

# Proračun čelične konstrukcije proizvodne hale

---

**Radić, Natali**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:304349>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-07**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **ZAVRŠNI RAD**

Natali Radić

**Split, 2024.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **Proračun čelične konstrukcije proizvodne hale**

Završni rad

**Split, 2024.**



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PRIJEDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
GRAĐEVINARSTVO**

KANDIDAT: NATALI RADIĆ

MATIČNI BROJ: 0083228448

KATEDRA: **Katedra za metalne i drvene konstrukcije**

PREDMET: Osnove metalnih konstrukcija

### **ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

**Tema: Proračun čelične konstrukcije proizvodne hale**

Opis zadatka: Prema zadanim podacima potrebno je dimenzionirati čeličnu halu koja se sastoji od glavne nosive konstrukcije, sekundarnih nosača te spregova konstrukcije.

Način izvedbe: montažno

Materijal konstrukcije: S235

Lokacija objekta: Osijek

Razmak okvira: 4,9 (m)

U Splitu, 27.3.2024.

Voditelj Završnog rada: Dr. sc. Ivica Boko



## Proračun čelične konstrukcije proizvodne hale

### Sažetak:

Za čeličnu halu smještenu na području grada Osijeka, na temelju zadanih podataka i karakteristika tog područja, izvršeno je dimenzioniranje glavnih nosivih konstrukcija, sekundarnih nosača, spregova konstrukcija i spojeva. Proračun se provodio uzimajući u obzir granično stanje nosivosti (GSN) i granično stanje uporabljivosti (GSU). Razmatrana su stalna opterećenja (vlastita težina i dodatna stalna opterećenja) te promjenjiva opterećenja (snijeg i vjetar). Unutarnje sile izračunavaju se pomoću računalnog programa „SCIA Engineer 24.1“.

**Ključne riječi:** čelik, hala, glavna nosiva konstrukcija, sekundarna konstrukcija, dimenzioniranje, spojevi, granično stanje uporabljivosti, granično stanje nosivosti.

## Calculation of a steel manufacturing hall

### Abstract:

For a steel hall located in the city of Osijek, based on the given data and the characteristics of the area, the dimensioning of the main load-bearing structure, secondary supports, structural bracing, and connections was executed. The calculations were performed considering the limit states of load-bearing capacity (LSC) and serviceability (LSU). Both constant loads (dead weight and additional permanent loads) and variable loads (snow and wind) were taken into account. Internal forces were calculated using the software program „SCIA Engineer 24.1“.

**Keywords:** steel, hall, main load-bearing structure, secondary structure, dimensioning, connections, limit state of serviceability, limit state of load-bearing capacity.



## Sadržaj

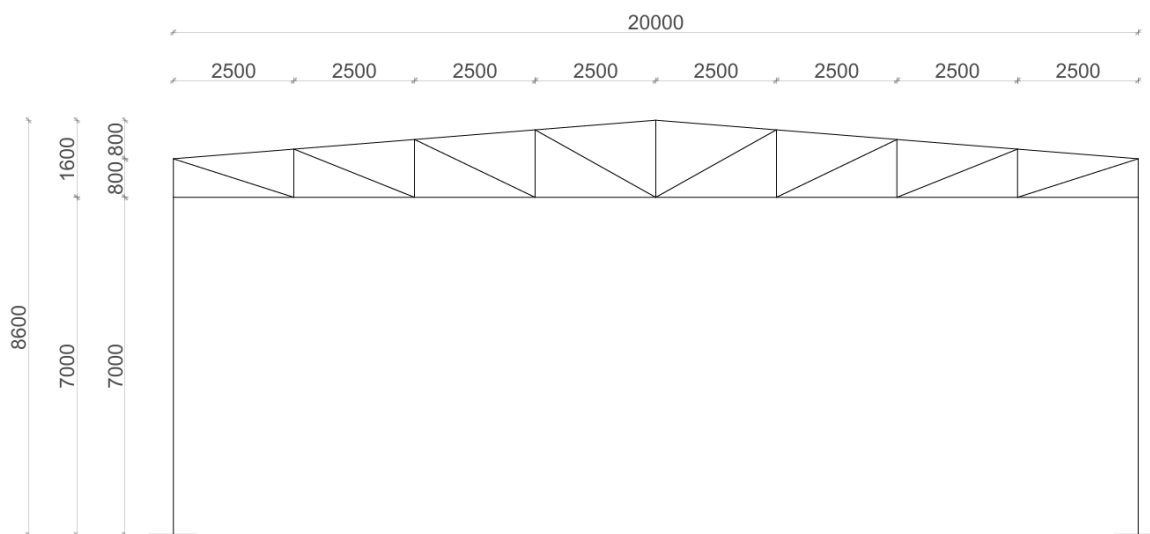
<b>1. TEHNIČKI OPIS</b>	<b>2</b>
<b>1.1. OPIS KONSTRUKCIJE</b>	<b>2</b>
1.1.1. KONSTRUKTIVNI ELEMETNI	3
1.1.2. SPOJEVI	3
1.2. STATIČKA ANALIZA SUSTAVA	4
1.3. MATERIJALI	4
1.4. PRIMJENJENI PROPISI	4
<b>2. ANALIZA OPTEREĆENJA</b>	<b>5</b>
2.1. STALNO OPTEREĆENJE	5
2.2. PROMJENJIVO OPTEREĆENJE	6
2.2.1. DJELOVANJE SNIJEGA	6
2.2.2. OPTEREĆENJE VJETROM	7
2.3. REZULTANTNO DJELOVANJE VJETRA	12
<b>3. KONTROLA PROGIBA</b>	<b>17</b>
3.1. VERTIKALNI PROGIB	17
3.2. HORIZONTALNI PROGIB	18
<b>4. DIJAGRAMI REZIH SILA ZA KOMBINACIJE DJELOVANJA (GSN)</b>	<b>19</b>
4.1. GLAVNA NOSIVA KONSTRUKCIJA	19
4.1.1. KOMBINACIJA $1,35 * (G_0 + G_1) + 0,9 W_{\text{Pritiskajući}} + 1,5 S$	19
4.1.2. KOMBINACIJA $1,35 * (G_0 + G_1) + 1,5 W_{\text{Pritiskajući}} + 0,9 S$	20
4.1.3. KOMBINACIJA $1,0 * (G_0 + G_1) + 1,5 W_{\text{Odižući}}$	22
4.2. SEKUNDARNA KONSTRUKCIJA	24
4.2.1. ZABATNI STUPOVI	24
4.2.2. KROVNI (HORIZONTALNI) SPREGOVI	27
4.2.3. BOČNI (VERTIKALNI) SPREGOVI	28
4.2.4. KROVNA PODROŽNICA	29
4.2.5. BOČNA PODROŽNICA	31
<b>5. DIMENZIONIRANJE ELEMENATA KONSTRUKCIJE PREMA GRANIČNOM STANJU NOSIVOSTI</b>	<b>32</b>
5.1. GLAVNA NOSIVA KONSTRUKCIJA	32
5.1.1. GORNJI POJAS REŠETKE (GP – POZICIJA 4 - 5)	32
5.1.2. DONJI POJAS REŠETKE (DP – POZICIJA 2 - 3)	33
5.1.3. DIJAGONALE REŠETKE (D – POZICIJA 12 - 15)	35
5.1.4. VERTIKALE REŠETKE (V – POZICIJA 6 - 10)	36
5.1.5. STUPOVI OKVIRA (S – POZICIJA 1)	38
5.2. SEKUNDARNA KONSTRUKCIJA	41
5.2.1. ZABATNI STUPOVI (ZS – POZICIJA 21 - 22)	41
5.2.2. KROVNI SPREGOVI (SKD – POZICIJA 18)	43
5.2.3. BOČNI (HORIZONTALNI) SPREGOVI (SB – POZICIJA 19 - 20)	43
5.2.4. SPREG KROVNIH VERTIKALA (SKV – POZICIJA 11)	44
5.2.5. KROVNE PODROŽNICE (KP – POZICIJA 16)	45
5.2.6. BOČNE PODROŽNICE (BP – POZICIJA 17)	47
<b>6. DIMENZIONIRANJE SPOJEVA ELEMENATA KONSTRUKCIJE</b>	<b>50</b>
6.1. UPETI SPOJ TEMELJ - STUP (P1 – POZICIJA 23)	50
6.2. VLAČNI NASTAVAK REŠETKE (P3 – POZICIJA 25)	58
6.3. NASTAVAK GORNJEG POJASA (P5 – POZICIJA 27)	60
6.4. SPOJ STUP REŠETKA (P2 – POZICIJA 24)	61
6.5. SPOJ KROVNA PODROŽNICA - GORNJI POJAS (P4 – POZICIJA 26)	63
<b>7. LITERATURA</b>	<b>64</b>
<b>8. NACRTI</b>	<b>65</b>



# 1. TEHNIČKI OPIS

## 1.1. OPIS KONSTRUKCIJE

Građevinski objekt tlocrtnih dimenzija 20,0 x 49,0 (m) i ukupne visine 8,6 (m) nalazi se u gradu Osijeku. Krovna ploha je u odnosu na horizontalnu ravninu nagnuta pod kutom  $\alpha = 4,57^\circ$ , što je ekvivalentno nagibu od 8%. Glavni nosivi sustav hale je zamišljen kao sustav 11 ravninskih rešetki raspona 20 (m), stabilnih u svojoj ravnini, na međusobnom razmaku od 4,9 (m). Objekt je izveden od materijala čelika kvalitete S235.



*Prikaz poprečnog presjeka glavnog nosača*

Na gornji pojas rešetke oslanjaju se sekundarni krovni nosači koje nazivamo krovne podrožnice te se nalaze na međusobnom osnom razmaku od 2,5 (m). Na stupove okvira se oslanjaju sekundarni bočni nosači na međusobnom osnom razmaku od 2,33 (m).

Stabilizacija hale u smjeru okomitom na glavni nosivi sustav ostvarena je spregovima u krovnim i bočnim ravninama i to u krajnjim poljima (prvom i posljednjem). Stupovi i grede su nosači međusobno spojeni upetim vezama zbog uvjeta uporabljivosti same hale. Spoj stupa i temelja ostvaren je zglobnom vezom.



### **1.1.1. KONSTRUKTIVNI ELEMETNI**

#### **GLAVNA REŠETKA**

Glavne rešetke su dimenzionirane tako da prihvate utjecaj vlastite težine čitave konstrukcije i opterećenja od snijega i vjetera. Profili gornjeg pojasa su kvadratnog šupljeg poprečnog presjeka CFRHS 120×120×6 (mm), a donjeg pojasa CFRHS 90×90×5 (mm) spojeni u čvorovima. Profili vertikala su kvadratnog šupljeg presjeka SHS 70×70×5 (mm), dok su profili dijagonala također kvadratnog šupljeg presjeka SHS 40×40×4 (mm). Sami elementi geometrije prikazani su na generalnom planu pozicija.

#### **STUPOVI**

Proračunom su odabrani stupovi valjanih I profila HE200A ukupne dužine 7,0 (m).

#### **SEKUNDARNI KROVNI NOSAČI**

Proračunom su odabrani sekundarni krovni nosači (podrožnice) valjanih I profila IPE 200.

#### **SEKUNDARNI BOČNI NOSAČI**

Proračunom su odabrani sekundarni bočni nosači (podrožnice) valjanih I profila IPE 140.

#### **SPREGOVI**

Za dijagonale krovnog i bočnog sprega su odabrani okrugli puni profili promjera 12 (mm).

### **1.1.2. SPOJEVI**

#### **SPOJ STUP-TEMELJ**

Spoj se izvodi podložnom pločom dimenzija 400/240/35 (mm) navarenom na kraj stupa i pričvršćenom vijcima M22 k.v. 5.6., te sidrenima u armirano-betonski temelj. Između podložne ploče i armirano-betonskog temelja podlijeva se ekspandirajući mort.

#### **SPOJ VLAČNOG NASTAVKA REŠETKE (NASTAVAK DONJEG POJASA)**

Vlačni nastavak rešetke ostvaruje se s dvije pločice dimenzija 265/265/25 (mm) i vijcima M22 k.v. 5.6.

#### **NASTAVAK GORNJEG POJASA**

Nastavak gornjeg pojasa ostvaruje se s dvije pločice dimenzija 280/280/25 (mm) i vijcima M22 k.v. 5.6.

#### **ZGLOBNI SPOJ STUP-REŠETKA**

Spoj stup-rešetka ostvaruje se s dvije pločice dimenzija 240/240/10 (mm) i vijcima M22 k.v. 5.6.

#### **KROVNA PODROŽNICA-GORNJI POJAS**

Spoj krovna podrožnica-gornji pojas ostvaruje se navarivanjem pločice dimenzije 240/100/10 (mm) i vijcima M22 k.v. 5.6.





## 1.2. STATIČKA ANALIZA SUSTAVA

Proračun je izvršen prema EC 1.

Konstrukcija je izložena djelovanju sljedećih opterećenja: vlastita težina, vjetar i snijeg. Čelična hala se nalazi na području Osijeka, do 100 m nadmorske visine. Odgovarajući koeficijenti za vjetar i snijeg uzeti su prema karakteristikama grada Osijeka iz propisanih tablica.

Za statički proračun upotrijebljena je kombinacija s najvećim utjecajem, dakle vlastita težina konstrukcije + djelovanje snijega + djelovanje vjetra. Proračun reznih sila je pomoću računalnog programa Scia Engineer 24, na način da vertikale i dijagonale prenose samo uzdužnu silu. (FEM type-Axial force only).

Cilj ovog proračuna je prostorna stabilizacija konstrukcije.

## 1.3. MATERIJALI

Svi elementi konstrukcije (glavni nosivi okvir i spojne ploče) izrađeni su od građevinskog čelika S235.

$$\begin{aligned}f_y &= 235 \text{ N/mm}^2 \\E &= 210000 \text{ N/mm}^2 \\G &= 81000 \text{ N/mm}^2 \\ \rho &= 7850 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

## 1.4. PRIMJENJENI PROPISI

Proračun čelične konstrukcije hale proveden je prema sljedećim propisima:

### *Analiza opterećenja*

HRN EN 1991-1-1:2012	EC1: Opća djelovanja – Dio 1-1: Obujamske težine, vlastite težine i uporabna opterećenja zgrada
HRN EN 1991-1-3:2012	EC1: Opća djelovanja – Dio 1-3: Opterećenja snijegom
HRN EN 1991-1-4:2012	EC1: Opća djelovanja – Dio 1-4: Djelovanja vjetra

### *Dimenzioniranje*

HRN EN 1993-1-1:2014	EC3: Projektiranje čeličnih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade
----------------------	--



## 2. ANALIZA OPTEREĆENJA

### 2.1. STALNO OPTEREĆENJE

- vlastita težina automatski je uključena u računalni program (SCIA 24)

- Sendvič paneli 0,2 kN/m<sup>2</sup>

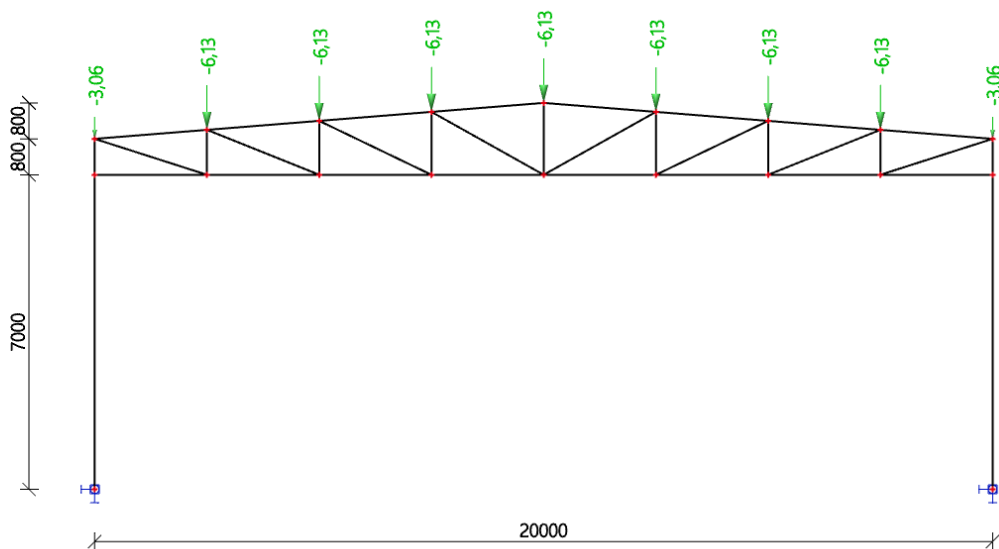
- Sekundarna konstrukcija i spregovi 0,2 kN/m<sup>2</sup>

- Instalacija 0,1 kN/m<sup>2</sup>

$$\Sigma = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\Sigma g_{\text{slojevi}} = 0,50 \text{ kN/m}^2$$

$$G_k = 0,50 \text{ kN/m}^2 \cdot 4,9 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} = 6,13 \text{ kN}$$





## 2.2. PROMJENJIVO OPTEREĆENJE

### 2.2.1. DJELOVANJE SNIJEGA

Nadmorska visina do [m]	1. područje – priobalje i otoci [kN/m <sup>2</sup> ]	2. područje – zaleđe Dalmacije, Primorja i Istre [kN/m <sup>2</sup> ]	3. područje – kontinentalna Hrvatska [kN/m <sup>2</sup> ]	4. područje – gorska Hrvatska [kN/m <sup>2</sup> ]
100	0,50	0,75	1,00	1,25

*Karakteristične vrijednosti opterećenja snijegom za pojedina područja i nadmorske visine*

Opterećenje snijegom na krovu (po tlocrtnoj površini krova) određuje se po formuli:

$$s = s_k \cdot \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$s_k \Rightarrow$  karakteristična vrijednost opterećenja na tlu u kN/m<sup>2</sup>

$s_k = 1,00 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow$  za Osijek, do 100 m nadmorske visine

$\mu_i \Rightarrow$  koeficijent oblika za opterećenje snijegom, očitava se ovisno o obliku i nagibu krova

$0^\circ < \alpha = 4,57^\circ \leq 30^\circ \Rightarrow \mu_i = 0,8$

$c_e \Rightarrow$  koeficijent izloženosti

$c_e = 1,0$

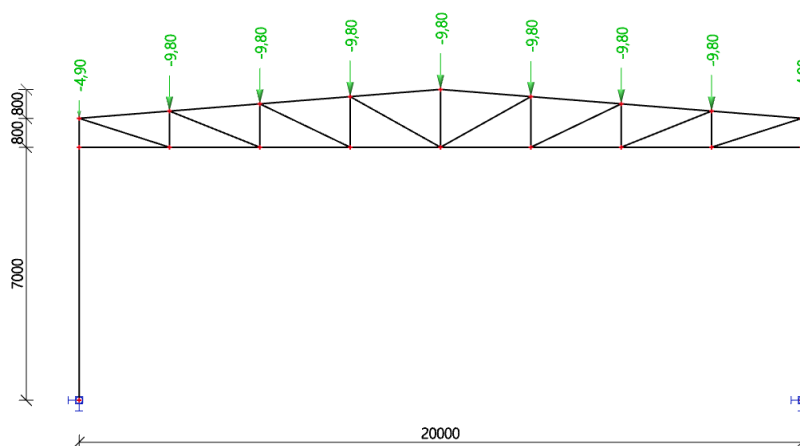
$c_t \Rightarrow$  toplinski koeficijent

$c_t = 1,0$

Opterećenje snijegom preko cijele krovne površine:

$$s = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$S = 0,80 \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdot 4,9 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} = 9,8 \text{ kN}$$





## 2.2.2. OPTEREĆENJE VJETROM

Materijal izrade: S235

Lokacija objekta: Osijek

Kategorija terena II

$$H_{uk} = 7,0 + 1,6 = 8,6 \text{ m}$$

Opterećenje vjetrom djeluje okomito na površinu.

