

STATIKAI SZÁMÍTÁS – R0

a Budapest VII., Király utca 15. szám alatti
műemlék lakóépület erkélyeinek rekonstrukciójához
(Műemléki törzsszám: 15593, HRSZ.: 34184)

Megbízó:

Fennt.A Mérnökiroda Kft.
1141 Budapest, Komócsy utca 5.
képv.: Tóth Viktor


Mérnökiroda Kft.

Megbízott:

NAGYSTATIKA MÉRNÖK Kft.
1173 BUDAPEST, Borsó u. 12-32. F. lh. 3/9
képv.: Nagy Tamás Bajnok

 **NAGYSTATIKA**

Budapest, 2025. március 3.

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	2
1 Bevezetés.....	3
2 Felhasznált szabványok, műszaki irányelvek, irodalom	3
3 Felhasznált programok.....	3
4 Statikai modell.....	3
5 Geometria	5
6 Szelvények.....	8
7 Anyagok.....	8
8 Terhek.....	10
8.1 Terhek bemutatása grafikusan	10
8.2 Teheresetek.....	18
8.3 Tehercsoportok	19
8.4 Egyedi kombinációk teheresetenként.....	19
9 Eredmények (másodrendű, nemlineáris futtatás során).....	20
9.1 Bal oldali 2. emeleti erkély	20
9.2 Bal oldali 1. emeleti erkély	23
9.3 Középső 1. emeleti erkély.....	26
9.4 Jobb oldali 2. emeleti erkély.....	29
9.5 Jobb oldali 1. emeleti erkély.....	32
9.6 Rúdelem kihasználtságok táblázatos összefoglalása.....	35
9.7 Kőlap erkélylemez méretezése.....	36
9.8 Köracél visszakötés teherelosztó lemez méretezés.....	37
9.9 Menetes rúd öntöttvas és acél szerelvény között.....	38
9.10 Húzott köracél és menetes részek méretezése	41
10 Összefoglalás.....	41

1 Bevezetés

Az alábbi dokumentumban a Budapest VII., Király utca 15. szám alatti épület erkély rekonstrukciós projekt statikai számítását mutatjuk be.

2 Felhasznált szabványok, műszaki irányelvek, irodalom

- TSZ 01-2013 Műszaki Szabályzat – Épületek megépült teherhordó szerkezeteinek erőtan vizsgálata és tervezési elvei
- Építési Szabályzat Budapest fő- és székváros területén (1892)
- MSZ EN 1990:2011 Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai
- MSZ EN 1991-1-1:2005 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-1. rész: Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei
- MSZ EN 1993-1-1:2009 Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok
- MSZ EN 1993-1-8:2012 Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése. 1-8. rész: Csomópontok
- MSZ EN 1996-1-1:2005+A1:2013 Eurocode 6: Falazott szerkezetek tervezése, 1-1. rész: Vasalt és vasalatlan falazott szerkezetekre vonatkozó általános szabályok
- MSZ EN 10025-2:2020 – Melegen hengerelt termékek szerkezeti acélokból. 2. rész: Ötvöztelen szerkezeti acélok műszaki szállítási feltételei
- MSZ EN 1563:2000: Gömbgrafitos öntöttvasak
- Laczkovics János: Konzolos kőszerkezetek helyreállításának és fenntartásának műszaki problémái
- MSZ EN 12372:2007 - Természetes kövek vizsgálati módszerei

3 Felhasznált programok

A méretezéshez AxisVM X7 R3 vége-selemes tervezőszoftvert használtunk, HILTI Profis Engineering 3.1.10 dűbelméretező célszoftvert, valamint kézi számításokat is végeztünk.

4 Statikai modell

Az erkélyek megerősítése során az ép öntöttvas konzolokat megtartjuk, hátrakötjük, valamint új öntöttvas konzolokat készítünk, szintén hátrakötve. Az öntöttvas konzolokat 60 mm vastagságú héjelemmel, a köracél hátrakötést rácsrúd elemmel modelleztük. A konzol a falra 15 cm-t támaszkodik fel, valamint a függőleges éle mentén is történik teherátadás. Itt csak nyomásra dolgozó vonalmenti támaszokat helyeztünk el. A köracél visszakötés csak húzásra működő elem. Az erkélylemez teherpanel helyettesíti, amely szétosztja a rá jutó hatásokat a konzolokra. A vonalmenti támaszok esetében meghatároztunk egy maximális felvehető támaszerőt, amely a fal pecsétnyomási teherbírása. A megengedett max támaszerő 200 mm széles teherátadást feltételezve 255 kN/m az alsó síkon és 120 mm támasz szélességet feltételezve 153 kN/m a függőleges síkon. Tehát a falra feltámaszkodás modellezése képlékeny módon történik a tervezés során, ennek megfelelően másodrendű nemlineáris statikai számítást végeztünk.

Az alábbi kézi számítási módszerrel határoztuk meg a falazat nyomószilárdságát, amiből következik a rugalmassági modulus, a támaszmerevség és a megengedett maximális támaszerő:

Falba befogott konzol vonalmenti támaszmerevség számítás

Falazat merevsége

Falazóelem szabványos nyomószilárdsága (becslés) $f_b := 10 \text{ MPa}$

Falazóhabarcs nyomószilárdsága (becslés) $f_m := 1 \text{ MPa}$

$$\gamma := 2.70$$

$$K := 0.55$$

$$\gamma_f := 2.70$$

Falazat karakterisztikus nyomószilárdsága

$$f_k := K \cdot f_b^{0.7} \cdot f_m^{0.3} = 2.76 \text{ MPa}$$

Falazat tervezési nyomószilárdsága

$$f_d := \frac{f_k}{\gamma} = 1.02 \text{ MPa}$$

Falazat rugalmassági modulusa lehajláshoz

$$E := 1000 \cdot f_k \cdot 0.4 = 1.10 \text{ GPa}$$

Tehereosztó lemez szélesség (konzolok alatt vízszintesen)

$$b_f := 200 \text{ mm}$$

Vonalmenti támaszmerevség

$$k := E = 1102612 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Szilárdságnövelő tényező

$$\beta := 1.25$$

Megengedett max.
vonalmenti támaszerő

$$k_{Rd} := f_d \cdot b_f \cdot \beta = 255 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

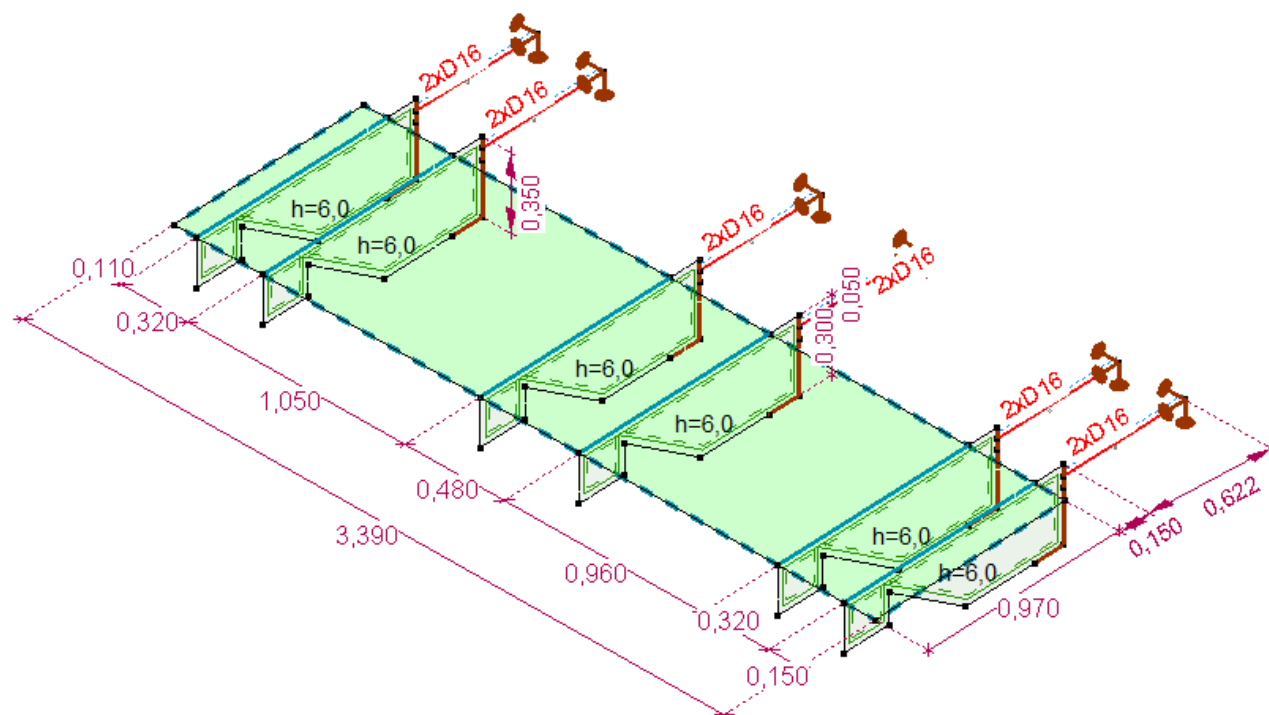
Tehereosztó lemez szélesség (konzolok mögött függőlegesen)

$$b_f := 150 \text{ mm}$$

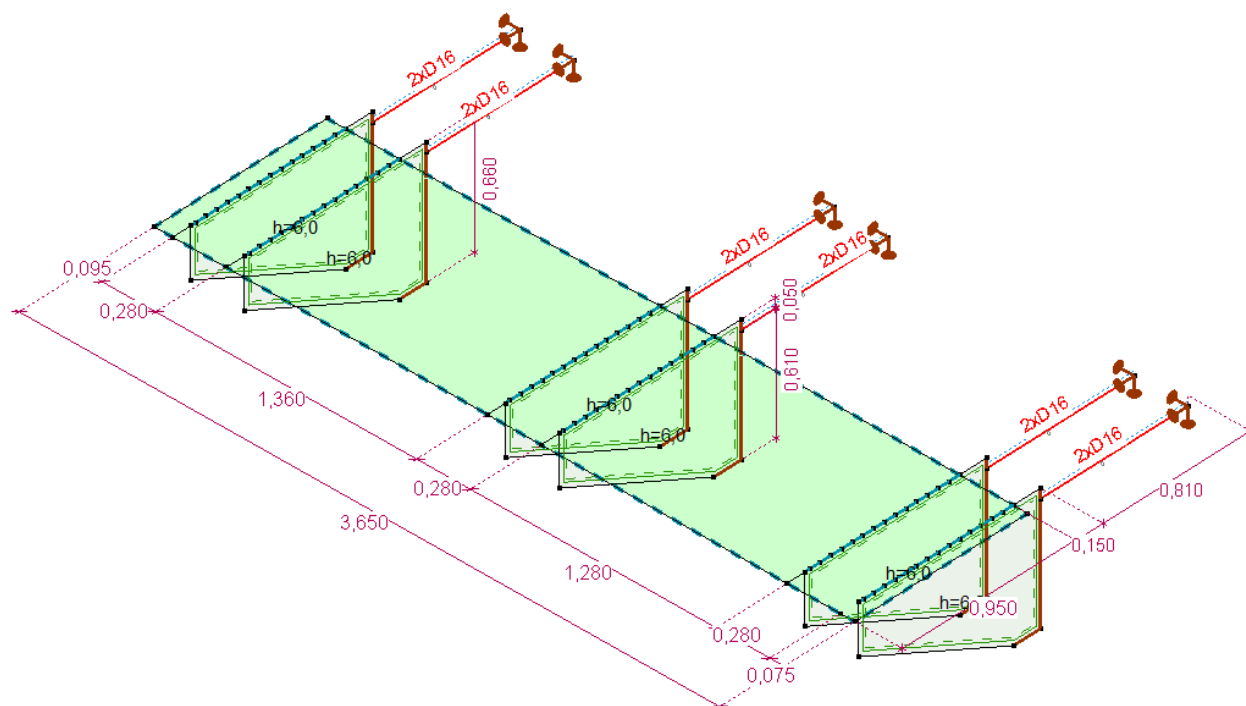
Megengedett max.
vonalmenti támaszerő

$$k_{Rd} := f_d \cdot b_f \cdot \beta = 191 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

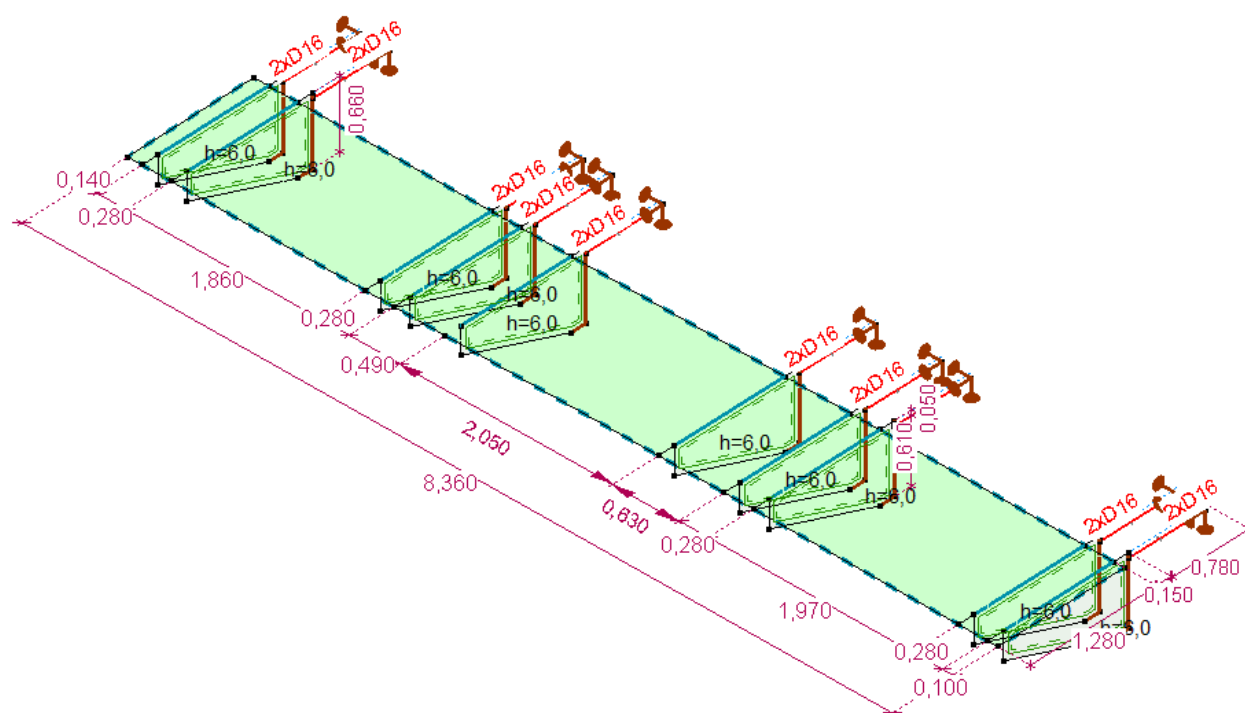
5 Geometria



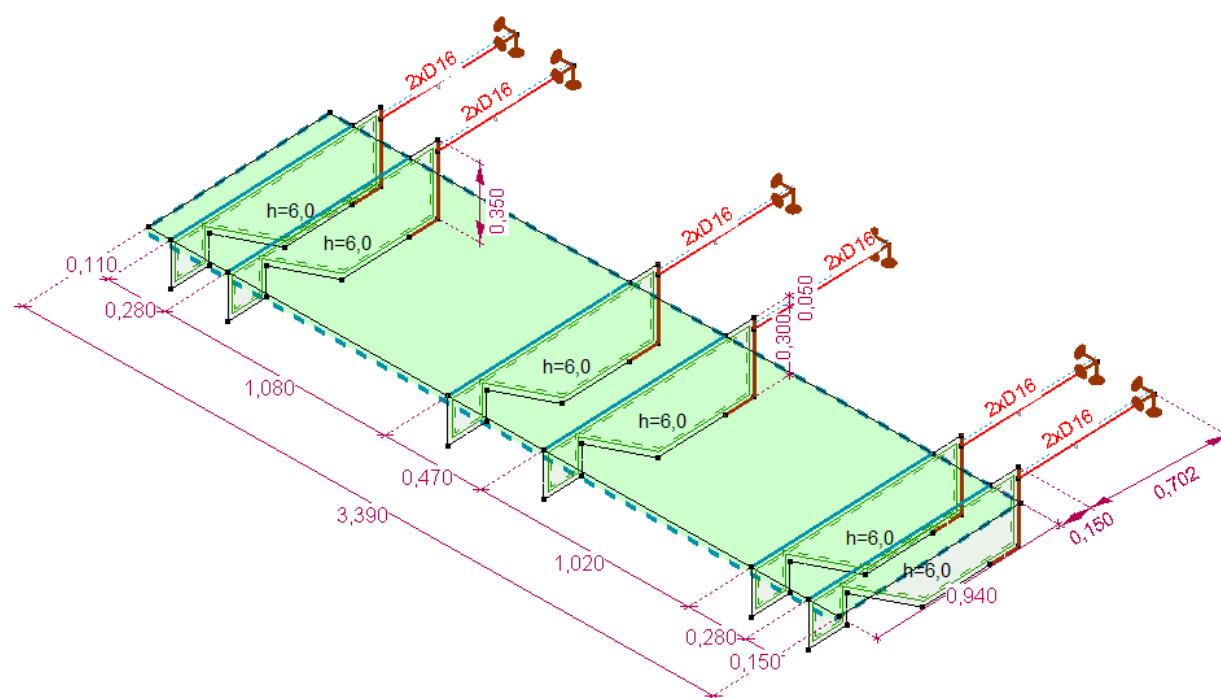
1. ábra 2. emeleti bal erkély



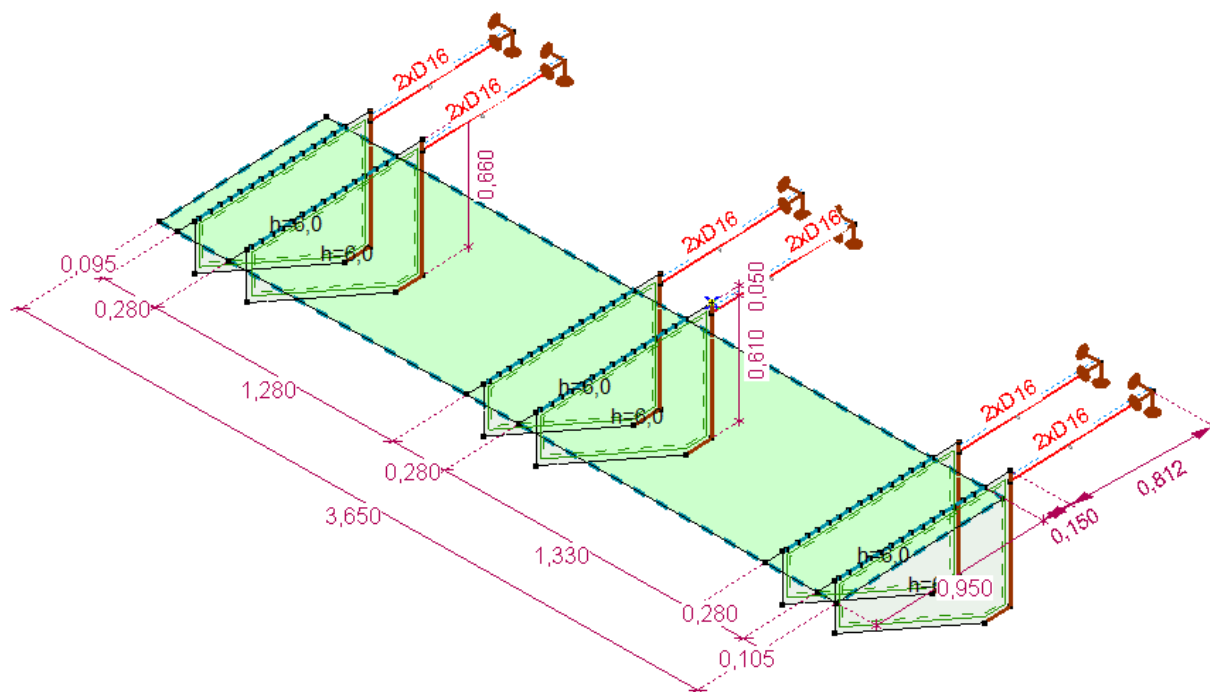
2. ábra 1. emelet bal erkély



3. ábra 1. emelet közbső erkély



4. ábra 2. emelet jobb oldali erkély



5. ábra 1. emelet jobb oldali erkély

6 Szelvények

Név	Gyártás	Alak	h	b	tw	tf	r ₁	r ₂	r ₃	A _x	A _y	A _z
			[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm ²]	[cm ²]	[cm ²]

