	56,871	56,871	56,871	56,871	56,871	56,871	55,533	51,544	47,608	
				q ---	27,336	27,335	27,335	27,335	27,335	27,335	27,335	27,335	27,335	27,335	26,813	25,286	23,791	
SLS			N külpontos	10,375	6,621	4,433	3,085	2,219	1,642	1,244	0,963	0,760	0,609	0,495	0,407	0,339		
			N külpontos	66,406	52,696	43,722	37,377	32,650	28,988	26,068	23,683	21,699	20,023	18,587	17,344	16,257		

D – Perforált profilok statikai méretezése

61

HRY 150		Támaszköz [m]													
t_n [mm]	teher típusa	d_{cs} [mm]	2,4	2,7	3	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	6
1,0	q ---	100	1,698	1,496	1,336	1,208	1,102	1,013	0,937	0,872	0,816	0,766	0,722	0,666	0,602
	N központos	100	37,786	37,317	36,796	36,216	35,568	34,844	34,036	33,135	32,139	31,048	29,871	28,624	27,327
	N külponos	100	16,879	16,623	16,353	16,066	15,761	15,436	15,087	14,714	14,312	13,882	13,424	12,941	12,437
	q ---	300	1,698	1,496	1,336	1,208	1,102	1,013	0,937	0,872	0,816	0,766	0,715	0,642	0,580
	N központos	300	37,032	37,032	36,796	36,216	35,568	34,844	34,036	33,135	32,139	31,048	29,871	28,624	27,327
	N külponos	300	16,879	16,623	16,353	16,066	15,761	15,436	15,087	14,714	14,312	13,882	13,424	12,941	12,437
	q ---	600	1,698	1,496	1,336	1,208	1,102	1,013	0,937	0,849	0,747	0,662	0,591	0,531	0,479
	N központos	600	30,586	30,586	30,586	30,586	30,586	30,586	30,586	30,586	30,586	30,586	29,871	28,624	27,327
	N külponos	600	14,633	14,633	14,633	14,633	14,633	14,633	14,633	14,633	14,633	14,312	13,882	13,424	12,941
	SLS	q ---	---	2,379	1,769	1,347	1,046	0,827	0,664	0,541	0,446	0,372	0,313	0,266	0,228
	N külponos	---	30,287	26,856	24,129	21,907	20,062	18,505	17,173	16,020	15,013	14,125	13,337	12,632	11,998
1,2	q ---	100	2,062	1,816	1,623	1,467	1,338	1,230	1,138	1,059	0,990	0,930	0,876	0,829	0,786
	N központos	100	53,320	52,542	51,666	50,678	49,563	48,305	46,892	45,321	43,597	41,740	39,782	37,765	35,733
	N külponos	100	23,719	23,312	22,878	22,413	21,913	21,374	20,792	20,162	19,485	18,763	18,003	17,214	16,481
	q ---	300	2,062	1,816	1,623	1,467	1,338	1,230	1,138	1,059	0,990	0,930	0,876	0,829	0,786
	N központos	300	51,528	51,528	51,528	50,678	49,563	48,305	46,892	45,321	43,597	41,740	39,782	37,765	35,733
	N külponos	300	23,719	23,312	22,878	22,413	21,913	21,374	20,792	20,162	19,485	18,763	18,003	17,214	16,481
	q ---	600	2,062	1,816	1,623	1,467	1,338	1,230	1,138	1,059	0,990	0,921	0,822	0,738	0,667
	N központos	600	42,712	42,712	42,712	42,712	42,712	42,712	42,712	42,712	42,712	42,712	41,740	39,782	37,765
	N külponos	600	20,415	20,415	20,415	20,415	20,415	20,415	20,415	20,162	19,485	18,763	18,003	17,214	16,481
	SLS	q ---	---	2,899	2,157	1,642	1,276	1,009	0,810	0,660	0,544	0,454	0,382	0,324	0,278
	N külponos	---	36,991	32,801	29,470	26,757	24,503	22,601	20,974	19,566	18,336	17,252	16,289	15,428	14,654
1,5	q ---	100	2,588	2,280	2,037	1,841	1,680	1,544	1,429	1,330	1,243	1,167	1,100	1,040	0,987
	N központos	100	75,916	74,636	73,178	71,517	69,626	67,486	65,088	62,441	59,583	56,571	53,478	50,380	47,343
	N külponos	100	33,678	33,035	32,340	31,590	30,775	29,890	28,927	27,887	26,774	25,600	24,385	23,342	22,359
	q ---	300	2,588	2,280	2,037	1,841	1,680	1,544	1,429	1,330	1,243	1,167	1,100	1,040	0,987
	N központos	300	71,769	71,769	71,769	71,517	69,626	67,486	65,088	62,441	59,583	56,571	53,478	50,380	47,343
	N külponos	300	33,678	33,035	32,340	31,590	30,775	29,890	28,927	27,887	26,774	25,600	24,385	23,342	22,359
	q ---	600	2,588	2,280	2,037	1,841	1,680	1,544	1,429	1,330	1,243	1,167	1,100	1,040	0,944
	N központos	600	60,822	60,822	60,822	60,822	60,822	60,822	60,822	60,822	60,822	59,583	56,571	53,478	50,380
	N külponos	600	29,069	29,069	29,069	29,069	29,069	29,069	28,927	27,887	26,774	25,600	24,385	23,342	22,359
	SLS	q ---	---	3,659	2,723	2,074	1,611	1,275	1,024	0,834	0,688	0,573	0,483	0,410	0,351
	N külponos	---	46,843	41,536	37,318	33,881	31,028	28,619	26,559	24,776	23,218	21,845	20,626	19,536	18,555

D – Perforált profilok statikai méretezése

HRY 200		Támaszköz [m]														
		3	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	6	6,3	6,6		
t _n [mm]	teher típusa	d cs [mm]	Támaszköz [m]													
			q ---	[kN/m]	1,777	1,601	1,457	1,336	1,234	1,147	1,071	1,004	0,945	0,893	0,808	0,734
1,0	ULS	q ---	100	1,777	1,601	1,457	1,336	1,234	1,147	1,071	1,004	0,945	0,893	0,808	0,734	0,669
		N központos	100	38,441	38,139	37,817	37,472	37,102	36,704	36,276	35,814	35,315	34,776	34,194	33,565	32,888
	N külponos	100	17,181	17,005	16,823	16,635	16,440	16,238	16,029	15,811	15,583	15,345	15,096	14,834	14,558	
		q ---	300	1,777	1,601	1,457	1,336	1,234	1,147	1,071	1,004	0,945	0,865	0,781	0,709	0,646
	N központos	300	37,274	37,274	37,274	37,274	37,102	36,704	36,276	35,814	35,315	34,776	34,194	33,565	32,888	
		300	17,181	17,005	16,823	16,635	16,440	16,238	16,029	15,811	15,583	15,345	15,096	14,834	14,558	
	N külponos	600	1,777	1,601	1,457	1,336	1,234	1,147	1,030	0,913	0,815	0,733	0,662	0,601	0,547	
		600	31,569	31,569	31,569	31,569	31,569	31,569	31,569	31,569	31,569	31,569	31,569	31,569	31,569	
	N központos	600	15,029	15,029	15,029	15,029	15,029	15,029	15,029	15,029	15,029	15,029	15,029	15,029	14,834	14,558
		q ---	---	2,587	2,021	1,605	1,294	1,057	0,874	0,730	0,616	0,524	0,449	0,388	0,337	0,295
SLS	N külponos	---	39,007	35,357	32,339	29,801	27,634	25,764	24,132	22,696	21,421	20,283	19,261	18,336	17,497	
		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
1,2	ULS	q ---	100	2,159	1,945	1,770	1,623	1,499	1,393	1,301	1,220	1,148	1,085	1,028	0,977	0,931
		N központos	100	54,306	53,904	53,375	52,804	52,185	51,514	50,785	49,992	49,129	48,190	47,173	46,075	44,897
	N külponos	100	24,213	23,937	23,649	23,350	23,039	22,714	22,374	22,017	21,642	21,247	20,829	20,389	19,925	
		q ---	300	2,159	1,945	1,770	1,623	1,499	1,393	1,301	1,220	1,148	1,085	1,028	0,977	0,903
	N központos	300	51,982	51,982	51,982	51,982	51,982	51,514	50,785	49,992	49,129	48,190	47,173	46,075	44,897	
		300	24,213	23,937	23,649	23,350	23,039	22,714	22,374	22,017	21,642	21,247	20,829	20,389	19,925	
	N külponos	600	2,159	1,945	1,770	1,623	1,499	1,393	1,301	1,220	1,147	1,031	0,931	0,845	0,770	
		600	44,323	44,323	44,323	44,323	44,323	44,323	44,323	44,323	44,323	44,323	44,323	44,323	44,323	
	N központos	600	21,084	21,084	21,084	21,084	21,084	21,084	21,084	21,084	21,084	21,084	20,829	20,389	19,925	
		q ---	---	3,154	2,464	1,957	1,578	1,289	1,066	0,891	0,751	0,639	0,548	0,473	0,411	0,360
SLS	N külponos	---	47,610	43,156	39,472	36,373	33,729	31,446	29,455	27,701	26,146	24,757	23,509	22,381	21,356	
		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
1,5	ULS	q ---	100	2,712	2,443	2,223	2,039	1,883	1,750	1,634	1,532	1,443	1,363	1,292	1,227	1,169
		N központos	100	76,930	76,877	76,016	75,078	74,054	72,934	71,708	70,366	68,901	67,305	65,577	63,721	61,748
	N külponos	100	34,471	34,038	33,585	33,112	32,616	32,096	31,547	30,967	30,353	29,703	29,014	28,285	27,519	
		q ---	300	2,712	2,443	2,223	2,039	1,883	1,750	1,634	1,532	1,443	1,363	1,292	1,227	1,169
	N központos	300	72,643	72,643	72,643	72,643	72,643	72,643	72,643	71,708	70,366	68,901	67,305	65,577	63,721	61,748
		300	34,471	34,038	33,585	33,112	32,616	32,096	31,547	30,967	30,353	29,703	29,014	28,285	27,519	
	N külponos	600	2,712	2,443	2,223	2,039	1,883	1,750	1,634	1,532	1,443	1,363	1,292	1,218	1,111	
		600	63,486	63,486	63,486	63,486	63,486	63,486	63,486	63,486	63,486	63,486	63,486	63,486	63,486	61,748
	N központos	600	30,191	30,191	30,191	30,191	30,191	30,191	30,191	30,191	30,191	30,191	29,703	29,014	28,285	27,519
		q ---	---	3,984	3,113	2,474	1,995	1,630	1,348	1,126	0,950	0,808	0,693	0,598	0,520	0,455
SLS	N külponos	---	60,230	54,595	49,935	46,015	42,670	39,782	37,262	35,044	33,077	31,319	29,740	28,313	27,017	
		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	