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \text{ [kN/m}^2\text{]} - \text{ pritisak vjetra na vanjske površine}$$

$$w_i = q_p(z) \cdot c_{pi} \text{ [kN/m}^2\text{]} - \text{ pritisak vjetra na unutarnje površine}$$

$$q_p = C_e(z) \cdot q_b$$

$C_e(z)$  => faktor izloženosti (ovisi o visini iznad terena (z) i kategoriji terena)

Određivanje pritiska vjetra  $q_b$  uslijed osnovne brzine vjetra  $v_b$ :

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho_z \cdot v_b^2$$

$q_b$  = referentni pritisak osnovne brzine vjetra

$\rho_z$  => gustoća zraka,  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

$v_b$  - osnovna brzina vjetra

$C_{DIR}$  - koeficijent smjera vjetra (obično se uzima vrijednost 1,0)

$C_{SEASON}$  - koeficijent ovisan o godišnjem dobu (obično se uzima vrijednost 1,0)

$v_{B;0} = 20 \text{ m/s}$  → očitano s vjetrovne karte za grad Osijek

$$C_{DIR} = 1,0$$

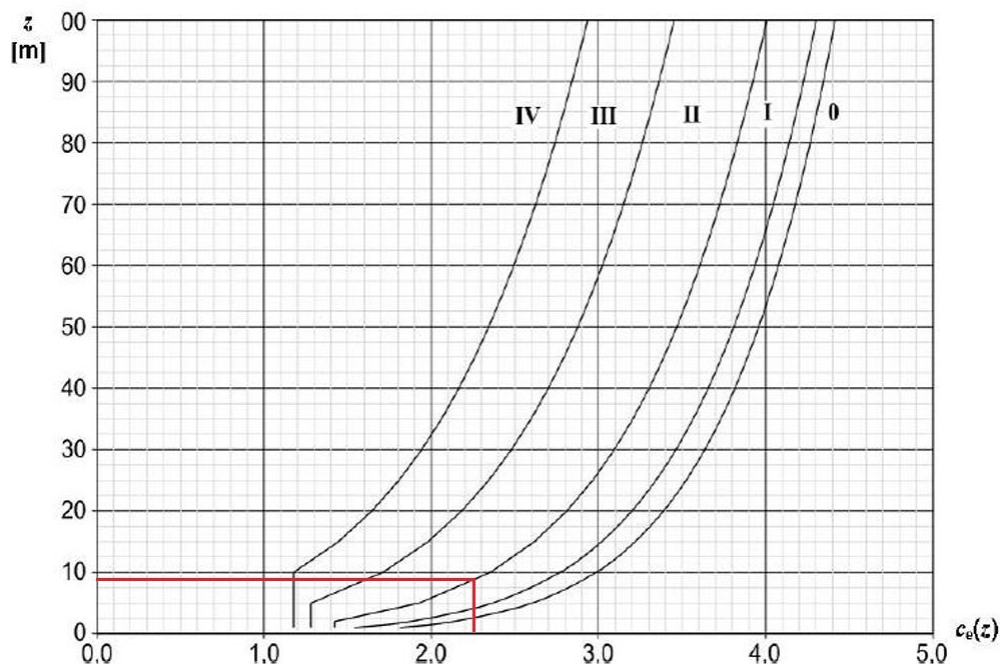
$$C_{SEASON} = 1,0$$

$$v_b = C_{DIR} \cdot C_{SEASON} \cdot v_{B;0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 20 = 20 \text{ m/s}$$

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 20^2$$

$$q_b = 0,25 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Određivanje pritiska brzine vjetra pri udaru:



Grafički prikaz faktora izloženosti  $C_e(z)$  za  $C_0=1,0$  i  $k_t=1,0$

$$q_P(z) = C_e(z) \cdot q_b$$

$$C_e(z) = 2,25 \text{ (očitano za kategoriju terena II) (z = 8,6 m)}$$

$$q_b = 0,25 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_P(z) = 2,25 \cdot 0,25 = 0,563 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Određivanje koeficijenata vanjskog pritiska:

Za dvostrešne krovove koeficijenti vanjskog pritiska određuju se na način da krovnu površinu podijelimo na zone, dok se referentna visina ( $z_e$ ) uzima kao ukupna visina građevine. Koeficijenti tlaka za svako područje ovise o veličini površine opterećene zone građevine. Za krovna područja (dvostrešni ravni krov), krov s vrijednosti kuta nagiba  $-5^\circ < \alpha < 5^\circ$  se klasificira kao ravni krov.

Određivanje pritiska na halu za vertikalne zidove:

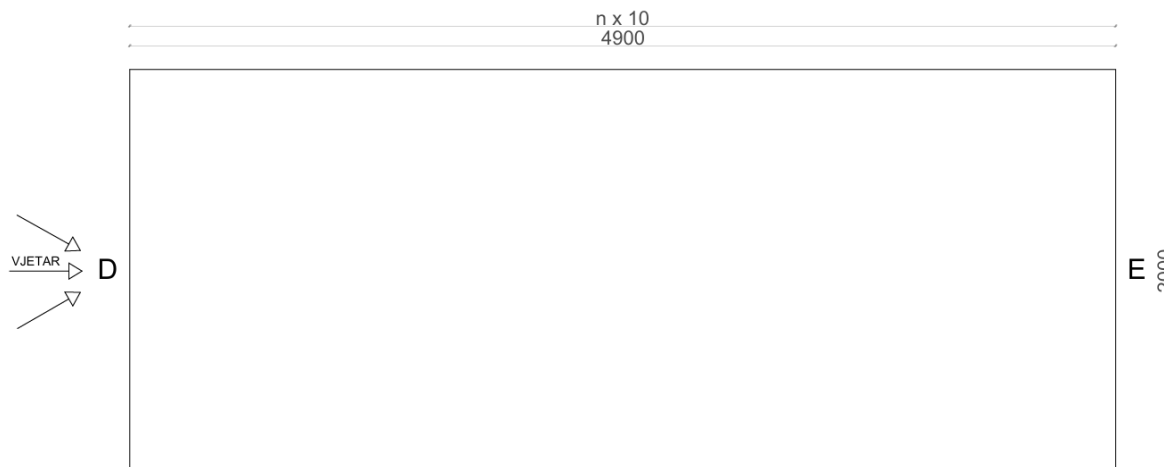
$$e = \min \{b, 2h\} = \min \{49 \text{ m}, 2 \cdot 8,6 \text{ m}\} = \min \{49 \text{ m}, 17,2 \text{ m}\} = 17,2 \text{ m}$$

$$d = 20 \text{ m}$$

Odabiremo manju vrijednost ( $e < d$ )  $\rightarrow e = 17,2 \text{ m}$



Prikaz područja vjetra za vertikalne zidove:



$$h/d = 8,6/20 = 0,43$$

Područje	A		B		C		D		E	
$h/d$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
$\geq 5$	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	-0,5

NAPOMENA: Za pojedinačne zgrade na otvorenome terenu u područjima u zavjetrini mogu nastupiti i veće sile.  
 Međuvrijednosti se smiju linearno interpolirati.  
 Za zgrade čiji je omjer  $h/d > 5$ , ukupno opterećenje vjetrom smije se temeljiti na odredbama iz točaka od 7.6 do 7.8 i 7.9.2.

*Vrijednosti koeficijenata vanjskog pritiska za vertikalne zidove*

**zona D**

H/d	$C_{pe,10}$
1	+0,8
$\leq 0,25$	+0,7

$C_{pe,10} = + 0,72$

**zona E**

H/d	$C_{pe,10}$
1	-0,5
$\leq 0,25$	-0,3

$C_{pe,10} = - 0,35$

$$w_e = q_p \cdot c_{pe} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$q_p = 0,563 \text{ kN/m}^2$$



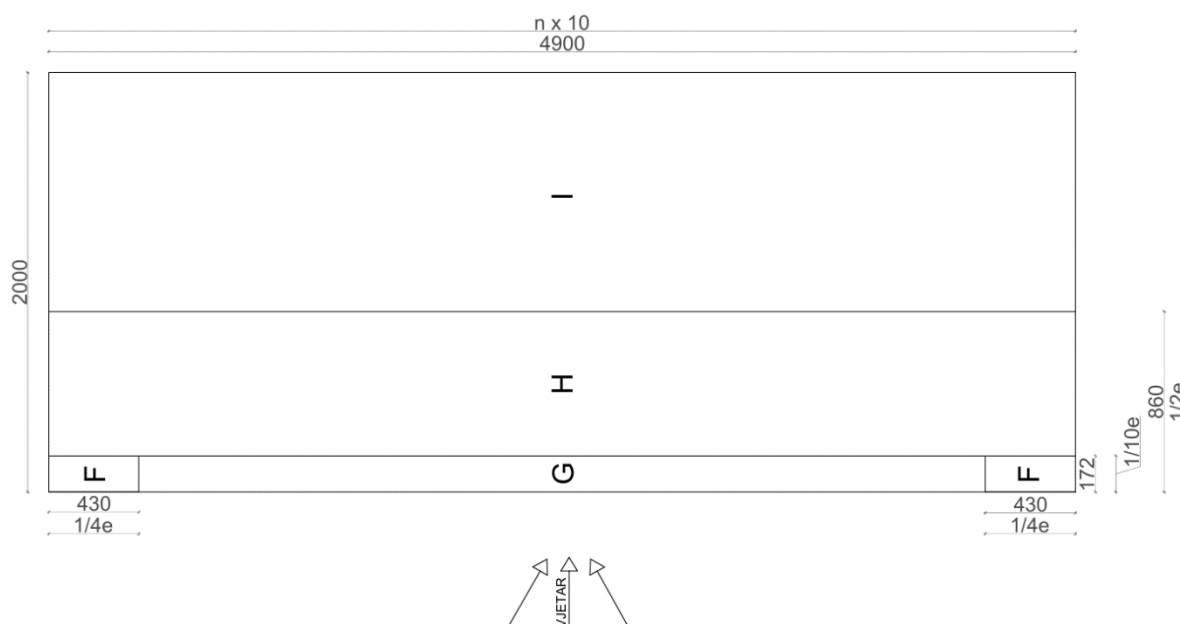
PODRUČJE	D	E
$C_{pe,10}$	+0.72	-0.35
$W_e$ [ kN/m <sup>2</sup> ]	+0.405	-0.197

Određivanje pritiska na halu za krovno područje (dvostrešni ravni krov):

$$e = \min \{b, 2h\} = \min \{49 \text{ m}, 2 \cdot 8,6 \text{ m}\} = \min \{49 \text{ m}, 17,2 \text{ m}\} = 17,2 \text{ m}$$

$$d = 20 \text{ m}$$

Odabiremo manju vrijednost ( $e < d$ )  $\rightarrow e = 17,2 \text{ m}$



$$h/d = 8,6/20 = 0,43$$

Vrsta krova	Područje							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
Oštri zabati	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2

*Preporučene vrijednosti koeficijenata vanjskog tlaka za ravne krovove*

**zona F**  $C_{pe,10} = -1,8$

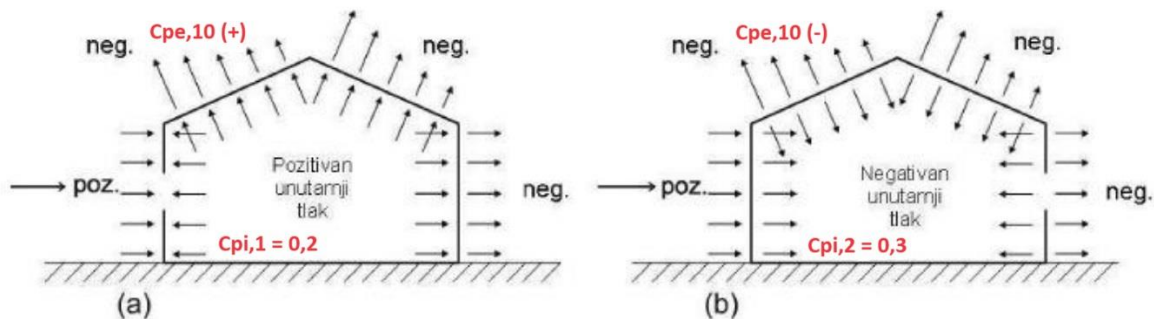
**zona G**  $C_{pe,10} = -1,2$

**zona H**  $C_{pe,10} = -0,7$

**zona I**  $C_{pe,10} = \pm 0,2$

Određivanje koeficijenata unutarnjeg tlaka:

Tamo gdje za neki određeni slučaj nije moguća procjena vrijednosti koeficijenta  $\mu$  ili ju se smatra neopravdanom, za  $c_{pi}$  treba odabrati nepovoljniju vrijednost između + 0,2 i - 0,3.



*Tlak na zidove i krovne plohe*

$$C_{pi,1} = + 0.2 \text{ (odizanje)}$$

$$C_{pi,2} = - 0.3 \text{ (pritisak)}$$





### 2.3. REZULTANTNO DJELOVANJE VJETRA

(Dobije se kombinacijom vanjskog i unutarnjeg učinka vjetra)

1. Pozitivan vanjski tlak - Pozitivan unutarnji tlak

$$w = w_e + w_i \rightarrow w = q_p * |C_{pe} + C_{pi}| \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$q_p(z) = 0,563 \text{ kN/m}^2$$

ZONA	C <sub>pe</sub>	C <sub>pi</sub>	q <sub>p</sub> (z)* C <sub>pe</sub> + C <sub>pi</sub>	PREDZNAK	w [ kN/m <sup>2</sup> ]
D	+0,72	+0,2	0,563 ( 0,72 + 0,2 )	+	0,293
E	-0,35	+0,2	0,563 ( 0,35 + 0,2 )	-	0,310
F	-1,8	+0,2	0,563 ( 1,8 + 0,2 )	-	1,126
G	-1,2	+0,2	0,563 ( 1,2 + 0,2 )	-	0,788
H	-0,7	+0,2	0,563 ( 0,7 + 0,2 )	-	0,507
I	+0,2	+0,2	0,563 ( 0,2 + 0,2 )	0	0

2. Pozitivan vanjski tlak - Negativni unutarnji tlak

$$w = w_e + w_i \rightarrow w = q_p * |C_{pe} - C_{pi}| \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$q_p(z) = 0,563 \text{ kN/m}^2$$

ZONE	C <sub>pe</sub>	C <sub>pi</sub>	q <sub>p</sub> (z) *  C <sub>pe</sub> - C <sub>pi</sub>	PREDZNAK	w [ kN/m <sup>2</sup> ]
D	+0,72	-0,3	0,563 ( 0,72 + 0,3 )	+	0,574
E	-0,35	-0,3	0,563 ( 0,35 - 0,3 )	-	0,028
F	-1,8	-0,3	0,563 ( 1,8 - 0,3 )	-	0,845
G	-1,2	-0,3	0,563 ( 1,2 - 0,3 )	-	0,507
H	-0,7	-0,3	0,563 ( 0,7 - 0,3 )	-	0,225
I	+0,2	-0,3	0,563 ( 0,2 + 0,3 )	+	0,282



### 3. Negativan vanjski tlak - Pozitivan unutarnji tlak

$$w = w_e + w_i \rightarrow w = q_p * |C_{pe} + C_{pi}| \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$q_p(z) = 0,563 \text{ kN/m}^2$$

ZONA	C <sub>pe</sub>	C <sub>pi</sub>	q <sub>p</sub> (z)* C <sub>pe</sub> + C <sub>pi</sub>	PREDZNAK	w [kN/m <sup>2</sup> ]
D	+0,72	+0,2	0,563 ( 0,72 - 0,2 )	+	0,293
E	-0,35	+0,2	0,563 ( 0,35 + 0,2 )	-	0,310
F	-1,8	+0,2	0,563 ( 1,8 + 0,2 )	-	1,126
G	-1,2	+0,2	0,563 ( 1,2 + 0,2 )	-	0,788
H	-0,7	+0,2	0,563 ( 0,7 + 0,2 )	-	0,507
I	-0,2	+0,2	0,563 ( 0,2 + 0,2 )	-	0,225

### 4. Negativan vanjski tlak - Negativan unutarnji tlak

$$w = w_e + w_i \rightarrow w = q_p * |C_{pe} + C_{pi}| \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$q_p(z) = 0,563 \text{ kN/m}^2$$

ZONE	C <sub>pe</sub>	C <sub>pi</sub>	q <sub>p</sub> (z) *  C <sub>pe</sub> + C <sub>pi</sub>	PREDZNAK	w [kN/m <sup>2</sup> ]
D	+0,72	-0,3	0,563 ( 0,72 + 0,3 )	+	0,574
E	-0,35	-0,3	0,563 ( 0,35 - 0,3 )	-	0,028
F	-1,8	-0,3	0,563 ( 1,8 - 0,3 )	-	0,845
G	-1,2	-0,3	0,563 ( 1,2 - 0,3 )	-	0,507
H	-0,7	-0,3	0,563 ( 0,7 - 0,3 )	-	0,225
I	-0,2	-0,3	0,563 ( 0,2 - 0,3 )	+	0,056

## KOMBINACIJE DJELOVANJA VJETRA: Zabatno pročelje

Negativan vanjski tlak - Pozitivan unutarnji tlak (maksimalno razvlačenje zabatnog pročelja)

$$w = w_e + w_i \rightarrow w = q_p * |C_{pe} + C_{pi}| \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$q_p(z) = 0,563 \text{ kN/m}^2$$

ZONE	C <sub>pe</sub>	C <sub>pi</sub>	q <sub>p</sub> (z) *  C <sub>pe</sub> + C <sub>pi</sub>	" "	w [kN/m <sup>2</sup> ]
A	-1,2	+0,2	0,563 ( 1,2 + 0,2 )	-	0,79
B	-0,8	+0,2	0,563 ( 0,8 + 0,2 )	-	0,56
C	-0,5	+0,2	0,563 ( 0,5 + 0,2 )	-	0,39



Negativan vanjski tlak - Negativan unutarnji tlak

$$w = w_e + w_i \rightarrow w = q_p * |C_{pe} + C_{pi}| \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$q_p(z) = 0,563 \text{ kN/m}^2$$

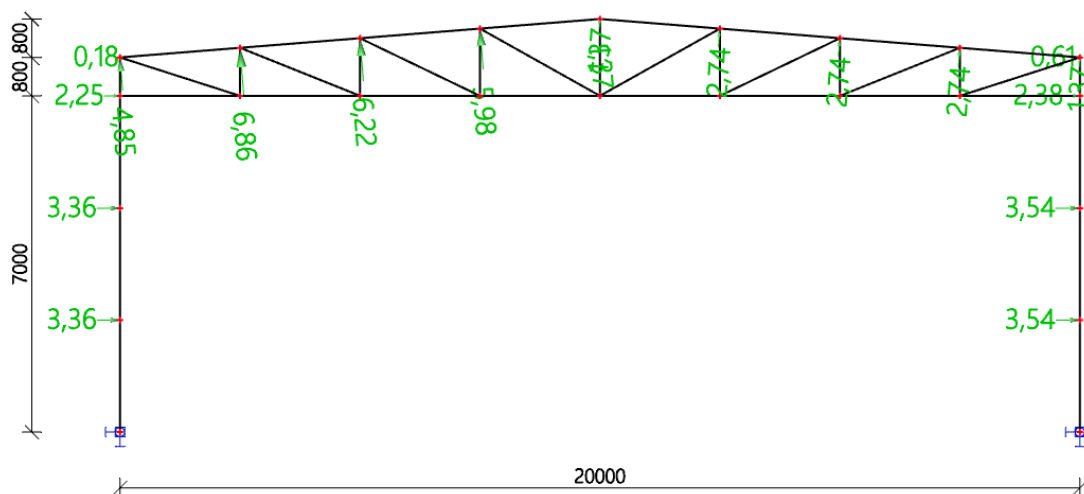
ZONE	C <sub>pe</sub>	C <sub>pi</sub>	$q_p(z) *  C_{pe} + C_{pi} $	" "	w [kN/m <sup>2</sup> ]
A	-1,2	-0,3	0,563 ( 1,2 - 0,3 )	-	0,51
B	-0,8	-0,3	0,563 ( 0,8 - 0,3 )	-	0,28
C	-0,5	-0,3	0,563 ( 0,5 - 0,3 )	-	0,11

KOMBINACIJA 1 - Maksimalno odizanje rešetke

(negativan vanjski tlak – pozitivan unutarnji tlak)

REŠETKA					
ČVOR	OPTEREĆENJE	OSNI RAZMAK STUPOVA (m)	IZNOS (kN/m')	RAZMAK OKVIRA (m)	IZNOS (kN)
1	$0,5 * W_G * 2,5$	2,50	0,99	4,90	4,85
2	$0,46 * W_G + 2,04 * W_H$	2,50	1,40	4,90	6,86
3	$W_H * 2,5$	2,50	1,27	4,90	6,22
4	$2,34 * W_H + 0,16 * W_i$	2,50	1,22	4,90	5,98
5	$0,5 * W_i * 2,5$	2,50	0,28	4,90	1,37
6	$0,5 * W_i * 2,5$	2,50	0,28	4,90	1,37
7	$W_i * 2,5$	2,50	0,56	4,90	2,74
8	$W_i * 2,5$	2,50	0,56	4,90	2,74
9	$W_i * 2,5$	2,50	0,56	4,90	2,74
10	$0,5 * W_i * 2,5$	2,50	0,28	4,90	1,37

STUPOVI					
ČVOR	(1) OPTEREĆENJE	(2) RAZMAK OKVIRA (m)	(1)*(2) IZNOS (kN/m')	(3) UTJECAJNA VISINA (m)	(1)*(2)*(3) IZNOS (kN)
1	$W_D = 0,293$	4,90	1,44	2,33	+3,36
2	$W_D$	4,90	1,44	2,33	+3,36
3	$W_D$	4,90	1,44	$0,5 * 2,33 + 0,5 * 0,8$	+2,25
4	$W_D$	4,90	1,44	$0,5 * 0,8$	+0,18
5	$W_E = 0,310$	4,90	1,52	2,33	-3,54
6	$W_E$	4,90	1,52	2,33	-3,54
7	$W_E$	4,90	1,52	$0,5 * 2,33 + 0,5 * 0,8$	-2,38
8	$W_E$	4,90	1,52	$0,5 * 0,8$	-0,61

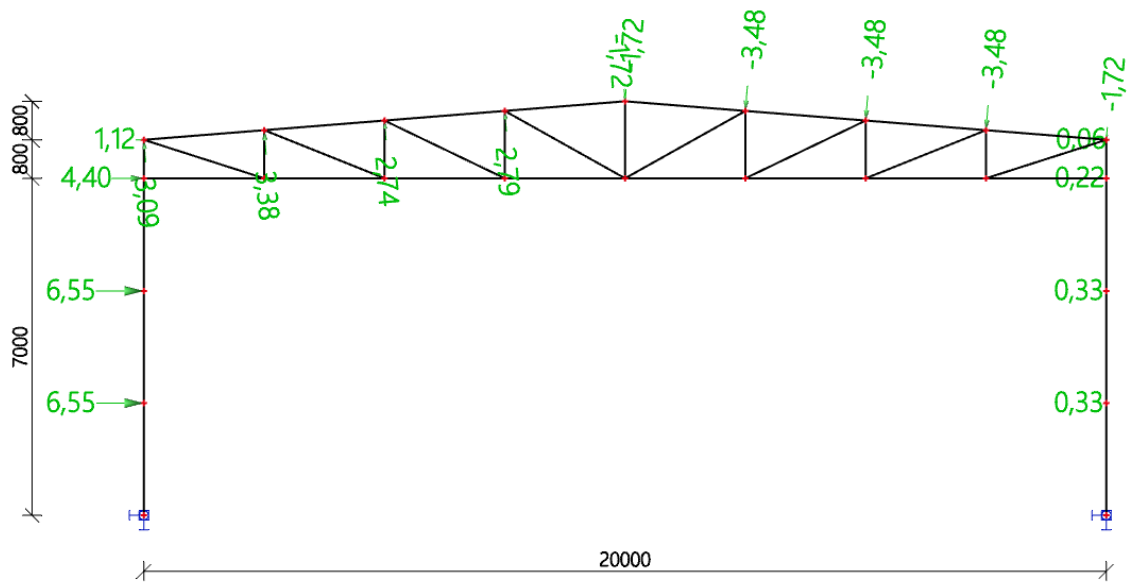


## KOMBINACIJA 2 - Maksimalni pritisak rešetke

(pozitivan vanjski tlak – negativni unutarnji tlak)