1 2x D16	Heng.	Egyedi	1,6	4,6	0	0	0	0	0	4,02	0	0
----------	-------	--------	-----	-----	---	---	---	---	---	------	---	---

Név	I _x	I _y	I _z	I _{yz}	I ₁	I ₂	α	I _ω	W _{1,el,t}	W _{1,el,b}	W _{2,el,t}	W _{2,el,b}	W _{1,pl}	W _{2,pl}
	[cm ⁴]	[cm ⁴]	[cm ⁴]	[cm ⁴]	[cm ⁴]	[cm ⁴]	[°]	[cm ⁶]	[cm ³]	[cm ³]	[cm ³]	[cm ³]	[cm ³]	[cm ³]

1 2x D16	1,3	0,6	9,7	0	9,7	0,6	90,00	1	4,2	4,2	0,8	0,8	6,0	1,4
----------	-----	-----	-----	---	-----	-----	-------	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Név	i _y	i _z	H _y	H _z	y _G	z _G	y _s	z _s	Fp.
	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	

1 2x D16	0,4	1,6	4,6	1,6	2,3	0,8	0	0	9
----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	---	---

Név: Szelvénynév; **Gyártás:** Gyártási eljárás; **Alak:** Szelvényalak; **h:** Szelvénymagasság; **b:** Szelvénytéllesség; **tw:** Gerincvastagság; **tf:** Örvastagság; **r₁, r₂, r₃:** Lekerekítő sugár; **A_x:** Keresztmetszeti terület; **A_y, A_z:** Nyírási keresztmetszet; **I_x:** Csavaró inercia; **I_y, I_z:** Hajlító inercia; **I_{yz}:** Centrifugális inercia; **I₁, I₂:** Hajlító főinercia; **α:** Főirány; **I_ω:** Torzulási inercia; **W_{1,el,t}, W_{1,el,b}, W_{2,el,t}, W_{2,el,b}:** Rugalmas keresztmetszeti modulus; **W_{1,pl}, W_{2,pl}:** Képlékeny keresztmetszeti modulus; **i_y, i_z:** Inerciasugár; **H_y:** Keresztmetszet befoglaló mérete y irányban; **H_z:** Keresztmetszet befoglaló mérete z irányban; **y_G:** Súlypont y koordinátája; **z_G:** Súlypont z koordinátája; **y_s:** Nyírási (csavarási) középpont y koordinátája a súlyponthoz képest; **z_s:** Nyírási (csavarási) középpont z koordinátája a súlyponthoz képest; **Fp.:** Feszültségpontok száma;

7 Anyagok


Név	Típus	Nemzeti szabvány	Anyagszabvány	Modell	E _x [kN/cm ²]	E _y [kN/cm ²]
-----	-------	------------------	---------------	--------	--------------------------------------	--------------------------------------

1 S 235	Acél	Eurocode-H	10025-2	Lineáris	21000	21000
---------	------	------------	---------	----------	-------	-------

2 EN-GJL-500-7	Más	– Nincs szabvány	1563	Lineáris	16900	16900
----------------	-----	------------------	------	----------	-------	-------

Név	ν	α _T [1/°C]	ρ [kg/m ³]	Anyag	Kontúr Textúra	P ₁
-----	---	-----------------------	------------------------	-------	----------------	----------------

1 S 235	0,30	1,2E-5	7850		 Steel	f _y [kN/cm ²] = 23,50
---------	------	--------	------	---	---	--

2 EN-GJL-500-7	0,28	1,2E-5	7100		 Steel	
----------------	------	--------	------	---	---	--

Név	P ₂	P ₃	P ₄
-----	----------------	----------------	----------------

1 S 235	f _u [kN/cm ²] = 36,00	f _y *[kN/cm ²] = 21,50	f _u *[kN/cm ²] = 36,00
---------	--	---	---

2 EN-GJL-500-07			
-----------------	--	--	--

Név: Anyag neve; **Típus:** Anyag típusa; **Modell:** Anyagmodell; **E_x:** Rugalmassági modulus lokális x irányban; **E_y:** Rugalmassági modulus lokális y irányban; **ν:** Poisson tényező; **α_T:** Hőtágulási együttható; **ρ:** Sűrűség; **Anyag:** Anyag színe; **Kontúr:** Anyag konturszíne; **P₁, P₂, P₃, P₄:** Tervezési paraméter;

EN-GJS-500-7 gömbgrafitos öntöttvas anyag tulajdonságok:

Sűrűség: 7100 kg/m³

Szakítószilárdság: 500 MPa

Tervezési szakítószilárdság: 500/1,5 = 333 MPa

Nyomószilárdság: 800 MPa

Tervezési nyomószilárdság: 800/1,5 = 533 MPa

Rugalmassági modulus: 169 GPa

Meglévő öntöttvas anyag tulajdonságok (1892-es szabályzat alapján becsült):

Sűrűség: 7100 kg/m^3

Megengedett feszültség húzásra és nyomásra: 50 MPa

Megengedett feszültség nyírásra: 20 MPa

A tervezési szilárdságot a biztonság javára a megengedett feszültséggel azonosnak vesszük.

Az öntöttvas rideg anyag, ezért folyási határa nincsen. Az EUROCODE csavarszámítás képletében viszont szükség van az alapanyag folyási szilárdságára. A biztonság javára a „folyási határt” a rugalmas szilárdsággal egyenlőnek vettük fel.

Rugalmassági modulus: 169 GPa

Tardosi vörös mészkő szilárdsági tulajdonságai:

Sűrűség: 2700 kg/m^3

Karakterisztikus nyomószilárdság: 80 MPa

Tervezési nyomószilárdság: $80/2,5 = 32 \text{ MPa}$

Karakterisztikus hajlítószilárdság: 6,0 MPa

Tervezési hajlítószilárdság: $6/2,5 = 2,4 \text{ MPa}$

Menetes szár (10.9):

Sűrűség: 7800 kg/m^3

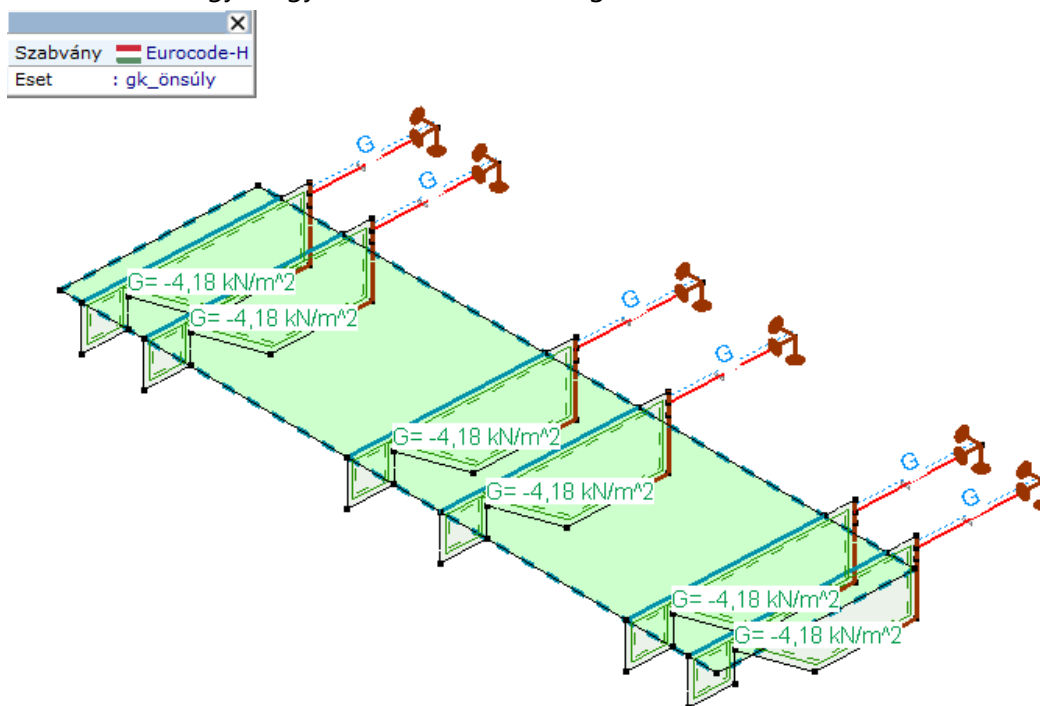
Karakterisztikus folyási szilárdság: 900 MPa

Karakterisztikus szakítószilárdság: 1000 MPa

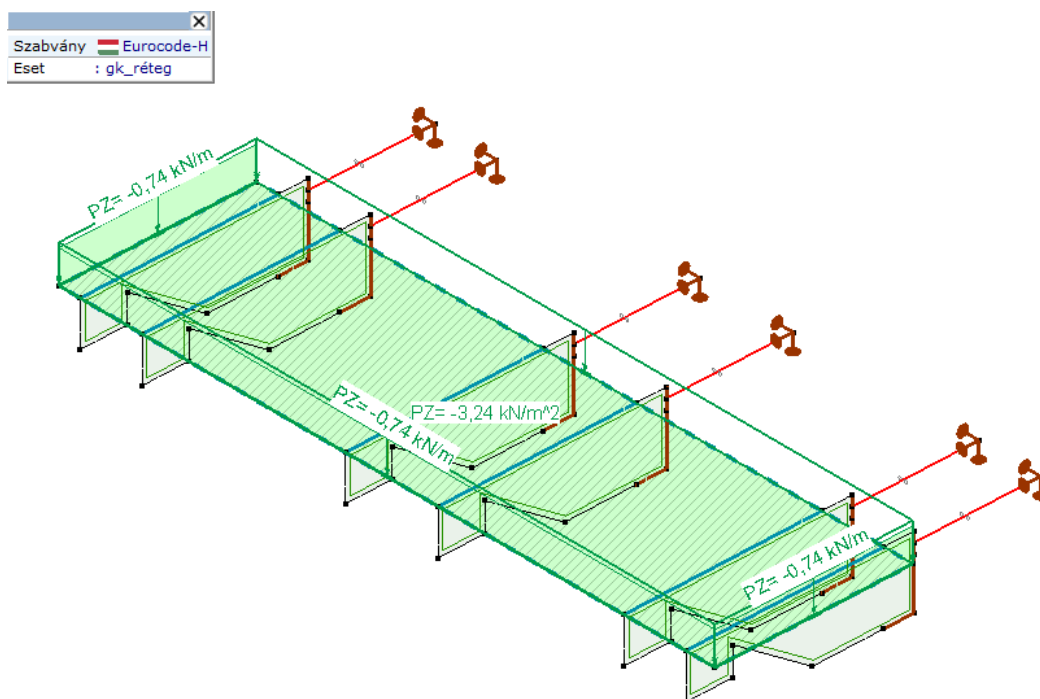
8 Terhek

8.1 Terhek bemutatása grafikusán

A terheket csak egy erkélyen mutatjuk be (második emeleti, bal). A többi erkélyen is ugyanezekkel az értékekkel, ugyanúgy történik a terhek megadása.

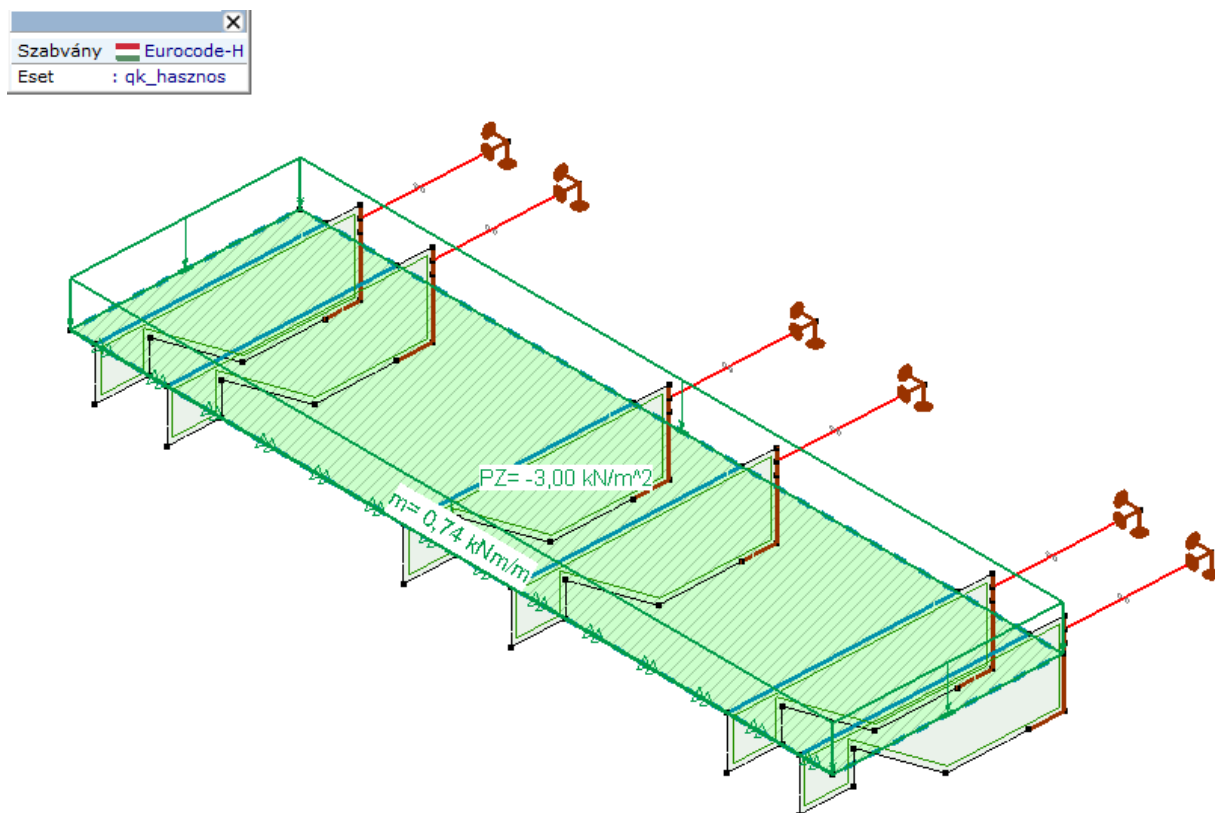


6. ábra Önsúly



7. ábra Rétegrend

$3,24 \text{ kN/m}^2$ felületi megoszló teher, amely a mészkő erkélylemez terhét és $0,74 \text{ kN/m}$ vonalmenti teher, amely a korlátterhet jelenti. Az 1. emeleti erkélyek esetében $4,05 \text{ kN/m}^2$ az erkélylemez terhe, mivel az vastagabb.



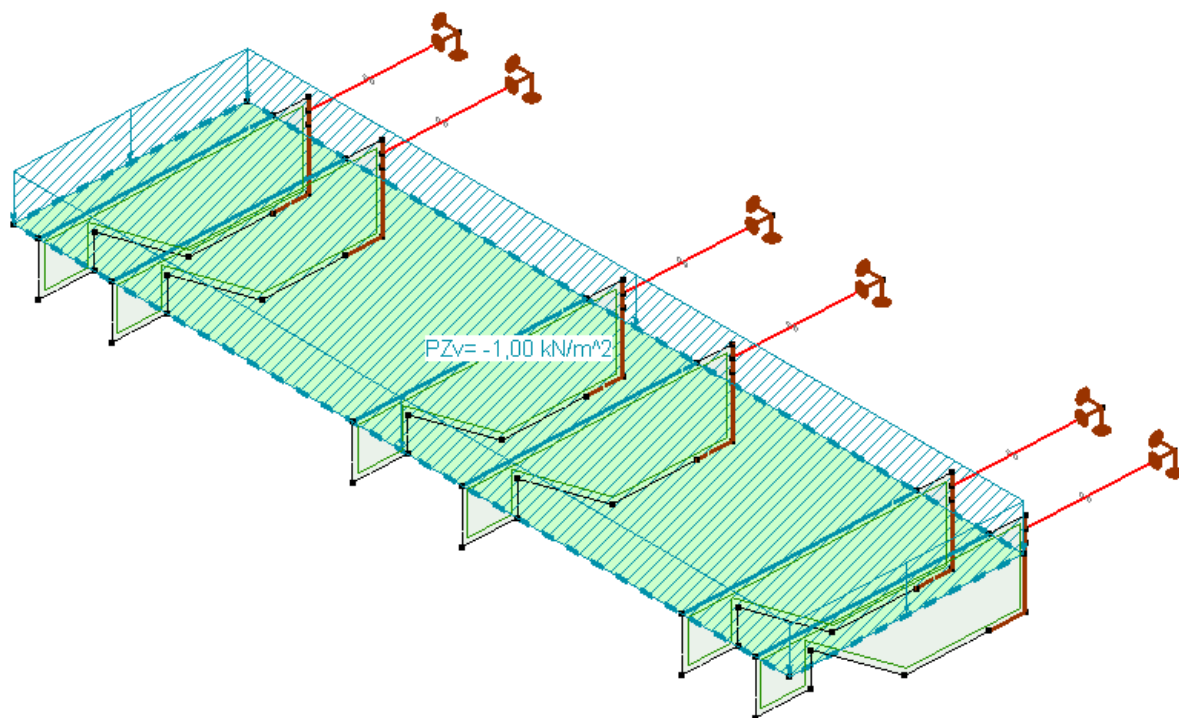
8. ábra Hasznos

3,00 kN/m² hasznos teher és kifelé csavaró 0,74 kNm/m megoszló nyomaték, amely a korlátra háruló vízszintes teherből adódik.