D - Perforált profilok statikai méretezése

HSKY 100		Támaszköz [m]														
t _n [mm]	teher típusa	d _{cs} [mm]	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	
1,0	q ---	[kN/m]	2,394	1,891	1,563	1,332	1,044	0,827	0,670	0,555	0,466	0,398	0,343	0,299	0,263	
	N központos	[kN]	17,671	17,514	17,336	17,135	16,911	16,661	16,381	16,066	15,711	15,311	14,861	14,359	13,807	
	N külpontos	[kN]	8,172	8,069	7,957	7,837	7,709	7,573	7,430	7,277	7,113	6,937	6,747	6,542	6,322	
	q ---	[kN/m]	2,394	1,891	1,563	1,319	1,012	0,801	0,650	0,538	0,452	0,386	0,333	0,290	0,255	
	N központos	[kN]	17,218	17,218	17,218	17,135	16,911	16,661	16,381	16,066	15,711	15,311	14,861	14,359	13,807	
	N külpontos	[kN]	8,172	8,069	7,957	7,837	7,709	7,573	7,430	7,277	7,113	6,937	6,747	6,542	6,322	
	q ---	[kN/m]	2,394	1,891	1,486	1,096	0,842	0,666	0,540	0,447	0,376	0,321	0,277	0,241	0,212	
	N központos	[kN]	14,314	14,314	14,314	14,314	14,314	14,314	14,314	14,314	14,314	14,314	14,314	14,314	14,314	13,807
	N külpontos	[kN]	6,992	6,992	6,992	6,992	6,992	6,992	6,992	6,992	6,992	6,992	6,992	6,992	6,992	6,322
	SLS	q ---	[kN/m]	4,774	2,996	1,977	1,360	0,970	0,712	0,537	0,414	0,325	0,260	0,211	0,173	0,144
N külpontos	[kN]	30,894	24,651	20,514	17,568	15,364	13,652	12,283	11,164	10,232	9,444	8,769	8,184	7,672		
1,2	q ---	[kN/m]	2,909	2,298	1,899	1,618	1,410	1,191	0,966	0,799	0,672	0,573	0,494	0,431	0,379	
	N központos	[kN]	25,901	25,636	25,330	24,981	24,585	24,135	23,622	23,036	22,366	21,606	20,755	19,819	18,816	
	N külpontos	[kN]	11,924	11,754	11,567	11,365	11,149	10,916	10,667	10,398	10,105	9,787	9,441	9,067	8,670	
	q ---	[kN/m]	2,909	2,298	1,899	1,618	1,410	1,153	0,935	0,774	0,651	0,555	0,479	0,417	0,367	
	N központos	[kN]	25,129	25,129	25,129	24,981	24,585	24,135	23,622	23,036	22,366	21,606	20,755	19,819	18,816	
	N külpontos	[kN]	11,924	11,754	11,567	11,365	11,149	10,916	10,667	10,398	10,105	9,787	9,441	9,067	8,670	
	q ---	[kN/m]	2,909	2,298	1,899	1,491	1,145	0,906	0,735	0,608	0,511	0,436	0,376	0,328	0,288	
	N központos	[kN]	19,747	19,747	19,747	19,747	19,747	19,747	19,747	19,747	19,747	19,747	19,747	19,747	19,747	18,816
	N külpontos	[kN]	9,645	9,645	9,645	9,645	9,645	9,645	9,645	9,645	9,645	9,645	9,645	9,441	9,067	8,670
	SLS	q ---	[kN/m]	5,801	3,640	2,402	1,653	1,178	0,866	0,653	0,503	0,395	0,316	0,256	0,210	0,175
N külpontos	[kN]	37,538	29,953	24,926	21,347	18,668	16,588	14,925	13,565	12,433	11,475	10,655	9,944	9,322		
1,5	q ---	[kN/m]	3,656	2,888	2,387	2,034	1,772	1,569	1,409	1,216	1,023	0,872	0,752	0,656	0,576	
	N központos	[kN]	36,589	36,281	35,798	35,242	34,603	33,868	33,021	32,043	30,922	29,654	28,248	26,734	25,154	
	N külpontos	[kN]	16,874	16,613	16,323	16,008	15,668	15,301	14,902	14,466	13,990	13,469	12,903	12,299	11,665	
	q ---	[kN/m]	3,656	2,888	2,387	2,034	1,772	1,569	1,409	1,178	0,990	0,844	0,728	0,635	0,558	
	N központos	[kN]	35,452	35,429	35,429	35,242	34,603	33,868	33,021	32,043	30,922	29,654	28,248	26,734	25,154	
	N külpontos	[kN]	16,874	16,613	16,323	16,008	15,668	15,301	14,902	14,466	13,990	13,469	12,903	12,299	11,665	
	q ---	[kN/m]	3,656	2,888	2,387	2,034	1,668	1,320	1,071	0,886	0,745	0,635	0,548	0,477	0,420	
	N központos	[kN]	26,652	26,652	26,652	26,652	26,652	26,652	26,652	26,652	26,652	26,652	26,652	26,652	26,652	25,154
	N külpontos	[kN]	13,045	13,045	13,045	13,045	13,045	13,045	13,045	13,045	13,045	13,045	13,045	12,903	12,299	11,665
	SLS	q ---	[kN/m]	7,290	4,574	3,019	2,077	1,481	1,088	0,820	0,632	0,497	0,397	0,322	0,264	0,220
N külpontos	[kN]	47,174	37,641	31,323	26,826	23,460	20,845	18,756	17,047	15,624	14,421	13,389	12,496	11,714		

D - Perforált profilok statikai méretezése

HSKY 120		Támaszköz [m]															
t_n [mm]	teher típusa	d_{cs} [mm]	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8		
1,0	ULS	q ---	2,924	2,289	1,881	1,596	1,386	1,102	0,895	0,741	0,624	0,532	0,459	0,400	0,352		
		N központos	17,799	17,749	17,618	17,475	17,318	17,148	16,964	16,763	16,544	16,304	16,040	15,750	15,430		
	SLS	N külpontos	8,206	8,129	8,044	7,954	7,858	7,758	7,654	7,546	7,433	7,315	7,190	7,059	6,920		
		q ---	2,924	2,289	1,881	1,596	1,362	1,080	0,877	0,727	0,612	0,522	0,450	0,393	0,345		
	1,2	ULS	N központos	17,448	17,448	17,448	17,448	17,318	17,148	16,964	16,763	16,544	16,304	16,040	15,750	15,430	
			N külpontos	8,206	8,129	8,044	7,954	7,858	7,758	7,654	7,546	7,433	7,315	7,190	7,059	6,920	
		SLS	q ---	6,931	4,396	2,928	2,030	1,455	1,074	0,812	0,628	0,494	0,396	0,321	0,264	0,220	
			N külpontos	41,648	33,082	27,463	23,485	20,519	18,220	16,386	14,888	13,642	12,589	11,686	10,905	10,222	
		1,5	ULS	q ---	3,553	2,782	2,285	1,939	1,684	1,489	1,291	1,069	0,900	0,768	0,663	0,578	0,508
				N központos	26,025	26,025	25,812	25,568	25,299	25,004	24,679	24,319	23,921	23,479	22,987	22,439	21,833
SLS			N külpontos	11,999	11,872	11,732	11,582	11,423	11,255	11,079	10,894	10,699	10,493	10,273	10,039	9,788	
			q ---	3,553	2,782	2,285	1,939	1,684	1,489	1,259	1,043	0,878	0,749	0,646	0,563	0,496	
1,5			ULS	N központos	25,396	25,389	25,389	25,299	25,004	24,679	24,319	23,921	23,479	22,987	22,439	21,833	
				N külpontos	11,999	11,872	11,732	11,582	11,423	11,255	11,079	10,894	10,699	10,493	10,273	10,039	9,788
	SLS		q ---	3,553	2,782	2,285	1,939	1,684	1,489	1,231	1,020	0,858	0,732	0,632	0,551	0,484	
			N külpontos	24,976	24,817	24,817	24,817	24,817	24,817	24,817	24,817	24,319	23,921	23,479	22,987	22,439	21,833
	1,5		ULS	N központos	11,999	11,872	11,732	11,582	11,423	11,255	11,079	10,894	10,699	10,493	10,273	10,039	9,788
				N külpontos	8,422	5,341	3,557	2,466	1,768	1,305	0,987	0,763	0,601	0,481	0,391	0,321	0,267
		SLS	q ---	50,606	40,197	33,369	28,536	24,931	22,139	19,910	18,090	16,576	15,296	14,200	13,250	12,420	
			N külpontos	4,465	3,496	2,872	2,437	2,117	1,871	1,676	1,518	1,367	1,166	1,007	0,877	0,772	
		1,5	ULS	N központos	40,519	40,519	40,331	39,872	39,357	38,780	38,133	37,404	36,583	35,656	34,616	33,456	32,181
				N külpontos	18,717	18,489	18,236	17,963	17,672	17,362	17,033	16,683	16,307	15,903	15,467	14,996	14,489
SLS			q ---	4,465	3,496	2,872	2,437	2,117	1,871	1,676	1,518	1,323	1,128	0,974	0,849	0,747	
			N külpontos	39,267	39,202	39,202	39,202	39,202	38,780	38,133	37,404	36,583	35,656	34,616	33,456	32,181	
1,5			ULS	N központos	18,717	18,489	18,236	17,963	17,672	17,362	17,033	16,683	16,307	15,903	15,467	14,996	14,489
				N külpontos	4,465	3,496	2,872	2,437	2,117	1,871	1,676	1,518	1,280	1,092	0,943	0,822	0,723
	SLS		q ---	38,533	37,969	37,943	37,943	37,943	37,943	37,943	37,404	36,583	35,656	34,616	33,456	32,181	
			N külpontos	18,583	18,311	18,236	17,963	17,672	17,362	17,033	16,683	16,307	15,903	15,467	14,996	14,489	
	SLS		q ---	10,583	6,712	4,470	3,099	2,222	1,640	1,240	0,959	0,755	0,604	0,491	0,404	0,336	
			N külpontos	63,594	50,514	41,933	35,860	31,330	27,821	25,020	22,733	20,830	19,222	17,844	16,651	15,608	