REŠETKA					
ČVOR	OPTEREĆENJE	OSNI RAZMAK STUPOVA (m)	IZNOS (kN/m')	RAZMAK OKVIRA (m)	IZNOS (kN)
1	$0,5 \cdot W_G \cdot 2,5$	2,50	0,63	4,90	-3,09
2	$0,46 \cdot W_G + 2,04 \cdot W_H$	2,50	0,69	4,90	-3,38
3	$W_H \cdot 2,5$	2,50	0,56	4,90	-2,74
4	$2,34 \cdot W_H + 0,16 \cdot W_i$	2,50	0,57	4,90	-2,79
5	$0,5 \cdot W_i \cdot 2,5$	2,50	0,35	4,90	1,72
6	$0,5 \cdot W_i \cdot 2,5$	2,50	0,35	4,90	1,72
7	$W_i \cdot 2,5$	2,50	0,71	4,90	3,48
8	$W_i \cdot 2,5$	2,50	0,71	4,90	3,48
9	$W_i \cdot 2,5$	2,50	0,71	4,90	3,48
10	$0,5 \cdot W_i \cdot 2,5$	2,50	0,35	4,90	1,72

STUPOVI					
ČVOR	(1) OPTEREĆENJE	(2) RAZMAK OKVIRA (m)	(1)*(2) IZNOS (kN/m')	(3) UTJECAJNA VISINA (m)	(1)*(2)*(3) IZNOS (kN)
1	$W_D = 0,574$	4,90	2,81	2,33	+6,55
2	$W_D$	4,90	2,81	2,33	+6,55
3	$W_D$	4,90	2,81	$0,5 \cdot 2,33 + 0,5 \cdot 0,8$	+4,40
4	$W_D$	4,90	2,81	$0,5 \cdot 0,8$	+1,12
5	$W_E = 0,028$	4,90	0,14	2,33	-0,33
6	$W_E$	4,90	0,14	2,33	-0,33
7	$W_E$	4,90	0,14	$0,5 \cdot 2,33 + 0,5 \cdot 0,8$	-0,22
8	$W_E$	4,90	0,14	$0,5 \cdot 0,8$	-0,06



### 3. KONTROLA PROGIBA

#### 3.1. VERTIKALNI PROGIB

##### 1D deformations

Values:  $u_z$

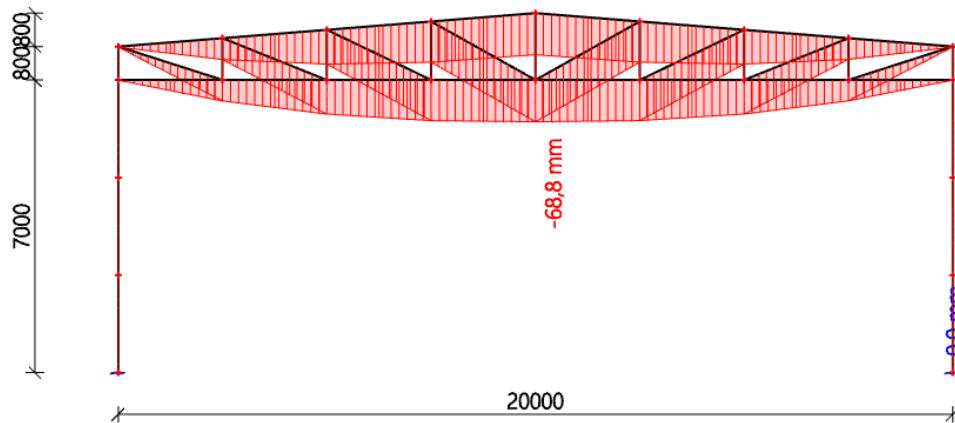
Linear calculation

Combination: GSU1

Coordinate system: Global

Extreme 1D: Global

Selection: All



*Vertikalni progib glavnog nosača*

Najveći progib krovišta dobivamo za kombinaciju: **1,0G<sub>0</sub>+1,0G<sub>1</sub>+1,0S**

Dopušteni progib:  $L/250 = 20000\text{mm}/250 = 80\text{ mm}$

$$68,8/80 = 0,86 = 86,0\%$$

Najveći progib krovišta zadovoljava u odnosu na dopušteni sa iskoristivosti 86,0%.

## 3.2. HORIZONTALNI PROGIB

### 1D deformations

Values:  $u_x$

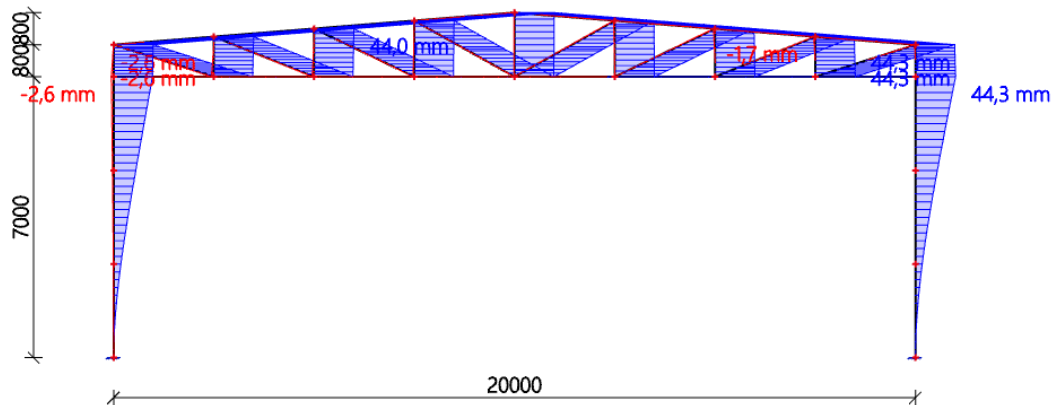
Linear calculation

Combination: GSU2

Coordinate system: Global

Extreme 1D: Cross-section

Selection: All



*Horizontalni progib glavnog nosača*

Najveći progib krovišta dobivamo za kombinaciju: **1,0G<sub>0</sub> + 1,0G<sub>1</sub> + 1,0W**(ODIŽUĆI)

Dopušteni progib:  $L/150 = 7800\text{mm}/150 = 52\text{mm}$

$$44,3/52 = 0,852 = 85,2\%$$

Najveći progib stupova zadovoljava u odnosu na dopušteni sa iskoristivosti 85,2%

Korišteni profili za GSU:

Stupovi - HEA200

Donji pojas - CFRHS 80 x 80 x 5

Gornji pojas - CFRHS 80 x 80 x 5

Dijagonale - SHS 30 x 30 x 4

Vertikale - SHS 30 x 30 x 4



## 4. DIJAGRAMI REZIH SILA ZA KOMBINACIJE DJELOVANJA (GSN)

### 4.1. GLAVNA NOSIVA KONSTRUKCIJA

#### 4.1.1. KOMBINACIJA $1,35 * (G_0 + G_1) + 0,9 W_{\text{Pritiskajući}} + 1,5 S$

##### 1D internal forces

Values:  $M_y$

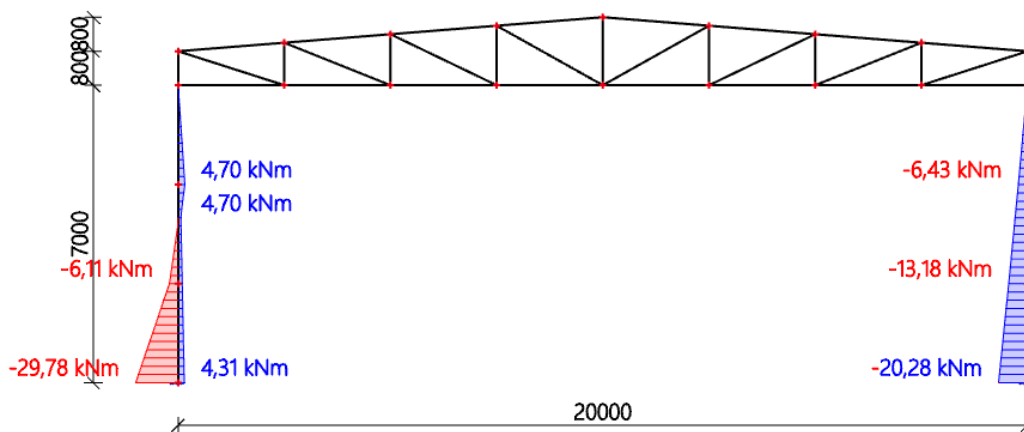
Linear calculation

Combination: GSN1

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Member

Selection: All



*Momentni dijagram kombinacije 1*

##### 1D internal forces

Values:  $V_z$

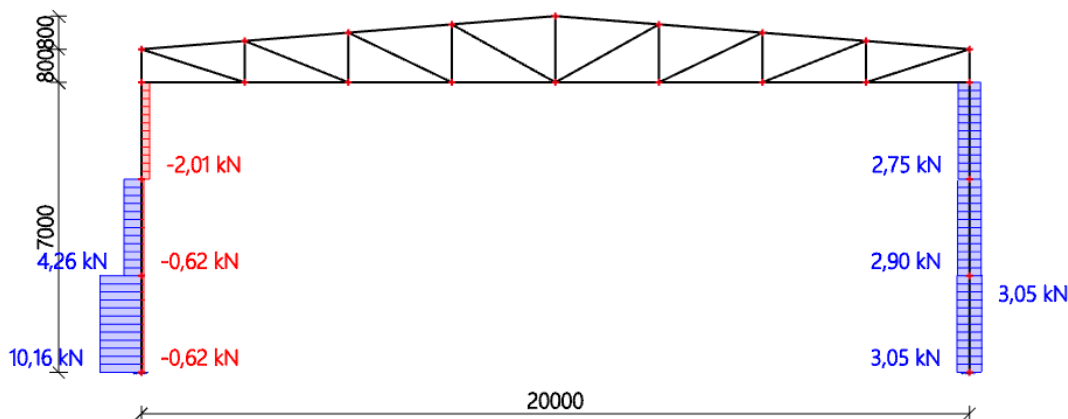
Linear calculation

Combination: GSN1

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Member

Selection: All



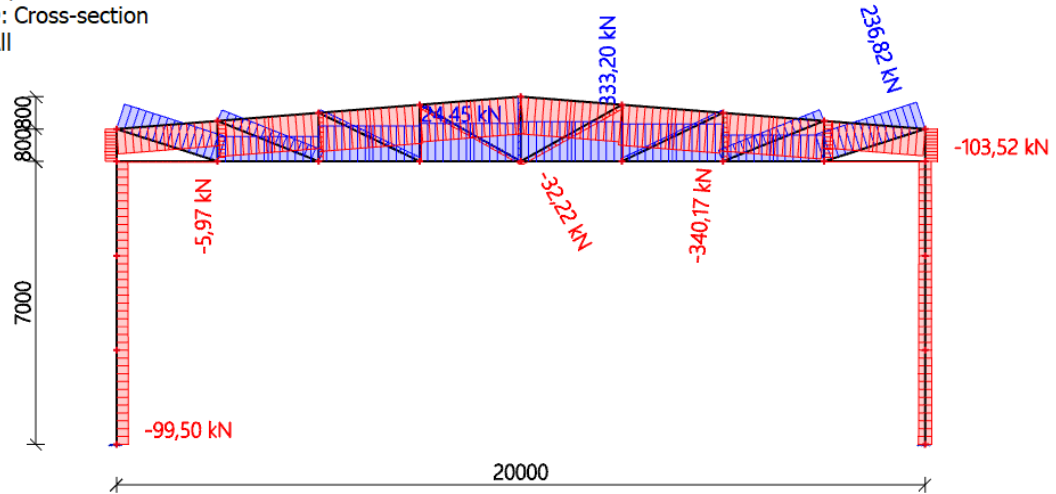
*Dijagram poprečnih sila kombinacije 1*





**1D internal forces**

Values: **N**  
 Linear calculation  
 Combination: GSN1  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Cross-section  
 Selection: All

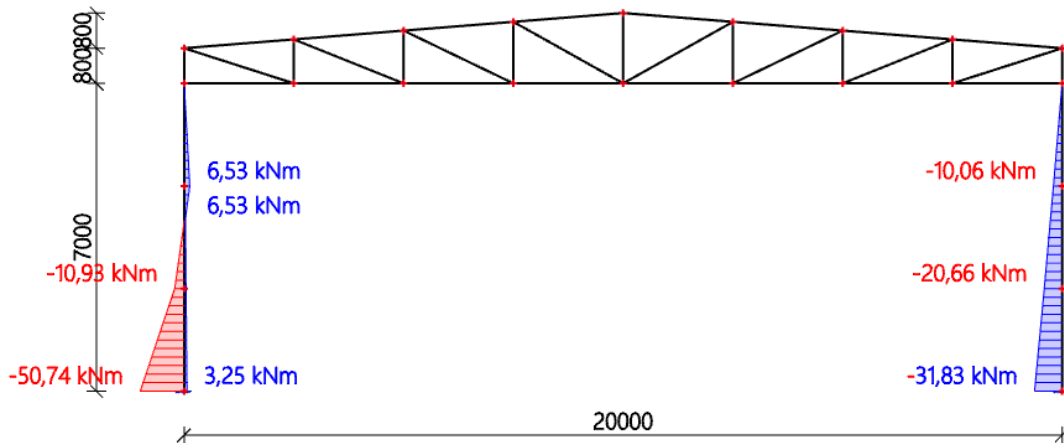


*Dijagram uzdužnih sila kombinacije 1*

**4.1.2. KOMBINACIJA  $1,35 * (G_0+G_1) + 1,5 W_{\text{Pritiskajući}} + 0,9 S$**

**1D internal forces**

Values: **M<sub>y</sub>**  
 Linear calculation  
 Combination: GSN2  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: All



*Momentni dijagram kombinacije 2*



**1D internal forces**

Values:  $V_z$

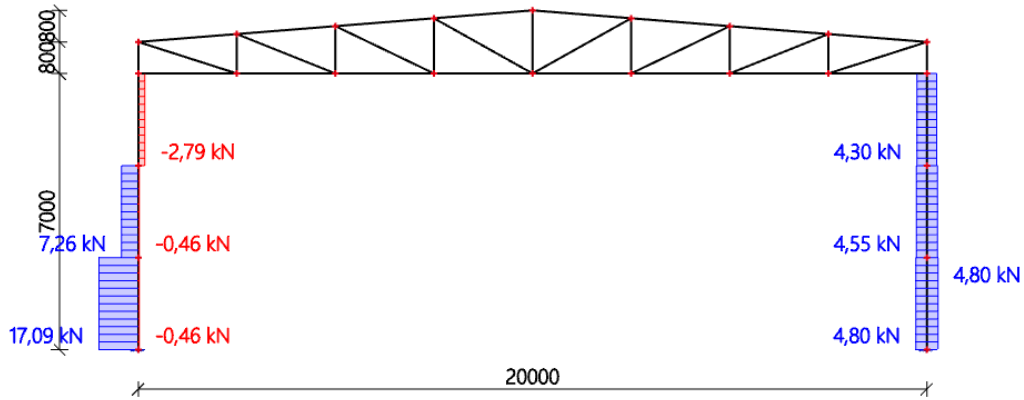
Linear calculation

Combination: GSN2

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Member

Selection: All



*Dijagram poprečnih sila kombinacije 2*

**1D internal forces**

Values:  $N$

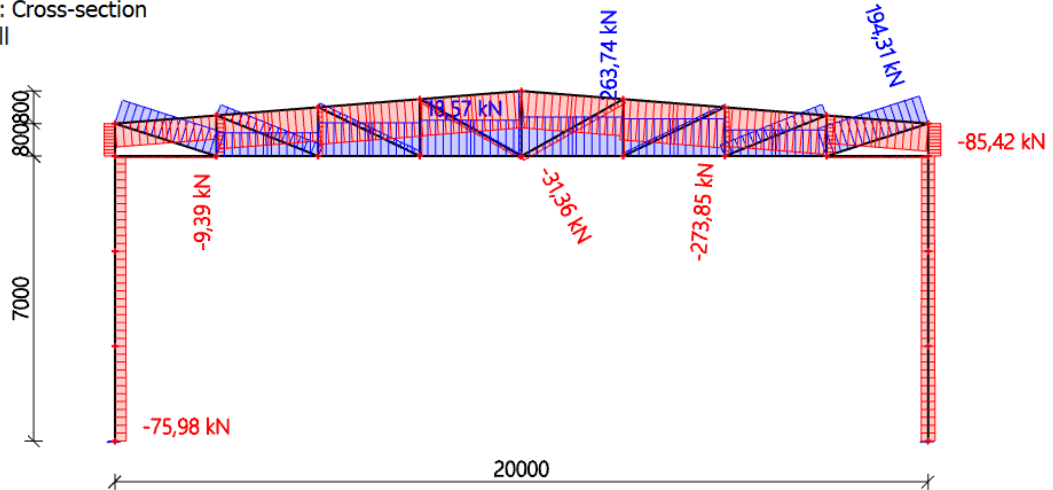
Linear calculation

Combination: GSN2

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Cross-section

Selection: All



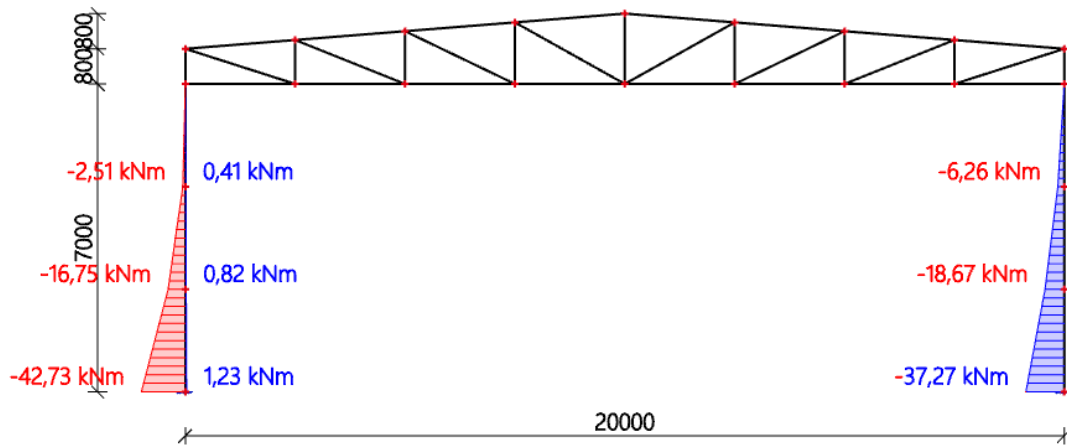
*Dijagram uzdužnih sila kombinacije 2*



### 4.1.3. KOMBINACIJA $1,0 * (G_0+G_1) + 1,5 W_{Odižući}$

#### 1D internal forces

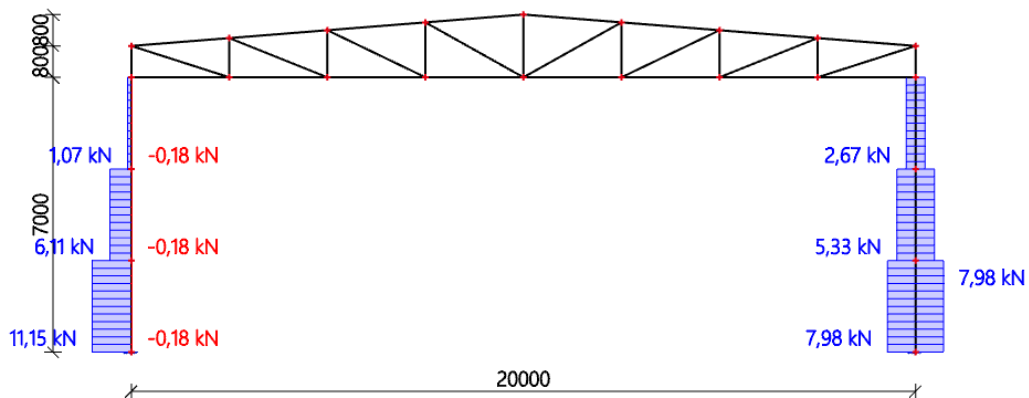
Values:  $M_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN3  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: All



*Momentni dijagram kombinacije 3*

#### 1D internal forces

Values:  $V_z$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN3  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: All