Hóteher	
Hóteher paraméterek	
Tengerszint feletti magasság	A [m] = 100,0
Szélhatás tényező	Szokásos $C_e = 1,000$
Hőmérsékleti tényező	$C_t = 1,000$
Rendkívüli hóteher tényezője	$C_{esi} = 2,000$
Éves meghaladási valószínűség	$P_n = 0,020$
Variációs tényező	V = 0,500
Felszíni hóteher karakterisztikus értéke	s_k [kN/m ²] = 1,25
Rendkívüli felszíni hóteher tervezési értéke	s_{Ad} [kN/m ²] = 2,50
Az alaki tényező alapértéke	μ_1 (0°) = 0,8
Tetőpanelek megadása	
Tetőperemek tulajdonságai	
Csatlakozó fal magassága	h_w [m] = 12,0
A csatlakozó fal fölötti tető hajlásszöge	α [°] = 30,00
A magasabb épület szélessége	b_1 [m] = 49,0
Attika magassága	h_p [m] = 0
Tetőpanelek tulajdonságai	
Hófogóval ellátott tetőpanelek kijelölése	

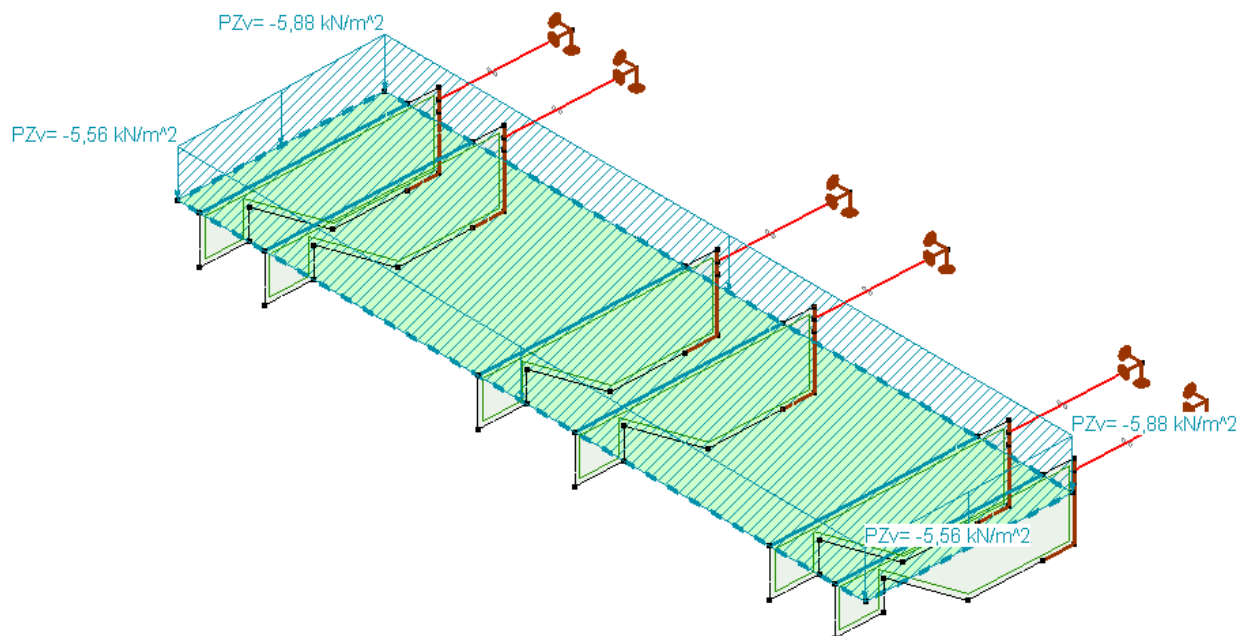
9. ábra Hóteher paraméterek

Szabvány	 Eurocode-H
Eset	: Hó UD

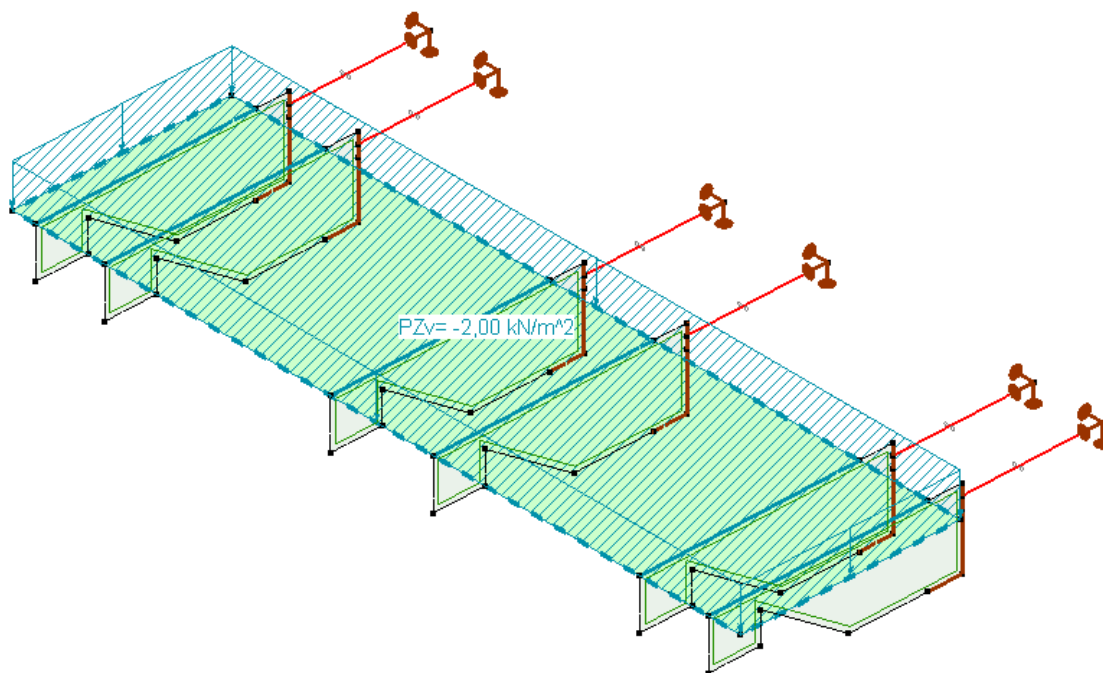
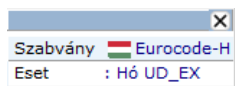


10. ábra Hóteher

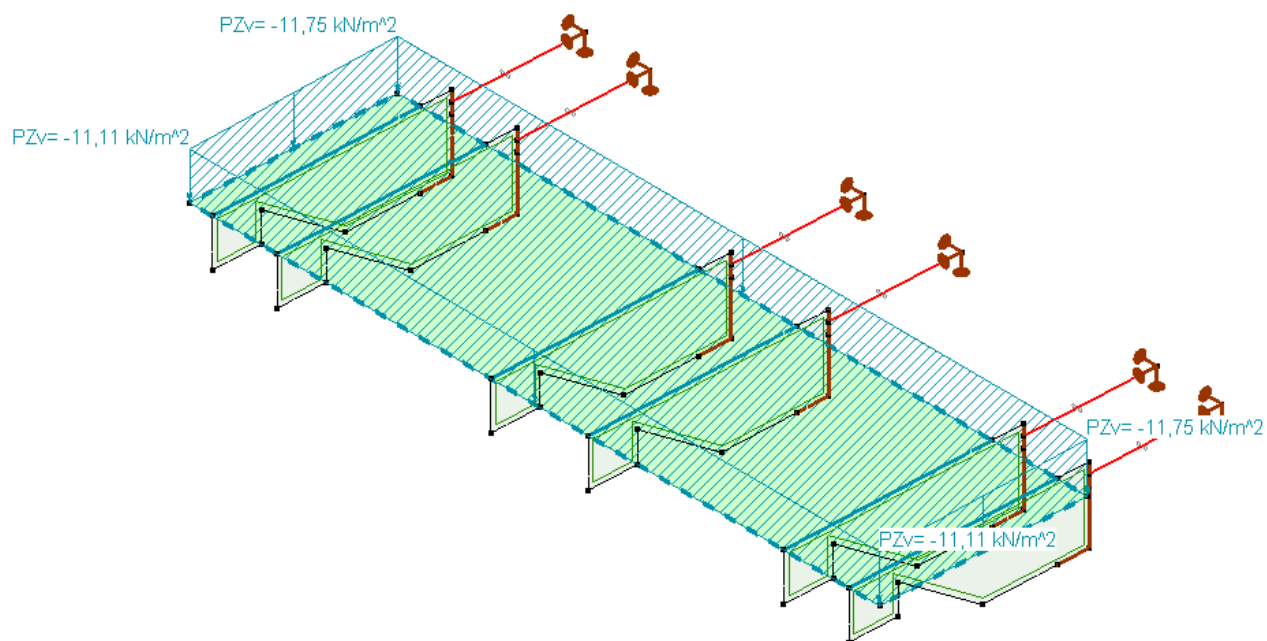
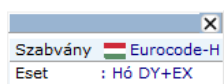
Szabvány	 Eurocode-H
Eset	: Hó DY+