D - Perforált profilok statikai méretezése

HSKY 150		Támaszköz [m]															
t _n [mm]	teher típusa	d _{cs} [mm]	2,4	2,7	3	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	6		
1,0	ULS	q ---	1,726	1,479	1,204	0,999	0,842	0,719	0,621	0,542	0,477	0,423	0,377	0,339	0,306		
		N központos [kN]	17,666	17,551	17,431	17,302	17,167	17,023	16,870	16,707	16,533	16,346	16,146	15,930	15,698		
	SLS	N külpontos [kN]	7,986	7,914	7,841	7,765	7,687	7,524	7,440	7,352	7,262	7,168	7,071	6,969			
		q ---	1,726	1,451	1,182	0,980	0,826	0,705	0,609	0,531	0,468	0,415	0,370	0,332	0,300		
	1,2	ULS	N központos [kN]	17,502	17,502	17,431	17,302	17,167	17,023	16,870	16,707	16,533	16,346	16,146	15,930	15,698	
			N külpontos [kN]	7,986	7,914	7,841	7,765	7,687	7,524	7,440	7,352	7,262	7,168	7,071	6,969		
		SLS	q ---	1,726	1,428	1,162	0,964	0,812	0,694	0,599	0,523	0,460	0,408	0,364	0,327	0,295	
			N központos [kN]	17,215	17,215	17,215	17,215	17,167	17,023	16,870	16,707	16,533	16,346	16,146	15,930	15,698	
		1,5	ULS	N külpontos [kN]	7,986	7,914	7,841	7,765	7,687	7,524	7,440	7,352	7,262	7,168	7,071	6,969	
				q ---	2,377	1,765	1,341	1,041	0,822	0,660	0,537	0,442	0,369	0,310	0,263	0,225	0,194
SLS			N külpontos [kN]	29,515	26,171	23,513	21,348	19,550	18,032	16,734	15,611	14,629	13,764	12,996	12,309	11,691	
			q ---	2,097	1,847	1,651	1,444	1,217	1,039	0,898	0,783	0,689	0,611	0,545	0,490	0,442	
1,5			ULS	N központos [kN]	25,891	25,699	25,493	25,272	25,037	24,784	24,512	24,218	23,901	23,557	23,185	22,780	22,342
				N külpontos [kN]	11,654	11,536	11,413	11,287	11,156	11,020	10,880	10,735	10,584	10,426	10,261	10,087	9,905
	SLS		q ---	2,097	1,847	1,651	1,411	1,189	1,015	0,877	0,765	0,673	0,597	0,533	0,478	0,432	
			N központos [kN]	25,489	25,489	25,489	25,272	25,037	24,784	24,512	24,218	23,901	23,557	23,185	22,780	22,342	
	1,5		ULS	N külpontos [kN]	11,654	11,536	11,413	11,287	11,156	11,020	10,880	10,735	10,584	10,426	10,261	10,087	9,905
				q ---	2,097	1,847	1,651	1,381	1,164	0,994	0,858	0,749	0,659	0,584	0,521	0,468	0,423
		SLS	N központos [kN]	24,953	24,953	24,953	24,953	24,953	24,784	24,512	24,218	23,901	23,557	23,185	22,780	22,342	
			N külpontos [kN]	11,654	11,536	11,413	11,287	11,156	11,020	10,880	10,735	10,584	10,426	10,261	10,087	9,905	
		1,5	ULS	q ---	2,889	2,144	1,630	1,265	0,999	0,802	0,652	0,538	0,448	0,377	0,320	0,274	0,236
				N külpontos [kN]	35,863	31,800	28,570	25,939	23,754	21,910	20,333	18,968	17,775	16,724	15,791	14,956	14,205
SLS			q ---	2,636	2,322	2,074	1,875	1,710	1,572	1,370	1,195	1,052	0,933	0,832	0,748	0,675	
			N központos [kN]	40,480	40,119	39,728	39,304	38,844	38,343	37,796	37,197	36,541	35,821	35,035	34,177	33,249	
SLS			N külpontos [kN]	18,129	17,915	17,692	17,460	17,218	16,965	16,701	16,424	16,132	15,823	15,496	15,149	14,782	
			q ---	2,636	2,322	2,074	1,875	1,710	1,538	1,329	1,159	1,020	0,904	0,807	0,725	0,655	
1,5	ULS		N központos [kN]	39,415	39,415	39,415	39,304	38,844	38,343	37,796	37,197	36,541	35,821	35,035	34,177	33,249	
			N külpontos [kN]	18,129	17,915	17,692	17,460	17,218	16,965	16,701	16,424	16,132	15,823	15,496	15,149	14,782	
	SLS		q ---	2,636	2,322	2,074	1,875	1,710	1,493	1,289	1,125	0,990	0,877	0,783	0,703	0,635	
			N központos [kN]	38,248	38,248	38,248	38,248	38,248	38,248	37,796	37,197	36,541	35,821	35,035	34,177	33,249	
	SLS	N külpontos [kN]	18,129	17,915	17,692	17,460	17,218	16,965	16,701	16,424	16,132	15,823	15,496	15,149	14,782		
		q ---	3,630	2,695	2,048	1,589	1,255	1,007	0,820	0,676	0,563	0,474	0,402	0,344	0,297		
	SLS	N külpontos [kN]	45,067	39,961	35,902	32,596	29,850	27,533	25,551	23,836	22,337	21,016	19,843	18,794	17,851		

D – Perforált profilok statikai méretezése

HSKY 200		Támaszköz [m]																
		t _n [mm]	teher típusa	d _{cs} [mm]	3	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	6	6,3	6,6	
1,0	ULS	q ---	[kN/m]	100	1,671	1,390	1,173	1,003	0,868	0,758	0,667	0,592	0,529	0,475	0,429	0,390	0,355	
		N központos	[kN]	100	17,826	17,747	17,665	17,580	17,492	17,401	17,306	17,208	17,105	16,999	16,888	16,771	16,650	16,529
		N külponos	[kN]	100	8,018	7,968	7,916	7,864	7,810	7,756	7,701	7,645	7,589	7,531	7,472	7,412	7,351	7,290
		q ---	[kN/m]	300	1,641	1,365	1,152	0,985	0,852	0,744	0,655	0,581	0,519	0,467	0,421	0,383	0,349	0,315
		N központos	[kN]	300	17,552	17,552	17,552	17,552	17,492	17,401	17,306	17,208	17,105	16,999	16,888	16,771	16,650	16,529
	SLS	N külponos	[kN]	300	8,018	7,968	7,916	7,864	7,810	7,756	7,701	7,645	7,589	7,531	7,472	7,412	7,351	7,290
		q ---	[kN/m]	600	1,616	1,344	1,134	0,970	0,839	0,732	0,645	0,572	0,511	0,459	0,415	0,377	0,343	0,309
		N központos	[kN]	600	17,280	17,280	17,280	17,280	17,280	17,280	17,280	17,280	17,105	16,999	16,888	16,771	16,650	16,529
		N külponos	[kN]	600	8,018	7,968	7,916	7,864	7,810	7,756	7,701	7,645	7,589	7,531	7,472	7,412	7,351	7,290
		N külponos	[kN]	---	2,558	1,996	1,584	1,276	1,042	0,861	0,719	0,606	0,515	0,442	0,381	0,331	0,290	0,250
1,2	ULS	q ---	[kN/m]	100	2,181	1,965	1,701	1,455	1,258	1,099	0,967	0,858	0,767	0,689	0,622	0,565	0,515	
		N központos	[kN]	100	26,155	26,029	25,891	25,747	25,598	25,442	25,278	25,108	24,929	24,741	24,543	24,335	24,115	23,895
		N külponos	[kN]	100	11,722	11,639	11,554	11,467	11,378	11,288	11,196	11,102	11,006	10,909	10,809	10,706	10,601	10,494
		q ---	[kN/m]	300	2,181	1,965	1,664	1,423	1,231	1,075	0,946	0,840	0,750	0,674	0,609	0,553	0,504	0,455
		N központos	[kN]	300	25,581	25,581	25,581	25,581	25,442	25,278	25,108	24,929	24,741	24,543	24,335	24,115	23,895	
	SLS	N külponos	[kN]	300	11,722	11,639	11,554	11,467	11,378	11,288	11,196	11,102	11,006	10,909	10,809	10,706	10,601	10,494
		q ---	[kN/m]	600	2,181	1,932	1,631	1,395	1,206	1,053	0,928	0,823	0,735	0,660	0,597	0,542	0,494	0,445
		N központos	[kN]	600	25,076	25,076	25,076	25,076	25,076	25,076	25,076	25,076	24,929	24,741	24,543	24,335	24,115	23,895
		N külponos	[kN]	600	11,722	11,639	11,554	11,467	11,378	11,288	11,196	11,102	11,006	10,909	10,809	10,706	10,601	10,494
		N külponos	[kN]	---	3,108	2,425	1,924	1,550	1,266	1,046	0,873	0,736	0,626	0,537	0,463	0,403	0,352	0,301
1,5	ULS	q ---	[kN/m]	100	2,741	2,469	2,246	2,060	1,903	1,687	1,486	1,318	1,177	1,058	0,956	0,867	0,791	
		N központos	[kN]	100	40,779	40,734	40,479	40,210	39,928	39,630	39,316	38,984	38,631	38,257	37,859	37,436	36,984	36,529
		N külponos	[kN]	100	18,278	18,129	17,975	17,818	17,657	17,493	17,324	17,151	16,973	16,790	16,601	16,406	16,203	16,000
		q ---	[kN/m]	300	2,741	2,469	2,246	2,060	1,877	1,639	1,443	1,280	1,143	1,027	0,928	0,843	0,768	0,700
		N központos	[kN]	300	39,609	39,609	39,609	39,609	39,609	39,609	39,609	39,316	38,984	38,631	38,257	37,859	37,436	36,984
	SLS	N külponos	[kN]	300	18,278	18,129	17,975	17,818	17,657	17,493	17,324	17,151	16,973	16,790	16,601	16,406	16,203	16,000
		q ---	[kN/m]	600	2,741	2,469	2,246	2,060	1,825	1,594	1,403	1,245	1,112	0,999	0,903	0,819	0,747	0,680
		N központos	[kN]	600	38,522	38,522	38,522	38,522	38,522	38,522	38,522	38,522	38,522	38,522	38,522	38,522	38,522	38,522
		N külponos	[kN]	600	18,184	18,129	17,975	17,818	17,657	17,493	17,324	17,151	16,973	16,790	16,601	16,406	16,203	16,000
		N külponos	[kN]	---	3,906	3,047	2,418	1,948	1,590	1,314	1,097	0,925	0,787	0,674	0,582	0,506	0,442	0,381
1,5	SLS	N külponos	[kN]	---	58,134	52,692	48,193	44,408	41,178	38,390	35,958	33,817	31,918	30,222	28,698	27,320	26,070	

D – Perforált profilok statikai méretezése

67

5. Kapcsolatok méretezése

5.1. Kötőelem típusa, anyagminősége, geometriája

A vékonyfalú acél szerkezeti falprofilok egymáshoz rögzítésére a Lindab által forgalmazott B08 jelű önmetsző csavar használható. A csavar jellemző adatai a következők.

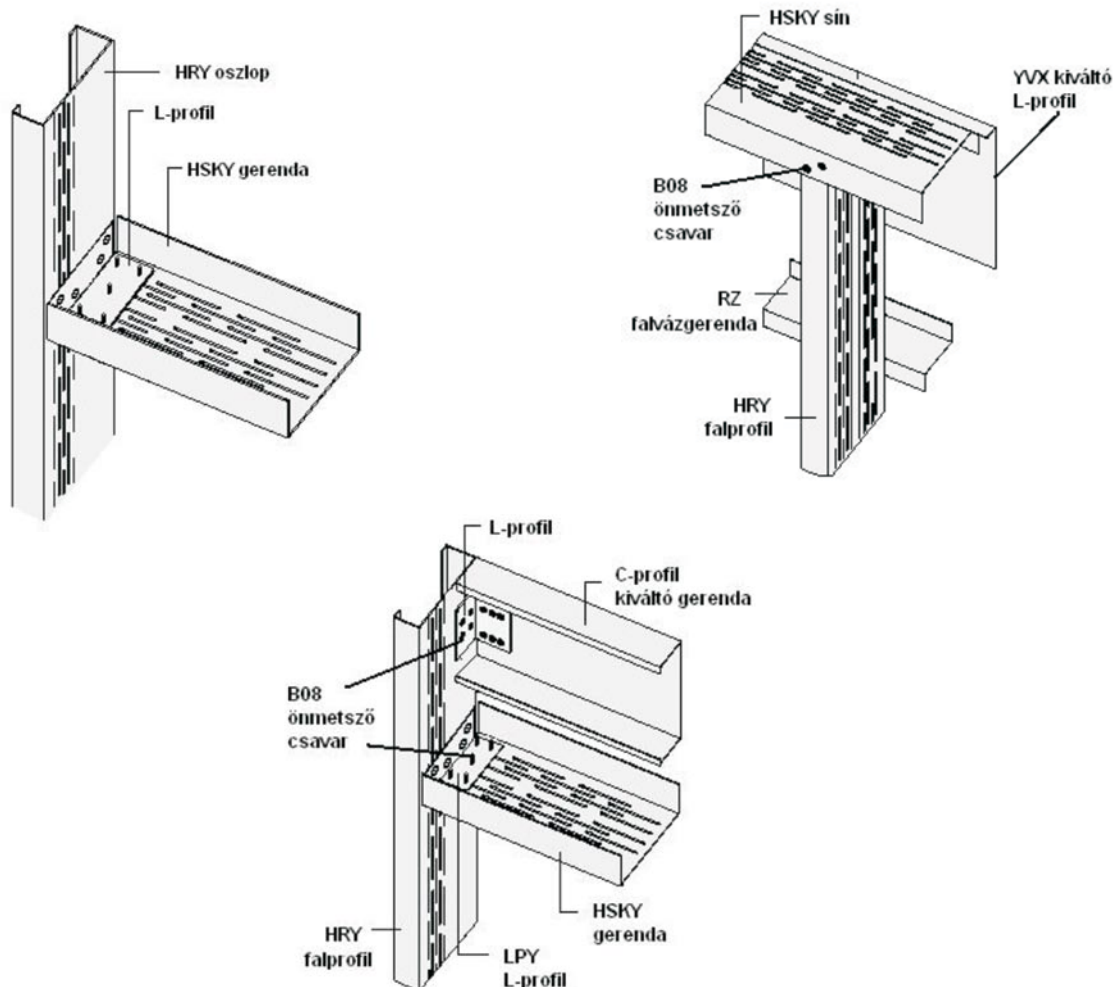
B08 süllyesztett fejű szerkezeti csavar



- Anyaga: szénacél, SIS1370 svéd szabvány szerinti T8 minőség (szakítószilárdság: 8,0kN/csavár; nyírószilárdság: ~5,2kN/csavár/nyírt felület)
- Felület: tűzihorganyzott, natur (12mikron cinkréteg; C1 korróziós osztály MSZ EN ISO 12944-2 szerint)
- Mérete: 4,8x16mm (tolerancia: 3% átmérőben; 5% csavarhosszban)
- Összefúrható vastagság: legfeljebb 2x1,5=3,0mm