*Dijagram poprečnih sila kombinacije 3*



**1D internal forces**

Values: **N**

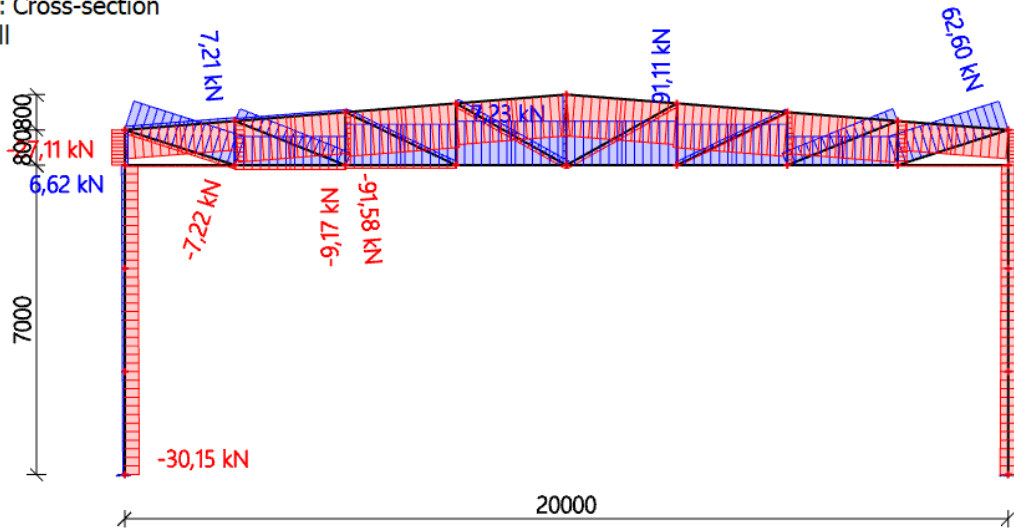
Linear calculation

Combination: GSN3

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Cross-section

Selection: All



*Dijagram uzdužnih sila kombinacije 3*



## 4.2. SEKUNDARNA KONSTRUKCIJA

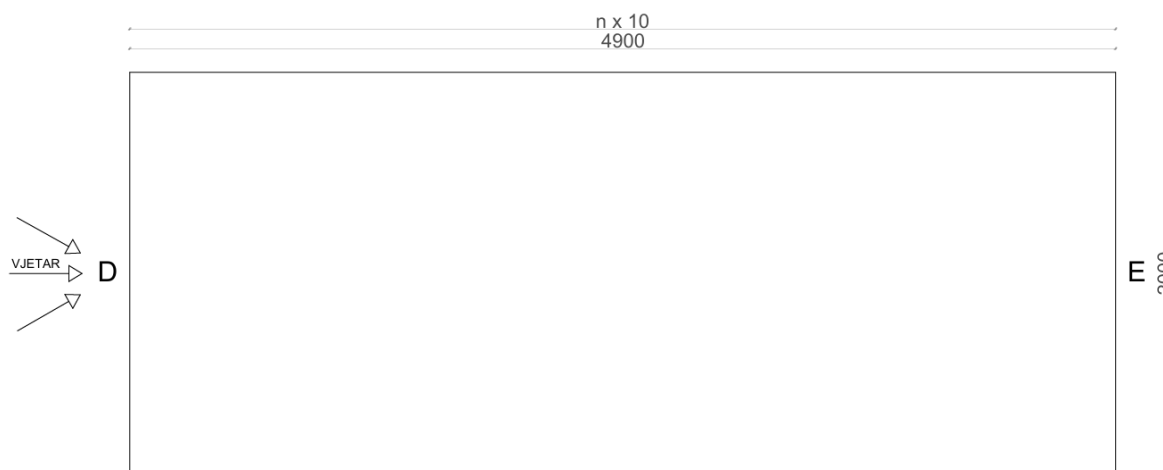
### 4.2.1. ZABATNI STUPOVI

Određivanje pritiska na zabatno pročelje:

$$e = \min \{b, 2h\} = \min \{49 \text{ m}, 2 \cdot 8,6 \text{ m}\} = \min \{49 \text{ m}, 17,2 \text{ m}\} = 17,2 \text{ m}$$

$$d = 20 \text{ m}$$

Odabiremo manju vrijednost ( $e < d$ )  $\rightarrow e = 17,2 \text{ m}$



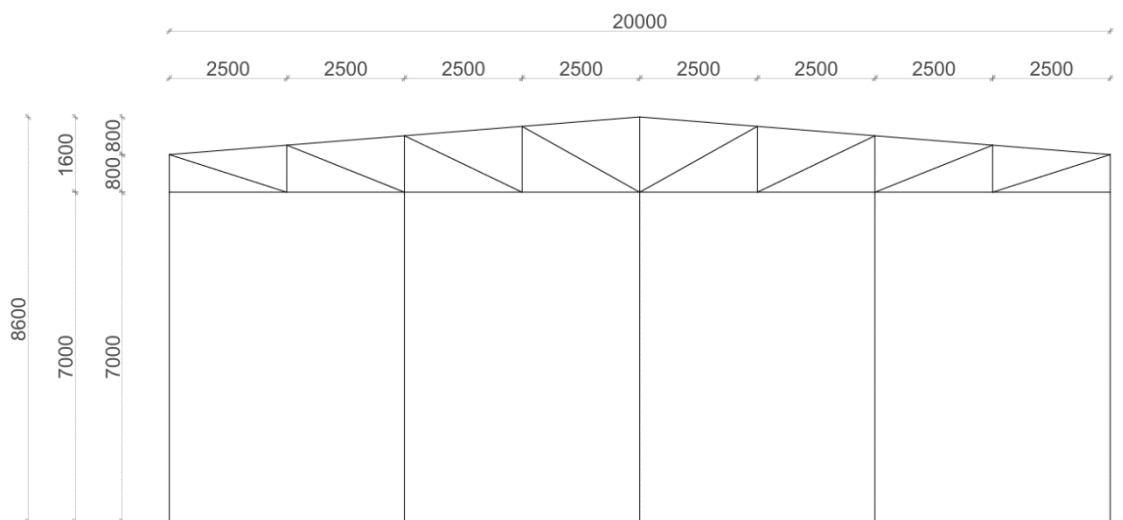
$$h/d = 8,6/49 = 0,176$$

Područje	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
$\geq 5$	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	-0,5

NAPOMENA: Za pojedinačne zgrade na otvorenome terenu u područjima u zavjetrini mogu nastupiti i veće sile.  
 Međuvrijednosti se smiju linearno interpolirati.  
 Za zgrade čiji je omjer  $h/d > 5$ , ukupno opterećenje vjetrom smije se temeljiti na odredbama iz točaka od 7.6 do 7.8 i 7.9.2.

$$W_D = q_p(z) \cdot D = 0,563 \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdot 0,7 = 0,394$$

Ovaj iznos svodimo na linijsko opterećenje množeći ga sa utjecajnom širinom.



$$W_1 = W_D \cdot 5/2 = 0,394 \cdot 2,5 = 0,99 \text{ (kN/m')}$$

$$W_2 = W_D \cdot (2,5 + 2,5) = 0,394 \cdot 5,0 = 1,97 \text{ (kN/m')}$$

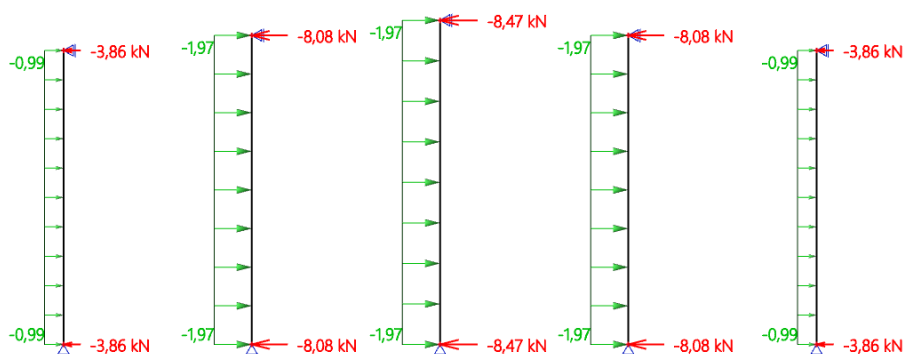
$$W_3 = W_D \cdot (2,5 + 2,5) = 0,394 \cdot 5,0 = 1,97 \text{ (kN/m')}$$

$$W_4 = W_D \cdot (2,5 + 2,5) = 0,394 \cdot 5,0 = 1,97 \text{ (kN/m')}$$

$$W_5 = W_D \cdot 5/2 = 0,394 \cdot 2,5 = 0,99 \text{ (kN/m')}$$

**Reactions**

Values:  $R_x$   
 Linear calculation  
 Load case: LC2  
 System: Global  
 Extreme: Member  
 Selection: All

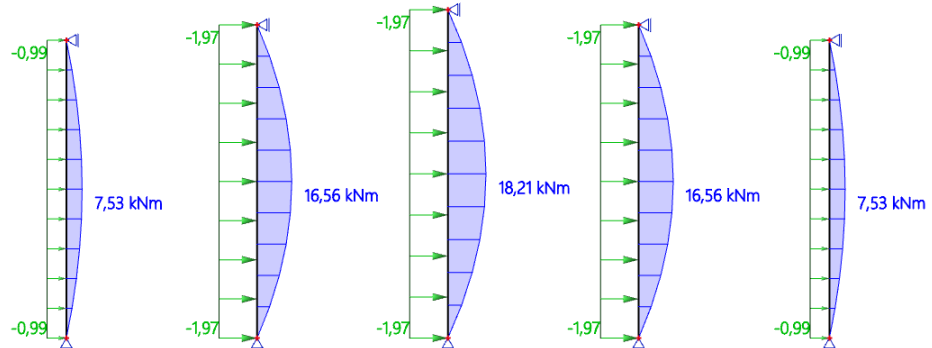


*Reakcije za djelovanje vjetra W1*



**1D internal forces**

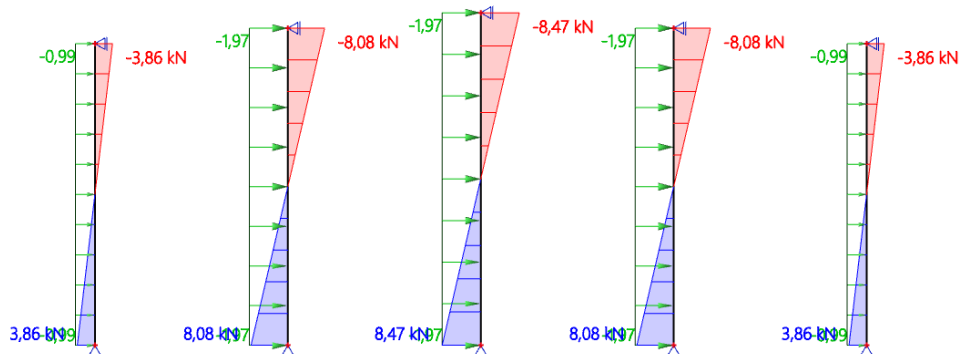
Values:  $M_y$   
 Linear calculation  
 Load case: LC2  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: All



*Momentni dijagram za djelovanje vjetra W1*

**1D internal forces**

Values:  $V_z$   
 Linear calculation  
 Load case: LC2  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: All



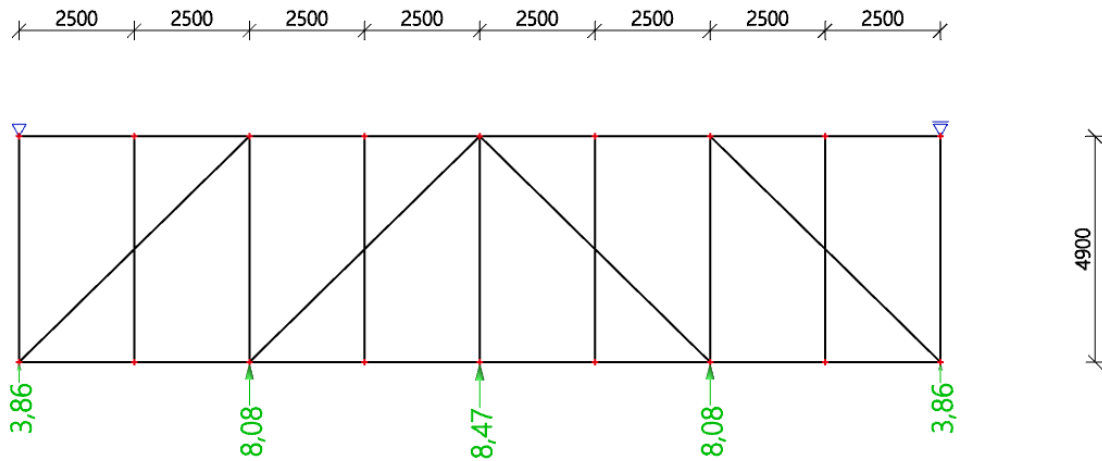
*Dijagram poprečnih sila za djelovanje vjetra W1*



### 4.2.2. KROVNI (HORIZONTALNI) SPREGOVI

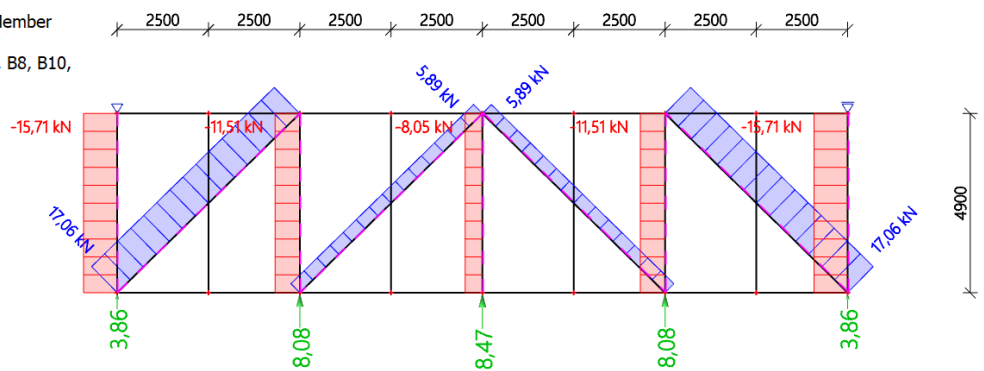
Sile koje djeluju na krovne spregove su prenesene reakcije sa zabatnih stupova.

Odabrani profil - RND 12



*Model krovnog sprega*

**1D internal forces**  
 Values: **N**  
 Linear calculation  
 Load case: LC2  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: B1, B3, B6, B8, B10,  
 B12..B15



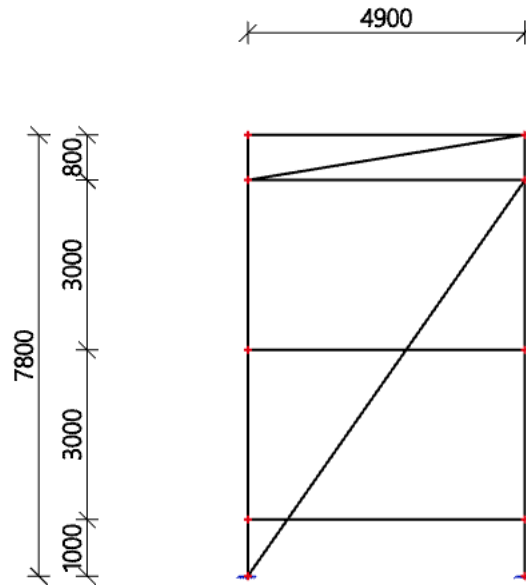
*Dijagram uzdužnih sila horizontalnog sprega*



### 4.2.3. BOČNI (VERTIKALNI) SPREGOVI

Sile koje djeluju na bočne spregove su prenesene reakcije sa krovnih spregova.

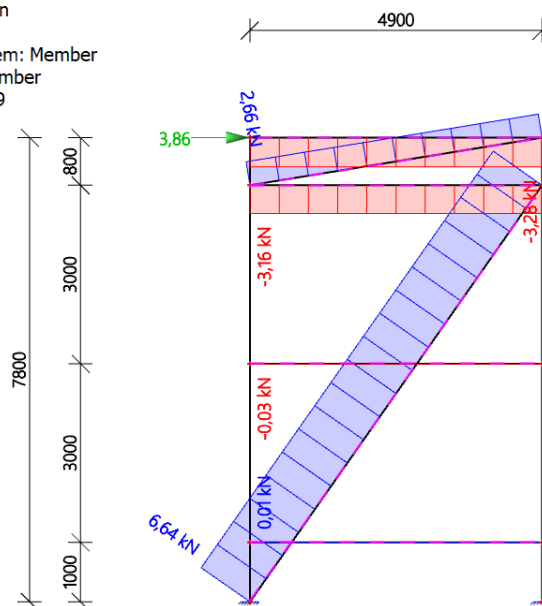
Odabrani profil - RND 12



Model bočnog sprega

#### 1D internal forces

Values: **N**  
Linear calculation  
Load case: LC2  
Coordinate system: Member  
Extreme 1D: Member  
Selection: B4..B9



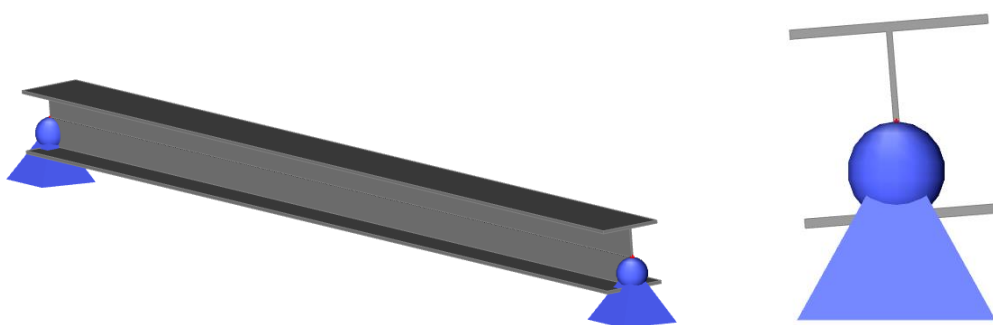
Dijagram uzdužnih sila vertikalnog sprega

#### 4.2.4. KROVNA PODROŽNICA

Krovne podrožnice su duljine 4,9 m. Nalaze se na osnom razmaku od 2,5 m i pod kutom su od  $\alpha = 4,57^\circ$ .

Djelovanja na krovnu podrožnicu su sljedeća:

- Dodatno stalno opterećenje  $G_1$
- Vlastita težina  $G_0$
- Snijeg  $S$
- Vjetar  $W_{\text{pritiskajući}}$
- Vjetar  $W_{\text{odižući}}$



*Model krovne podrožnice*

Mjerodavna kombinacija:  $1,35(G_0 + G_1) + 1,5*S + 0,9*W_p$

##### 1D internal forces

Values:  $M_y$

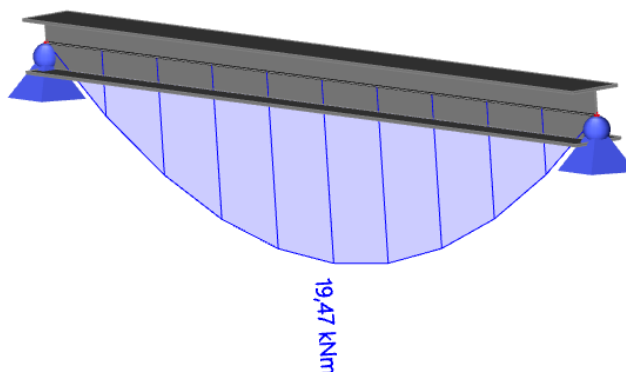
Linear calculation

Combination: GSN1

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Global

Selection: All



*Momentni dijagram  $M_y$  za mjerodavnu kombinaciju*

**1D internal forces**Values:  $M_z$ 

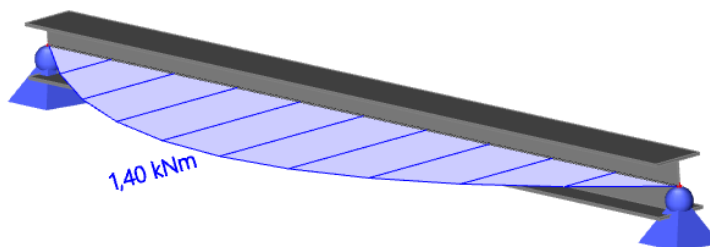
Linear calculation

Combination: GSN1

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Global

Selection: All

*Momentni dijagram  $M_z$  za mjerodavnu kombinaciju***1D internal forces**Values:  $V_y$ 

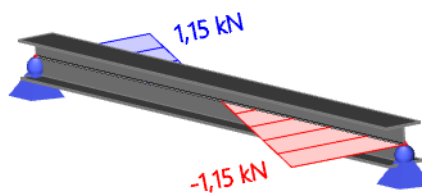
Linear calculation

Combination: GSN1

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Global

Selection: All

*Dijagram poprečnih sila  $V_y$  za mjerodavnu kombinaciju***1D internal forces**Values:  $V_z$ 

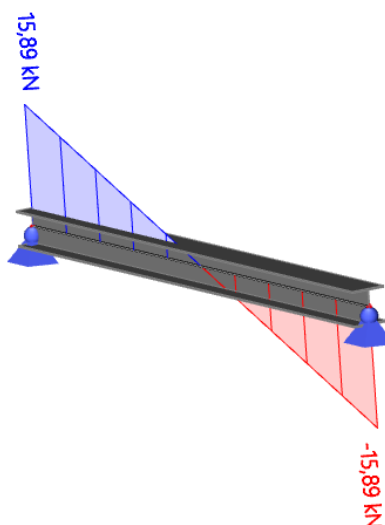
Linear calculation

Combination: GSN1

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Global

Selection: All

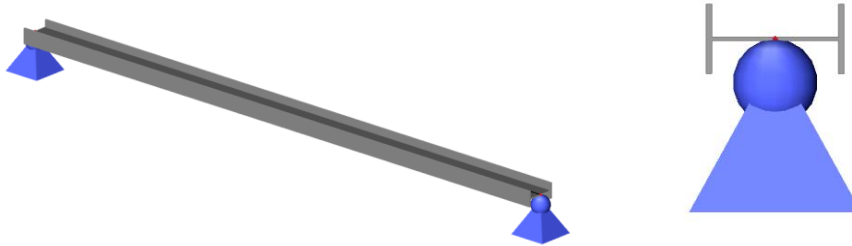
*Dijagram poprečnih sila  $V_z$  za mjerodavnu kombinaciju*