11. ábra Hóteher hófelhalmozódással



12. ábra Rendkívüli hóteher



13. ábra Rendkívüli hóteher hófelhalmozódással

Szélteher paraméterek

Általános paraméterek Szélnek kitett szerkezetek

Szélesebbség alapértéke v_{b0} [m/s] = 23.6

Évszaktényező c_{season} = 1.000

Domborzati tényező c_o = 1.000

Beépítettségi kategória

IV

☐ Irányokban eltérő

☐ Egyedi iránytényezők

IV +Y

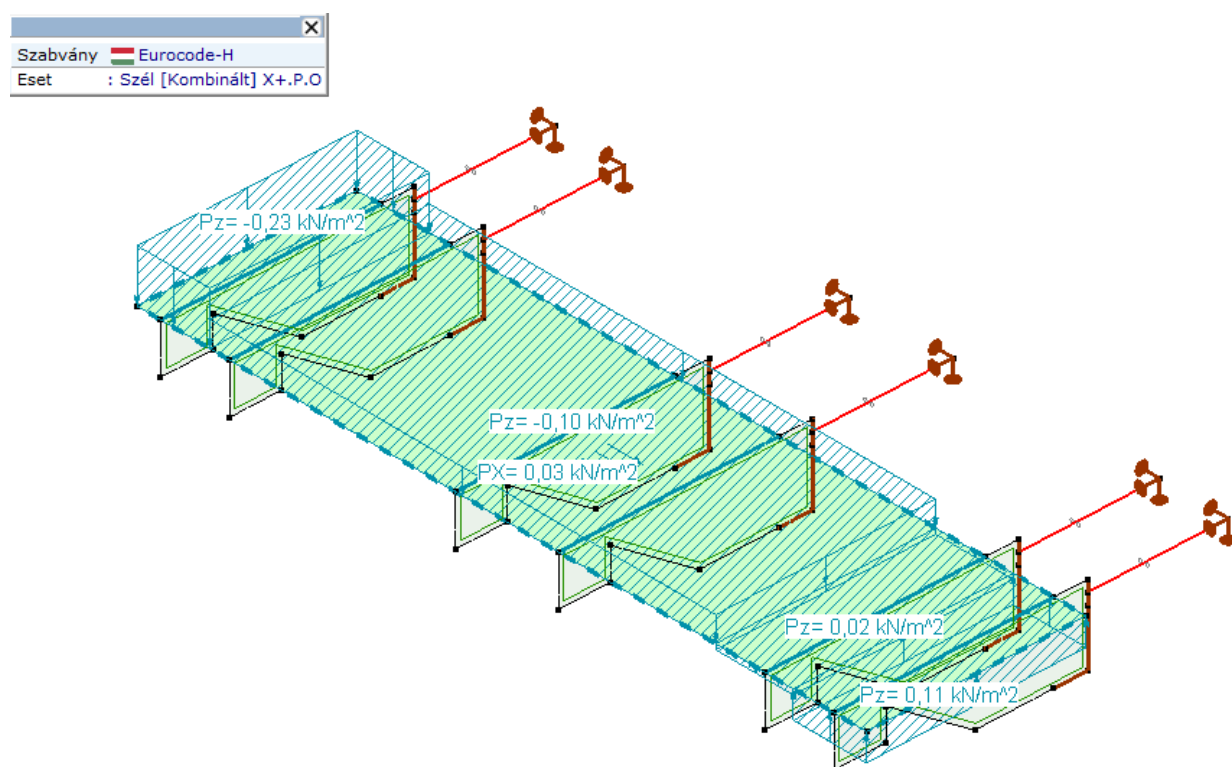
-X IV +X

-Y IV


☐ Szerkezetenként külön teheresetek

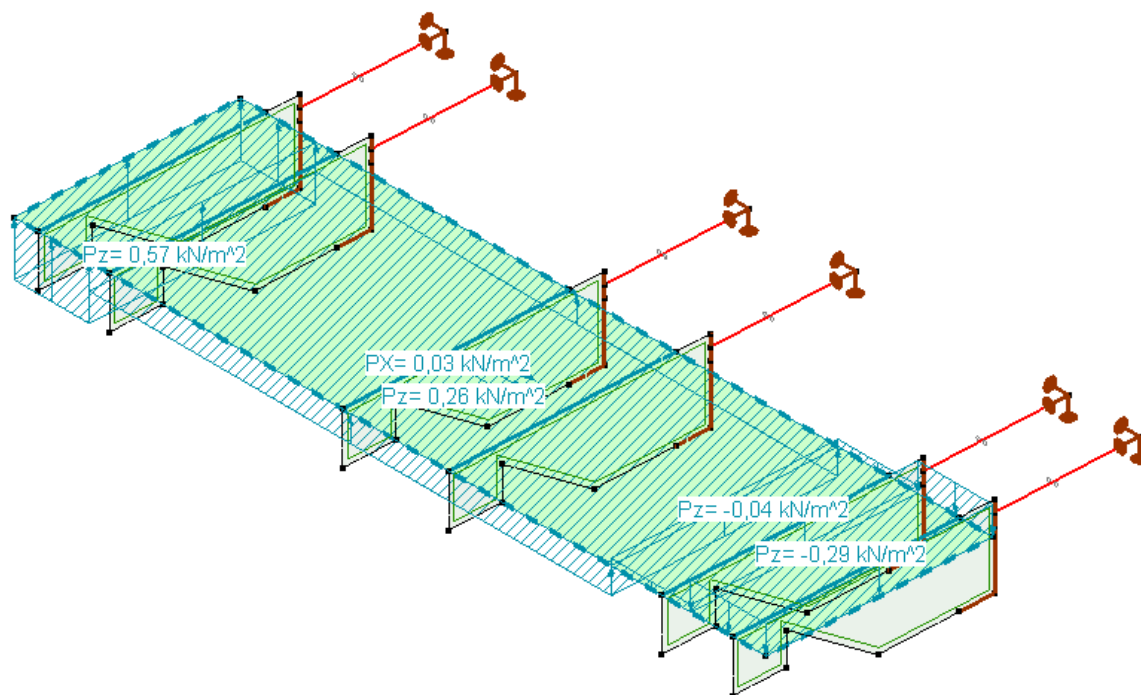
OK Mégsem

14. ábra Szélteher paraméterek



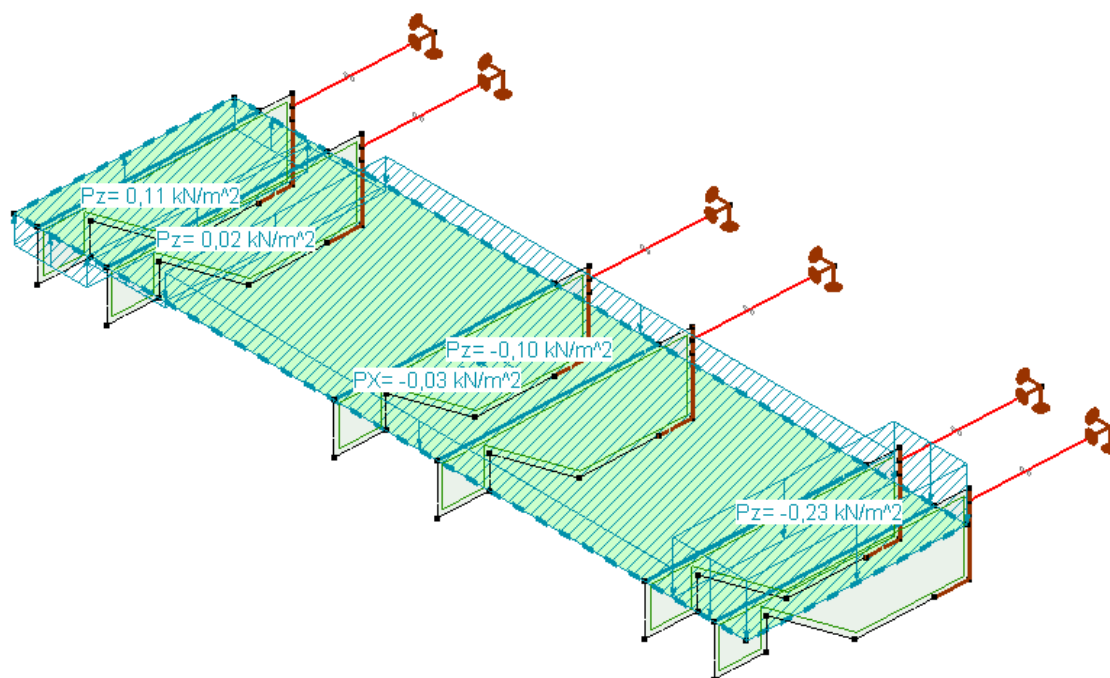
15. ábra Szélteher 1

Szabvány	 Eurocode-H
Eset	: Szél [Kombinált] X+.S.O



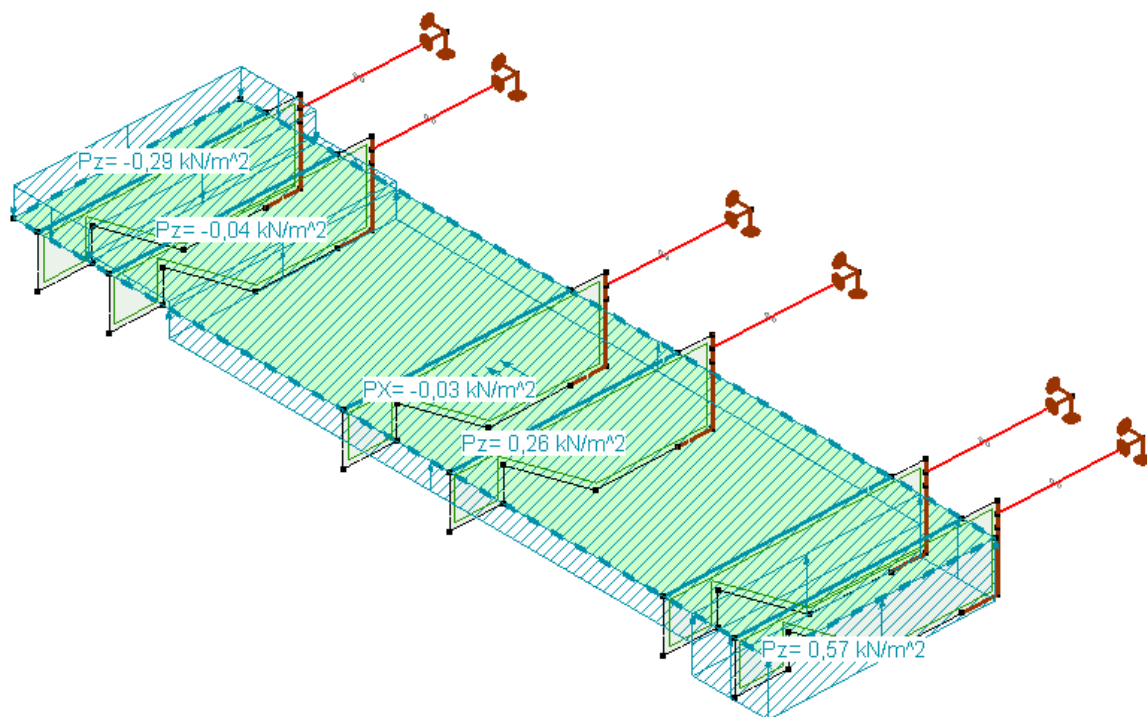
16. ábra Szélteher 2

Szabvány	 Eurocode-H
Eset	: Szél [Kombinált] X-.P.O



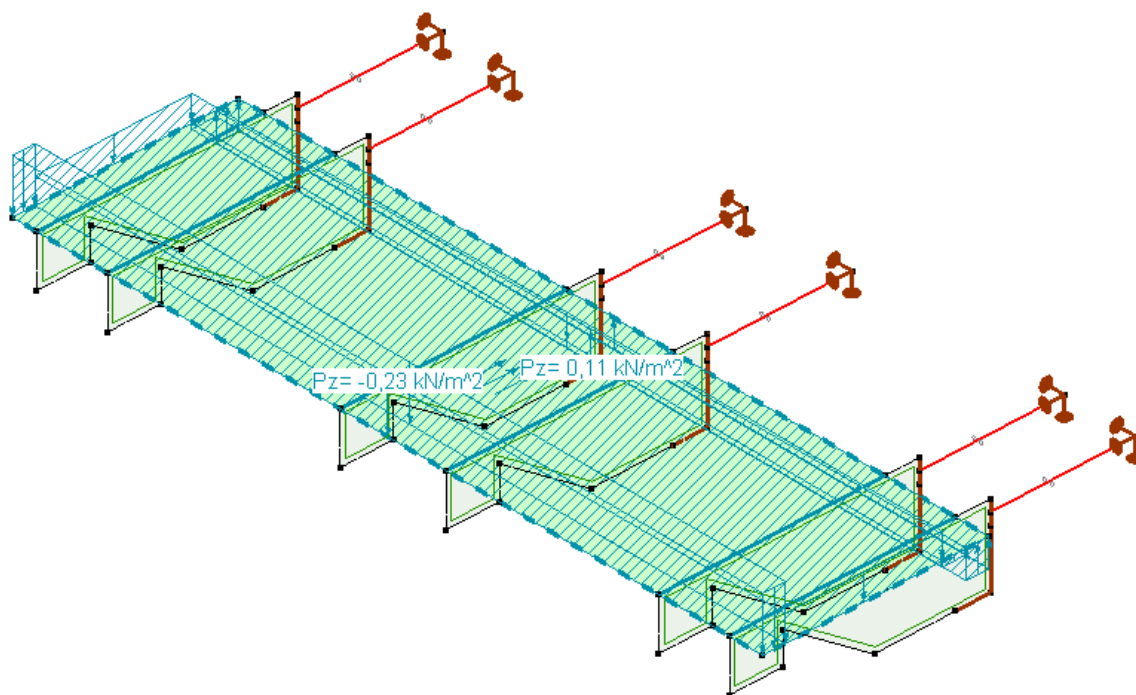
17. ábra Szélteher 3

Szabvány	Eurocode-H
Eset	Szél [Kombinált] X-.S.O



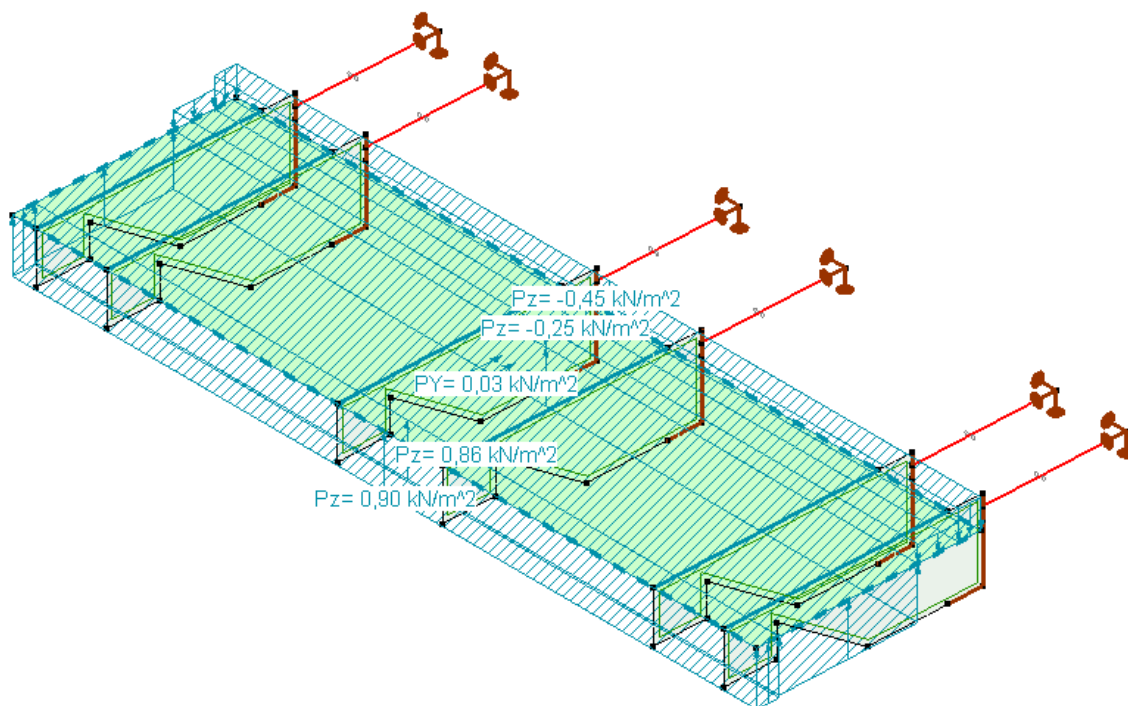
18. ábra Szélteher 4

Szabvány	Eurocode-H
Eset	Szél [Kombinált] Y+.P.O



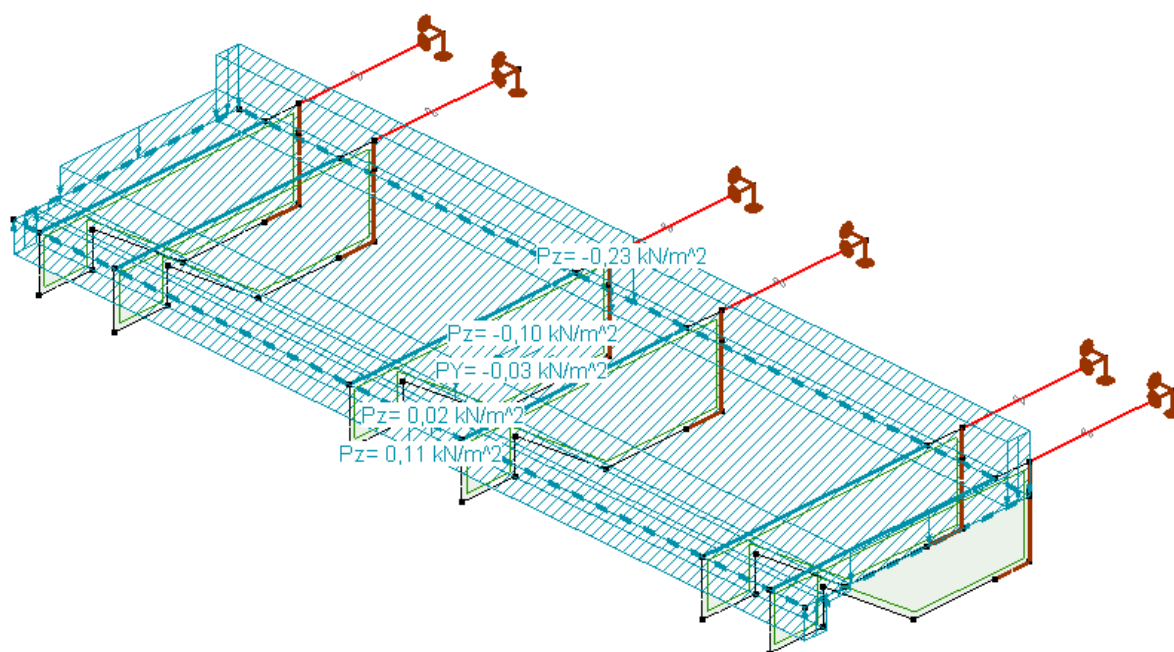
19. ábra Szélteher 5

Szabvány	 Eurocode-H
Eset	: Szél [Kombinált] Y+.S.O

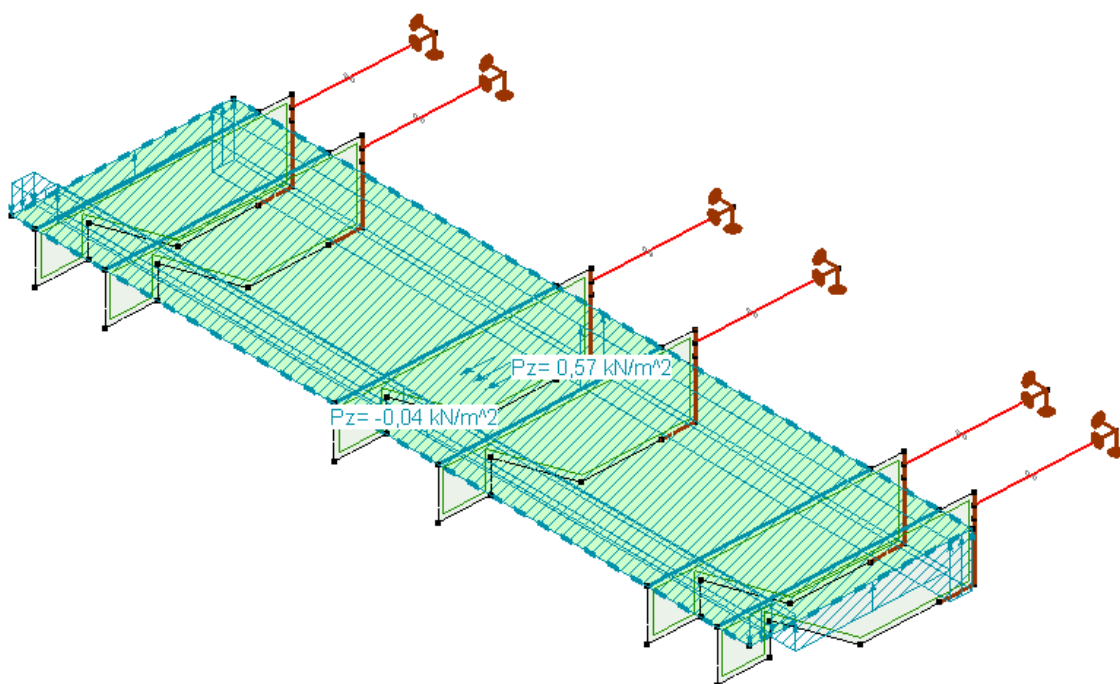


20. ábra Szélteher 6

Szabvány	 Eurocode-H
Eset	: Szél [Kombinált] Y-.P.O



21. ábra Szélteher 7



22. ábra Szélteher 8

8.2 Teheresetek

Név	Csoport	Csoport típusa
1 gk_önsúly	ALL1	állandó
2 gk_réteg	ALL1	állandó
3 qk_hasznos	ESE1	esetleges
4 Hó UD	Hó	Hó
5 Hó DY+	Hó	Hó
6 Hó UD_EX	RendkHó	Rendkívüli hó
7 Hó DY+EX	RendkHó	Rendkívüli hó
8 Szél [Kombinált] X+.P.O	Szél	Szél
9 Szél [Kombinált] X+.S.O	Szél	Szél
10 Szél [Kombinált] X-.P.O	Szél	Szél
11 Szél [Kombinált] X-.S.O	Szél	Szél
12 Szél [Kombinált] Y+.P.O	Szél	Szél
13 Szél [Kombinált] Y+.S.O	Szél	Szél
14 Szél [Kombinált] Y-.P.O	Szél	Szél
15 Szél [Kombinált] Y-.S.O	Szél	Szél

Név: Tehereset neve; **Csoport:** Tehercsoport; **Csoport típusa:** Tehercsoport típusa;

8.3 Tehercsoportok

Csoport	Típus	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{G,inf}$	ξ	γ	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	Additív
1 ALL1	állandó	1.350	1.000	0.850					1
2 ESE1	esetleges				1.500	0.700	0.500	0.300	0
3 Hó	Hó				1.500	0.500	0.200	0	
4 RendkHó	Rendkívüli hó								
5 Szél	Szél				1.500	0.600	0.200	0	

Csoport: Tehercsoport; **Ψ_0 , Ψ_1 , Ψ_2 :** Pszi tényező; **Additív:** Egyidejűleg is működő teheresetek;

8.4 Egyedi kombinációk teheresetenként

Név	Típus	gk_önsúly (ALL1)	gk_réteg (ALL1)	qk_hasznos (ESE1)	Hó UD (Hó)	Hó DY+ (Hó)	Hó UD_EX (RendkHó)	Hó DY+EX (RendkHó)
1 Rzmax	ULS (b)	1.15	1.15	1.05	0	1.50	0	0
2 Somax	ULS (b)	1.15	1.15	1.05	0	1.50	0	0
3 ezmax	SLS Karakterisztikus	1.00	1.00	0.70	0	1.00	0	0

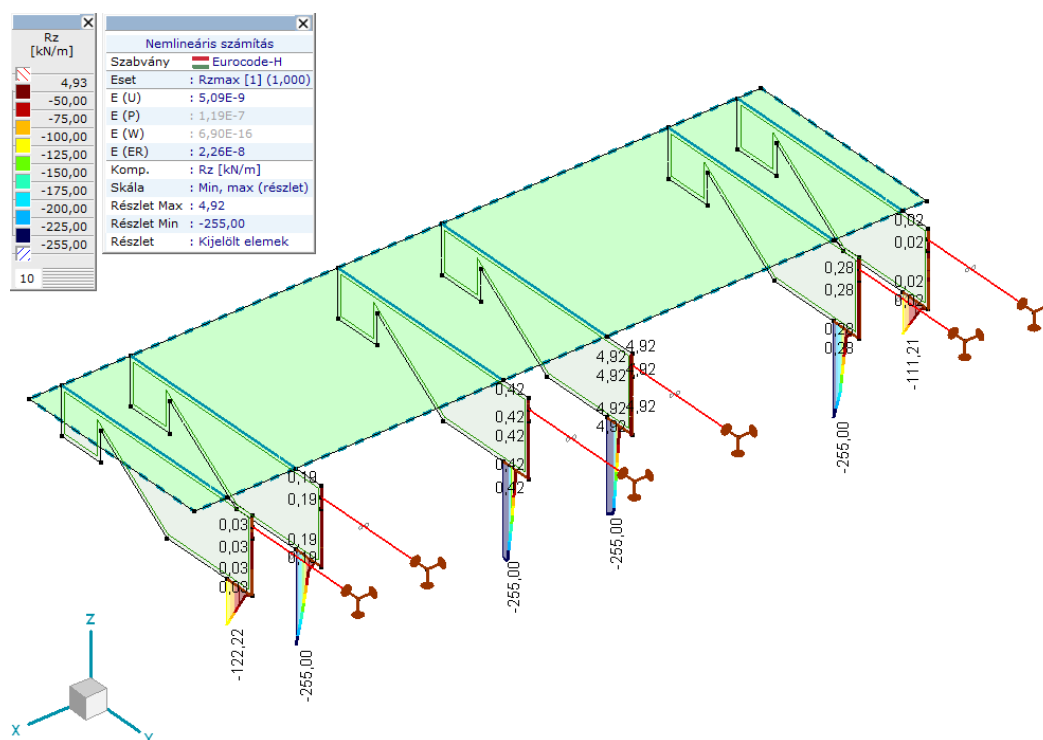
	Szél [Kombinált] X+.P.O (Szél)	Szél [Kombinált] X+.S.O (Szél)	Szél [Kombinált] X-.P.O (Szél)	Szél [Kombinált] X-.S.O (Szél)
1	0	0	0	0
2	0.90	0	0	0
3	0	0	0	0

	Szél [Kombinált] Y+.P.O (Szél)	Szél [Kombinált] Y+.S.O (Szél)	Szél [Kombinált] Y-.P.O (Szél)	Szél [Kombinált] Y-.S.O (Szél)
1	0.90	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0.60	0	0	0

Név: Teherkombináció neve; **Típus:** Teherkombináció típusa; **gk_önsúly (ALL1), gk_réteg (ALL1), qk_hasznos (ESE1), Hó UD (Hó), Hó DY+ (Hó), Hó UD_EX (RendkHó), Hó DY+EX (RendkHó), Szél, Szél, Szél, Szél, Szél, Szél, Szél, Szél, Szél:** Szorzó;

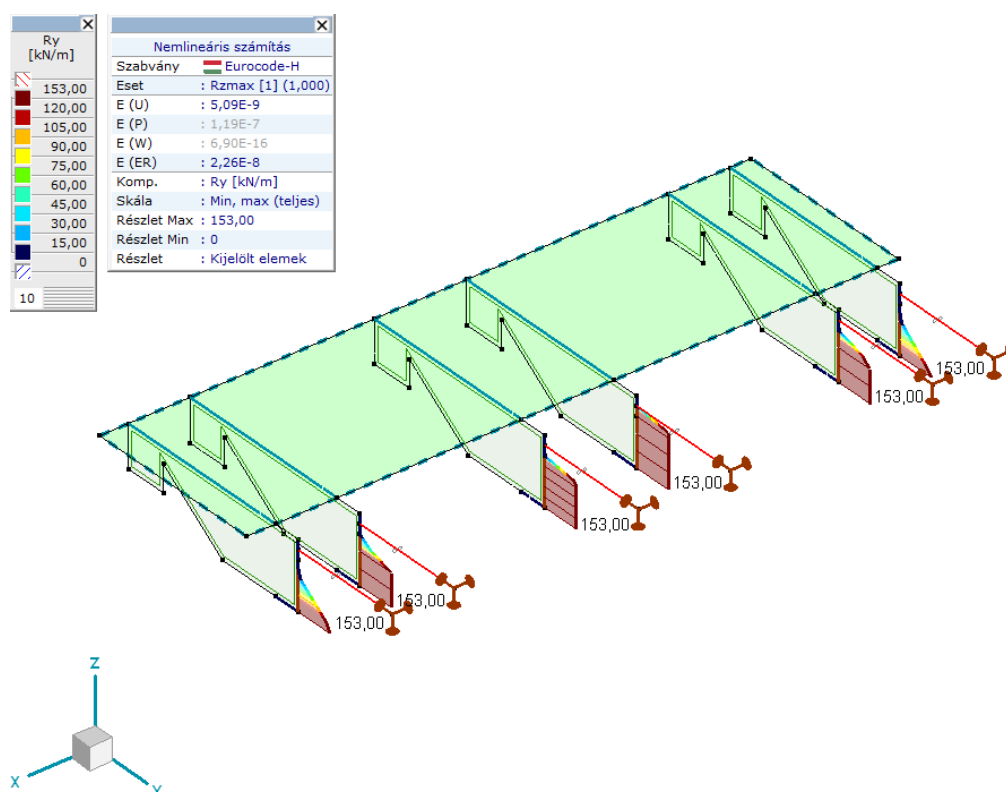
9 Eredmények (másodrendű, nemlineáris futtatás során)

9.1 Bal oldali 2. emeleti erkély



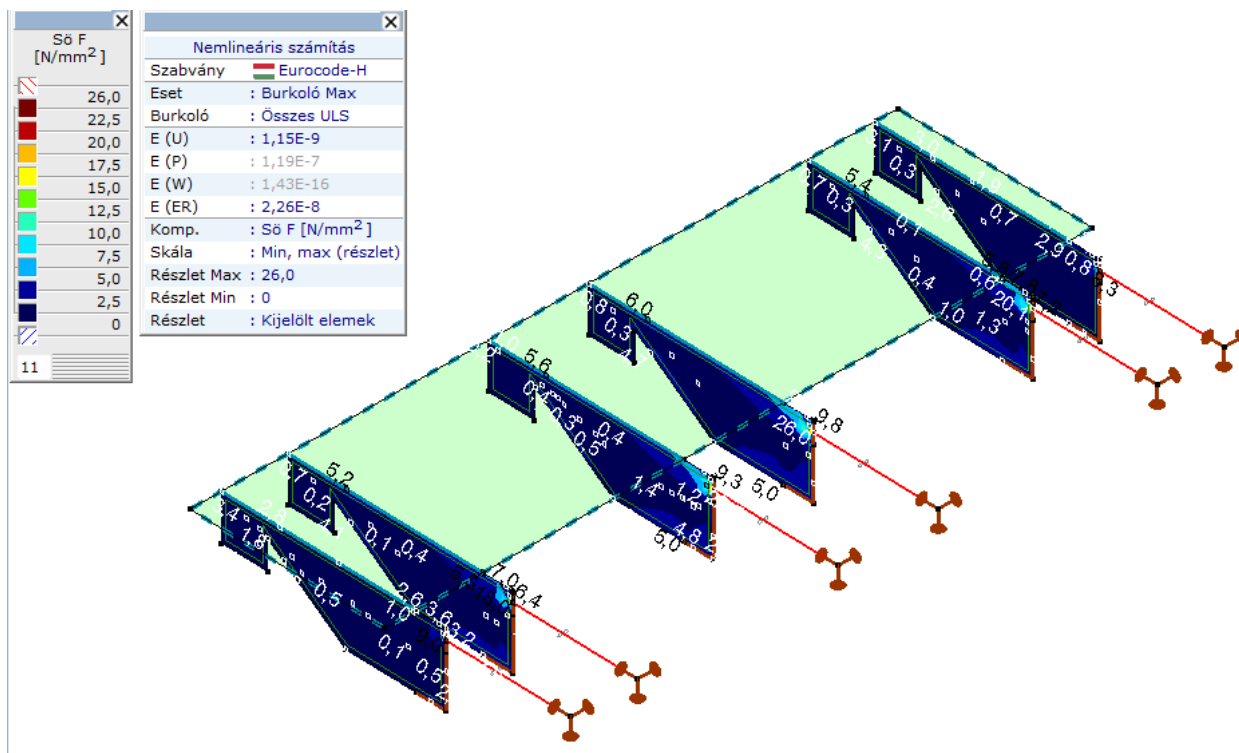
23. ábra Függőleges támaszreakciók

Mivel a másodrendű statikai számítás lefutott és az eredmények nem haladják meg az előírt max támaszerőt (255 kN/m), ezért a falazat pecsénymásra megfelelőnek tekinthető.