5.2. Kapcsolatok szerkezeti kialakítása

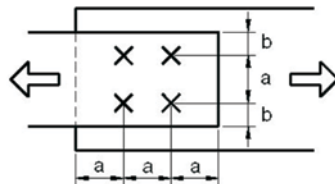
A külső falprofilokból összeállított vázrendszer néhány tipikus kapcsolata látható a következő ábrákon. Tipikusan nyírt csavaros, közvetlenül vagy kapcsolóelem segítségével összefogott kapcsolatok használatosak.



D – Perforált profilok statikai méretezése

5.3. Kötőelemek statikai ellenőrzése

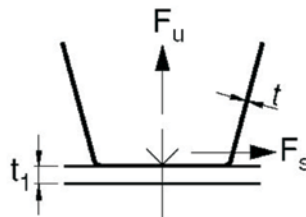
Az önmetsző csavarok méretezésére a szerkezeti elemekhez hasonlóan a svéd szabvány [4] előírásai használhatók. A rendeltetés szerinti 1. biztonsági osztályt vesszük figyelembe (ld. a 2.3.3. pontban leírtakat).

Minimális tengelytávolságok:

- Egymástól: 3d (d az átmérő)
- Elemszéltől erőirányban: 3d
- Elemszéltől erőirányra merőlegesen: 1,5d

Teherbírás ellenőrzése:

Általánosan egy önmetsző csavarral rögzített kapcsolatra a csavar szempontjából nyíró- illetve húzóerő hathat (F_s ill. F_u). A csavarfej melletti lemez vastagsága „t”, a másik lemez vastagsága „ t_1 ”. (Emiatt nagyon fontos, hogy a tervezett és a kivitelezett elhelyezés egyeztetve legyen!)



Az erő irányától függően különböző tönkremeneteli módokat kell számításba venni.

Nyíróerő esetén (F_s):

- Nyírási tönkremenetel, szakadás a csavarban
- A lemezszél tönkremenetele, lyuk oválosodása, megnyúlása
- Csavar elferdülése és „kihúzódása”

Húzóerő esetén (F_u):

- Csavarszakadás
- Kihúzóadás a csavarfejjel ellentétes oldalú lemezből (támaszból)
- Csavarfej alatti lemez tönkremenetele, „kigombolódása”

A B08 jelű szerkezeti önmetsző csavarnak a fenti két igénybevételi módra vonatkozó ellenállási értékeit a következő pontban közölt táblázatok tartalmazzák. Az értékek nagyszámú kísérleti teszteredmény és a vonatkozó svéd szabvány [4] előírásai alapján lettek meghatározva.

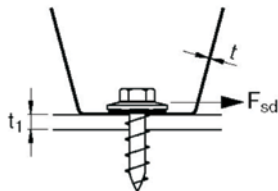
A táblázatok fő felhasználási területe a szerkezeti elemek ($t=1,0-1,2-1,5\text{mm}$) nyírt kapcsolatainak méretezése, de Lindab acél trapézlemez burkolat ($t=0,4-0,5-0,6-0,7\text{mm}$) esetén alkalmasak a burkolatot rögzítő csavarok ellenőrzésére is.

Összetett igénybevétel esetén használandó interakciós formula:

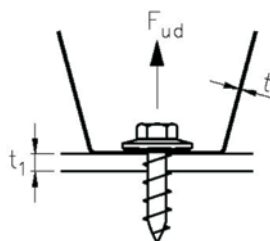
$$\left(\frac{F_u}{F_{ud}}\right)^2 + \left(\frac{F_s}{F_{sd}}\right)^2 \leq 1$$

D – Perforált profilok statikai méretezése

5.4. B08 jelű szerkezeti önmetsző csavar ellenállási táblázatai

5.4.1 Nyírési ellenállás (F_s ; kN/csavar)

Névleges vastagság t_{nom} (mm)	Számítási vastagság t (mm)	Folyáshatár f_y (N/mm ²)	d=4,8mm	
			$t_1=t$	$t_1=2,5t$
0,4	0,32	250	0,28	0,61
0,5	0,41	250	0,40	0,79
0,6	0,52	250	0,56	0,98
0,7	0,60	350	1,00	1,61
1,0	0,93	350	1,93	2,50
1,2	1,13	350	2,58	3,04
1,5	1,42	350	3,63	3,82

5.4.2 Kihúzóási ellenállás (F_{ud1} ; kN/csavar)

Névleges vastagság $t_{1, nom}$ (mm)	Számítási vastagság t_1 (mm)	$f_y = 350 \text{ N/mm}^2$ d=4,8mm
1,0	0,93	1,02
1,2	1,13	1,38
1,5	1,42	1,93

5.4.3 Kigömbölődési ellenállás (F_{ud2} ; kN/csavar)

A csavarfej (d=8mm) alatti lemezre vonatkozó adatok				
Névleges vastagság t_{nom} (mm)	Folyáshatár f_y (N/mm ²)			
0,4	250	0,36	0,32	0,25
0,5	250	0,46	0,41	0,32
0,6	250	0,57	0,52	0,40
0,7	350	0,95	0,85	0,66
1,0	350	1,46	1,32	1,03
1,2	350	1,78	1,60	1,25

D – Perforált profilok statikai méretezése**Hivatkozások**

A fenti méretezésméleti háttérnek megfelelően az útmutatóban az alábbi szabványhivatkozások szerepelnek:

- [1] MSZ 15020 – 86: Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Általános előírások.
- [2] MSZ 15021/1 – 86: Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Magasépítési szerkezetek terhei.
- [3] MSZ 15021/2 – 86: Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Magasépítési szerkezetek merevségi követelményei.
- [4] StBK-N5: Swedish Code for Light-Gauge Metal Structures, Swedish Institute of Steel Construction, 1982.
- [5] BSK94: Regulations for Steel Structures, Swedish Institute of Steel Construction, 1994.

További szakirodalmi hivatkozások:

- [6] Thöyrä, T.: Strength of Slotted Steel Studs, Licentiate Thesis, Royal Institute of Technology, Department of Structural Engineering, TRITA-BKN. Bulettin 6, 2001.
- [7] Norlin, B.: Ofullständig samverkan i flerskitsbalkar av trä. Del av kompendium i lättbyggnad. Teknisk Rapport, 1997.

E

JAVASOLT KONSTRUKCIÓS MEGOLDÁSOK (RAJZGYŰJTEMÉNY)

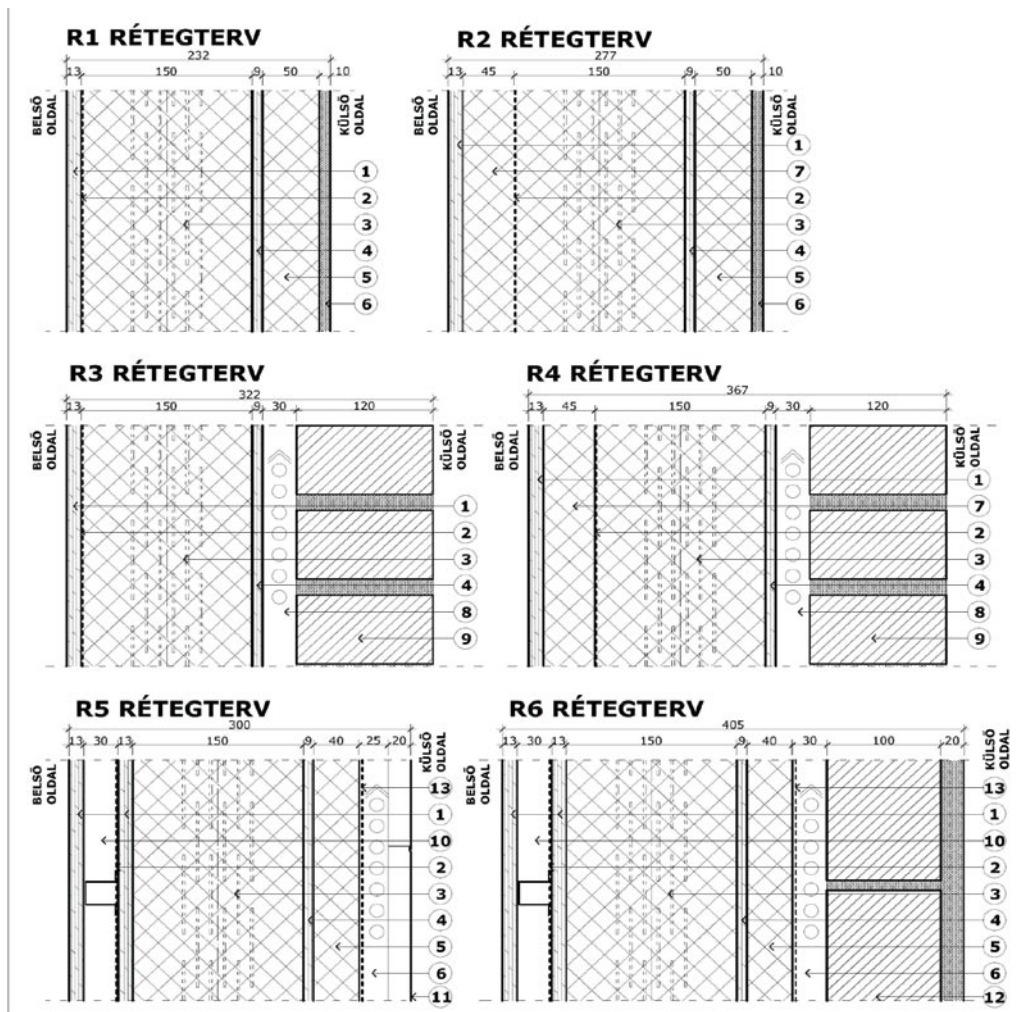
TARTALOMJEGYZÉK

1. Perforált gerincű külső falszerkezet	72
1.1. Rétegredek	72
1.2. Szerkezeti csomópontok, beépítési javaslatok	73
1.2.1. HSKY sín aljzathoz rögzítése, lehorgonyzás kitöltő fal esetén	73
1.2.2. HRY falvázoszlop rögzítése a HSKY sínhez	74
1.2.3. Nyílások kialakítása kitöltő falban	74
1.2.4. Nyílás-kiváltások függőleges teherhordó falban	75
1.2.5. Külső oldali lemezburkolat szerelése	76
1.2.6. Hőszigetelés és párazáró fólia elhelyezése	77
1.2.7. Szerelő réteg kialakítása (vezetékek, szerelvények számára)	77
1.2.8. Belső oldali lemezburkolat szerelése	78
1.2.9. Falcsatlakozások	78
1.2.10. Födémcsatlakozások	79
1.2.11. Tetőszerkezeti csatlakozások	80
2. Válaszfali rétegredek	81