#### 4.2.5. BOČNA PODROŽNICA

Djelovanja na krovnu podrožnicu su sljedeća:

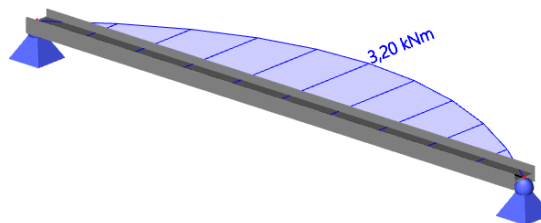
- Dodatno stalno opterećenje  $G_1$
- Vlastita težina  $G_0$
- Vjetar  $W_{\text{pritiskajući}}$



*Model bočne podrožnice*

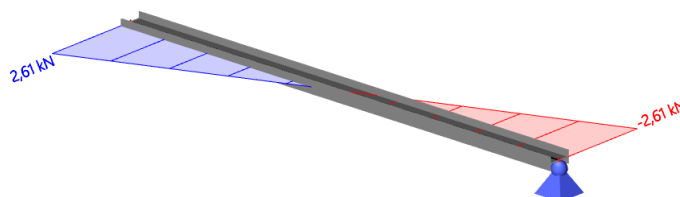
Mjerodavna kombinacija:  $1,35(G_0 + G_1) + 1,5*W_p$

**1D internal forces**  
Values:  $M_y$   
Linear calculation  
Combination: GSN  
Coordinate system: Principal  
Extreme 1D: Global  
Selection: All



*Momentni dijagram  $M_y$  za mjerodavnu kombinaciju*

**1D internal forces**  
Values:  $V_z$   
Linear calculation  
Combination: GSN  
Coordinate system: Principal  
Extreme 1D: Global  
Selection: All



*Dijagram poprečnih  $V_z$  sila za mjerodavnu kombinaciju*



## 5. DIMENZIONIRANJE ELEMENATA KONSTRUKCIJE PREMA GRANIČNOM STANJU NOSIVOSTI

### 5.1. GLAVNA NOSIVA KONSTRUKCIJA

#### 5.1.1. GORNJI POJAS REŠETKE (GP – POZICIJA 4 - 5)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>CFRHS 120x120x6</b>	$\varepsilon = 1,00$		
KVALITETA ČELIKA:	S235	$f_y = 23,5$ (kN/cm <sup>2</sup> )			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
b (cm)	12,0	t (cm)	0,6		
h (cm)	12,0	A (cm <sup>2</sup> )	26,43		
W <sub>pl,Y</sub> (cm <sup>3</sup> )	111,61	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	562,16		
W <sub>pl,Z</sub> (cm <sup>3</sup> )	111,61	I <sub>z</sub> (cm <sup>4</sup> )	562,16		
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	v	0,30

#### Rezne sile uslijed kritične kombinacije (GSN 1):

$$M_{Ed} = 0 \text{ (kNm)}$$

$$V_{Ed} = 0 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} = -344,41 \text{ (kN)}$$

#### Klasifikacija poprečnog presjeka:

$$\frac{d}{t} = \frac{h-3*t}{t} = 17$$

$$\text{Uvjet za klasu 1: } \frac{d}{t} \leq 33 * \varepsilon = 33$$

Hrbat je klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

#### Otpornost poprečnog presjeka:

- Uzdužna tlačna sila

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{26,43 \cdot 23,5}{1} = 621,11 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 344,41 \text{ (kN)}$$

#### Otpornost poprečnog presjeka:

- Tlačna sila:

$$L_i^Z = 5.0 \text{ (m)} = 500 \text{ (cm)}$$

$$L_i^Y = 2.5 \text{ (m)} = 250 \text{ (cm)}$$

$$N_{CR}^Z = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_i^2} = 466,04 \text{ (kN)}$$

$$N_{CR}^Y = \frac{\pi^2 * E * I_y}{L_i^2} = 1864,23 \text{ (kN)}$$



Izvijanje oko osi: Y-Y ili Z-Z

Vruće dogotovljeni profil → Linija izvijanja: a → Faktor imperfekcije:  $\alpha=0.21$

**oko osi z-z**

$$\lambda^Z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{CR}^Z}} = 1,154$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 1,267$$

$$\chi = 1 / (\varphi + \sqrt{\varphi^2 + \lambda^2})$$

$$\chi^Z = 0,559$$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{M1} = 347,45 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 344,41 / 347,45 = 0,99125 = 99,13\%$$

Profil CFRHS 120/120/6 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivošću od 99,13% oko osi z-z.

**oko osi y-y**

$$\lambda^Y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{CR}^Y}} = 0,577$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 0,706$$

$$\chi = 1 / (\varphi + \sqrt{\varphi^2 + \lambda^2})$$

$$\chi^Y = 0,898$$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{M1} = 558,08 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 344,41 / 558,02 = 0,61720 = 61,72\%$$

Profil CFRHS 120/120/6 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivošću od 61,72% oko osi y-y.

### 5.1.2. DONJI POJAS REŠETKE (DP – POZICIJA 2 - 3)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>CFRHS 90x90x5</b>	$\varepsilon = 1,00$		
KVALITETA ČELIKA:	S235	$f_y = 23,5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
b (cm)	9,0	t (cm)	0,5		
h (cm)	9,0	A (cm <sup>2</sup> )	16,36		
W <sub>pl,Y</sub> (cm <sup>3</sup> )	64,59	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	271,10		
W <sub>pl,Z</sub> (cm <sup>3</sup> )	64,59	I <sub>z</sub> (cm <sup>4</sup> )	271,10		
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	v	0,30



**Rezne sile uslijed kritičnih kombinacija za donji pojas rešetke:**

GSN 2	GSN 1
$M_{Ed} = 0$ (kNm)	$M_{Ed} = 0$ (kNm)
$V_{Ed} = 0$ (kN)	$V_{Ed} = 0$ (kN)
$N_{Ed} = -9,35$ (kN)	$N_{Ed} = +341,75$ (kN)

**Klasifikacija poprečnog presjeka:**

- Hrbat:

$$\frac{d}{t} = \frac{h-3*t}{t} = 17$$

Uvjet za klasu 1:  $\frac{d}{t} \leq 33 * \epsilon = 33$

Hrbat je klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

**Otpornost poprečnog presjeka:**

- Uzdužna vlačna sila  $N_{Ed} = +341,75$  (kN)

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{16,36 \cdot 23,5}{1} = 384,46 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 341,75 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} / N_{t,Rd} = 341,75 / 384,46 = 0,88891 = 88,89\%$$

Profil CFRHS 90/90/5 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivošću od 88,89%.

- Uzdužna tlačna sila  $N_{Ed} = -9,35$  (kN) za duljinu izvijanja  $l = l/4 = 2500/4 = 625$  cm

$$N_{CR}^Z = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_i^2} = 102,37 \text{ (kN)}$$

Vruće dogotovljeni profil → Linija izvijanja: a → Faktor imperfekcije:  $\alpha = 0,21$

$$\lambda^Z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{CR}^Z}} = 1,938$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 2,560$$

$$\chi = 1 / (\varphi + \sqrt{(\varphi^2 + \lambda^2)})$$

$$\chi^Z = 0,236$$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{M1} = 90,81 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 9,35 / 90,81 = 0,10296 = 10,30 \%$$

Profil CFRHS 90/90/5 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivošću od 10,30 % oko osi Z-Z.



### 5.1.3. DIJAGONALE REŠETKE (D – POZICIJA 12 - 15)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>SHS 70x70x5</b>		$\varepsilon = 1,00$	
KVALITETA ČELIKA:	S235	$f_y = 23.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
b (cm)	7,0	t (cm)	0,5		
h (cm)	7,0	A (cm <sup>2</sup> )	12,7		
W <sub>El,Y</sub> (cm <sup>3</sup> )	25,3	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	88,5		
W <sub>Pl,Z</sub> (cm <sup>3</sup> )	30,8	I <sub>z</sub> (cm <sup>4</sup> )	88,5		
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	v	0,30

#### Rezne sile uslijed kritične kombinacije (GSN 1):

$M_{Ed} = 0 \text{ (kNm)}$   
 $V_{Ed} = 0 \text{ (kN)}$   
 $N_{Ed} = - 32,95 \text{ (kN)}$   
 $N_{Ed} = + 242,95 \text{ (kN)}$

#### Klasifikacija poprečnog presjeka:

- Hrnat:

$$\frac{d}{t} = \frac{h-3*t}{t} = 11$$

Uvjet za klasu 1:  $\frac{d}{t} \leq 33*\varepsilon = 33$

Hrnat je klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

#### Otpornost poprečnog presjeka:

- Uzdužna vlačna sila  $N_{Ed} = + 242,95 \text{ (kN)}$

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{12,7 \cdot 23,5}{1} = 298,45 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = + 242,95 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} / N_{t,Rd} = + 242,95 / 298,45 = 0,81403 = 81,40\%$$

Profil SHS 70/70/5 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivošću od 81,40%.

- Uzdužna tlačna sila  $N_{Ed} = -32,95 \text{ (kN)}$  za duljinu izvijanja  $l=262,49 \text{ cm}$

$$N_{CR}^Z = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_i^2} = 266,22 \text{ (kN)}$$





Vruće dogotovljeni profil → Linija izvijanja: a → Faktor imperfekcije:  $\alpha=0.21$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{CR}}} = 1,059$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 1,151$$

$$\chi = 1 / (\varphi + \sqrt{\varphi^2 + \lambda^2})$$

$$\chi = 0,624$$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / Y_{M1} = 186,38 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 32,95 / 186,38 = 0,17679 = 17,68 \%$$

Profil SHS 70/70/5 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivošću od 17,68 % oko obje osi.

#### 5.1.4. VERTIKALE REŠETKE (V – POZICIJA 6 - 10)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>SHS 40x40x4</b>		$\varepsilon = 1,00$	
KVALITETA ČELIKA:	S235	$f_y = 23.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:					
b (cm)	4,0	t (cm)	0,4		
h (cm)	4,0	A (cm <sup>2</sup> )	5,59		
W <sub>El,Y</sub> (cm <sup>3</sup> )	5,91	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	11,8		
W <sub>Pl,Z</sub> (cm <sup>3</sup> )	7,44	I <sub>z</sub> (cm <sup>4</sup> )	11,8		
MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	v	0,30

#### Rezne sile uslijed kritične kombinacije (GSN 1):

$$M_{Ed} = 0 \text{ (kNm)}$$

$$V_{Ed} = 0 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} = - 106,10 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} = + 25,41 \text{ (kN)}$$

#### Klasifikacija poprečnog presjeka:

- Hrbat:

$$\frac{d}{t} = \frac{h-3 \cdot t}{t} = 7$$

$$\text{Uvjet za klasu 1: } \frac{d}{t} \leq 33 \cdot \varepsilon = 33$$

Hrbat je klase 1

Poprečni presjek je klase 1.



### Otpornost poprečnog presjeka:

- Uzdužna vlačna sila  $N_{Ed} = +25,41$  (kN)

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{5,59 \cdot 23,5}{1} = 131,37 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = +25,61 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} / N_{t,Rd} = +25,61 / 131,37 = 0,19495 = 19,5\%$$

Profil SHS 40/40/4 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivošću od 19,5%

- Uzdužna tlačna sila  $N_{Ed} = -106,10$  (kN) za duljinu izvijanja  $l = 80$  cm

$$N_{CR}^Z = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_i^2} = 382,14 \text{ (kN)}$$

Vruće dogotovljeni profil  $\rightarrow$  Linija izvijanja: a  $\rightarrow$  Faktor imperfekcije:  $\alpha = 0,21$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{CR}^Z}} = 0,586$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 0,712$$

$$\chi = 1 / (\varphi + \sqrt{\varphi^2 + \lambda^2})$$

$$\chi = 0,895$$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{M1} = 117,59 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 106,10 / 117,59 = 0,90229 = 90,23\%$$

Profil SHS 40/40/4 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivošću od 90,23% oko obje osi.

Odabrani profili rešetke:

**GORNJI POJAS REŠETKE - CFRHS 120x120x6 (GP – POZICIJA 4 - 5)**

**DONJI POJAS REŠETKE - CFRHS 90x90x5 (DP – POZICIJA 2 - 3)**

**VANJSKE DIJAGONALE - SHS 70x70x5 (D – POZICIJA 12 - 15)**

**VANJSKE VERTIKALE - SHS 40x40x4 (V – POZICIJA 6 - 10)**



### 5.1.5. STUPOVI OKVIRA (S – POZICIJA 1)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>HE 200 A</b>		$\varepsilon = 1,00$	
KVALITETA ČELIKA:	S235	$f_y = 23.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
b (cm)	20,0	r (cm)	1,8	$t_f$ (cm)	1,0
h (cm)	19,0	A (cm <sup>2</sup> )	53,8	$t_w$ (cm)	0,7
$W_{El,Y}$ (cm <sup>3</sup> )	389	$I_y$ (cm <sup>4</sup> )	3690	$I_w$ (cm <sup>6</sup> )	108000
$W_{Pl,Y}$ (cm <sup>3</sup> )	429,17	$I_z$ (cm <sup>4</sup> )	1340	$I_T$ (cm <sup>4</sup> )	21
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	$\nu$	0,30

**Rezne sile uslijed kritičnih kombinacija za mjerodavni stup:**

<b>GSN 2</b>
$M_{Ed} = 50,85 \text{ (kNm)}$
$V_{Ed} = 17,10 \text{ (kN)}$
$N_{Ed} = -78,50 \text{ (kN)}$

**Klasifikacija profila:**

- Hrbat (savijanje):

$$\frac{d}{t_w} = \frac{h-2*t_f-2*r}{t_w} = 19,14$$

Uvjet za klasu 1:  $\frac{d}{t_w} \leq 72*\varepsilon = 72$

Hrbat je klase 1

- Pojasnice (tlak):

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0.5*(b-2*r-t_w)}{t_f} = 7,85$$

Uvjet za klasu 1:  $\frac{c}{t_f} \leq 9*\varepsilon = 9$

Pojasnice su klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

Klasifikacija hrpta izloženog tlaku i savijanju:

$$\frac{d}{t_w} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1}$$

$$a = N_{Ed} / (2 \cdot t_w) \cdot f_y / Y_{M0} = 2,39$$

$$\alpha = (1/d) \cdot ((d/2)+a) = 0,69$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{h-2*t_f-2*r}{t_w} = 19,14 < \frac{396 * \varepsilon}{13\alpha - 1} = 49,69$$



Hrpat je klase 1.

**Otpornost poprečnog presjeka:**

- Savijanje:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{429,71 \cdot 23,5}{1} = 10085,50 \text{ (kNcm)} = 100,86 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd} = 100,86 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^{GSN1} = 50,85 \text{ (kNm)}$$

- Posmik:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2 \cdot t_f}{t_w} = \frac{17,0}{0,7} = 24,29 \leq 72 \frac{\epsilon}{\eta} = 72 \frac{1}{1,20} = 60 \quad 24,29 \leq 60$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika!

$$A_{v,z} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 29,20 \text{ (cm}^2) \geq \eta \cdot h_w \cdot t_w = 14,28 \text{ (cm}^2)$$

Uvjet zadovoljen!

$$V_{Rd}^Z = V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = \frac{29,20 \cdot 23,5}{1,7321} = 393,74 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd}^Z = 393,74 \text{ (kN)} \geq V_{Ed}^{GSN1} = 17,10 \text{ (kN)}$$

- Uzdužna tlačna sila

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{53,8 \cdot 23,5}{1} = 1264,30 \text{ (kN)}$$

$$N_{c,Rd} = 1264,30 \text{ (kN)} \geq N_{Ed}^{GSN1} = 78,50 \text{ (kN)}$$

- Interakcija M-V-N (za kritičniju V-N kombinaciju GSN 1):

$$0,25 \cdot N_{c,Rd} = 316,08 \text{ (kN)} \geq N_{Ed}^{GSN1} = 78,50 \text{ (kN)}$$

$$0,5 \cdot V_{z,Rd} = 196,87 \text{ (kN)} \geq V_{Ed}^{GSN1} = 17,10 \text{ (kN)}$$

Nema redukcije  $M_{c,Rd}$  uslijed interakcije reznih sila!

**Otpornost elementa:**

- Savijanje:

$$L_{CR} = 14,0 \text{ (m)} = 1400 \text{ (cm)}$$

$$k = 1,0 \quad k_w = 1,0$$

$$C_1 = 1,77 \quad C_2 = 0,0$$

$$M_{CR} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(k \cdot L_{CR})^2} \cdot \left[ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k \cdot L_{CR})^2 \cdot G \cdot I_T}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}} + (C_2 \cdot z_g)^2 \right] - C_2 \cdot z_g = 8964,8 \text{ (kNcm)} = 89,65 \text{ (kNm)}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{PL,Y} \cdot f_y}{M_{CR}}} = 1,061 \geq \lambda_{LT,0} = 0,4$$

Reduciramo  $M_{c,Rd}$  zbog mogućnosti instabiliteta elementa.



Faktor imperfekcije:  $\alpha_{LT} = 0.21 \leftarrow$  Krivulja izvijanja : a  $\begin{cases} \frac{h}{b} = 0,95 \leq 2 \\ \text{Vruće valjani I presjek} \end{cases}$

$$\Phi_{LT} = 0.5 * (1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2) = 1,153$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} * \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0,623$$

$$M_{B,Rd} = \chi_{LT} * \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m1}} = 0,623 * \frac{429,17 * 23,5}{1} = 6285,13 \text{ (kNcm)} = 62,85 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^{GSN1} = 50,85 \text{ (kNm)}$$

- Tlačna sila:

$$L_i^Z = 7 * 0,7 \text{ (m)} = 490 \text{ (cm)}$$

$$L_i^Y = 2 * 7 \text{ (m)} = 1400 \text{ (cm)}$$

$$N_{CR}^Z = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_i^2} = 1156,73 \text{ (kN)}$$

$$N_{CR}^Y = \frac{\pi^2 * E * I_y}{L_i^2} = 390,20 \text{ (kN)}$$

Izvijanje oko osi Z-Z: Faktor imperfekcije:  $\alpha = 0.49 \leftarrow$  Linija izvijanja: b  $\begin{cases} t_f \leq 100 \text{ (mm)} \\ \frac{h}{b} = 0,95 < 1.2 \end{cases}$

Izvijanje oko osi Y-Y: Faktor imperfekcije:  $\alpha = 0.34 \leftarrow$  Linija izvijanja: a  $\begin{cases} t_f \leq 100 \text{ (mm)} \\ \frac{h}{b} = 0,95 < 1.2 \end{cases}$

$$\lambda^Z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{CR}^Z}} = 1,045$$

$$\lambda^Y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{CR}^Y}} = 1,800$$

$$N_{B,Rd} = \chi^Y * \frac{A * f_y}{\gamma_{m1}} = 318,67 \geq N_{Ed}^{GSN1} = 78,50$$

- Interakcija  $M_b-N_b$  (jednoosno savijanje):

$$C_{MY} = C_{MLT} = 0.30 \leftarrow 0.2 + 0.8\alpha_s \geq 0.4 \begin{cases} \alpha_s = 0,13 \\ \psi = 0 \end{cases}$$

$$k_{yy} = C_{MY} \left( 1 + (\chi^Y - 0.2) \frac{N_{Ed}}{\chi^Y * N_{Rd}} \right) \leq C_{MY} \left( 1 + 0.8 \frac{N_{Ed}}{\chi^Y * N_{Rd}} \right) \quad k_{yy} = 0,42$$

$$k_{zy} = 0.6 + \lambda^Z \leq \left( 1 - \frac{0.1\lambda^Z}{C_{MLT}} * \frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi^Y * N_{Rk}} \right) \quad k_{zy} = 0,75$$

$$\frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi^Y * N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{Ed}^Y * \gamma_{m1}}{\chi^{LT} * M_{Rk}^Y} = 0,5963$$

$$\frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi^Z * N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{Ed}^Y * \gamma_{m1}}{\chi^{LT} * M_{Rk}^Y} = 0,7278$$

Profil HE 200 A zadovoljava otpornost elementa s iskoristivošću od 72,78 %.