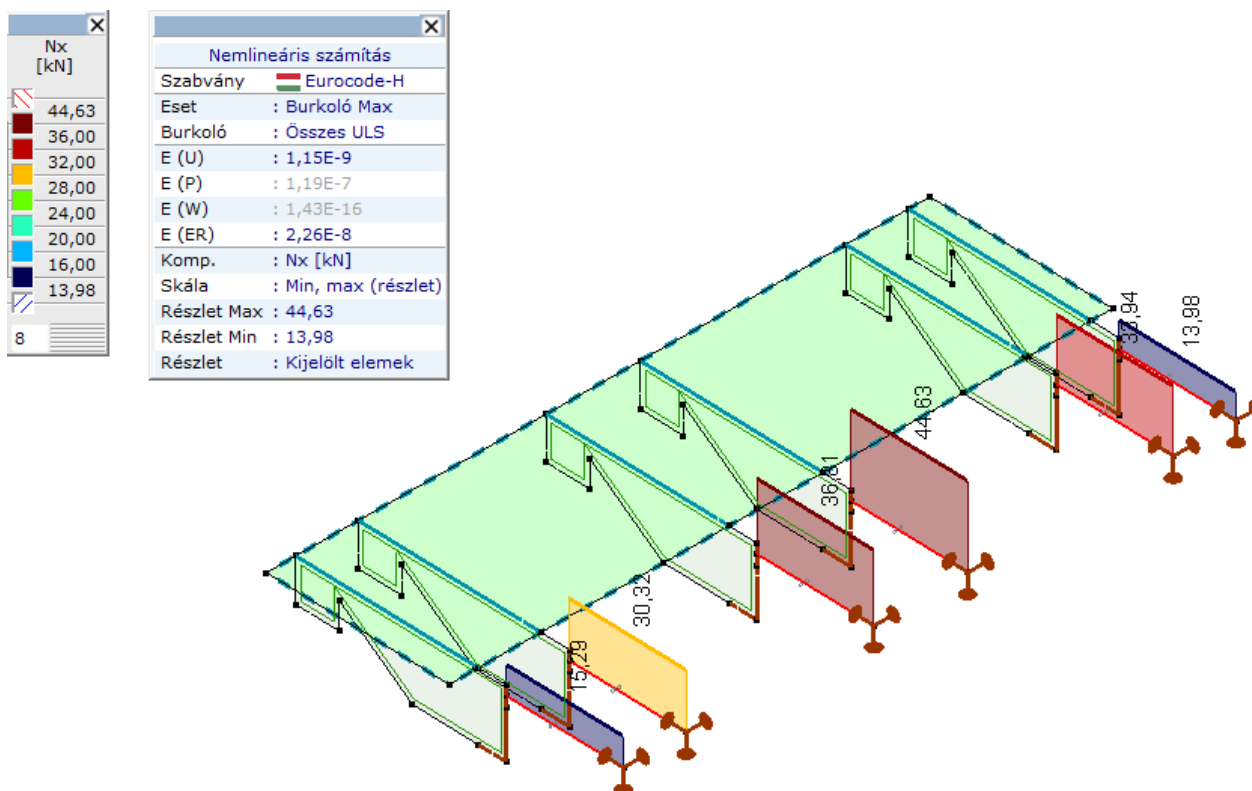
24. ábra Vízszintes támaszreakciók

Mivel a másodrendű statikai számítás lefutott és az eredmények nem haladják meg az előírt max támaszerőt (191 kN/m), ezért a falazat pecsénymásra megfelelőnek tekinthető.

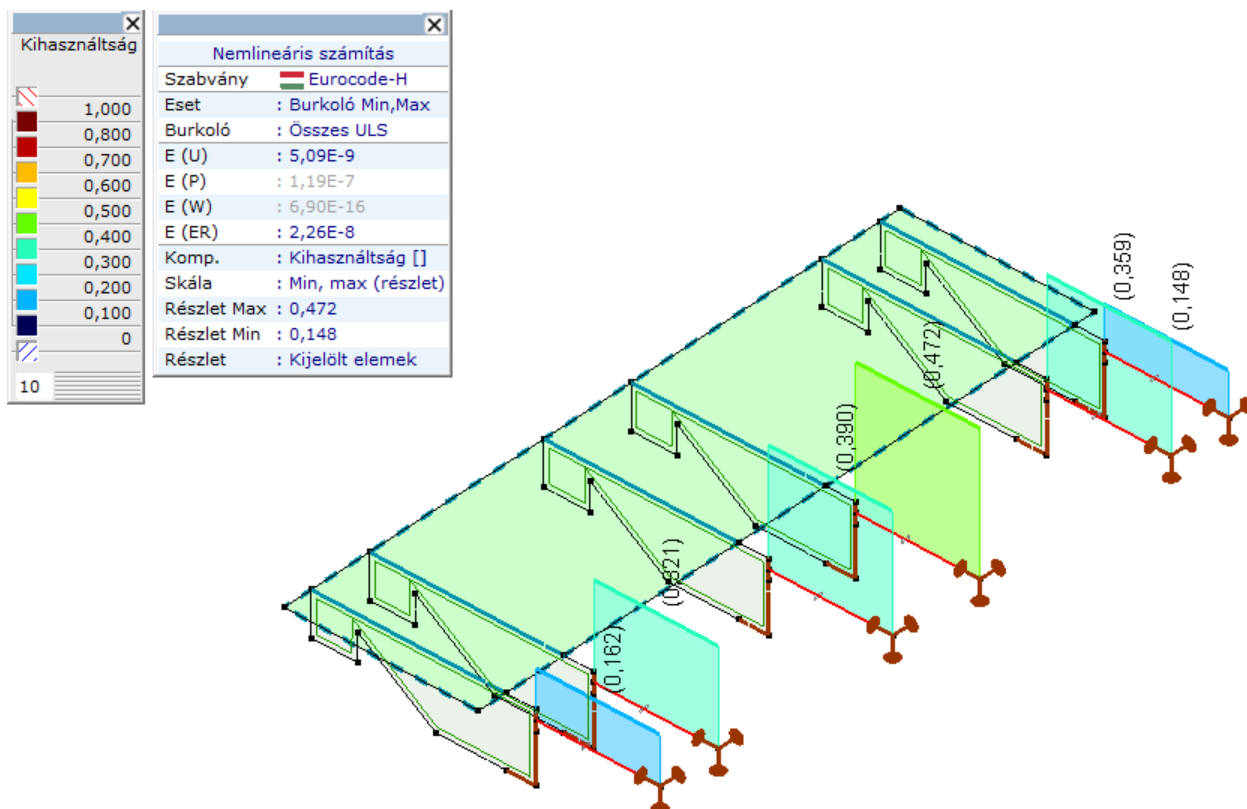


25. ábra Összehasonlító feszültségi ábra az öntöttvas konzolokra

Mértékadó feszültség: 26,0 MPa < Tervezési szakítószilárdság: 333 MPa (meglévő öntöttvas esetében 50 MPa) **Megfelel.**



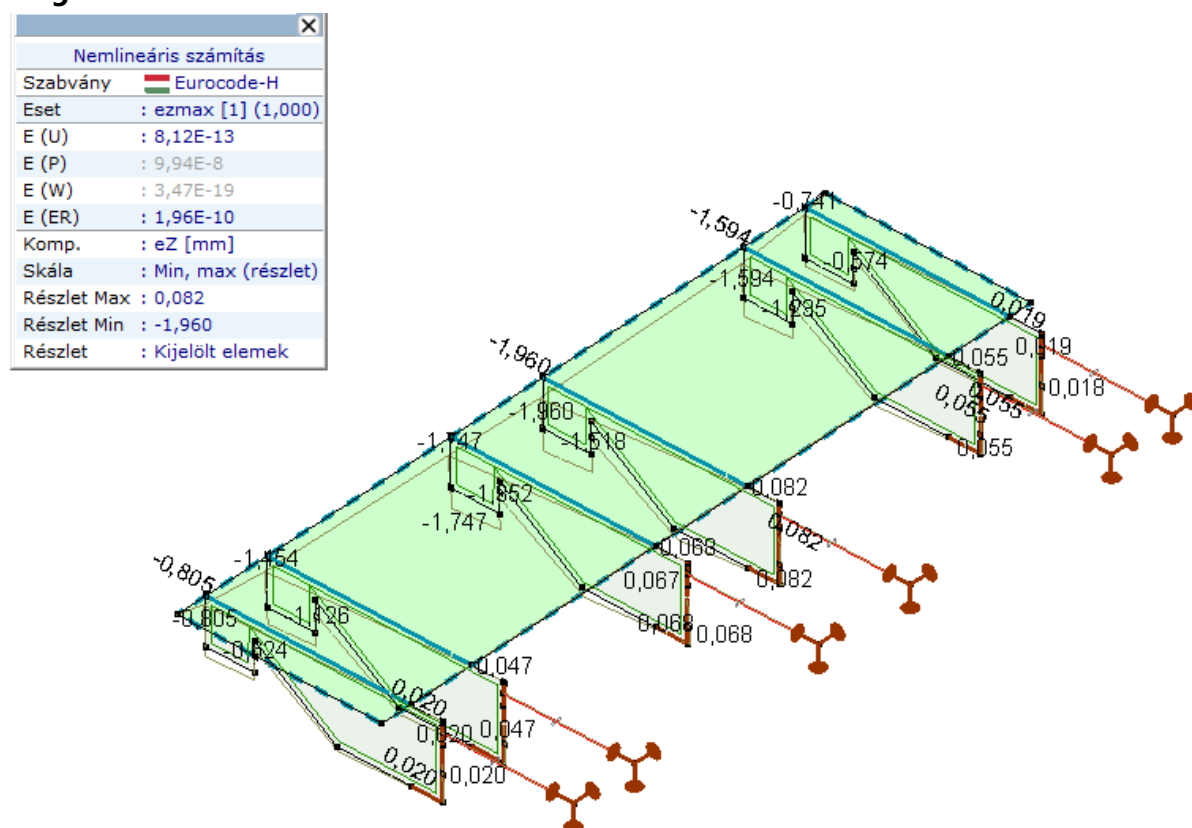
26. ábra Normálérő ábra



27. ábra Kihasznátságok

Legnagyobb acélszerkezeti kihasználtság: $0,472 < 1,0$

Megfelel.

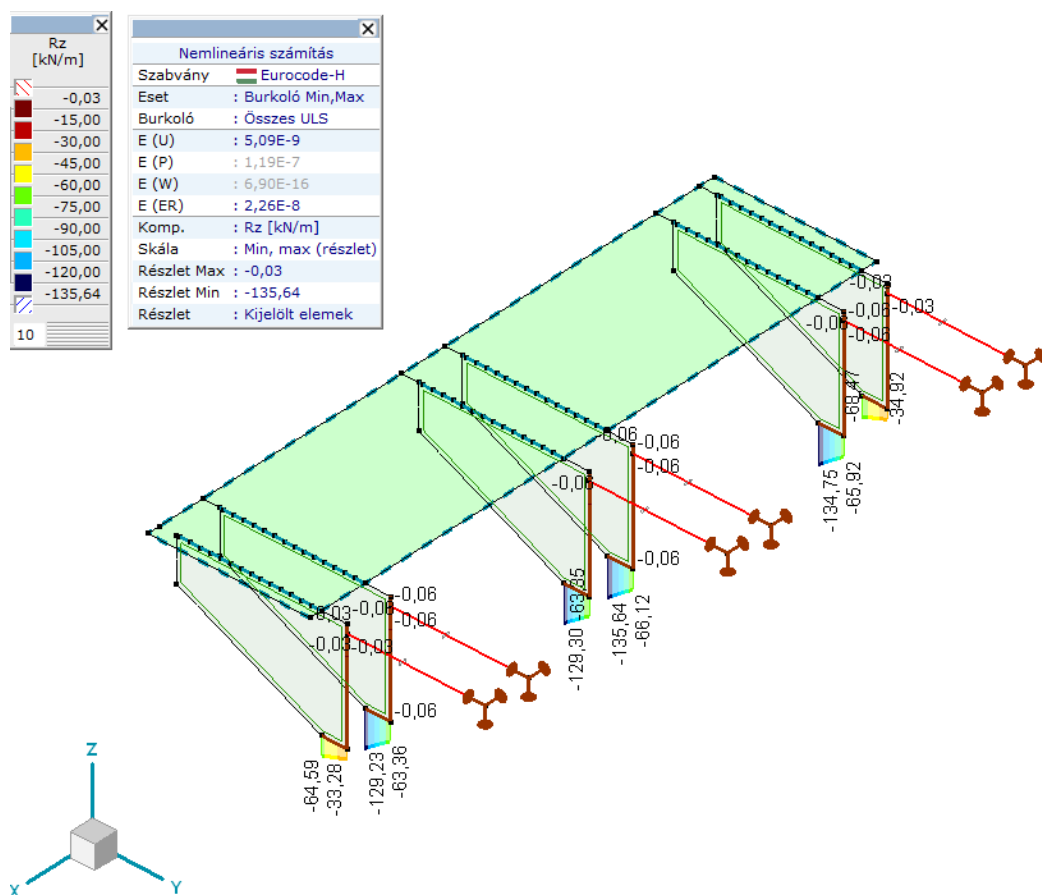


28. ábra Lehajlás

Legnagyobb lehajlás: 1,960 mm < Határérték: $970 \text{ mm} / 125 = 7,76 \text{ mm}$

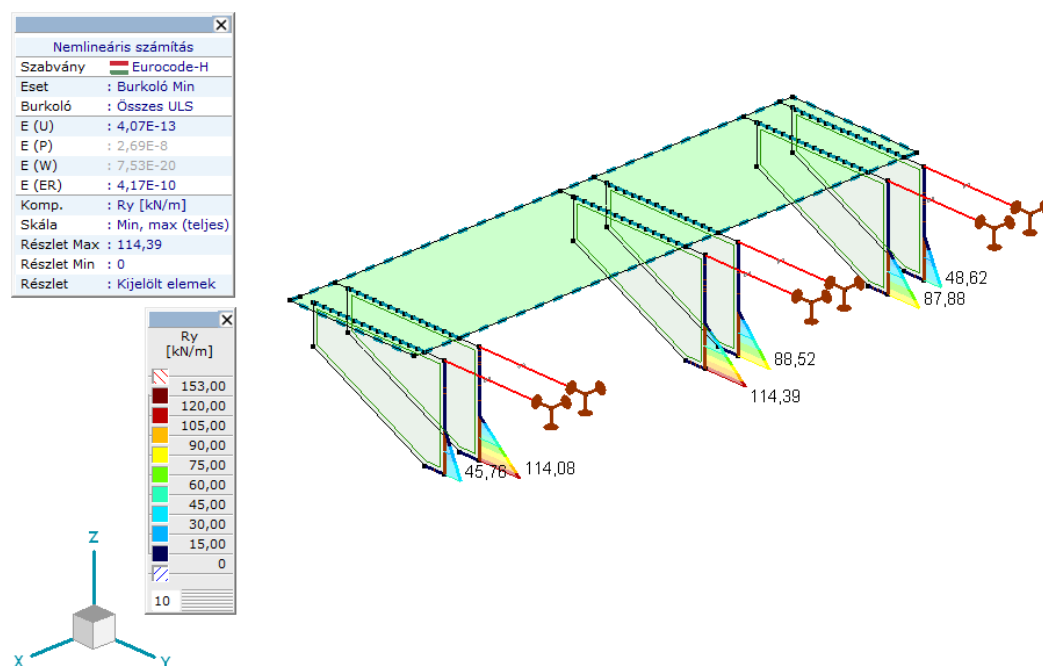
Megfelel.

9.2 Bal oldali 1. emeleti erkély



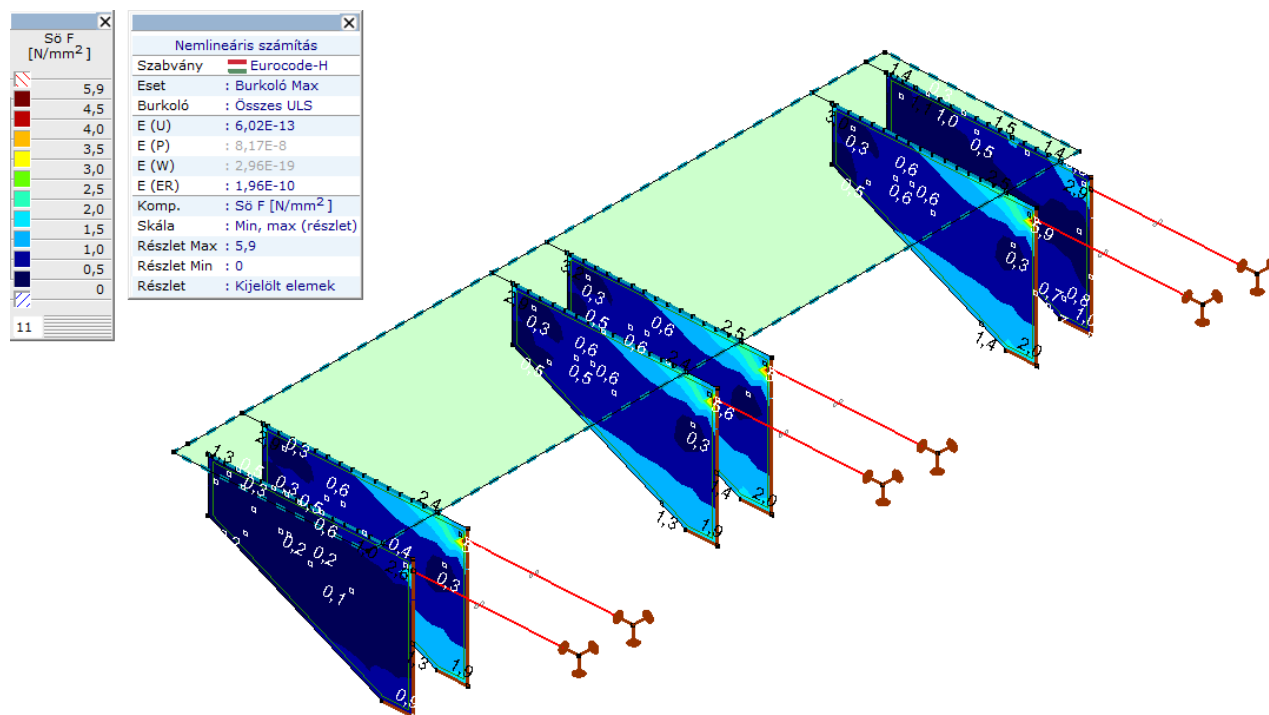
29. ábra Függőleges támaszreakciók

Mivel a másodrendű statikai számítás lefutott és az eredmények nem haladják meg az előírt max támaszerőt (255 kN/m), ezért a falazat pecsétnyomásra megfelelőnek tekinthető.



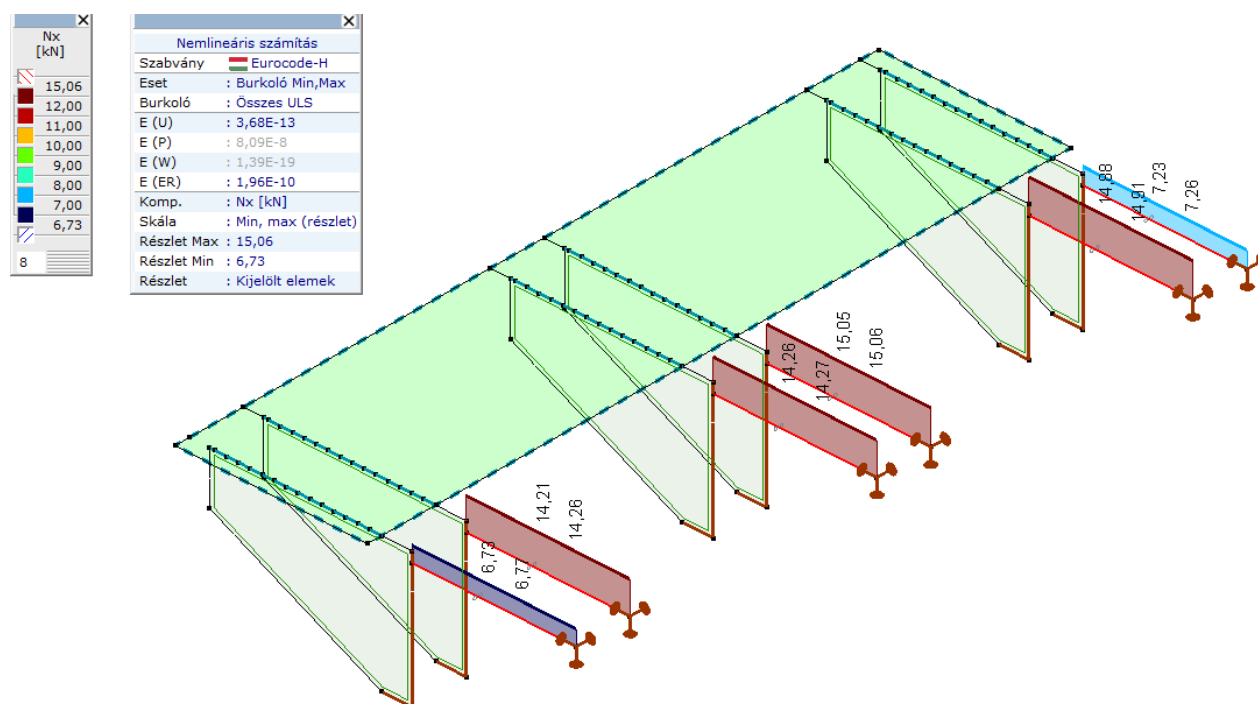
30. ábra Vízszintes támaszerők

Mivel a másodrendű statikai számítás lefutott és az eredmények nem haladják meg az előírt max támaszerőt (191 kN/m), ezért a falazat pecsétnyomásra megfelelőnek tekinthető.