E – Javasolt konstrukciók megoldások (rajzgyűjtemény)

1. Perforált gerincű külső falszerkezet

1.1. Rétegrendek

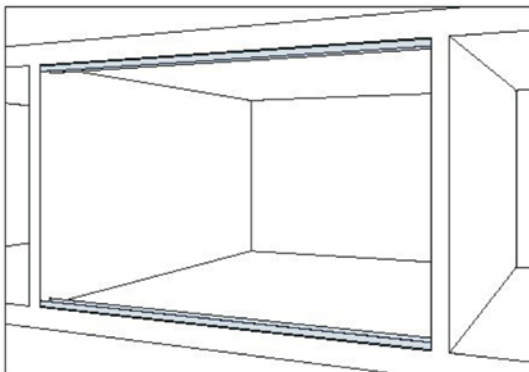


JEL	MEGNEVEZÉS	ALKALMAZHATÓ ANYAGOK
1	Belső oldali burkolat	15-18 mm tűzgátló gipszkarton lap; (1-2)x12,5 mm gipszkarton lap; 16 mm V.100 G.E1 impregnált faforgácslap; 12-15 mm OSB lap; BETONYP lap;
2	Párafékező réteg	Párazáró fólia ($S_d > 50$ m)
3	Tartóváz+hőszigetelés	120-150-200 mm-es LINDAB perforált „C” profil + szálas anyagú hőszigetelés
4	Külső oldali burkolat	6-12-15 mm OSB lap, BETONYP lap, 12,5-15 mm gipszrost lap; 9,5 mm vízálló gipszkarton lap; 16 mm V.100 G.E1 impregnált faforgácslap
5	Külső kiegészítő hőszigetelés	3-6 cm polisztirol hab;
6	Külső vakolat	Üvegszövet háló + kéregvakolat; 15-25 mm nemes, kapart, vagy dörzsölt vakolat
7	Belső kiegészítő hőszigetelés	4-5 cm polisztirol hab
8	Szellőztetett légréteg	
9	Homlokzati téglaburkolat	Fagyálló burkolótégla
10	Szerelő hézag (távtartó)	
11	Szerelt homlokzatburkolat	Pl. Lindab homlokzat falkazetta rendszer
12	Előtét téglafalazat	10 cm válaszfaltégla, 12 cm ikersejt tégla, stb...
13	Szellőztető fólia	Páraáteresztő fólia ($S_d < 0,03$ m)

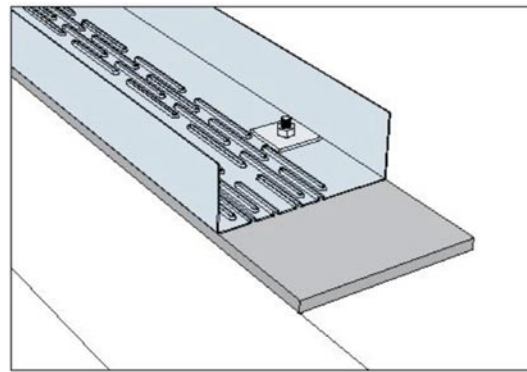
E – Javasolt konstrukciós megoldások (rajzgyűjtemény)

1.2. Szerkezeti csomópontok, beépítési javaslatok

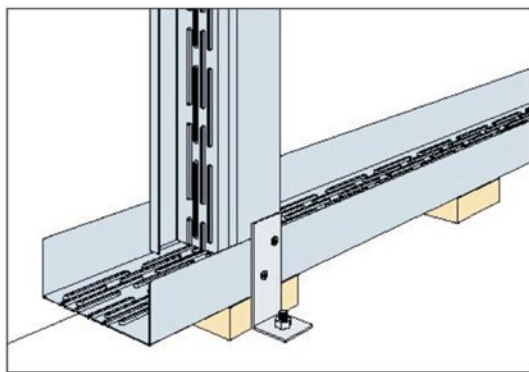
1.2.1. HSKY sín aljzathoz rögzítése, lehorgonyzás kitöltő fal esetén



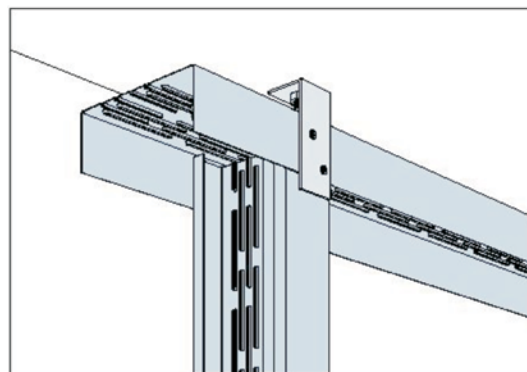
A megtisztított aljzathoz a **HSKY** sánt max. 400mm-enként kell rögzíteni



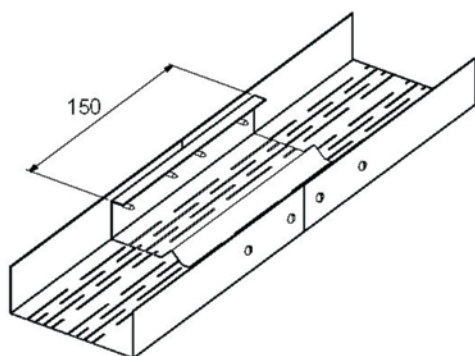
A HSKY sín és az aljzat közé **PD10** polietén szigetelő csak elhelyezése kötelező!



Egyenletlen aljzat esetén faékeket és L-acélt lehet használni a rögzítéshez. A **HSKY** sín alatti hézag hőszigeteléssel kitöltendő!



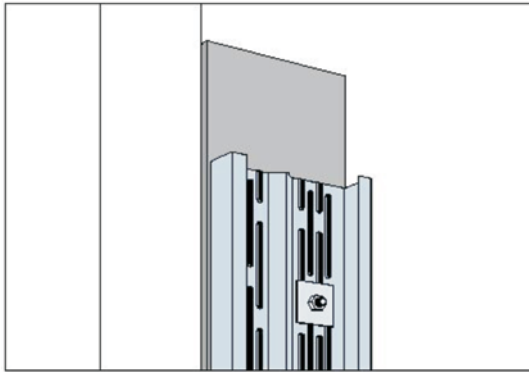
Felső sínrögzítésénél is használható az L-acélos rögzítés. Célszerű az L-profil szárát befelé fordítani, ha van elég hely.



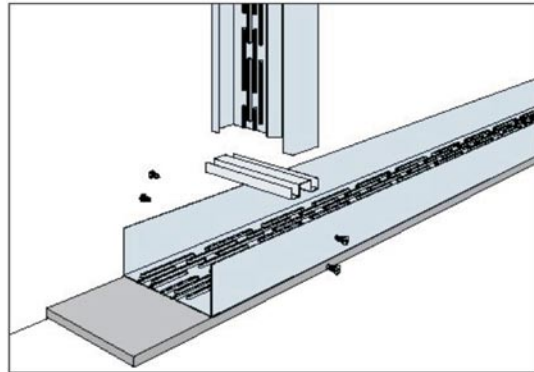
HSKY sín toldása **HRY** profilból kialakított toldóelemmel

E – Javasolt konstrukciós megoldások (rajzgyűjtemény)

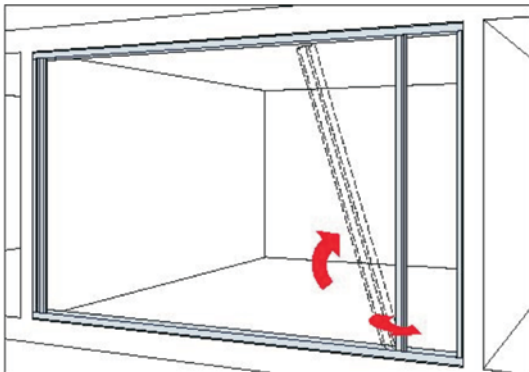
1.2.2. HRY falvázoszlop rögzítése a HSKY sínhez



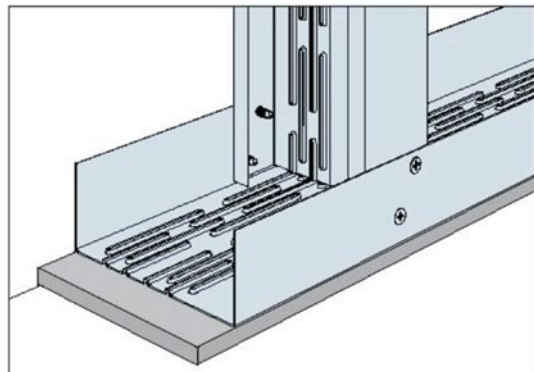
A szélső **HRY** vázoszlopot a sínhez hasonlóan, **PD10** tömítővel együtt kell a főtartó szerkezethez rögzíteni 300-400mm-enként.



Tervezési előírás esetén az **AA** végmerevítő elemet a **HRY** vázoszlop mindkét végén el kell helyezni a sínhez csatlakozás előtt.

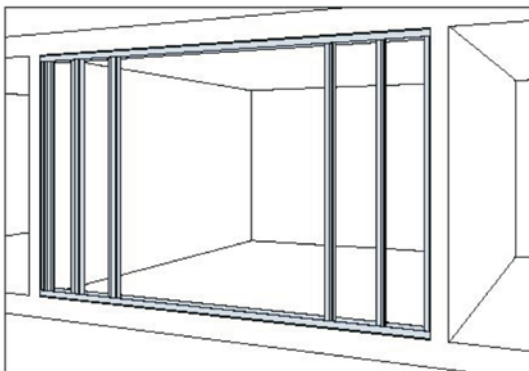


A szélső elemek elhelyezése után a belső **HRY** falvázoszlopok szerelése következik szélről kezdve, a terv szerinti kiosztásban.

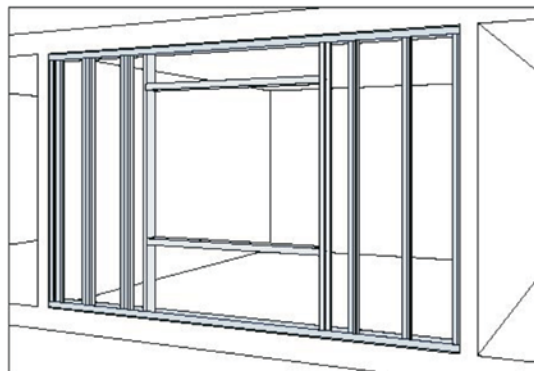


A **HRY** falvázoszlopot általánosságban minimum 2db **B08** süllyesztett fejű önmetsző csavarral kell a **HSKY** sínhez rögzíteni.