## 5.2. SEKUNDARNA KONSTRUKCIJA

### 5.2.1. ZABATNI STUPOVI (ZS – POZICIJA 21 - 22)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>HE 140 A</b>		$\varepsilon = 1,00$	
KVALITETA ČELIKA:	S235	$f_y = 23.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
b (cm)	14,00	r (cm)	1,20	$t_f$ (cm)	0,90
h (cm)	13,30	A (cm <sup>2</sup> )	31,40	$t_w$ (cm)	0,60
$W_{EL,Y}$ (cm <sup>3</sup> )	155,00	$I_y$ (cm <sup>4</sup> )	1030,00	$I_w$ (cm <sup>6</sup> )	15064,00
$W_{PL,Y}$ (cm <sup>3</sup> )	173,33	$I_z$ (cm <sup>4</sup> )	389,00	$I_t$ (cm <sup>4</sup> )	8,13
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	$\nu$	0,30

**Rezne sile uslijed kritične kombinacije (GSN 5.2.1.) za mjerodavni zabatni stup:**

$$M_{Ed} = 18,21 \text{ (kNm)}$$

$$V_{Ed} = 8,47 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} = 0 \text{ (kN)} \rightarrow \text{zanemarena vlastita težina}$$

#### Klasifikacija profila:

- Hrnat (savijanje):

$$\frac{d}{t_w} = \frac{h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r}{t_w} = 15,17$$

$$\text{Uvjet za klasu 1: } \frac{d}{t_w} \leq 72 \cdot \varepsilon = 72$$

Hrnat je klase 1

- Pojasnice (tlak):

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0.5 \cdot (b - 2 \cdot r - t_w)}{t_f} = 6,11$$

$$\text{Uvjet za klasu 1: } \frac{c}{t_f} \leq 9 \cdot \varepsilon = 9$$

Pojasnice su klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

#### Otpornost poprečnog presjeka:

- Savijanje:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{173,33 \cdot 23,5}{1} = 4073,23 \text{ (kNcm)} = 40,73 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd} = 40,73 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed} = 18,21 \text{ (kNm)}$$

- Posmik:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2 \cdot t_f}{t_w} = \frac{11,2}{0,6} = 18,67 \leq 72 \cdot \frac{\varepsilon}{\eta} = 72 \cdot \frac{1,00}{1,20} = 60$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika!



$$A_{v,z} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 8,90 \text{ (cm}^2) \geq \eta \cdot h_w \cdot t_w = 8,28 \text{ (cm}^2)$$

Uvjet zadovoljen!

$$V_{Rd}^Z = V_{Pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = \frac{8,90 \cdot 23,5}{1,7321} = 120,75 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd}^Z = 120,75 \text{ (kN)} \geq V_{Ed} = 8,47 \text{ (kN)}$$

Interakcija M-V:

$$0,5 \cdot V_{z,Rd} = 60,38 \text{ (kN)} \geq V_{Ed} = 8,47 \text{ (kN)}$$

Nema redukcije  $M_{c,Rd}$  uslijed interakcije reznih sila!**Otpornost elementa:**

- Savijanje:

$$L_{CR} = 8,6 \text{ (m)} = 860 \text{ (cm)}$$

$$K = 1,0 \quad C_1 = 1,127$$

$$k_w = 1,0 \quad C_2 = 0,454$$

$$M_{CR} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(k \cdot L_{CR})^2} \cdot \left[ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k \cdot L_{CR})^2 \cdot G \cdot I_T}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot z_g)^2} - C_2 \cdot z_g \right] = 2747,11 \text{ (kNcm)} = 27,47 \text{ (kNm)}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{CR}}} = 1,22 \geq \lambda_{LT,0} = 0,4$$

Reduciramo  $M_{c,Rd}$  zbog mogućnosti instabiliteta elementa.

$$\text{Faktor imperfekcije: } \alpha_{LT} = 0,21 \quad \leftarrow \quad \text{Krivulja izvijanja : } a \begin{cases} \frac{h}{b} = 0,9 \leq 2 \\ \text{Vruće valjani I presjek} \end{cases}$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot (1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2)) + \lambda_{LT}^2 = 1,35$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} \cdot \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0,52$$

$$M_{B,Rd} = \chi_{LT} \cdot \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 0,503 \cdot \frac{324,9 \cdot 35,5}{1} = 2118,09 \text{ (kNcm)} = 21,18 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed} = 18,21 \text{ (kNm)}$$

Profil HE 140 A zadovoljava otpornost elementa s iskoristivošću od 85,98%.



### 5.2.2. KROVNI SPREGOVI (SKD – POZICIJA 18)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>RND 12</b>		$\varepsilon = 1,00$	
KVALITETA ČELIKA:	S235	$f_y = 23.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:					
d (cm)	1,2	r (cm)	0,6	A (cm <sup>2</sup> )	1,13
MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	v	0,30

#### Rezne sile uslijed kritične kombinacije

$$M_{Ed} = 0 \text{ (kNm)}$$

$$V_{Ed} = 0 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} = +17,16 \text{ (kN)}$$

#### Otpornost poprečnog presjeka:

- Vlačna sila:

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,13 \cdot 23,5}{1} = 26,56 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 17,20 \text{ (kN)}$$

Profil RND 12 zadovoljava otpornost elementa s usvojenom iskoristivošću od 64,76%.

### 5.2.3. BOČNI (HORIZONTALNI) SPREGOVI (SB – POZICIJA 19 - 20)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>RND 12</b>		$\varepsilon = 1,00$	
KVALITETA ČELIKA:	S235	$f_y = 23.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:					
d (cm)	1,2	r (cm)	0,6	A (cm <sup>2</sup> )	1,13
MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	v	0,30

#### Rezne sile uslijed kritične kombinacije (GSN 5.2.3.):

$$M_{Ed} = 0 \text{ (kNm)}$$

$$V_{Ed} = 0 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} = +6,64 \text{ (kN)}$$

#### Otpornost poprečnog presjeka:

- Vlačna sila:

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,13 \cdot 23,5}{1} = 26,56 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 6,45 \text{ (kN)}$$

Profil RND 12 zadovoljava otpornost elementa s usvojenom iskoristivošću od 24,28%.





#### 5.2.4. SPREG KROVNIH VERTIKALA (SKV – POZICIJA 11)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>CFRHS 50x50x4</b>	$\varepsilon = 1,00$		
KVALITETA ČELIKA:	S235	$f_y = 23.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
b (cm)	5,0	t (cm)	0,4		
h (cm)	5,0	A (cm <sup>2</sup> )	6,95		
W <sub>EL,Y</sub> (cm <sup>3</sup> )	9,49	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	23,74		
W <sub>PL,Z</sub> (cm <sup>3</sup> )	11,73	I <sub>z</sub> (cm <sup>4</sup> )	23,74		
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	v	0,30

- Tlačna sila:

$$N_{C,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6,95 \cdot 23,5}{1} = 163,33 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 15,71 \text{ (kN)}$$

Otpornost elementa na izvijanje:

Dužina izvijanja elementa:  $L_{cr,y} = 490 \text{ (cm)}$

$$L_{cr,z} = 490 \text{ (cm)}$$

$$N_{CR}^Z = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_i^2} = 20,47 \text{ (kN)}$$

$$\lambda^Z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{CR}^Z}} = 2,82$$

Faktor imperfekcije:  $\alpha_{LT} = 0.21$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda - 0,2)) + \lambda^2 = 4,75$$

$$\chi = 1 / (\varphi + \sqrt{(\varphi^2 + \lambda^2)})$$

$$\chi^Z = 0,097$$

$$N_{b,Rd} = \chi^Z \cdot N_{C,Rd} = 15,84 \geq 15,71$$

Profil CFRHS 50/50/4 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivosti od 99,18%.



### 5.2.5. KROVNE PODROŽNICE (KP – POZICIJA 16)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>IPE 200</b>		$\varepsilon = 1,00$	
KVALITETA ČELIKA:	S235	$f_y = 23,5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
b (cm)	10,0	r (cm)	1,20	$t_f$ (cm)	0,90
h (cm)	20,0	A (cm <sup>2</sup> )	28,50	$t_w$ (cm)	0,60
$W_{el,Y}$ (cm <sup>3</sup> )	194,0	$I_y$ (cm <sup>4</sup> )	1943,0	$I_w$ (cm <sup>6</sup> )	13000,0
$W_{pl,Y}$ (cm <sup>3</sup> )	221,0	$I_z$ (cm <sup>4</sup> )	142,0	$I_T$ (cm <sup>4</sup> )	6,98
$W_{el,Z}$ (cm <sup>3</sup> )	28,50	$A_{v,Z}$ (cm <sup>2</sup> )	11,45		
$W_{pl,Z}$ (cm <sup>3</sup> )	44,60	$A_{v,Y}$ (cm <sup>2</sup> )	17,73		
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	$\nu$	0,30

#### Rezne sile uslijed kritične kombinacije (GSN 5.2.4.):

Y-Y	Z-Z
$M_{Ed,Y} = 16,83 \text{ (kNm)}$	$M_{Ed,Z} = 1,19 \text{ (kNm)}$
$V_{Ed,Y} = 0,97 \text{ (kN)}$	$V_{Ed,Z} = 13,74 \text{ (kN)}$

#### Klasifikacija profila:

- Hrbat (savijanje)

$$\frac{d}{t_w} = \frac{h-2*t_f-2*r}{t_w} = 26,33$$

$$\text{Uvjet za klasu 1: } \frac{d}{t_w} \leq 72 \varepsilon = 72$$

Hrbat je klase 1

- Pojasnice (tlak):

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0,5*(b-2*r-t_w)}{t_f} = 3,89$$

$$\text{Uvjet za klasu 1: } \frac{c}{t_f} \leq 9 \varepsilon = 9$$

Pojasnice su klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

#### Otpornost poprečnog presjeka:

- Savijanje (Y-Y):

$$M_{c,Rd}^Y = M_{pl,Rd}^Y = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{mo}} = \frac{221,0 * 23,5}{1} = 5193,50 \text{ (kNcm)} = 51,94 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd}^Y = 51,94 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^Y = 16,83 \text{ (kNm)}$$

- Savijanje (Z-Z):

$$M_{c,Rd}^Z = M_{pl,Rd}^Z = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{mo}} = \frac{44,60 * 23,5}{1} = 1048,10 \text{ (kNcm)} = 10,48 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd}^Z = 10,48 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^Z = 1,19 \text{ (kNm)}$$



- Posmik (Z)

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h-2*t_f}{t_w} = \frac{18,20}{0,60} = 30,33 \leq 72 \frac{\varepsilon}{\eta} = 72 \frac{1,00}{1,20} = 60,0$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika!

$$A_{v,z} = A - 2*b*t_f + (t_w+2*r)*t_f = 13,29 \text{ (cm}^2) \geq \eta * h_w * t_w = 13,10 \text{ (cm}^2) \quad \text{Uvjet zadovoljen!}$$

$$V_{Rd}^z = V_{Pl,Rd} = \frac{A_{v,z}*f_y}{\sqrt{3}*\gamma_{m0}} = \frac{13,29 * 23.5}{1.7321} = 180,32 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd}^z = 180,32 \text{ (kN)} \geq V_{Ed}^z = 13,74 \text{ (kN)}$$

- Posmik (Y)

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h-2*t_f}{t_w} = \frac{18,20}{0,60} = 30,33 \leq 72 \frac{\varepsilon}{\eta} = 72 \frac{1,00}{1,20} = 60,0$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika!

$$A_{v,y} = A - \Sigma h_w * t_w \text{ (cm}^2) = 17,58 \geq \eta * h_w * t_w = 13,10 \text{ (cm}^2) \quad \text{Uvjet zadovoljen!}$$

$$V_{Rd}^y = V_{Pl,Rd} = \frac{A_{v,y}*f_y}{\sqrt{3}*\gamma_{m0}} = \frac{17,58 * 23.5}{1.7321} = 238,52 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd}^y = 238,52 \text{ (kN)} \geq V_{Ed}^y = 0,97 \text{ (kN)}$$

$$0.5*V_{RdZ} = 90,16 \text{ (kN)} \geq V_{Ed,z} = 13,74 \text{ (kN)}$$

$$0.5*V_{RdY} = 119,26 \text{ (kN)} \geq V_{Ed,Y} = 0,97 \text{ (kN)}$$

Nema redukcije  $M_{c,Rd}$  uslijed interakcije reznih sila!

- Savijanje:

$$L_{CR} = 4.90 \text{ (m)} = 490 \text{ (cm)}$$

$$K = 1,0 \quad C_1 = 1,127$$

$$k_w = 1,0 \quad C_2 = 0,454$$

$$M_{CR} = C_1 * \frac{\pi^2 * E * I_z}{(k * L_{CR})^2} * \left[ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 * \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k * L_{CR})^2 * G * I_T}{\pi^2 * E * I_z}} + (C_2 * z_g)^2 - C_2 * z_g \right] = 2677,1 \text{ (kNm)} = 26,77 \text{ (kNm)}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{PL,Y} * f_y}{M_{CR}}} = 1,39 \geq \lambda_{LT,0} = 0.4$$

Reduciramo  $M_{c,Rd}$  zbog mogućnosti instabiliteta elementa.



Faktor imperfekcije:  $\alpha_{LT} = 0.21 \leftarrow$  Krivulja izvijanja : a  $\left\{ \begin{array}{l} \frac{h}{b} = 2 \leq 2 \\ \text{Vruće valjani I presjek} \end{array} \right.$

$$\Phi_{LT} = 0.5 * (1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2) = 1,60$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} * \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0,42$$

$$M_{B,Rd} = \chi_{LT} * \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m1}} = 2188,62 \text{ (kNcm)} = 21,89 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^Y = 16,83 \text{ (kNm)}$$

Profil IPE 200 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivošću od 76,88%

### 5.2.6. BOČNE PODROŽNICE (BP – POZICIJA 17)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>IPE 140</b>		$\varepsilon = 1,00$	
KVALITETA ČELIKA:	S235	$f_y = 23.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
b (cm)	7,30	r (cm)	0,70	$t_f$ (cm)	0,70
h (cm)	14,0	A (cm <sup>2</sup> )	16,40	$t_w$ (cm)	0,50
$W_{el,Y}$ (cm <sup>3</sup> )	77,33	$I_y$ (cm <sup>4</sup> )	541,0	$I_w$ (cm <sup>6</sup> )	1980,0
$W_{pl,Y}$ (cm <sup>3</sup> )	88,30	$I_z$ (cm <sup>4</sup> )	44,90	$I_T$ (cm <sup>4</sup> )	2,45
$W_{el,Z}$ (cm <sup>3</sup> )	12,30	$A_{v,Z}$ (cm <sup>2</sup> )	6,62		
$W_{pl,Z}$ (cm <sup>3</sup> )	19,30	$A_{v,Y}$ (cm <sup>2</sup> )	10,34		
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	$\nu$	0,30

Rezne sile uslijed kritične kombinacije (GSN 5.2.5.):

Y-Y	Z-Z
$M_{Ed,Y} = 3,20$	$M_{Ed,Z} = 5,85 \text{ (kNm)}$
$V_{Ed,Y} = 4,55 \text{ (kN)}$	$V_{Ed,Z} = 2,61 \text{ (kN)}$

**Klasifikacija profila:**

- Hrnat (savijanje)

$$\frac{d}{t_w} = \frac{h - 2 * t_f - 2 * r}{t_w} = 22,40$$

Uvjet za klasu 1:  $\frac{d}{t_w} \leq 72 \varepsilon = 72$

Hrnat je klase 1

- Pojasnice (tlak):

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0.5 * (b - 2 * r - t_w)}{t_f} = 3,85$$

Uvjet za klasu 1:  $\frac{c}{t_f} \leq 9 \varepsilon = 9$

Pojasnice su klase 1

Poprečni presjek je klase 1.



### Otpornost poprečnog presjeka:

- Savijanje (Y-Y):

$$M_{c,Rd}^Y = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{88,30 * 23,5}{1} = 2075,05 \text{ (kNcm)} = 20,75 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd}^Y = 20,75 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^Y = 3,20 \text{ (kNm)}$$

- Savijanje (Z-Z):

$$M_{c,Rd}^Z = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{19,30 * 23,5}{1} = 653,55 \text{ (kNcm)} = 6,54 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd}^Z = 6,54 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^Z = 5,85 \text{ (kNm)}$$

- Posmik (Z)

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2 * t_f}{t_w} = \frac{12,60}{0,5} = 25,20 \leq 72 \frac{\epsilon}{\eta} = 72 \frac{1,00}{1,20} = 60,0$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika!

$$A_{v,Z} = A - 2 * b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f = 7,51 \text{ (cm}^2) \geq \eta * h_w * t_w = 7,48 \text{ (cm}^2) \quad \text{Uvjet zadovoljen!}$$

$$V_{Rd}^Z = V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = \frac{7,51 * 23,5}{1,7321} = 101,89 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd}^Z = 101,89 \text{ (kN)} \geq V_{Ed}^Z = 2,61 \text{ (kN)}$$

- Posmik (Y)

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2 * t_f}{t_w} = \frac{12,60}{0,5} = 25,20 \leq 72 \frac{\epsilon}{\eta} = 72 \frac{1,00}{1,20} = 60,0$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika!

$$A_{v,Y} = A - \Sigma h_w * t_w \text{ (cm}^2) = 10,10 \geq \eta * h_w * t_w = 7,48 \text{ (cm}^2) \quad \text{Uvjet zadovoljen!}$$

$$V_{Rd}^Y = V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = \frac{10,10 * 23,5}{1,7321} = 137,03 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd}^Y = 137,03 \text{ (kN)} \geq V_{Ed}^Y = 4,55 \text{ (kN)}$$

- Savijanje:

$$L_{CR} = 4,90 \text{ (m)} = 490 \text{ (cm)} \quad z_G = \frac{h}{2} = 7 \text{ (cm)}$$

$$k = 1,0 \quad C_1 = 1,127$$

$$k_w = 1,0 \quad C_2 = 0,454$$



$$M_{CR} = C_1 * \frac{\pi^2 * E * I_z}{(k * L_{CR})^2} * \left[ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 * \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k * L_{CR})^2 * G * I_T}{\pi^2 * E * I_z} + (C_2 * z_g)^2} - C_2 * z_g \right] = 899,20 \text{ (kNcm)} = 9,00 \text{ (kNm)}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{PLY} * f_y}{M_{CR}}} = 1,519 \geq \lambda_{LT,0} = 0,4$$

Reduciramo  $M_{c,Rd}$  zbog mogućnosti instabiliteta elementa.

Faktor imperfekcije:  $\alpha_{LT} = 0,21$  ← Krivulja izvijanja : a  $\left\{ \begin{array}{l} \frac{h}{b} = 0,92 \leq 2 \\ \text{Vruće valjani I presjek} \end{array} \right.$

$$\Phi_{LT} = 0,5 * (1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) = 1,792$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} * \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0,365$$

$$M_{B,Rd} = \chi_{LT} * \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m1}} = 756,73 \text{ (kNcm)} = 7,57 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^Y = 5,85 \text{ (kNm)}$$

Profil IPE 140 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivosti od 77,28 %.

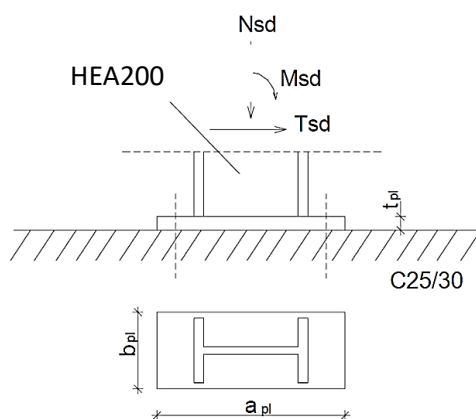
## 6. DIMENZIONIRANJE SPOJEVA ELEMENATA KONSTRUKCIJE

Proračun spojeva odrađen je nakon dimenzioniranja svih elemenata konstrukcije te su sukladno tome uzeti dijagrami reznih sila s usvojenim profilima kao mjerodavni.