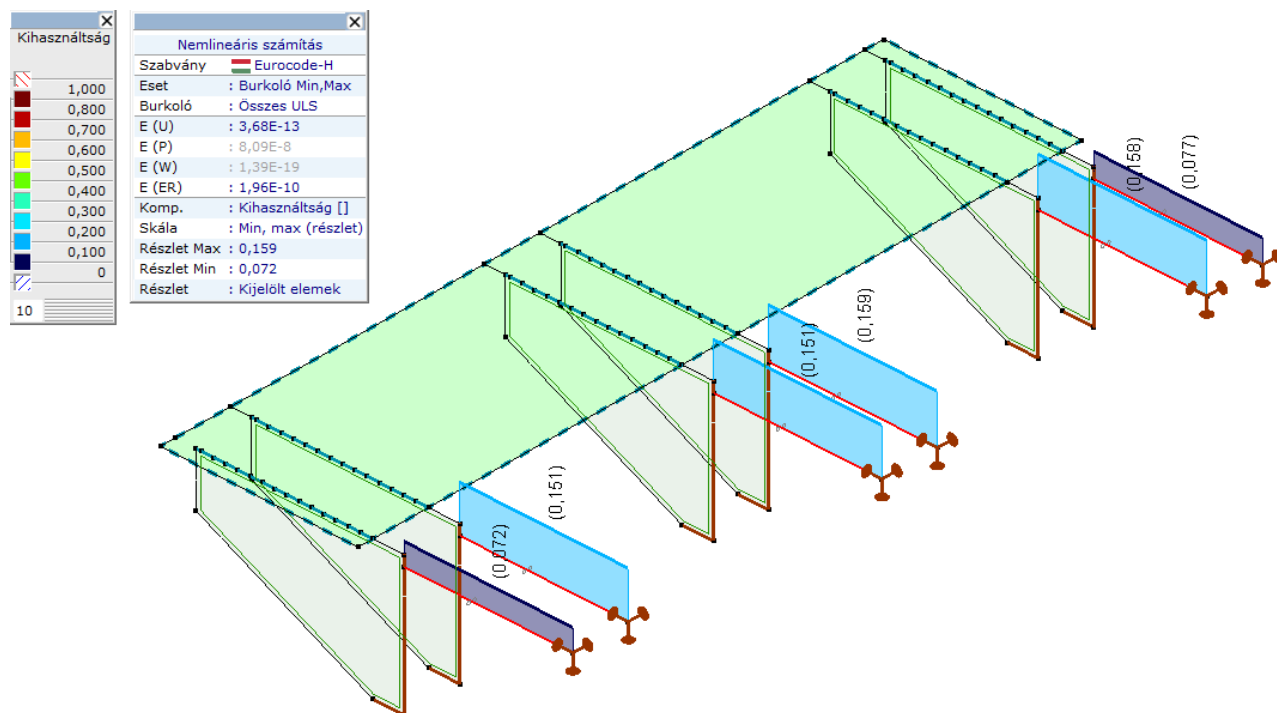


31. ábra Összehasonlító feszültségi ábra az öntöttvas konzolokra

Mértékadó feszültség: 5,9 MPa < Tervezési szakítószilárdság: 333 MPa (meglévő öntöttvas esetében 50 MPa) **Megfelel.**



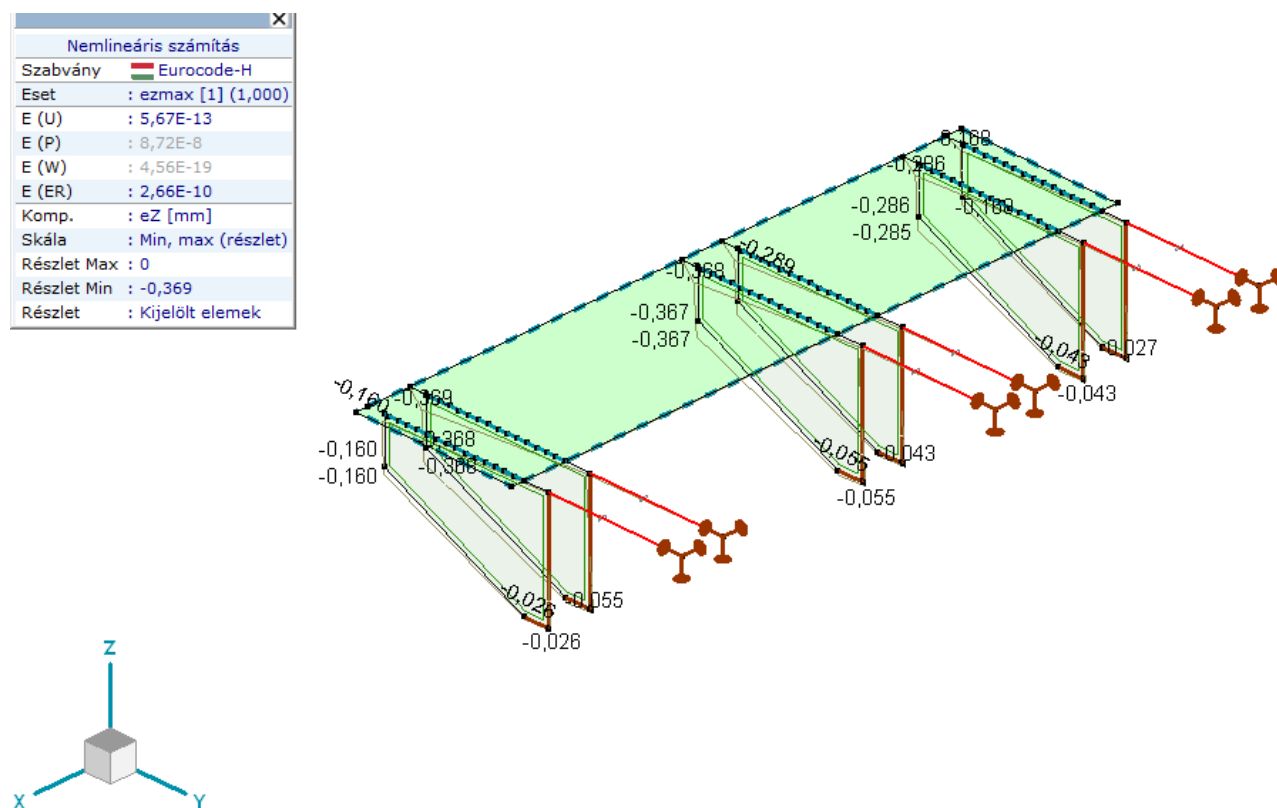
32. ábra Normálérő ábra



33. ábra Kihasználtságok

Legnagyobb acélszerkezeti kihasználtság: $0,162 < 1,0$

Megfelel.

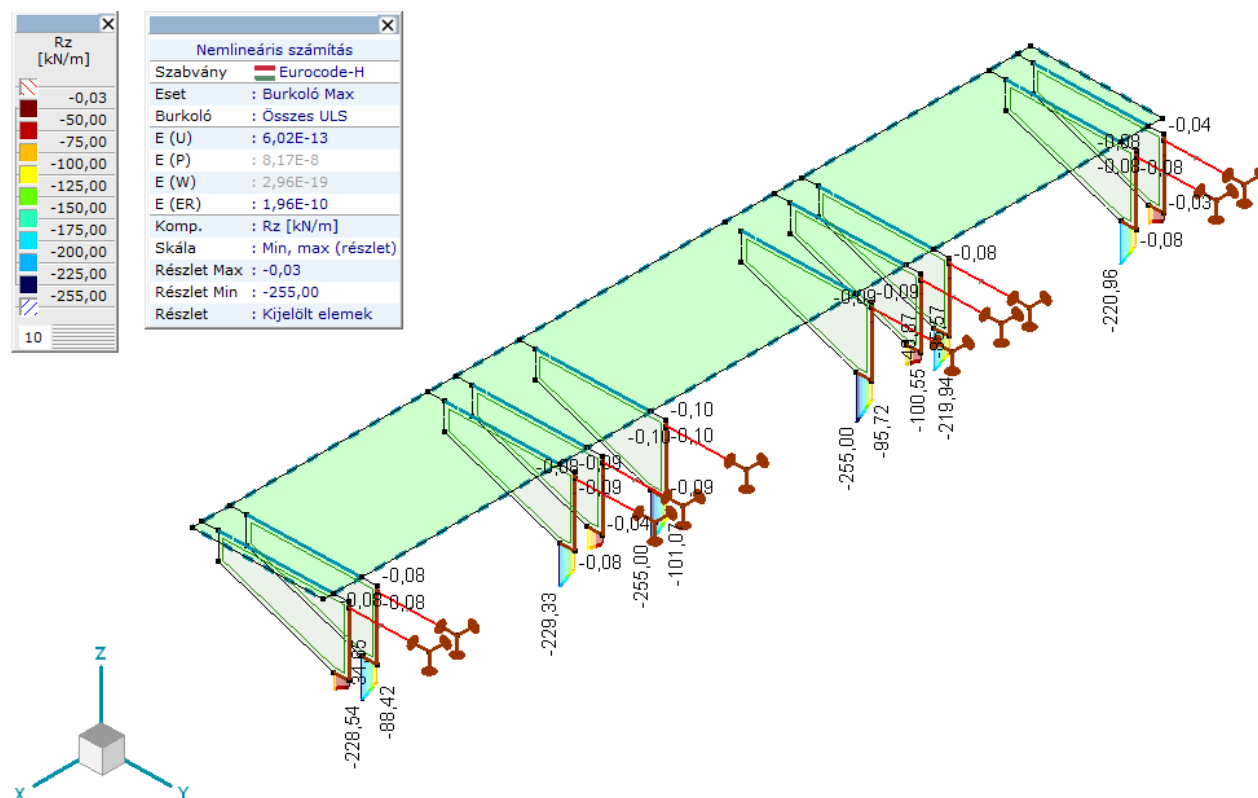


34. ábra Lehajlás

Legnagyobb lehajlás: $0,369 \text{ mm} < \text{Határérték: } 850 \text{ mm} / 125 = 6,80 \text{ mm}$

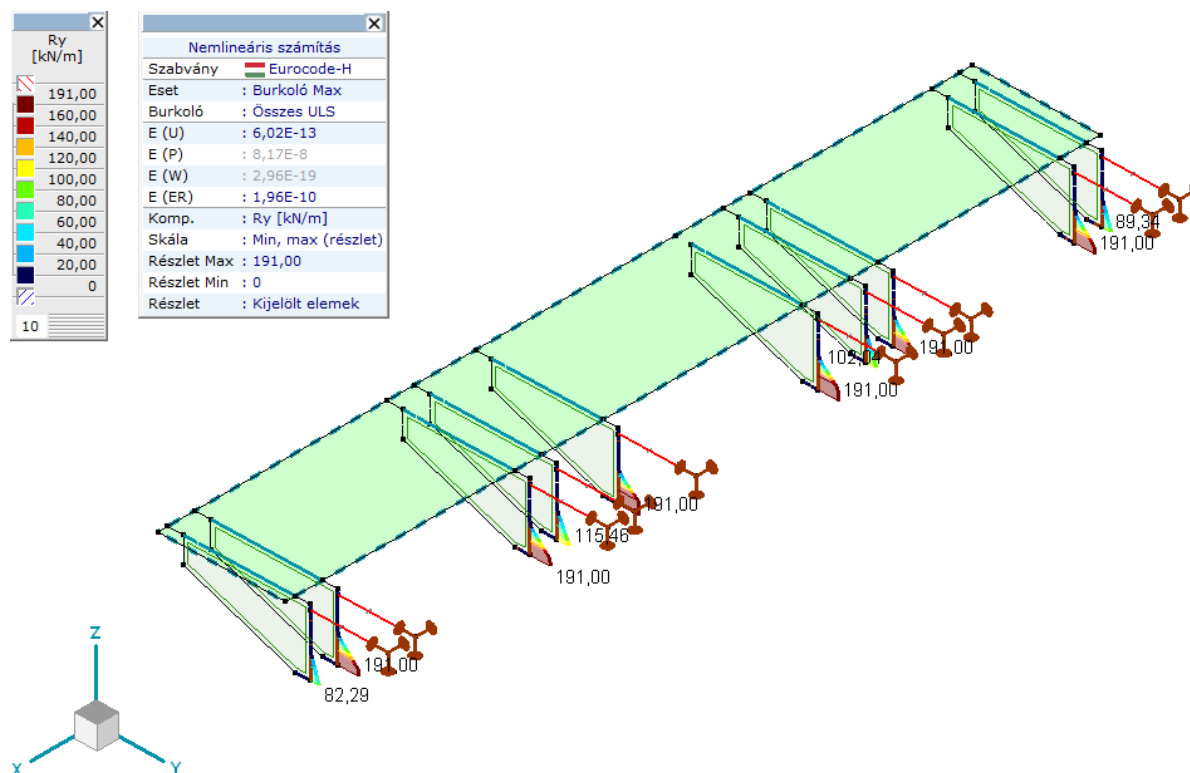
Megfelel.

9.3 Középső 1. emeleti erkély



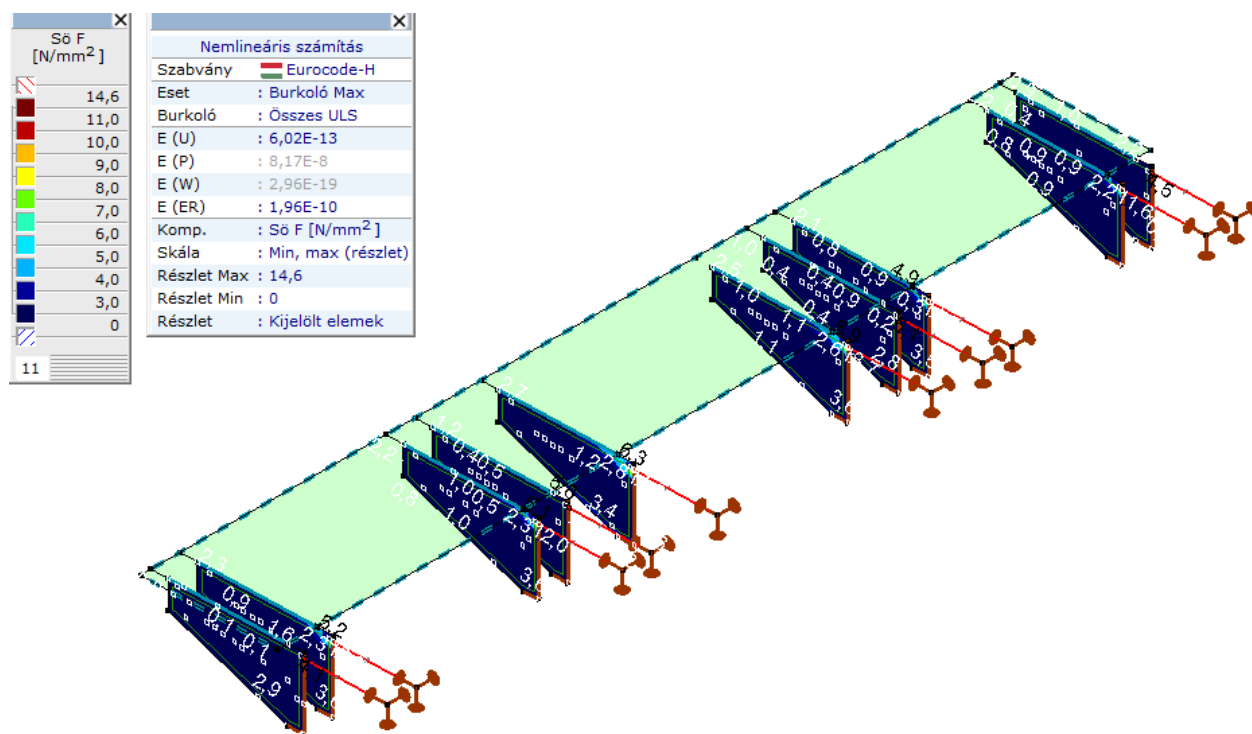
35. ábra Függőleges támaszreakciók

Mivel a másodrendű statikai számítás lefutott és az eredmények nem haladják meg az előírt max támaszerőt (255 kN/m), ezért a falazat pecsétnyomásra megfelelőnek tekinthető.



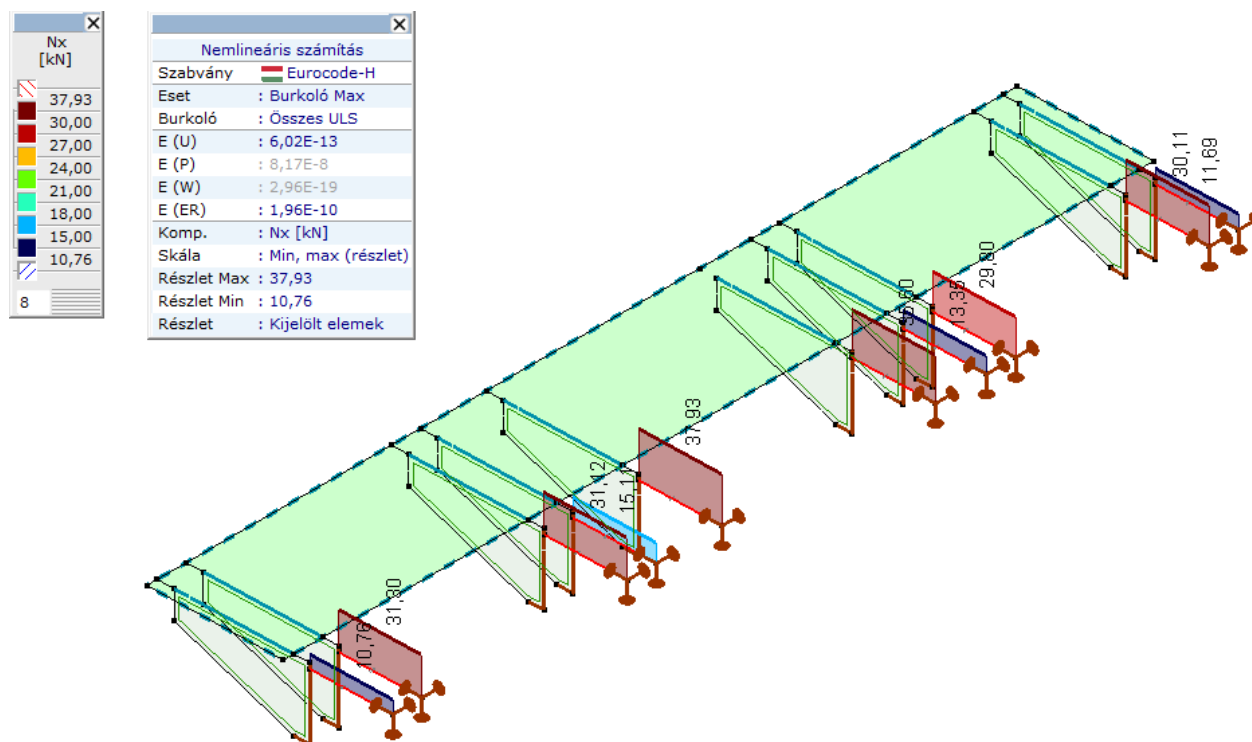
36. ábra Vízszintes támaszerők

Mivel a másodrendű statikai számítás lefutott és az eredmények nem haladják meg az előírt max támaszerőt (191 kN/m), ezért a falazat pecsétnyomásra megfelelőnek tekinthető.