1.2.3. Nyílások kialakítása kitőtő falban

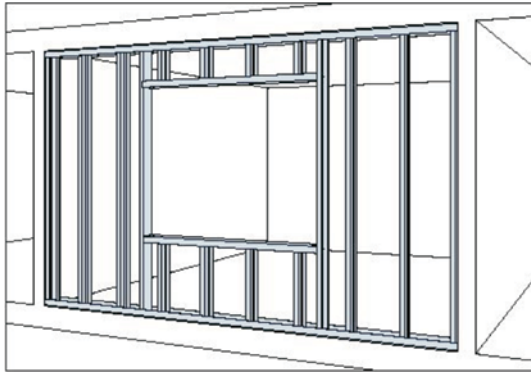


A nyílás szélein (általában erősebb) **HRY** vázoszlopokat gerincükkel a nyílás felé fordítani, biztosítva a nyílásszélességet.

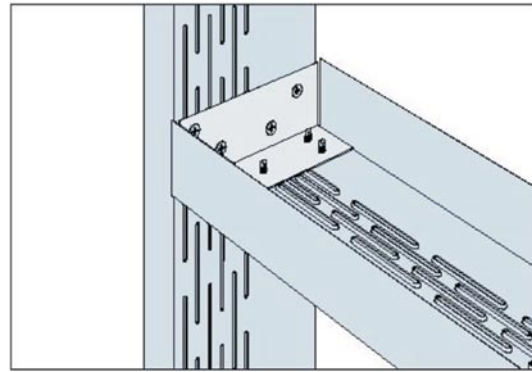


A nyílás alsó és felső lezárása **HSKY** profillal történhet, gerincükkel a nyílás felé fordítva, biztosítva a nyílásmagasságot.

E – Javasolt konstrukciós megoldások (rajzgyűjtemény)



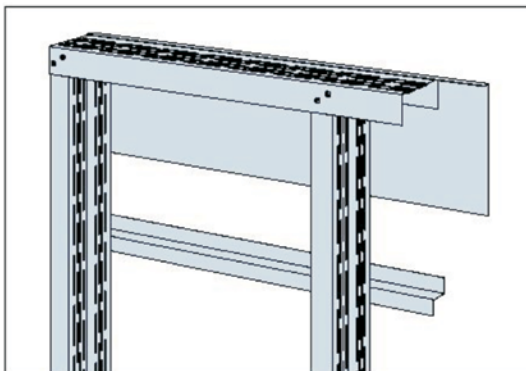
Utána következnek a nyílás alatti és feletti csonka **HRY** vázoszlopok elhelyezése.



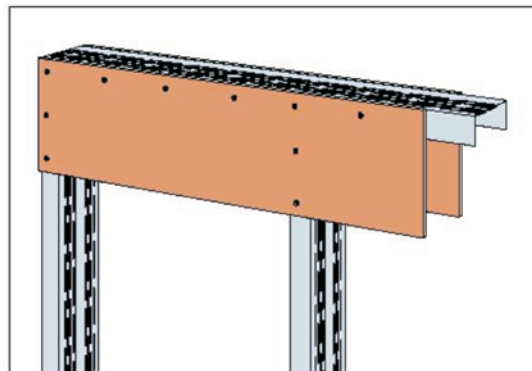
A szélső **HRY** vázoszlop és a nyíláskeretező alsó/felső **HSKY** profil csatlakozása **LPY** jelű L-profilú kapcsolóelemmel

Megjegyzés: A nyílászáró tokszerkezete és a perforált falváz közé síklemez elhelyezése szükséges!

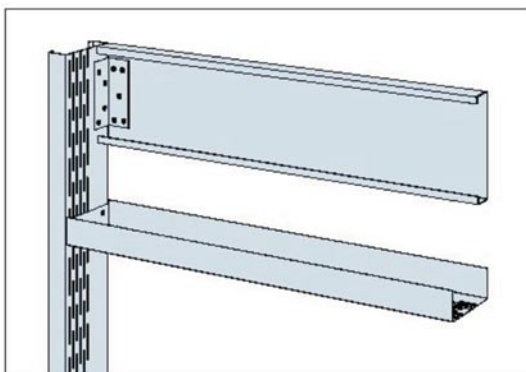
1.2.4. Nyílás-kiváltások függőleges teherhordó falban



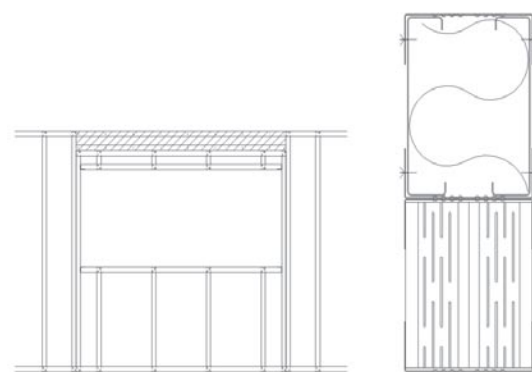
Áthidaló kialakítása **YVX** jelű acél L-profilból. Csak a ráerőszített burkolattal együtt működik, 600-2100mm nyílásszélesség esetén.



Áthidaló kialakítása 2 oldalon elhelyezett **burkolólappal** (fa, rétegelt fa, OSB stb.).



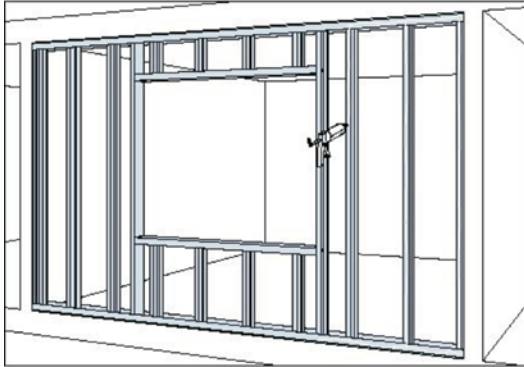
Áthidaló gerenda **tömör gerincű C-profillal** nagyobb fesztávok esetén (>2100mm).



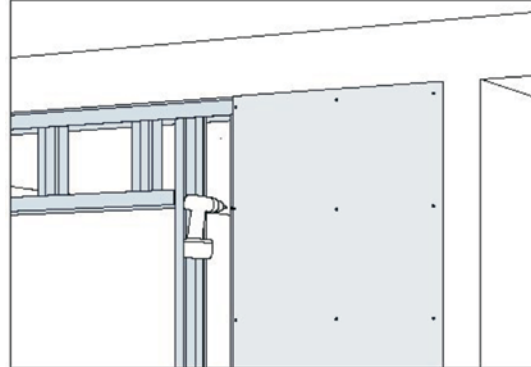
Áthidaló gerenda **C- és HSKY profilból** kialakított zártszelvényből (>2100mm).

E – Javasolt konstrukciós megoldások (rajzgyűjtemény)

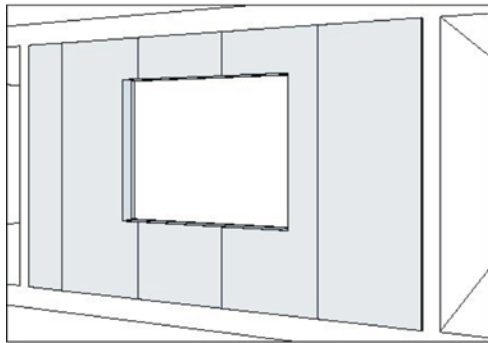
1.2.5. Külső oldali lemezburkolat szerelése



A burkolólap fogadására alkalmas ragasztóanyag felhordása az acélváz külső felületére.

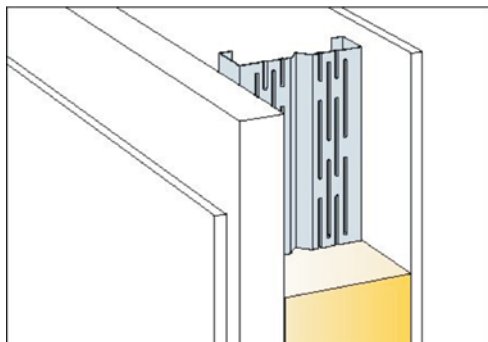


A burkolólap (gipszkarton, OSB, stb.) rögzítése csavarozással az acél vázszerkezethez.

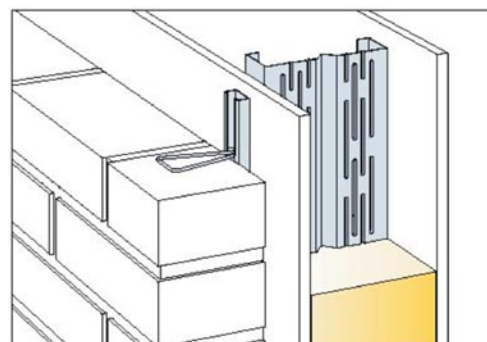


A teljes falfelület beburkolása.

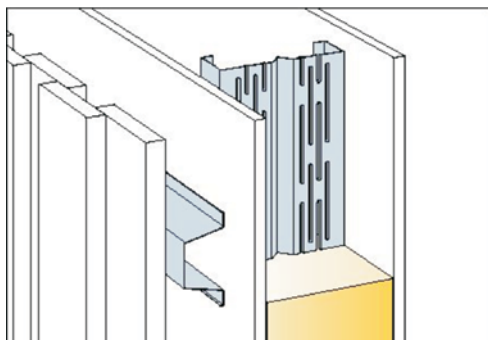
Alternatív külső burkolatok:



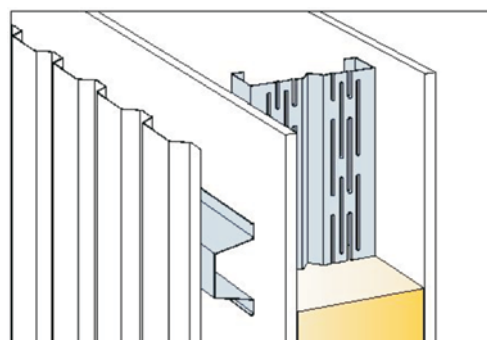
Kiegészítő hőszigetelés + vakolat (R1,R2)



Homlokzati burkolótégla + vakolat (R3,R4)



Egyedi szerelt (pl. fa) külső burkolat (R5)

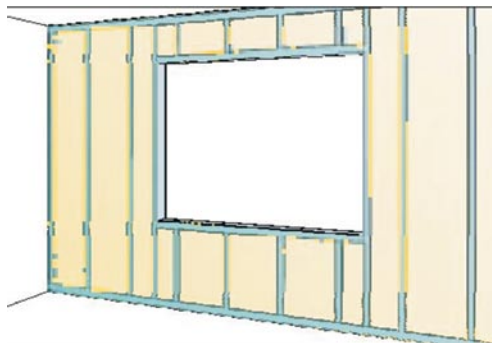


Egyszerű acél trapézlemez burkolat (R5)

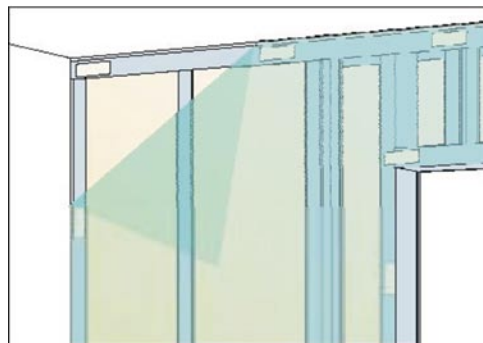
E – Javasolt konstrukciós megoldások (rajzgyűjtemény)

77

1.2.6. Hőszigetelés és párazáró fólia elhelyezése

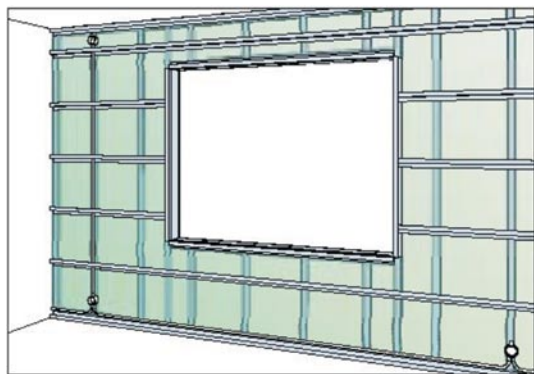


Az acélváz kitöltése ásványgyapot hőszigetelő anyaggal, ügyelve, hogy minden kis rés, üreg ki legyen töltve.