### 6.1. UPETI SPOJ TEMELJ - STUP (P1 – POZICIJA 23)

GSN 3	
$M_{Ed} = 37,31$ (kNm)	
$V_{Ed} = 7,99$ (kN)	
$N_{Ed} = 17,46$ (kN)	

PODATCI O PROFILU			
b (cm)	20,0	$t_F$ (cm)	1,0
h (cm)	19,0	$t_w$ (cm)	0,7
PODATCI O VIJCIMA			
$\phi$ (mm)	M22	$f_{y,B}$ (N/mm <sup>2</sup> )	300
K.V.	5,6	$f_{u,B}$ (N/mm <sup>2</sup> )	500



Skica upetog spoja temelj stup

#### Desni stup

##### 1D internal forces

Values:  $M_y$

Linear calculation

Combination: GSN3

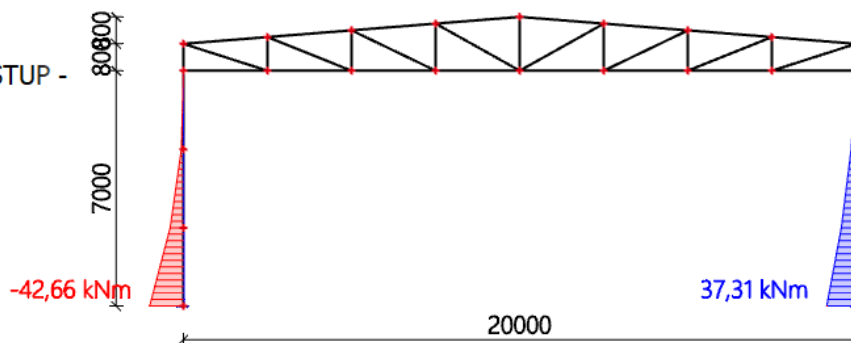
Coordinate system: Member

Extreme 1D: Global

Selection: All

Filter: Cross-section = 1STUP -

HEA200



**1D internal forces**Values:  $V_z$ 

Linear calculation

Combination: GSN3

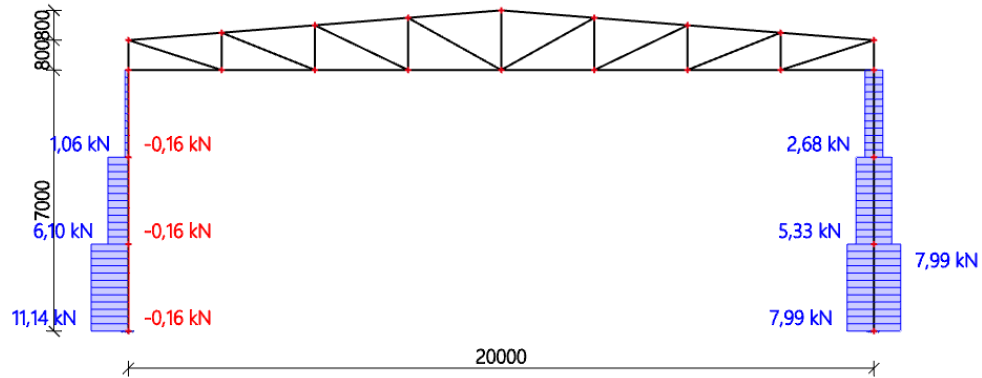
Coordinate system: Member

Extreme 1D: Member

Selection: All

Filter: Cross-section = 1STUP -

HEA200

**1D internal forces**Values:  $N$ 

Linear calculation

Combination: GSN3

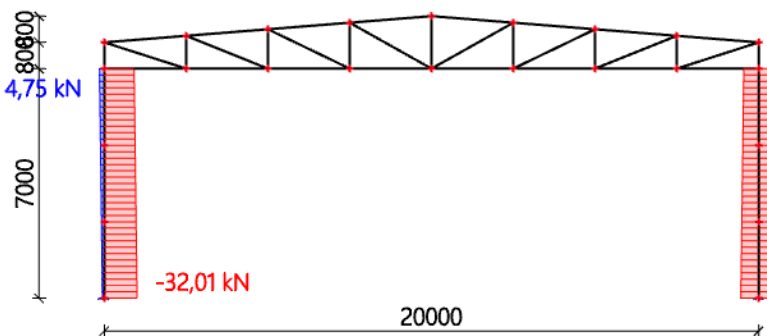
Coordinate system: Member

Extreme 1D: Global

Selection: All

Filter: Cross-section = 1STUP -

HEA200



$$N_P^M = \frac{M_{Ed}}{h-t_f} = \frac{37,31}{0,19-0,010} = 196,67(\text{kN})$$

$$N_P^N = \frac{A^P}{A} N_{Ed} = \frac{20 \cdot 1}{53,8} 17,46 = 14,67(\text{kN})$$

Ukupna sila u vlačnoj pojasnici:

$$F_{W,Ed} = N_P = N_P^M + N_P^N = 196,67 - 14,67 = 182,00(\text{kN})$$

$$a_{MAX} = 0,7 \cdot t_{MIN} = 0,7 \cdot 0,7 = 0,49(\text{cm})$$

→ Usvojeno:  $a = 4(\text{mm})$ 

Otpornost vara:

$$\text{Duljina vara pojasnice: } l = 2 \cdot 200 = 400$$





Duljina vara hrpta :  $l = 2 \cdot 170 = 340$

- Uzdužna sila:

$$F_{W,Rd} = \frac{F_{W,Rk}}{1,25} \cdot \frac{L_{var}^F}{100} = \frac{129,0}{1,25} \cdot \frac{400}{100} = 412,80 \text{ (kN)} \geq F_{W,Ed} = 182,00 \text{ (kN)}$$

- Poprečna sila:

$$F_{W,Rd} = \frac{F_{W,Rk}}{1,25} \cdot \frac{L_{var}^W}{100} = \frac{129,0}{1,25} \cdot \frac{340}{100} = 350,88 \text{ (kN)} \geq V_{Ed} = 7,99 \text{ (kN)}$$

Proračun vijaka:

Za M 22:  $C_{MIN} = 2d + a\sqrt{2} = 2 \cdot 22 + 4 \cdot 1,41 = 49,6 \text{ (mm)} \rightarrow$  Usvojeno:  $C = 50 \text{ (mm)}$

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{37,13}{17,46} = 2,13 \text{ (m)}$$

$$X_1 = C + h - \frac{t_f}{2} = 50 + 190 - 5 = 235,00 \text{ (mm)} = 0,235 \text{ (m)}$$

$$X_2 = e - \frac{h}{2} + \frac{t_f}{2} = 2130 - 95 + 5 = 2040 \text{ (mm)} = 2,04 \text{ (m)}$$

$$N_{Ed} \cdot X_2 = F_{T,Ed} \cdot X_1 \rightarrow F_{T,Ed} = N_{Ed} \cdot \frac{X_2}{X_1} = 17,46 \cdot \frac{2,04}{0,235} = 151,57 \text{ (kN)}$$

- Uzdužna sila:

Otpornost vijka na vlak:

$$F_{T,Rd} = \frac{F_{T,Rk}}{1,25} = \frac{136,4}{1,25} = 109,12 \text{ (kN)} \geq \frac{F_{T,Ed}}{2} = 75,79 \text{ (kN)}$$

- Posmik:

$$F_{V,Rd} = \frac{F_{V,Rk}}{1,25} = \frac{90,9}{1,25} = 72,72 \text{ (kN)} \geq \frac{V_{Ed}}{4} = 2,00 \text{ (kN)}$$

- Interakcija:

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{T,Ed}}{1,4 \cdot F_{T,Rd}} = 0,028 + 0,496 = 0,52 \leq 1,00$$

Proračun dimenzija pločice:

$$a_{PL}^{MIN} = h + 2(c + e_1) = 190 + 2(50 + 55) = 400 \text{ (mm)}$$

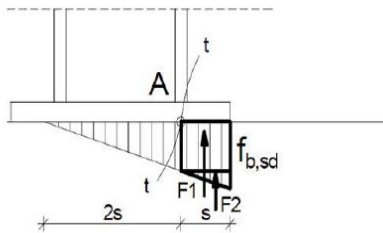
$$b_{PL}^{MIN} = b + 2a\sqrt{2} + 20 \text{ (mm)} = 200 + 2 \cdot 4 \cdot \sqrt{2} + 20 \text{ (mm)} = 231,31 \text{ (mm)}$$

$$b_{PL}^{MIN} = p_2 + 2e_2 = 75 + 2 \cdot 45 = 165 \text{ (mm)}$$

Usvojene dimenzije pločice: 400 x 240 (mm)



Proračun debljine pločice:



Pritisak po omotaču rupe:

$$F_{B,Rd} = \frac{F_{B,Rk} t_{PL}}{1.25 \cdot 10} = \frac{151,3 t_{PL}}{1.25 \cdot 10} = 12,104 t_{PL} \geq F_{B,Ed} = \frac{V_{Ed}}{4} = 2,00 \text{ (kN)}$$

Savijanje pločice zbog odgovora betona:

$$S = (400 - 190 + 10) / 2 = 110,0 \text{ (mm)} = 11,0 \text{ (cm)}$$

$$R = F_{T,Ed} + N_{Ed} = 151,58 + 17,46 = 169,04 \text{ (kN)}$$

Naprezanje u betonu:

$$f_{b,Ed} = 2R / (3 \cdot s \cdot b_{PL}) = 338,08 / (3 \cdot 11,0 \cdot 24) \text{ (kN/cm}^2\text{)} = 0,427 \leq f_{c,Rd} = \frac{f_{ck}}{1,5} = 1,67 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$$

Savijanje pločice:

$$M_{Ed} = \frac{2}{3} \cdot f_{b,sd} \cdot s \cdot b_{pl} \cdot \frac{s}{2} + \frac{\frac{1}{3} f_{b,sd} \cdot s \cdot b}{2} \cdot \frac{2}{3} s = \frac{2}{3} \cdot 4270 \cdot 0,11 \cdot 0,24 \cdot \frac{0,11}{2} + \frac{\frac{1}{3} 4270 \cdot 0,11 \cdot 0,24}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,11 = 4,13 + 1,30 = 5,43 \text{ kNm}$$

Savijanje pločice zbog vlačnih vijaka:

$$M_{Ed} = F_{T,Ed} \left( c + \frac{t_f}{2} \right) = 151,58 (0,05 + 0,005) = 8,34 \text{ (kNm)}$$

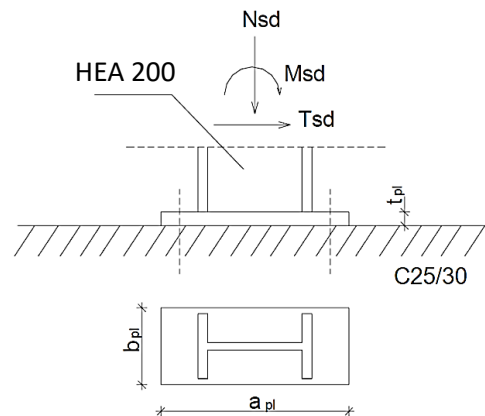
$$M_{Ed}^{MAX} \leq \frac{W_{MIN} \cdot f_y}{1,10} \rightarrow W_{min} = \frac{1,1 \cdot M_{Ed}^{MAX}}{f_y} = \frac{b_{PL} \cdot t_{PL}^2}{6} \rightarrow t_{PL} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot M_{Ed} \cdot 6}{b_{PL} \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 834 \cdot 6}{24 \cdot 23,5}} = 3,12$$

Usvojene dimenzije pločice : 400 x 240 x 32 (mm)

Dokaz nosivosti na osnovu kombinacije GSN 2:

GSN 2	
$M_{Ed} =$	50,85 (kNm)
$V_{Ed} =$	17,10 (kN)
$N_{Ed} =$	78,50 (kN)

PODATCI O PROFILU			
b (cm)	20,0	$t_F$ (cm)	1,0
h (cm)	19,0	$t_w$ (cm)	0,7
PODATCI O VIJCIMA			
$\phi$ (mm)	M22	$f_{y,B}$ (N/mm <sup>2</sup> )	300
K.V.	5,6	$f_{u,B}$ (N/mm <sup>2</sup> )	500



Skica upetog spoja temelj stup

GSN 2

Lijevi stup

1D internal forces

Values:  $M_y$

Linear calculation

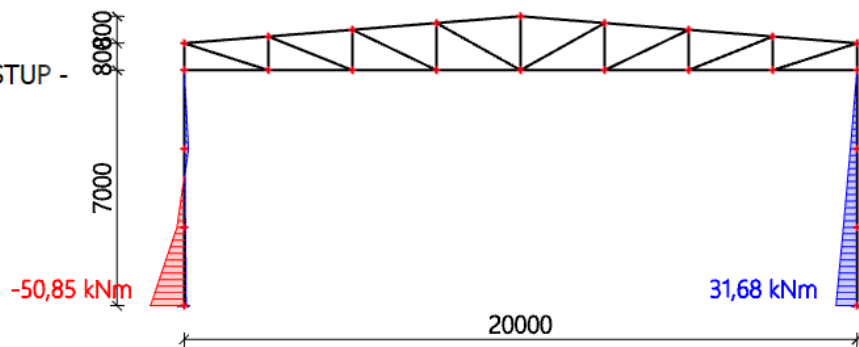
Combination: GSN2

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Global

Selection: All

Filter: Cross-section = 1STUP - HEA200



**1D internal forces**Values:  $V_z$ 

Linear calculation

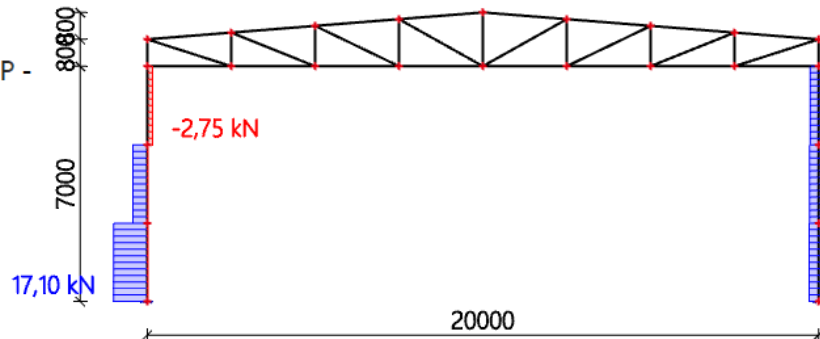
Combination: GSN2

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Global

Selection: All

Filter: Cross-section = 1STUP - HEA200

**1D internal forces**Values:  $N$ 

Linear calculation

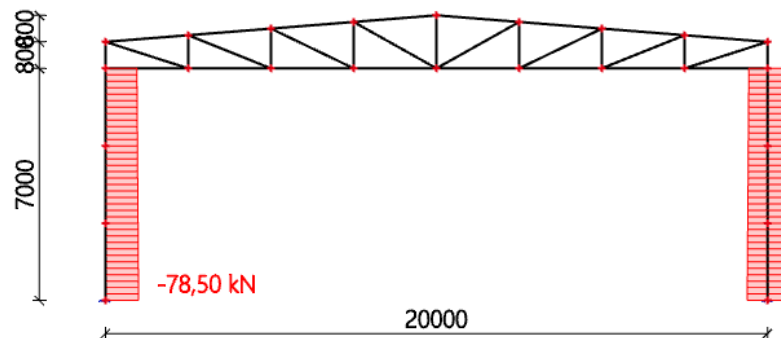
Combination: GSN2

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Global

Selection: All

Filter: Cross-section = 1STUP - HEA200



$$N_P^M = \frac{M_{Ed}}{h - t_f} = \frac{50,85}{0,19 - 0,010} = 282,50 \text{ (kN)}$$

$$N_P^N = \frac{A^P}{A} N_{Ed} = \frac{20 \cdot 1}{53,8} 78,50 = 29,18 \text{ (kN)}$$

Ukupna sila u vlačnoj pojasnici:

$$F_{W,Ed} = N_P = N_P^M + N_P^N = 282,50 + 29,18 = 311,68 \text{ (kN)}$$

$$a_{MAX} = 0,7 \cdot t_{MIN} = 0,7 \cdot 0,7 = 0,49 \text{ (cm)} \quad \rightarrow \text{Usvojeno: } a = 4 \text{ (mm)}$$

Otpornost vara:

$$\text{Duljina vara pojasnice: } l = 2 \cdot 200 = 400$$

$$\text{Duljina vara hrpta: } l = 2 \cdot 170 = 340$$



- Uzdužna sila:

$$F_{W,Rd} = \frac{F_{W,Rk}}{1.25} \cdot \frac{L_{var}^F}{100} = \frac{129,0}{1.25} \cdot \frac{400}{100} = 412,80 \text{ (kN)} \geq F_{W,Ed} = 253,32 \text{ (kN)}$$

- Poprečna sila:

$$F_{W,Rd} = \frac{F_{W,Rk}}{1.25} \cdot \frac{L_{var}^W}{100} = \frac{129,0}{1.25} \cdot \frac{340}{100} = 350,88 \text{ (kN)} \geq V_{Ed} = 17,10 \text{ (kN)}$$

Proračun vijaka:

$$\text{Za M 22: } C_{MIN} = 2d + a\sqrt{2} = 2 \cdot 22 + 4 \cdot 1,41 = 49,6 \text{ (mm)} \rightarrow \text{Usvojeno: } C = 50 \text{ (mm)}$$

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{50,85}{78,50} = 0,6478 \text{ (m)}$$

$$X_1 = C + h - \frac{t_f}{2} = 50 + 190 - 5 = 235,00 \text{ (mm)} = 0,235 \text{ (m)}$$

$$X_2 = e - \frac{h}{2} + \frac{t_f}{2} = 647,8 - 95 + 5 = 557,8 \text{ (mm)} = 0,558 \text{ (m)}$$

$$N_{Ed} \cdot X_2 = F_{T,Ed} \cdot X_1 \rightarrow F_{T,Ed} = N_{Ed} \cdot \frac{X_2}{X_1} = 78,50 \cdot \frac{0,558}{0,235} = 189,40 \text{ (kN)}$$

- Uzdužna sila:

Otpornost vijka na vlak:

$$F_{T,Rd} = \frac{F_{T,Rk}}{1.25} = \frac{136,4}{1.25} = 109,12 \text{ (kN)} \geq \frac{F_{T,Ed}}{2} = 93,2 \text{ (kN)}$$

- Posmik:

$$F_{V,Rd} = \frac{F_{V,Rk}}{1.25} = \frac{90,9}{1.25} = 72,72 \text{ (kN)} \geq \frac{V_{Ed}}{4} = 4,28 \text{ (kN)}$$

- Interakcija:

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{T,Ed}}{1,4 \cdot F_{T,Rd}} = 0,059 + 0,610 = 0,67 \leq 1,00$$

Proračun dimenzija pločice:

$$a_{PL}^{MIN} = h + 2(c + e_1) = 190 + 2(50 + 55) = 400 \text{ (mm)}$$

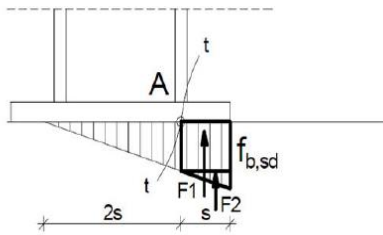
$$b_{PL}^{MIN} = b + 2a\sqrt{2} + 20 \text{ (mm)} = 200 + 2 \cdot 4 \cdot \sqrt{2} + 20 \text{ (mm)} = 231,31 \text{ (mm)}$$

$$b_{PL}^{MIN} = p_2 + 2e_2 = 75 + 2 \cdot 45 = 165 \text{ (mm)}$$

Usvojene dimenzije pločice: 400 x 240 (mm)



Proračun debljine pločice:



Pritisak po omotaču rupe:

$$F_{B,Rd} = \frac{F_{B,Rk} t_{PL}}{1.25 \cdot 10} = \frac{151,3 t_{PL}}{1.25 \cdot 10} = 12,104 t_{PL} \geq F_{B,Ed} = \frac{V_{Ed}}{4} = 4,28 \text{ (kN)}$$

Savijanje pločice zbog odgovora betona:

$$S = (400 - 190 + 10) / 2 = 110,0 \text{ (mm)} = 11,0 \text{ (cm)}$$

$$R = F_{T,Ed} + N_{Ed} = 186,40 + 78,50 = 164,90 \text{ (kN)}$$

Naprezanje u betonu:

$$f_{b,Ed} = 2R / (3 \cdot s \cdot b_{PL}) = 329,80 / (3 \cdot 11 \cdot 24) \text{ (kN/cm}^2\text{)} = 0,416 \leq f_{c,Rd} = \frac{f_{ck}}{1,5} = 1,67 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$$

Savijanje pločice:

$$M_{Ed} = \frac{2}{3} \cdot f_{b,Ed} \cdot s \cdot b_{pl} \cdot \frac{s}{2} + \frac{\frac{1}{3} f_{b,sd} \cdot s \cdot b}{2} \cdot \frac{2}{3} s = \frac{2}{3} \cdot 4160 \cdot 0,11 \cdot 0,24 \cdot \frac{0,11}{2} + \frac{\frac{1}{3} 4160 \cdot 0,11 \cdot 0,24}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,11 = 4,03 + 1,34 = 5,37 \text{ kNm}$$

Savijanje pločice zbog vlačnih vijaka:

$$M_{Ed} = F_{T,Ed} \left( c + \frac{t_f}{2} \right) = 186,40 (0,05 + 0,005) = 10,25 \text{ (kNm)}$$

$$M_{Ed}^{MAX} \leq \frac{W_{MIN} \cdot f_y}{1,10} \rightarrow W_{min} = \frac{1,1 \cdot M_{Ed}^{MAX}}{f_y} = \frac{b_{PL} \cdot t_{PL}^2}{6} \rightarrow t_{PL} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot M_{Ed} \cdot 6}{b_{PL} \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10,25 \cdot 6}{24 \cdot 23,5}} = 3,46$$

Konačno usvojene dimenzije pločice : **400 x 240 x 35 (mm)**

## 6.2. VLAČNI NASTAVAK REŠETKE (P3 – POZICIJA 25)

$$N_{Ed} = 214,05$$

DONJI POJAS - CFRHS 90x90x5

### KONTROLA VAROVA

Određivanje maksimalne debljine vara:

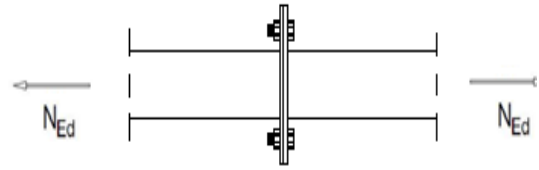
$$a_{max} = 0.7 \cdot t_{min} = 0.7 \cdot 5 = 3,5 \text{ mm}$$

odabrano  $a = 3,5 \text{ mm}$

Otpornost vara

$$L_w = 0 = 3,5 \cdot 90 = 315 \text{ mm}$$

$$F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{\gamma_{Mw}} \cdot \frac{L_w}{100} = \frac{90,9}{1,25} \cdot \frac{315}{100} = 229,07 \text{ kN} > N_{Ed} = 214,05 \text{ kN}$$



Skica vlačnog nastavka rešetke

### PRORAČUN VIJAKA

Pretpostavka: vijci M22 k.v. 5.6.