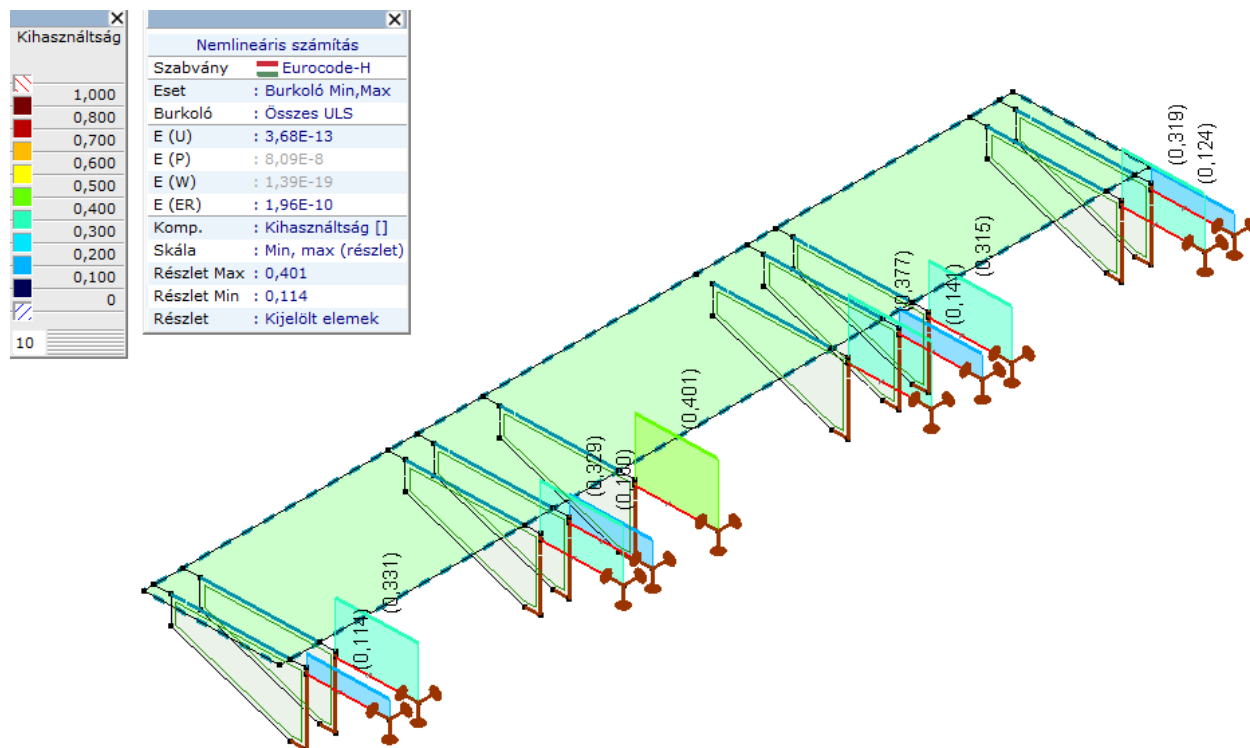


37. ábra Összehasonlító feszültségi ábra az öntöttvas konzolokra

Mértékadó feszültség: 14,6 MPa < Tervezési szakítószilárdság: 333 MPa (meglévő öntöttvas esetében 50 MPa) **Megfelel.**



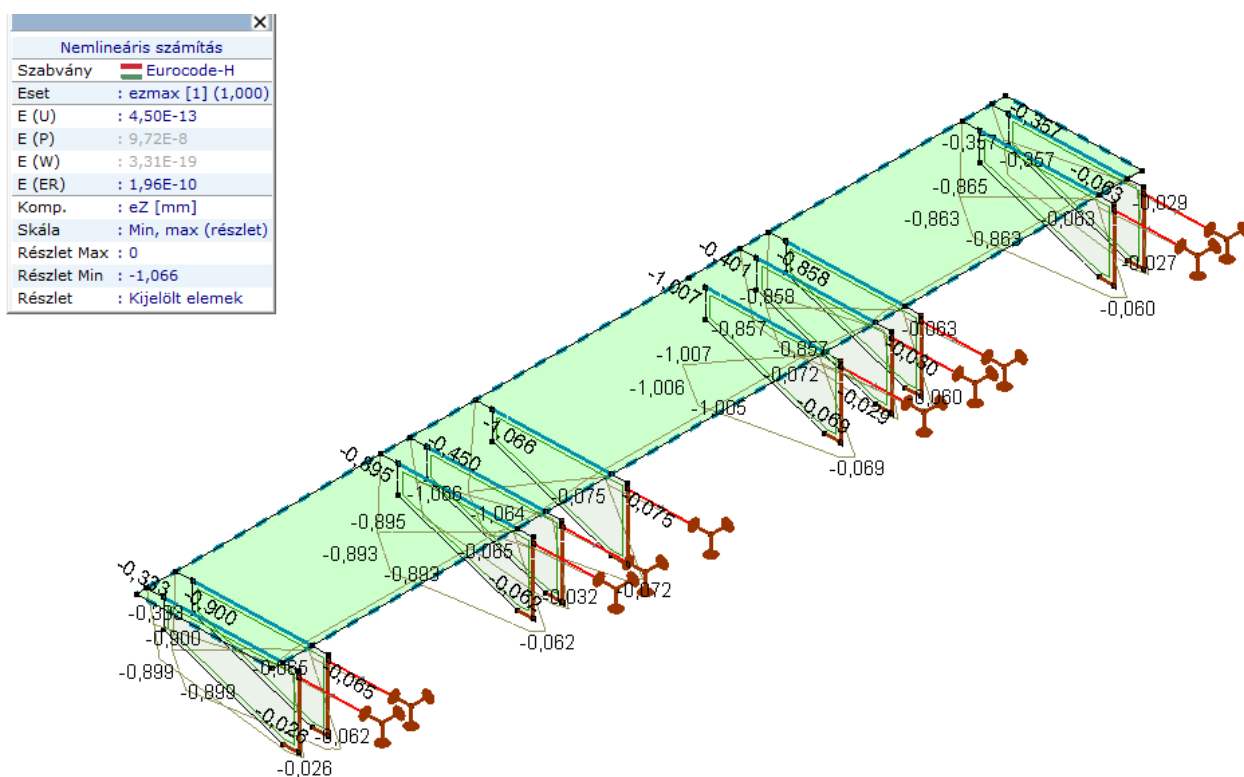
38. ábra Normálerő ábra



39. ábra Kihasznátságok

Legnagyobb acélszerkezeti kihasználtság: $0,401 < 1,0$

Megfelel.

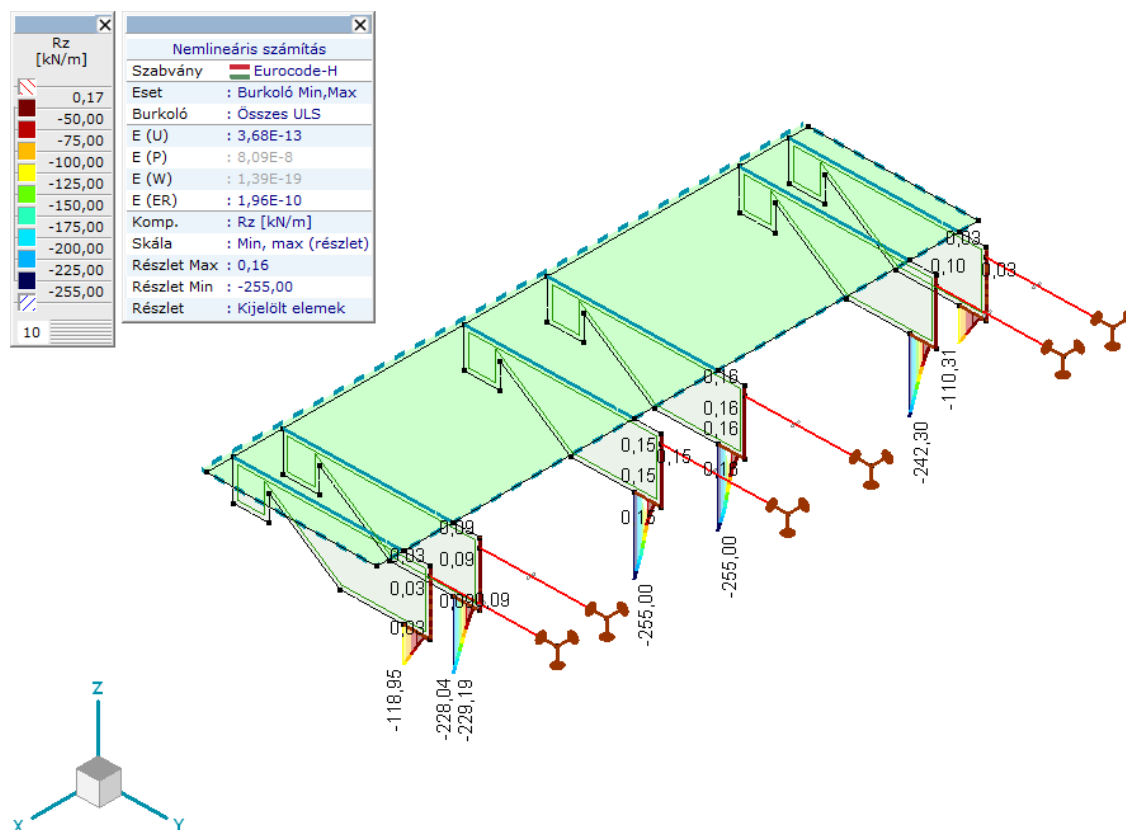


40. ábra Lehajlás

Legnagyobb lehajlás: $1,066 \text{ mm} < \text{Határérték: } 1270 \text{ mm} / 125 = 10,16 \text{ mm}$

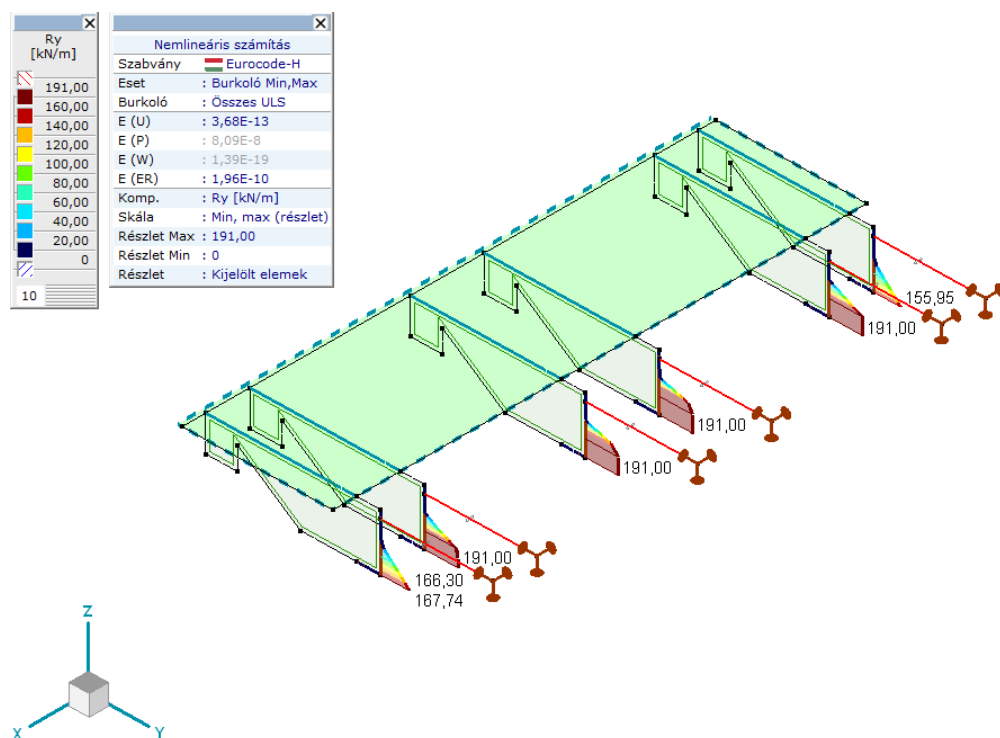
Megfelel.

9.4 Jobb oldali 2. emeleti erkély



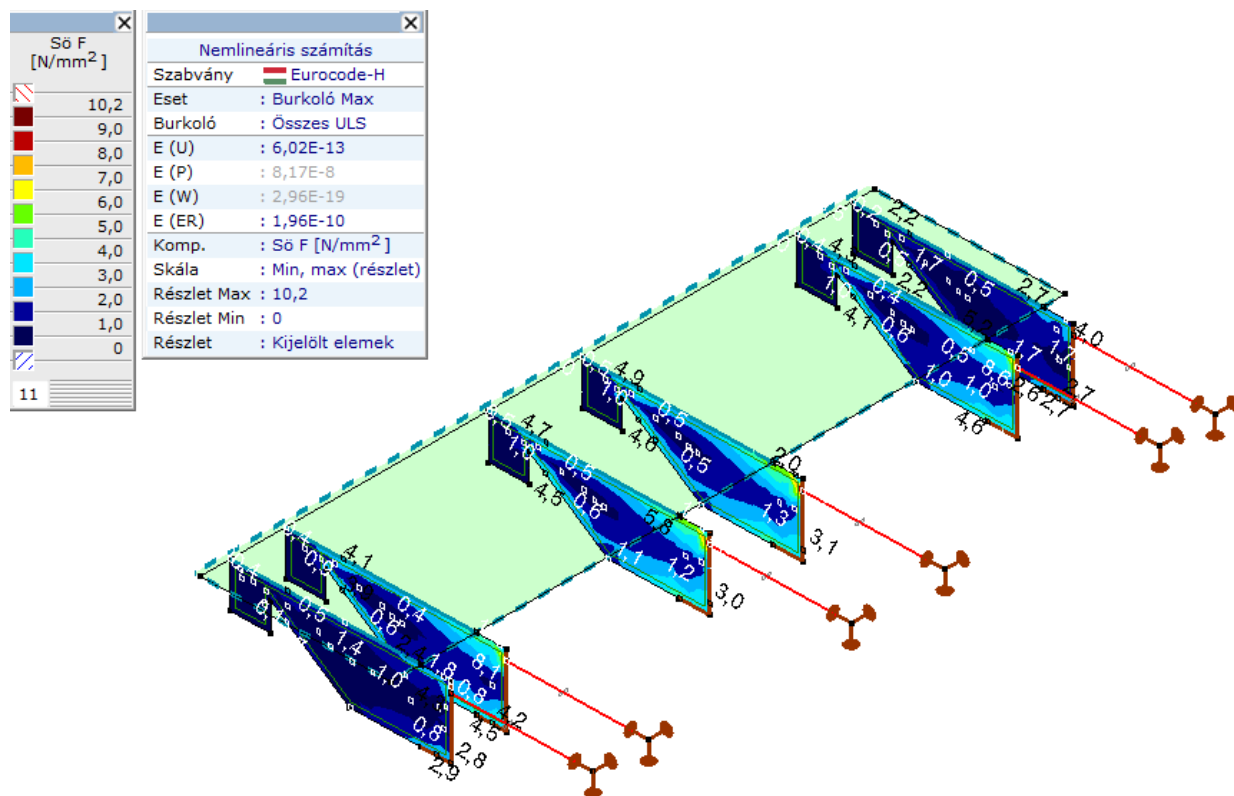
41. ábra Függőleges támaszreakciók

Mivel a másodrendű statikai számítás lefutott és az eredmények nem haladják meg az előírt max támaszerőt (255 kN/m), ezért a falazat pecsétnyomásra megfelelőnek tekinthető.



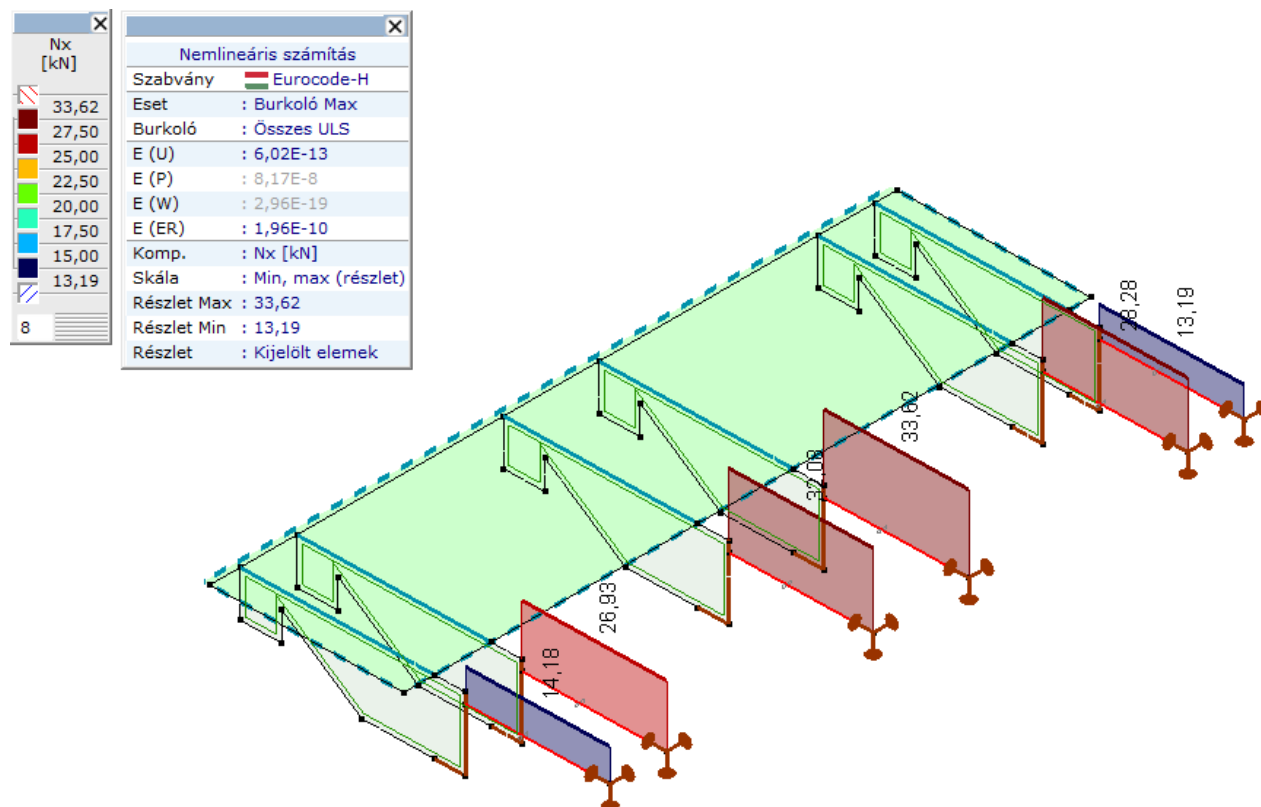
42. ábra Vízszintes támaszreakciók

Mivel a másodrendű statikai számítás lefutott és az eredmények nem haladják meg az előírt max támaszerőt (191 kN/m), ezért a falazat pecsétnyomásra megfelelőnek tekinthető.