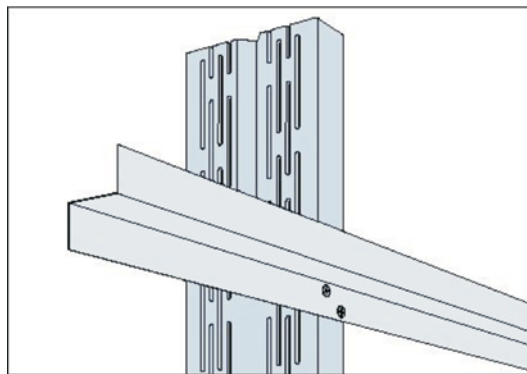


Belső oldali párazáró fólia elhelyezése és vázhoz rögzítése dupla oldalú ragasztószalaggal. Fontos a teljes felületű légzárás!

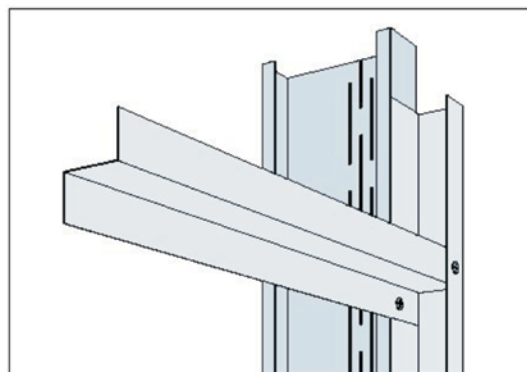
1.2.7. Szerelő réteg kialakítása (vezetékek, szerelvények számára)



Szerelő réteg, hézag kialakítása **RZ** másodlagos falvázgerendákkal.



HRY vázoszlop és **RZ** tartó kapcsolata.



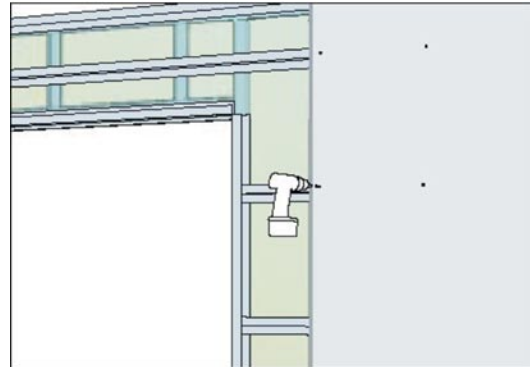
HRY vázoszlop és **RZ** tartó kapcsolata nyílás mellett: **RCY** profillal lezárva.

E – Javasolt konstrukciós megoldások (rajzgyűjtemény)

1.2.8. Belső oldali lemezburkolat szerelése

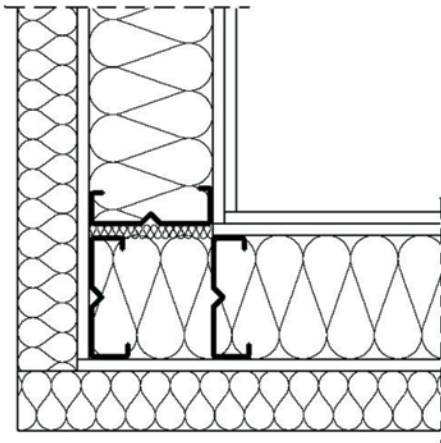


A vezetékek, szerelvények elhelyezése után ragasztóanyag felhordása az **RZ** tartókra.

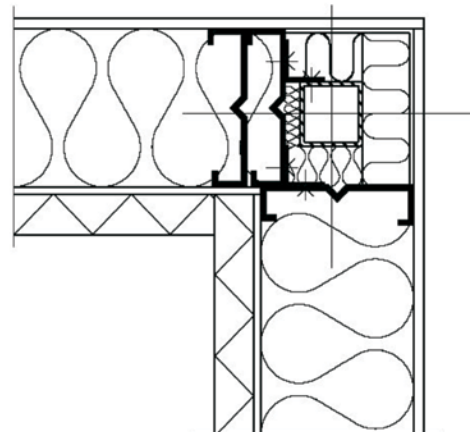


HRY vázszlop és **RZ** tartó kapcsolata.

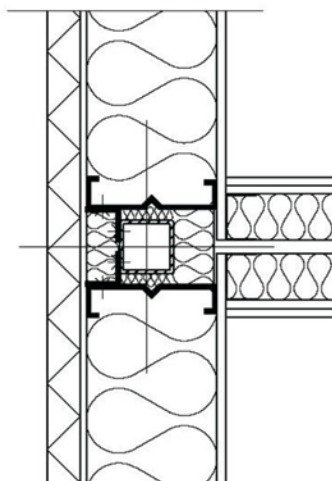
1.2.9. Falcsatlakozások



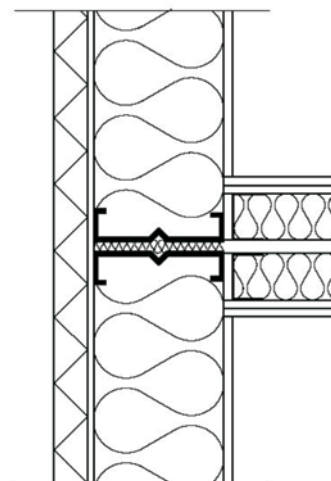
Falsarok kialakítása #1.
(vízszintes metszet)



Falsarok kialakítása #2:
acél főtartó váz esetén.
(vízszintes metszet)



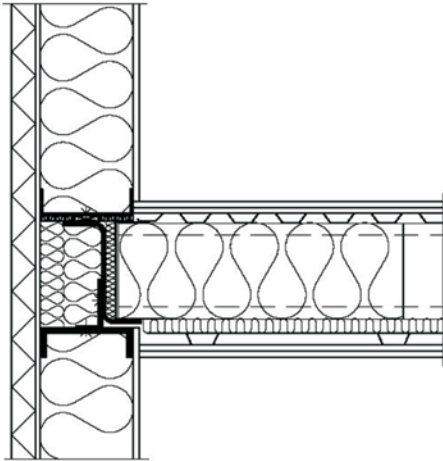
Falcsatlakozás kialakítása #1:
acél főtartó váz esetén. (vízszintes metszet)



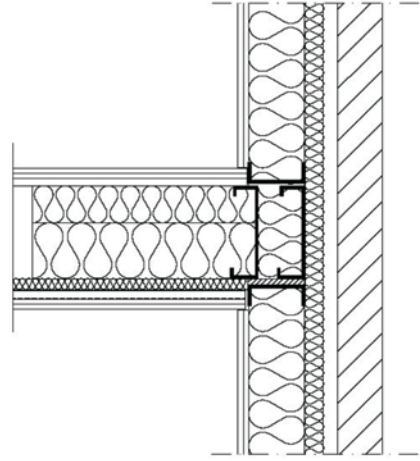
Falcsatlakozás kialakítása #2:
apartmanok között. (vízszintes metszet)

E – Javasolt konstrukciós megoldások (rajzgyűjtemény)

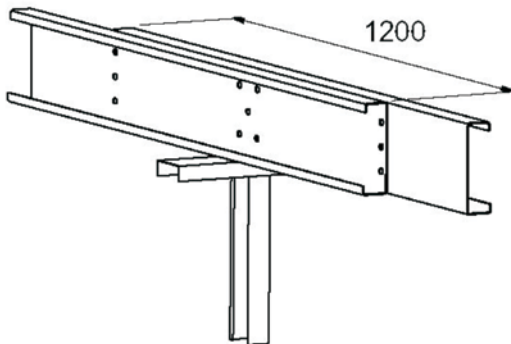
1.2.10. Födémcsatlakozások



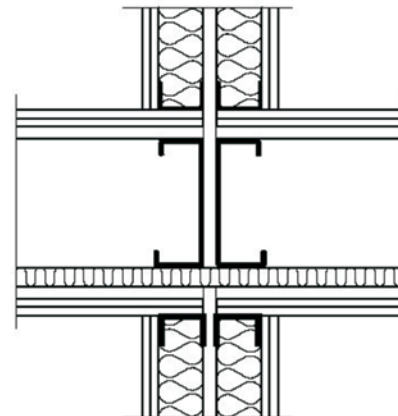
Szélső teherhordó fal – födém kapcsolata #1.
(függőleges metszet)



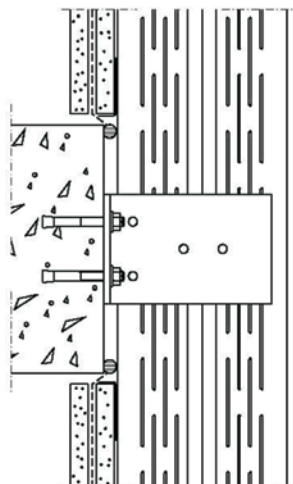
Szélső teherhordó fal – födém kapcsolata #2.
(függőleges metszet)



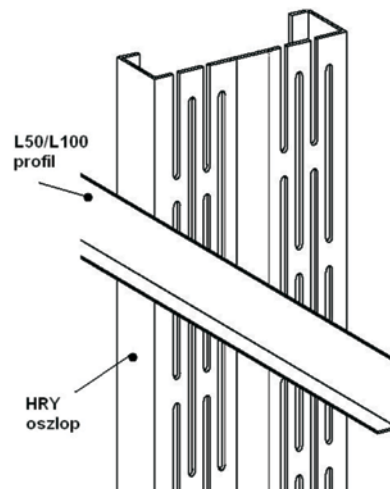
Közbenső teherhordó fal – födémgerenda
kapcsolata.

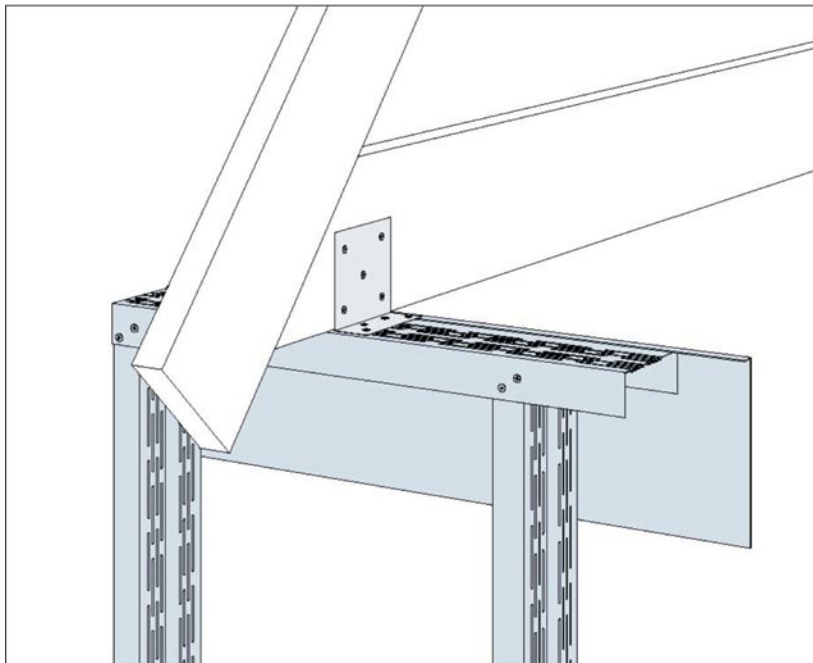


Kettőzött válaszfal – födém kapcsolata
apartmanok között.
(függőleges metszet)



Szélső elhatároló fal – vasbeton födém kapcsolata.
(függőleges metszet és nézet)

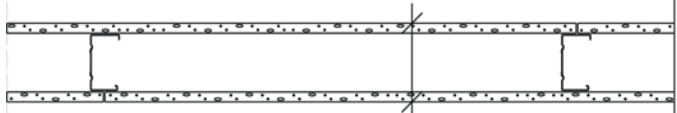
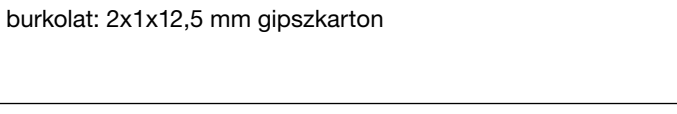


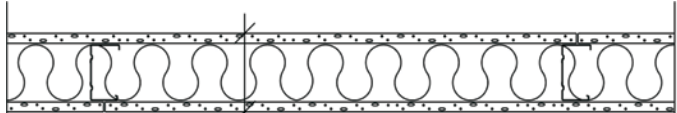
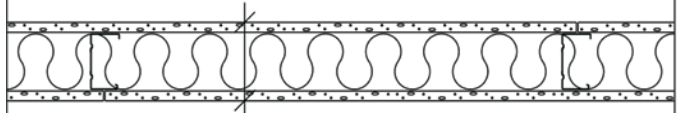

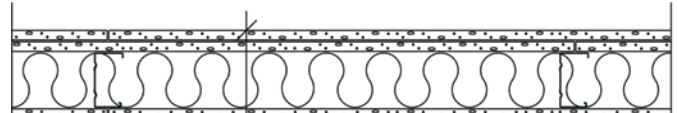
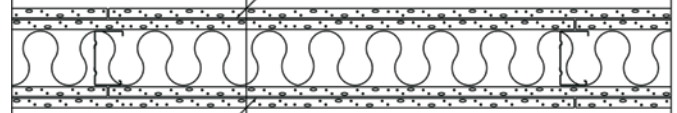
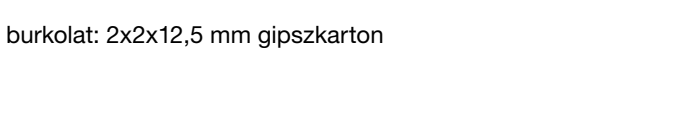


E – Javasolt konstrukciós megoldások (rajzgyűjtemény)**1.2.11. Tetőszerkezeti csatlakozások**

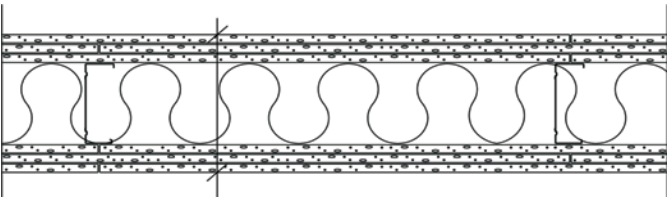
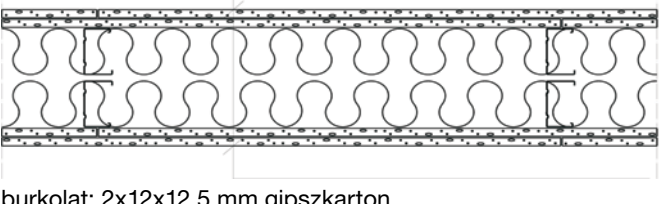
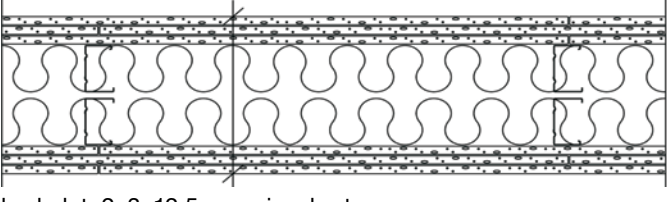
Teherhordó szélső fal – fa tetőszeruzat kapcsolata.

E – Javasolt konstrukciók megoldások (rajzgyűjtemény)

2. Válaszfali rétegrendek

FALTÍPUSA	VÁLASZFAL METSZETE	$L_g=45$ cm	$L_g=60$ cm
E70/70 101		$R'_w = 34$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 32$ dB $T_h = 0,5$ óra $H_{max} = 4400$ mm	$R'_w = 34$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 32$ dB $T_h = 0,5$ óra $H_{max} = 3600$ mm
E95/95 101	burkolat: 2x1x12,5 mm gipszkarton 	$R'_w = 35$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 33$ dB $T_h = 0,5$ óra $H_{max} = 5800$ mm	$R'_w = 35$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 33$ dB $T_h = 0,5$ óra $H_{max} = 5000$ mm
E70/70 202		$R'_w = 42$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 39$ dB $T_h = 1,0$ óra $H_{max} = 4600$ mm	$R'_w = 43$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 40$ dB $T_h = 1,0$ óra $H_{max} = 4000$ mm
E95/95 202	burkolat: 2x2x12,5 mm gipszkarton 	$R'_w = 44$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 41$ dB $T_h = 1,0$ óra $H_{max} = 6300$ mm	$R'_w = 44$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 41$ dB $T_h = 1,0$ óra $H_{max} = 5500$ mm
E70/70 101 + 70 mm hőszigetelés		$R'_w = 37$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 32$ dB $T_h = 0,5$ óra* $H_{max} = 4400$ mm	$R'_w = 40$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 36$ dB $T_h = 0,5$ óra* $H_{max} = 3600$ mm
E95/95 101 + 95 mm hőszigetelés	burkolat: 2x1x12,5 mm gipszkarton 	$R'_w = 40$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 36$ dB $T_h = 0,5$ óra* $H_{max} = 5800$ mm	$R'_w = 42$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 36$ dB $T_h = 0,5$ óra* $H_{max} = 5000$ mm
E120/120 101 + 120 mm hőszigetelés		$R'_w = 42$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 37$ dB $T_h = 0,5$ óra* $H_{max} = 6600$ mm	$R'_w = 43$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 38$ dB $T_h = 0,5$ óra* $H_{max} = 5500$ mm
E70/70 202 +70 mm hőszigetelés		$R'_w = 50$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 44$ dB $T_h = 1,0$ óra** $H_{max} = 4600$ mm	$R'_w = 50$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 44$ dB $T_h = 1,0$ óra** $H_{max} = 4000$ mm
E95/95 202 +95 mm hőszigetelés		$R'_w = 50$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 43$ dB $T_h = 1,0$ óra** $H_{max} = 6300$ mm	$R'_w = 50$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 45$ dB $T_h = 1,0$ óra** $H_{max} = 5500$ mm
E120/120 202 +120 mm hőszigetelés	burkolat: 2x2x12,5 mm gipszkarton 	$R'_w = 52$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 44$ dB $T_h = 1,0$ óra** $H_{max} = 6500$ mm	$R'_w = 53$ dB $R'_{w^{C50-3150}} = 44$ dB $T_h = 1,0$ óra** $H_{max} = 5700$ mm

E – Javasolt konstrukciók megoldások (rajzgyűjtemény)

FALTÍPUSA	VÁLASZFAL METSZETE	$L_g=45\text{ cm}$	$L_g=60\text{ cm}$
E120/120 303 +120 mm hőszigetelés	 burkolat: 2x3x12,5 mm gipszkarton	$R'_w = 55\text{ dB}$ $R'_{w^{C50-3150}} = 48\text{ dB}$ $T_h = 1,5\text{ óra}$ $H_{\max} = 6800\text{ mm}$	$R'_w = 56\text{ dB}$ $R'_{w^{C50-3150}} = 48\text{ dB}$ $T_h = 1,5\text{ óra}$ $H_{\max} = 6000\text{ mm}$
DD70/70 202 +140 mm hőszigetelés	 burkolat: 2x12x12,5 mm gipszkarton	$R'_w = 63\text{ dB}$ $R'_{w^{C50-3150}} = 55\text{ dB}$ $T_h = 1,0\text{ óra}$ $H_{\max} = 3600\text{ mm}$	$R'_w = 63\text{ dB}$ $R'_{w^{C50-3150}} = 55\text{ dB}$ $T_h = 1,0\text{ óra}$ $H_{\max} = 3100\text{ mm}$
DD70/70 303 +140 mm hőszigetelés	 burkolat: 2x3x12,5 mm gipszkarton	$R'_w = 65\text{ dB}$ $R'_{w^{C50-3150}} = 58\text{ dB}$ $T_h = 1,5\text{ óra}$ $H_{\max} = 3700\text{ mm}$	$R'_w = 65\text{ dB}$ $R'_{w^{C50-3150}} = 60\text{ dB}$ $T_h = 1,5\text{ óra}$ $H_{\max} = 3200\text{ mm}$

Megjegyzések:

- Hangszigetelési adatok:
 - R'_w léghanggátlási érték helyesen kivitelezett, légmentesen tömített csatlakozásokkal ellátott és a gipszkarton-gyártó előírásai szerint kialakított falszerkezet esetén érhető el.
 - $R'_{w^{C50-3150}}$ léghanggátlási érték az alacsony frekvenciatartományban (50-3150 Hz) érvényes adat.
- A T_h tűzállósági határértékek az alábbi típusú hőszigetelő anyagokkal érhetőek el:
 - * EI60 tűzállóságú kőzetgyapot esetén érvényes (testsűrűség $\leq 30\text{ kg/m}^3$)
 - ** EI90 tűzállóságú kőzetgyapot esetén érvényes (testsűrűség $\leq 30\text{ kg/m}^3$).
- A H_{\max} maximálisan beépíthető falmagasságok a svéd teherbírás szabványelőírások (StBK-N5:1982; BSK94) és szakmai javaslatok szerint vannak meghatározva:
 - Teherbírás határállapotban megfelel 0,35 kN/m² alapértékű egyenletesen megoszló terhelésre (zárt, belső térben előforduló szélteher);
 - Teherbírás határállapotban megfelel 1,00 kN/m alapértékű, vízszintesen, fél falmagasságban ($H_{\max}/2$) ható éltehernek (előzőtől függetlenül);
 - Használati határállapotban megfelel 0,50 kN/m alapértékű, vízszintesen, fél falmagasságban ($H_{\max}/2$) ható éltehernek, $H/300$ maximálisan megengedett behajlási feltétel mellett.



A Lindab Profil a Lindab Csoport egyik üzletága, amely hatékony, gazdaságos és esztétikus acél- és fémlemez megoldásokat fejleszt, gyárt és értékesít az építőipar számára.

A Lindab kínálata a szerkezeti komponensek széles választékától a könnyűszerkezetes acél épületrendszerekig terjed, amelyek ipari, kereskedelmi és lakossági céloknak egyaránt megfelelnek.

A Lindab Profil több, mint 25 országban képviselteti magát Európa-szerte. Központi irodája a dél-svédországi Båstadban található.



Lindab Kft.

2051 Biatorbágy,
Állomás u. 1/A.
Tel.: +36-23-531-300
Fax: +36-23-310-703
lindab.hu