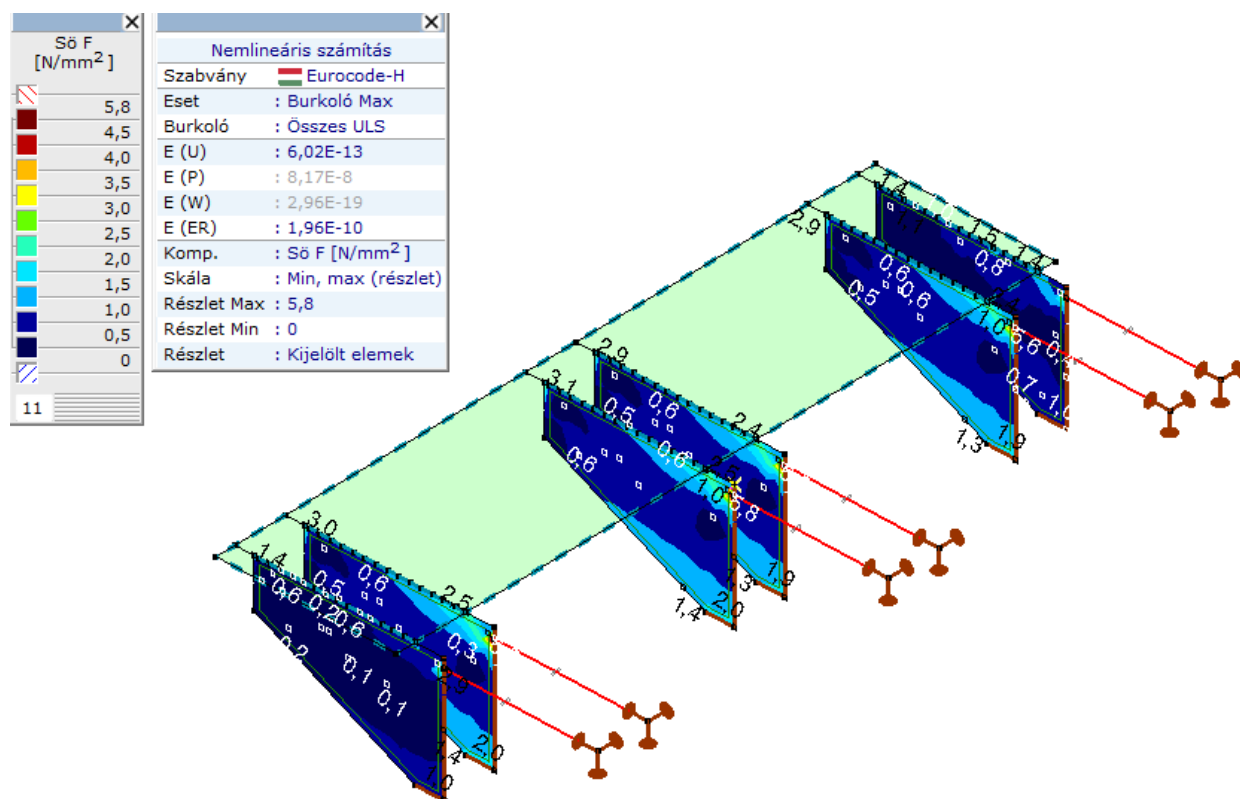


43. ábra Összehasonlító feszültségi ábra az öntöttvas konzolokra

Mértékadó feszültség: 10,2 MPa < Tervezési szakítószilárdság: 333 MPa (meglévő öntöttvas esetében 50 MPa) **Megfelel.**

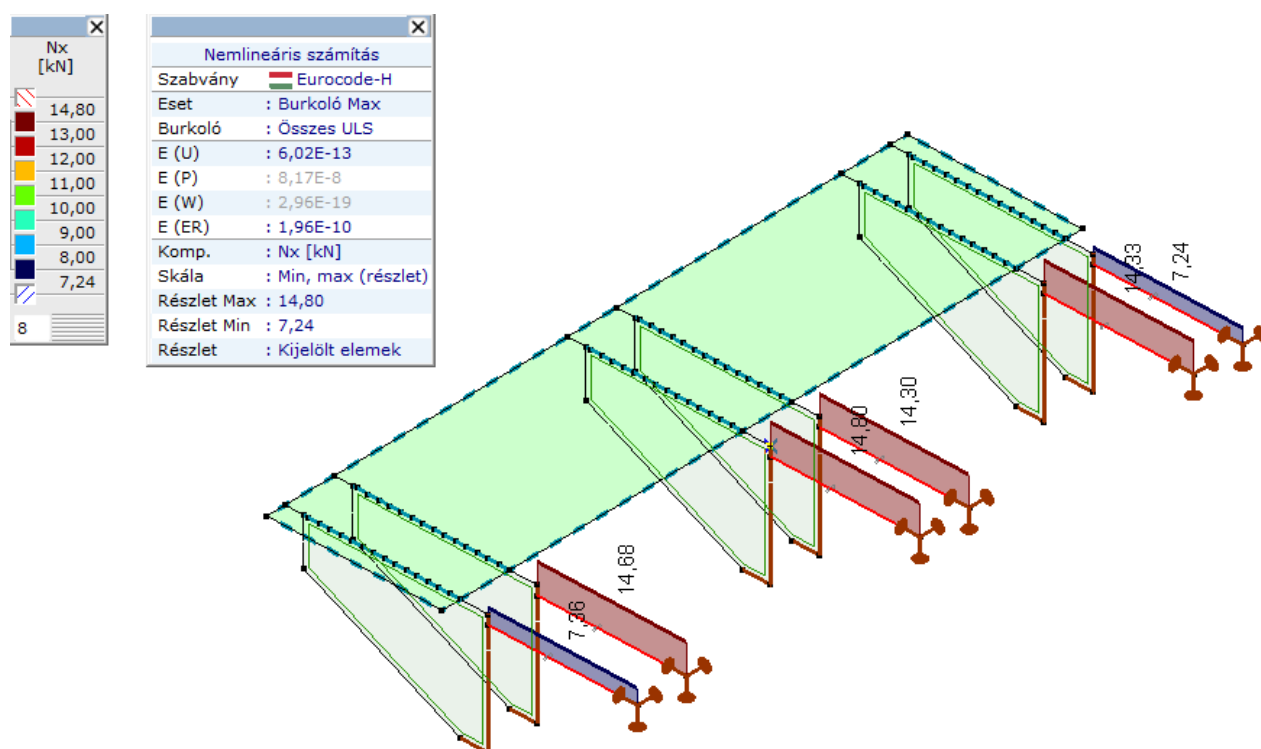


44. ábra Normálerő ábra



49. ábra Összehasonlító feszültségi ábra az öntöttvas konzolokra

Mértékadó feszültség: 5,8 MPa < Tervezési szakítószilárdság: 333 MPa (meglévő öntöttvas esetében 50 MPa) **Megfelel.**



50. ábra Normálerő ábra

9.6 Rúdelem kihasználtságok táblázatos összefoglalása

Méretezési elem	Típus	Anyag	Szelvény	Vizsg.	Max.	Nx Eset [kN]
1(179–491)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,148 (*)	13,96 Somax [1] (1,000)
2(190–496)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,161 (*)	15,19 Rzmax [1] (1,000)
3(189–495)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,286 (*)	27,00 Rzmax [1] (1,000)
4(188–494)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,327 (*)	30,94 Rzmax [1] (1,000)
5(187–493)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,357 (*)	33,75 Rzmax [1] (1,000)
6(186–492)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,308 (*)	29,06 Somax [1] (1,000)
7(196–497)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,140 (*)	13,19 Somax [1] (1,000)
8(195–498)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,299 (*)	28,28 Somax [1] (1,000)
9(194–499)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,356 (*)	33,62 Rzmax [1] (1,000)
10(193–500)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,340 (*)	32,08 Rzmax [1] (1,000)
11(192–501)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,285 (*)	26,93 Rzmax [1] (1,000)
12(191–502)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,150 (*)	14,18 Rzmax [1] (1,000)
13(201–503)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,377 (*)	35,60 Somax [1] (1,000)
14(58–504)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,141 (*)	13,35 Somax [1] (1,000)
15(57–505)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,315 (*)	29,80 Somax [1] (1,000)
16(33–506)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,319 (*)	30,11 Somax [1] (1,000)
17(32–507)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,124 (*)	11,69 Somax [1] (1,000)
18(197–508)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,401 (*)	37,93 Somax [1] (1,000)
19(31–509)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,160 (*)	15,11 Somax [1] (1,000)
20(34–510)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,329 (*)	31,12 Rzmax [1] (1,000)
21(35–511)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,331 (*)	31,30 Rzmax [1] (1,000)
22(30–512)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,114 (*)	10,76 Rzmax [1] (1,000)
23(370–518)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,077 (*)	7,26 Somax [1] (1,000)
24(350–517)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,158 (*)	14,91 Somax [1] (1,000)
25(330–516)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,159 (*)	15,06 Somax [1] (1,000)
26(310–515)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,151 (*)	14,27 Somax [1] (1,000)
27(290–514)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,151 (*)	14,26 Rzmax [1] (1,000)
28(251–513)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,072 (*)	6,77 Rzmax [1] (1,000)
29(490–524)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,078 (*)	7,36 Rzmax [1] (1,000)
30(470–523)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,155 (*)	14,68 Rzmax [1] (1,000)
31(450–522)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,157 (*)	14,80 Somax [1] (1,000)
32(430–521)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,151 (*)	14,30 Somax [1] (1,000)
33(410–520)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,152 (*)	14,33 Somax [1] (1,000)
34(390–519)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,077 (*)	7,24 Somax [1] (1,000)
<hr/>						
18(197–508)	(rácsrúd)	S 235	2x D16	N-M-V (*)	0,401 (*)	37,93 Somax [1] (1,000)

Méretezési elem: Méretezési elem (végpontok); **Vizsg.:** Maximumot adó vizsgálat; **Max.:** Maximum értéke; **Nx:** Normálerő; **Eset:** Szélsőértéket adó tehereset;

9.7 Kőlap erkélylemez méretezése

A kőlap erkélylemez hajlításra méreteztük. A legnagyobb támaszközét vizsgáltuk, kéttámaszú csuklós tartóként számoltuk az igénybevételeket. Az alábbi kézi számítással ellenőriztük az erkélylemez az első és második emeleten:

Kőlap méretezés I. emelet

+

Lemez szélesség $a := 1.28 \text{ m}$

Tervezési lemezvastagság $h := 15 \text{ cm}$

Keresztmetszeti tényező $W := \frac{a \cdot h^2}{6} = 4800 \text{ cm}^3$

Mértékadó támaszköz $l := 205 \text{ cm}$

Tervezési megoszló teher

$$q := 1.35 \cdot 4.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.5 \cdot \left(\frac{3.97 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}}{2} + 4.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0.7 \cdot 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0.6 \cdot 0.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 14.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Tervezési nyomaték $M_{Ed} := \frac{q \cdot a \cdot l^2}{8} = 10 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Tervezési szélső szál feszültség $\sigma_{mEd} := \frac{M_{Ed}}{W} = 2.08 \text{ MPa}$

Hajlítószilárdság $f_m := 6 \text{ MPa}$

Hajlítószilárdság tervezési értéke $f_{md} := \frac{f_m}{2.5} = 2.4 \text{ MPa}$

Kihasználtság $\frac{\sigma_{mEd}}{f_{md}} = 0.868 < 1,0$ **Megfelel**

Kőlap méretezés II. emelet

Lemez szélesség $a := 0.98 \text{ m}$

Tervezési lemezvastagság $h := 11 \text{ cm}$

Keresztmetszeti tényező $W := \frac{a \cdot h^2}{6} = 1976 \text{ cm}^3$

Mértékadó támaszköz $l := 108 \text{ cm}$

Tervezési megoszló teher

$$q := 1.35 \cdot 3.24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.5 \cdot \left(\frac{5.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}}{2} + \frac{5.88 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}}{2} + 0.7 \cdot 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0.6 \cdot 0.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 16.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Tervezési nyomaték $M_{Ed} := \frac{q \cdot a \cdot l^2}{8} = 2.31 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Tervezési szélső szál feszültség $\sigma_{mEd} := \frac{M_{Ed}}{W} = 1.17 \text{ MPa}$

Hajlítószilárdság $f_m := 6 \text{ MPa}$

Hajlítószilárdság tervezési értéke $f_{md} := \frac{f_m}{2.5} = 2.4 \text{ MPa}$

Kihasználtság $\frac{\sigma_{mEd}}{f_{md}} = 0.488 < 1,0 \text{ Megfelel}$

9.8 Köracél visszakötés teherelosztó lemez méretezés

Köracél visszakötés max. húzóerő $N_{Ed} := \frac{45 \text{ kN}}{2} = 22.5 \text{ kN}$

Falazat tervezési nyomószilárdsága $f_d = 1.02 \text{ MPa}$

Szükséges teherelosztó lemez méret $A_{req} := \frac{N_{Ed}}{f_d} = 220 \text{ cm}^2$

Tervezett teherelosztó lemez oldalmérete $a := 150 \text{ mm}$

Tehelosztó lemez terület $A_{alk} := a \cdot a = 225 \text{ cm}^2$

Kihasználtság $\frac{A_{req}}{A_{alk}} = 0.979 < 1 \text{ Megfelel.}$

9.9 Menetes rúd öntöttvas és acél szerelvény között

A kapcsolat kialakítása miatt (a hátrakötés tengelye egy magasságban van a felső menetes rúddal) úgy számolunk, hogy egyedül a felső csavar veszi fel a teljes nyírást.

MEGLÉVŐ ÖNTÖTTVAS ÉS CSAVAR VIZSGÁLATA

Menetes rudat terhelő nyíróerő	$F_{ved} := 45 \text{ kN}$
Parciális tényező	$\gamma_{M2} := 1.25$
Csavar szilárdsága (10.9)	$f_{ub} := 1000 \text{ MPa}$ $f_{yb} := 900 \text{ MPa}$
Csavar mérete	$d_b := 16 \text{ mm}$ $d_0 := 18 \text{ mm}$ $A_b := \frac{d_b^2 \cdot \pi}{4} = 201 \text{ mm}^2$ $A_s := 0.728 \cdot A_b = 146 \text{ mm}^2$
Nyírt síkok száma	$n_v := 2$
Csavarok darabszáma	$n_b := 1$
Alapanyag szilárdsága (meglévő öntöttvas)	$f_u := 50 \text{ MPa}$ $f_y := 50 \text{ MPa}$
Alapanyag mérete	$t_1 := 155 \text{ mm}$ $t_2 := t_1$
Csavar távolságok	$e_1 := 50 \text{ mm}$ $e_2 := 50 \text{ mm}$ $p_1 := 80 \text{ mm}$ $p_2 := 80 \text{ mm}$

SZÉLSŐ CSAVART MÉRETEZÜNK

Segéd tényezők	$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$ $\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.926$
Nyíró teherbírás (1 csavar)	$F_{vrd} := n_v \cdot \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 140.518 \text{ kN}$
Palástnyomási teherbírás (1 csavar)	$F_{brd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d_b \cdot \min(t_1, t_2) \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 229.63 \text{ kN}$
Igénybevétel (1 csavar)	$F_{ed} := \frac{F_{ved}}{n_b} = 45 \text{ kN}$
Teherbírás (1 csavar)	$F_{rd} := \min(F_{vrd}, F_{brd}) = 140.518 \text{ kN}$
Kihasználtság	$\frac{F_{ed}}{F_{rd}} = 0.32 < 1$ Megfelel

ÚJ ÖNTÖTTVAS ÉS CSAVAR VIZSGÁLATA

Menetes rudat terhelő nyíróerő	$F_{ved} := 45 \text{ kN}$
Parciális tényező	$\gamma_{M2} := 1.25$
Csavar szilárdsága (10.9)	$f_{ub} := 1000 \text{ MPa}$ $f_{yb} := 900 \text{ MPa}$
Csavar mérete	$d_b := 16 \text{ mm}$ $d_0 := 18 \text{ mm}$
	$A_b := \frac{d_b^2 \cdot \pi}{4} = 201 \text{ mm}^2$
	$A_s := 0.728 \cdot A_b = 146 \text{ mm}^2$
Nyírt síkok száma	$n_v := 2$
Csavarok darabszáma	$n_b := 1$
Alapanyag szilárdsága (új öntöttvas)	$f_u := 333 \text{ MPa}$ $f_y := 333 \text{ MPa}$
Alapanyag mérete	$t_1 := 155 \text{ mm}$ $t_2 := t_1$
Csavar távolságok	$e_1 := 50 \text{ mm}$ $e_2 := 50 \text{ mm}$
	$p_1 := 80 \text{ mm}$ $p_2 := 80 \text{ mm}$

SZÉLSŐ CSAVART MÉRETEZÜNK

Segéd tényezők	$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$
	$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.926$
Nyíró teherbírás (1 csavar)	$F_{vrd} := n_v \cdot \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 140.518 \text{ kN}$
Palástnyomási teherbírás (1 csavar)	$F_{brd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d_b \cdot \min(t_1, t_2) \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = (1.529 \cdot 10^3) \text{ kN}$
Igénybevétel (1 csavar)	$F_{ed} := \frac{F_{ved}}{n_b} = 45 \text{ kN}$
Teherbírás (1 csavar)	$F_{rd} := \min(F_{vrd}, F_{brd}) = 140.518 \text{ kN}$
Kihasználtság	$\frac{F_{ed}}{F_{rd}} = 0.32 < 1 \text{ Megfelel}$

ÚJ ACÉL ÉS CSAVAR VIZSGÁLATA

Menetes rudat terhelő nyíróerő	$F_{ved} := 45 \text{ kN}$
Parciális tényező	$\gamma_{M2} := 1.25$
Csavar szilárdsága (10.9)	$f_{ub} := 1000 \text{ MPa} \quad f_{yb} := 900 \text{ MPa}$
Csavar mérete	$d_b := 16 \text{ mm} \quad d_0 := 18 \text{ mm}$ $A_b := \frac{d_b^2 \cdot \pi}{4} = 201 \text{ mm}^2$ $A_s := 0.728 \cdot A_b = 146 \text{ mm}^2$
Nyírt síkok száma	$n_v := 2$
Csavarok darabszáma	$n_b := 1$
Alapanyag szilárdsága (új acél)	$f_u := 360 \text{ MPa} \quad f_y := 235 \text{ MPa}$
Alapanyag mérete	$t_1 := 10 \text{ mm} \quad t_2 := t_1$
Csavar távolságok	$e_1 := 50 \text{ mm} \quad e_2 := 50 \text{ mm}$ $p_1 := 80 \text{ mm} \quad p_2 := 80 \text{ mm}$

SZÉLSŐ CSAVART MÉRETEZÜNK

Segéd tényezők	$k_1 := \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right) = 2.5$ $\alpha_b := \min \left(\frac{e_1}{3 d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1 \right) = 0.926$
Nyíró teherbírás (1 csavar)	$F_{vrd} := n_v \cdot \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 140.518 \text{ kN}$
Palástnyomási teherbírás (1 csavar)	$F_{brd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d_b \cdot \min(t_1, t_2) \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 106.667 \text{ kN}$
Igénybevétel (1 csavar)	$F_{ed} := \frac{F_{ved}}{n_b} = 45 \text{ kN}$
Teherbírás (1 csavar)	$F_{rd} := \min(F_{vrd}, F_{brd}) = 106.667 \text{ kN}$
Kihasznátltság	$\frac{F_{ed}}{F_{rd}} = 0.422 < 1 \text{ Megfelel}$

9.10 Húzott köracél és menetes részek méretezése

2db D16 köracélt terhelő húzóerő	$N_{ed} := 45 \text{ kN}$
Rudak száma	$n_b := 2$
Parciális tényező	$\gamma_{M0} := 1.00 \quad \gamma_{M2} := 1.25$
Rúd keresztmetszet (D16)	$A_s := \frac{(16 \text{ mm})^2 \cdot \pi}{4} = 201.062 \text{ mm}^2$
Csavarmenetes rész mérete	$A_b := 157 \text{ mm}^2$
Alapanyag szilárdsága (új acél)	$f_u := 360 \text{ MPa} \quad f_y := 235 \text{ MPa}$
Húzási teherbírás (rugalmas)	$F_{el.rd} := \frac{A_s \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 47.25 \text{ kN}$
Húzási teherbírás (képlékeny)	$F_{pl.rd} := \frac{0.9 A_b \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 40.694 \text{ kN}$
Igénybevétel (1 rúd)	$F_{ed} := \frac{N_{ed}}{n_b} = 22.5 \text{ kN}$
Teherbírás (1 rúd)	$F_{rd} := \min(F_{el.rd}, F_{pl.rd}) = 40.694 \text{ kN}$
Kihasználtság	$\frac{F_{ed}}{F_{rd}} = 0.553 < 1 \text{ Megfelel}$

10 Összefoglalás

A tartószerkezeti méretezést elvégeztük és kijelentjük, hogy a tervezett erkély megerősítések megfelelnek mind teherbírási, mind használhatósági határállapotra a szabvány szerint előírt hatásokra.

Budapest, 2025. március 3.

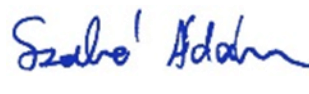
Felelős tervező:

Statikus munkatárs:



Nagy Tamás Bajnok
okleveles építésmérnök

tartószerkezeti rekonstrukciós szakmérnök
T-É, SZÉSI 01-15385



Szabó Ádám András
okleveles szerkezetépítőmérnök
T 07-01570

Statikus munkatárs:



Beke Gábor
okleveles építőmérnök