$n = 4$  vijka

Otpornost vijaka na vlak

$$F_{t,Rd} = \frac{F_{t,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{136,4}{1,25} = 109,12 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = \frac{N_{Ed}}{4} = \frac{214,05}{4} = 53,51 \text{ kN} < F_{t,Rd} = 109,12 \text{ kN}$$

### PRORAČUN PLOČE

Proračun dimenzija ploče:

$$c = 2d + a\sqrt{2} = 2 \cdot 22 + 3,5\sqrt{2} = 48,50 \text{ mm}$$

$$b_{pl,min} = 2e_2 + p_2 = 2 \cdot 45 + 75 = 165 \text{ mm}$$

$$b_{pl,min} = b + 2a\sqrt{2} + 20 = 90 + 9,90 + 20 = 119,9 \text{ mm}$$

Odabrane dimenzije ploče su 265x265 mm



Proračun minimalne debljine ploče  $t_{pl}$ :

$$e = 25 \text{ mm}$$

$$b_{pl} = 265 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} = 2 \cdot F_{t,Ed} \cdot e = 2 \cdot 53,51 \cdot 0,055 = 5,89 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq \frac{W_{min} \cdot f_y}{1,1} \rightarrow W_{min} = \frac{1,1 \cdot M_{Ed}}{f_y} = \frac{b_{pl} \cdot t_{pl}^2 \text{ min}}{6}$$

$$\rightarrow t_{pl}^{\text{min}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot M_{Ed} \cdot 6}{b_{pl} \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 589 \cdot 6}{26,5 \cdot 23,5}} = 2,5 \text{ cm}$$

Zadovoljava ploča debljine  $t_{pl} = 25 \text{ mm}$

Odabrane dimenzije ploče su **265x265x25mm**.





### 6.3. NASTAVAK GORNJEG POJASA (P5 – POZICIJA 27)

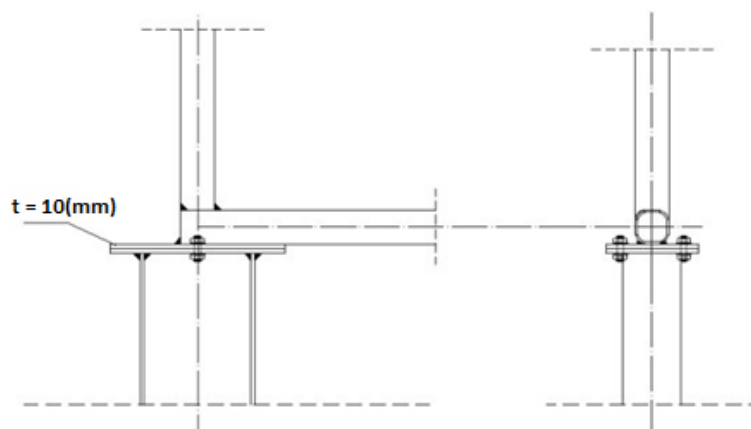
Budući da u gornjem pojasu rešetke prevladavaju tlačne sile koje djeluju stabilizirajuće na spoj radi jednostavnosti proračuna mogli bismo usvojiti iste dimenzije spoja kao i za nastavak donjeg pojasa rešetke (vlačnog nastavka rešetke), no zbog konstruktivnih razloga usvajamo veće dimenzije ploče.

Napomena: U jednoj od kombinacija prema GSN-u na mjestu nastavka gornjeg pojasa javlja se vlačna sila značajno manjeg iznosa od one u donjem pojasu. S obzirom da se radi o profilu koji za razliku od donjeg pojasa ima veće geometrijske karakteristike (gornji pojas CFRHS 120x120x6, donji pojas CFRHS 90x90x5) radi jednostavnosti izvedbe možemo usvojiti iste dimenzije spoja kao za vlačni nastavak rešetke.

Odabrane dimenzije ploče su **280x280x25mm**.

Konačno usvojeni vijci **M22 K.V. 5.6**.

## 6.4. SPOJ STUP REŠETKA (P2 – POZICIJA 24)



Skica spoja stup - rešetka

DJELOVANJA:	
$N_{ED} = 98,10$ (kN)	(tlak)
$V_{ED} = 1,95$ (kN)	

PODACI O POPREČNOM PRESJEKU CFRHS 90/90/5			
b(cm)	9	t(cm)	0,5
h(cm)	9		
PODATCI O PROFILU HEA 200			
b (cm)	20	$t_F$ (cm)	1
h (cm)	19	$t_w$ (cm)	0,65
PODATCI O VIJCIMA			
$\phi$ (mm)	$\phi 22$	$f_{y,B}$ (N/mm <sup>2</sup> )	300
K.V.	5.6.	$f_{u,B}$ (N/mm <sup>2</sup> )	500

Otpornost vara:

Duljina vara pojasnice:  $l = 2 \cdot 200 = 400$

Duljina vara hrpta:  $l = 2 \cdot 170 = 340$

Maksimalna debljina vara  $a_{MAX} = 0,7 \cdot t_{MIN} = 0,7 \cdot 6,5 = 4,55$  (mm)  $\rightarrow$  Usvojeno:  $a = 4$  (mm)

Kontrola varova:

- Uzdužna sila:

$$F_{W,Rd} = \frac{F_{W,Rk}}{1,25} \cdot \frac{L_{var} F}{100} = \frac{103,9}{1,25} \cdot \frac{400}{100} = 332,48 \text{ (kN)} \geq F_{W,Ed} = 98,10 \text{ (kN)}$$



- Poprečna sila:

$$F_{W,Rd} = \frac{F_{W,Rk}}{1,25} \cdot \frac{L_{var}^W}{100} = \frac{103,9}{1,25} \cdot \frac{340}{100} = 282,61 \text{ (kN)} \geq V_{Ed} = 1,95 \text{ (kN)}$$

Proračun vijaka:

$$\text{Za M 22: } C_{MIN} = 2d + a\sqrt{2} = 2 \cdot 22 + 4\sqrt{2} = 49,66 \text{ (mm)} \rightarrow \text{Usvojeno: } C = 50 \text{ (mm)}$$

Otpornost vijka na posmik:

$$F_{V,Rd} = \frac{F_{V,Rk}}{1,25} = \frac{90,9}{1,25} = 72,72 \text{ (kN)} \geq \frac{V_{Ed}}{4} = 0,49 \text{ (kN)}$$

Proračun dimenzija pločice:

$$b_{pl,min} = b + 2 \cdot a\sqrt{2} + 20 = 200 + 2 \cdot 4\sqrt{2} + 20 = 231,31 \text{ (mm)}$$

$$a_{pl,min} = h + 2 \cdot (c + e_1) = 190 + 2 \cdot (50 + 55) = 400 \text{ (mm)}$$

Odabrano: 240 x 240 (mm) (usvajamo manje dimenzije spojne pločice)

Proračun debljine ploče  $t_{pl}$ :

Pritisak po omotaču rupe od osnovnog materijala:

$$F_{v,Ed} = \frac{V_{Ed}}{2} = 0,975 \text{ (kN)} < F_{b,Ed} = \frac{F_{b,Rk}}{\gamma_{Mb}} \cdot \frac{t_{pl}}{10} \rightarrow t_{pl} > \frac{F_{b,Ed} \cdot \gamma_{Mb} \cdot 10}{F_{b,Rk}}$$
$$t_{pl} > \frac{0,975 \cdot 1,25 \cdot 10}{151,3} = 0,081 \text{ (mm)}$$

Savijanje ploče od vlačnih vijaka:

$$M_{Ed} = F_{t,Ed} \cdot c = 98,1 \cdot 0,081 = 7,946 \text{ (kNm)}$$

$$\rightarrow t_{pl,min} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot M_{Ed} \cdot 6}{b_{pl} \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 7,946 \cdot 6}{23,1 \cdot 23,5}} = 0,98 \text{ (cm)} \rightarrow 9,8 \text{ (mm)}$$

Usvojene dimenzije ploče su: **240 x 240 x 10 mm.**

Konačno usvojeni vijci: **M22 K.V. 5.6. (2 vijka)**



## 6.5. SPOJ KROVNA PODROŽNICA - GORNJI POJAS (P4 – POZICIJA 26)

DJELOVANJA:
$V_{ED,Y} = 0,98$ (kN)
$V_{ED,Z} = 3,43$ (kN) (vjetar odižući)

PODACI O POPREČNOM PRESJEKU SHS 120/120/6			
b(cm)	12	t(cm)	0,6
h(cm)	12		
PODATCI O PROFILU IPE 200			
h (cm)	20	t <sub>F</sub> (cm)	0,90
b (cm)	10	t <sub>w</sub> (cm)	0,60
PODATCI O VIJCIMA			
φ (mm)	φ 22	f <sub>y,B</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	300
K.V.	5.6.	f <sub>u,B</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	500

Maksimalna debljina vara  $a_{MAX} = 0,7 \cdot t_{MIN} = 0,7 \cdot 6,0 = 4,20$  (mm) → Usvojeno:  $a = 4$  (mm)

Otpornost vara:

$$L_w = 0 = 4 \cdot 120 = 480 \text{ mm}$$

$$F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{\gamma_{Mw}} \cdot \frac{L_w}{100} = \frac{103,9}{1,25} \cdot \frac{480}{100} = 398,98 \text{ kN} > V_{ed,z} = 12,64 \text{ kN}$$

Otpornost vijaka na vlak:

$$F_{t,Rd} = \frac{F_{t,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{136,4}{1,25} = 109,12 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = \frac{V_{z,ed}}{4} = \frac{3,43}{4} = 0,858 \text{ kN} < F_{t,Rd} = 109,12 \text{ kN}$$

Otpornost vijaka na posmik:

$$F_{v,Rd} = \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{90,9}{1,25} = 72,72 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \frac{V_{y,ed}}{4} = \frac{0,98}{4} = 0,245 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 72,72 \text{ kN}$$

Spoj podrožnice na gornji pojas izvest će se zavarivanjem pravokutne ploče na gornji pojas nosača dimenzija **240x100x10 mm**.

Konačno usvojeni vijci: **M22 K.V. 5.6.**



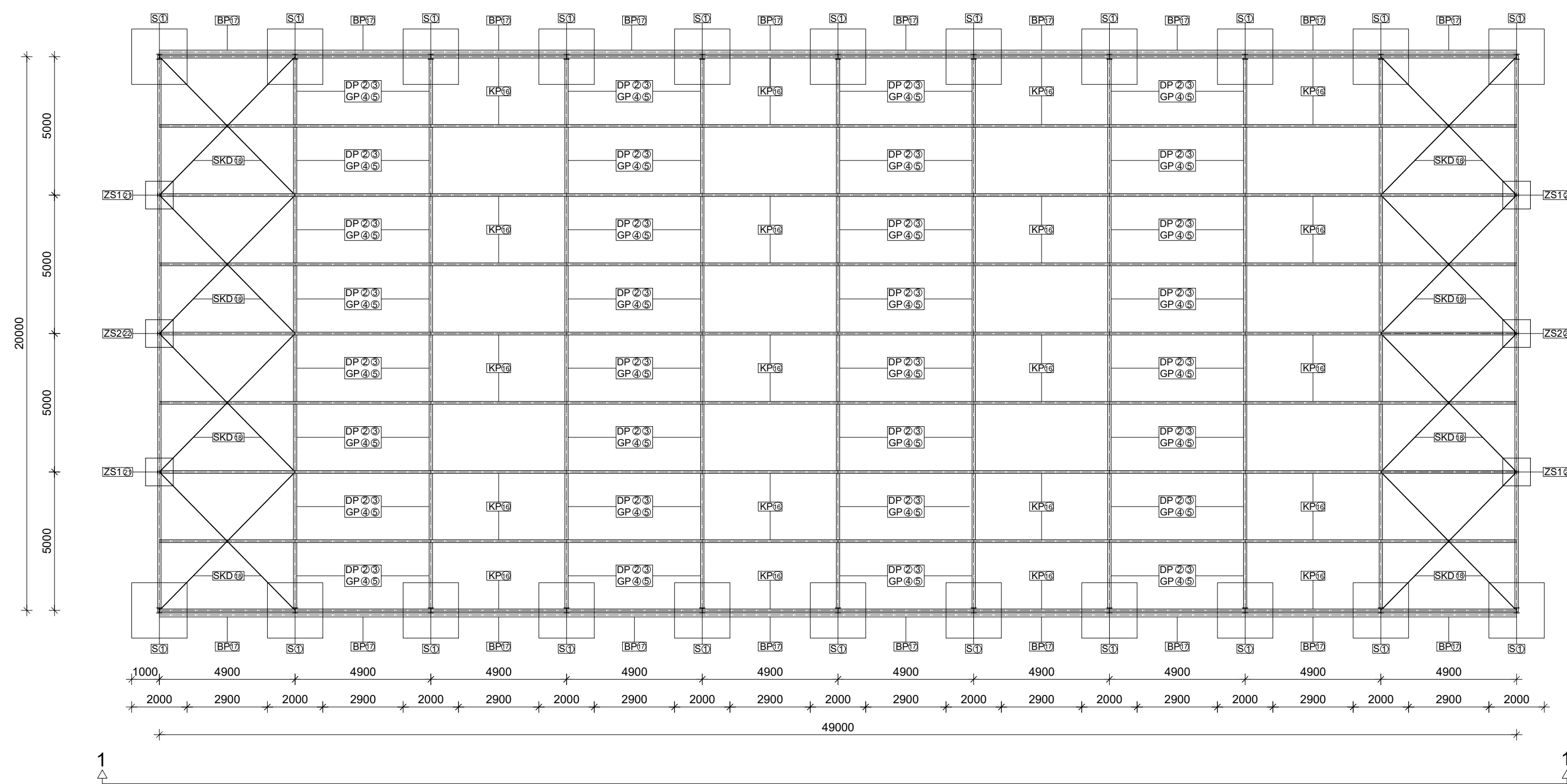
## 7. LITERATURA

- [1] Prof.dr.sc. Ivica Boko: Predavanja Osnove metalnih konstrukcija
  
- [2] Materijali sa vježbi: Osnove metalnih konstrukcija, katedra za metalne i drvene konstrukcije
  
- [3] B. Androić; D. Dumović; I. Džeba: Metalne konstrukcije 1, Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb, 1994.
  
- [4] B. Androić; D. Dumović; I. Džeba: Metalne konstrukcije 2, Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb, 1994.
  
- [5] FGAG repozitorij: Repozitorij Fakulteta Građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu
  
- [6] HRN EN 1991-1-1:2012 EC1: Opća djelovanja – Dio 1-1: Obujamske težine, vlastite težine i uporabna opterećenja zgrada
  
- [7] HRN EN 1991-1-3:2012 EC1: Opća djelovanja – Dio 1-3: Opterećenja snijegom
  
- [8] HRN EN 1991-1-4:2012 EC1: Opća djelovanja – Dio 1-4: Djelovanja vjetra
  
- [9] HRN EN 1993-1-1:2014 EC3: Projektiranje čeličnih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade

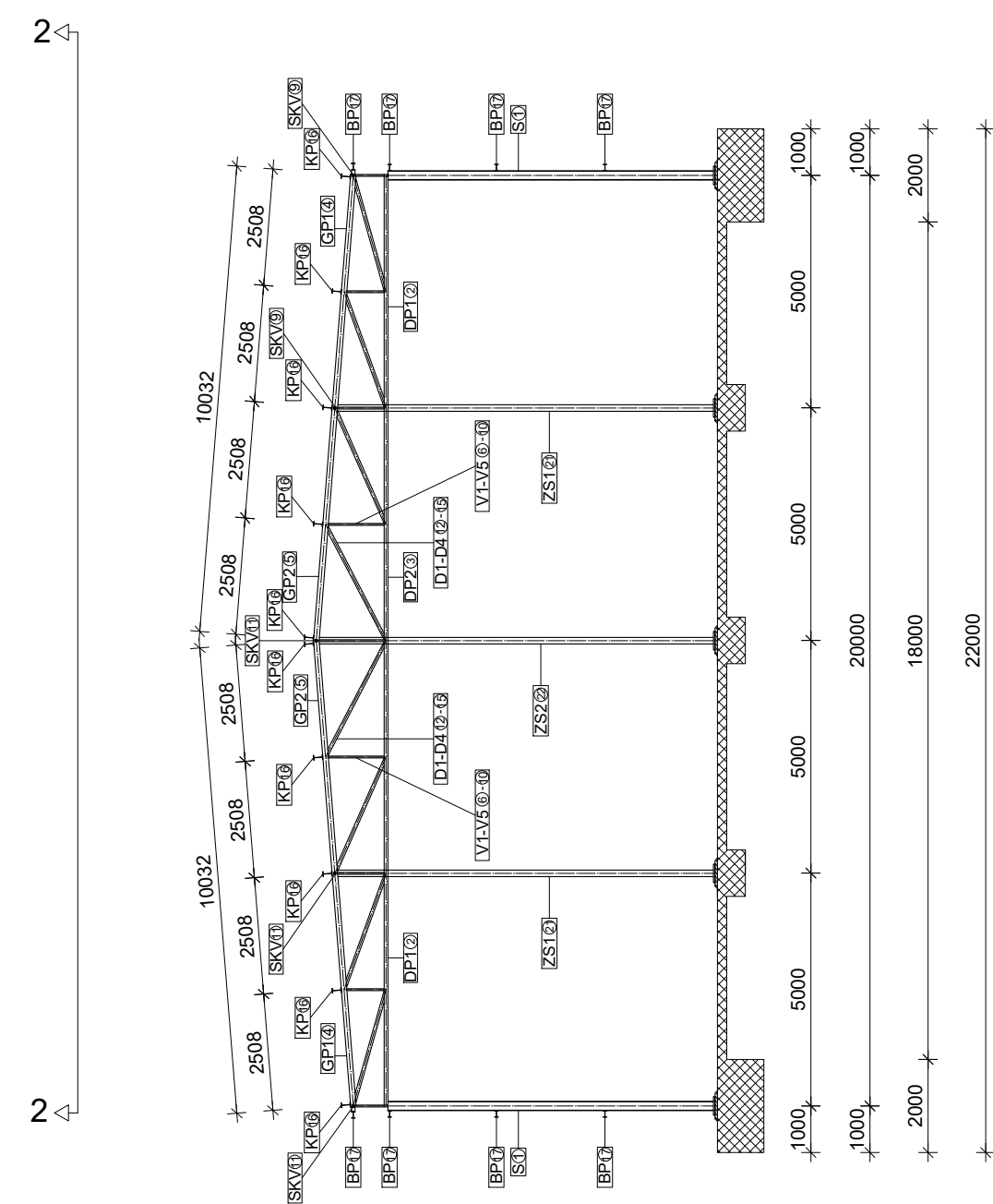


## **8. NACRTI**

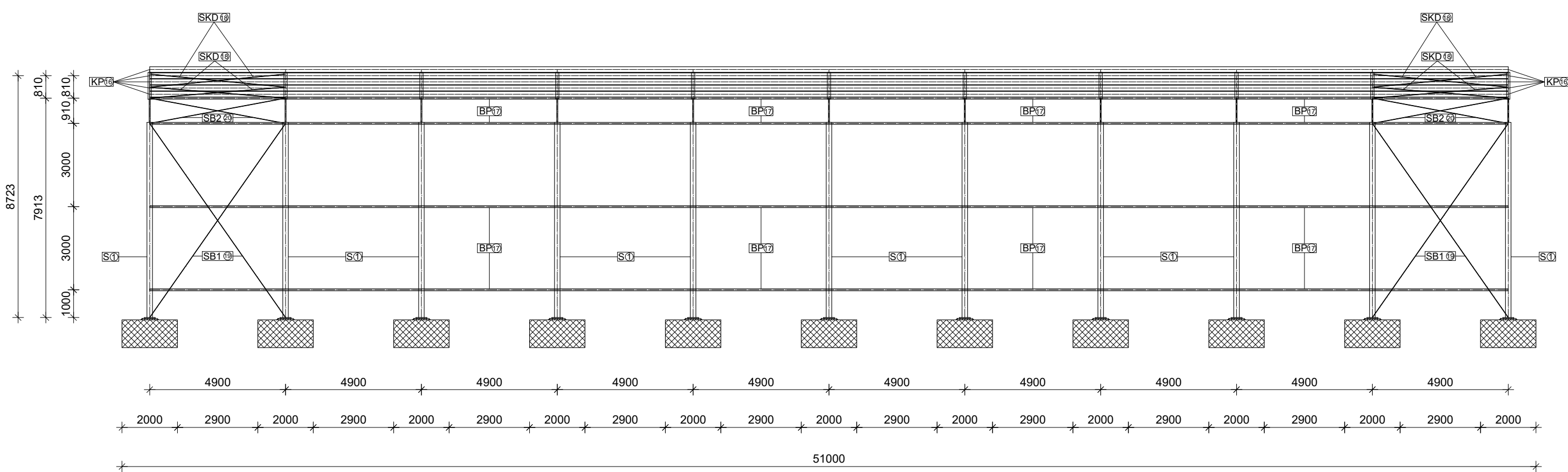
TLOCRTNI POGLED



POGLED 2-2



BOČNI POGLED 1-1



GENERALNI PLAN POZICIJA  
M 1:150

PRIKAZ I OPIS POZICIJA			
POZ.	ELEMENT	PROFIL	NAZIV
1	STUP (S)	HEA 200	Stup glavne konstrukcije
2-3	DONJI POJAS (DP)	CFRHS 90/90/5	Donji pojas krovne rešetke
4-5	GORNJI POJAS (GP)	CFRHS 120/120/6	Gornji pojas krovne rešetke
6-10	VERTIKALE (V)	SHS 40/40/4	Unutarnje vertikalne ispune krovne rešetke
12-15	DIJAGONALE (D)	SHS 70/70/5	Dijagonalne ispune krovne rešetke
16	KROVNA PODR. (KP)	IPE 200	Sekundarna krovna konstrukcija
17	BOČNA PODR. (BP)	IPE 140	Sekundarna bočna konstrukcija
18	KROVNI SPREG DIJAGONALA (SKD)	RND 12	Krovna dijagonala vjetrovnog sprega
19	KROVNI SPREG VERTIKALA (SKV)	CFRHS 50/50/4	Krovna vertikala vjetrovnog sprega
20	BOČNI SPREG (SB)	RND 12	Bočna dijagonala vjetrovnog sprega
21-22	ZABATNI STUPOVI (ZS)	HEA 140	Sekundarna konstrukcija na zabatu hale



**OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA**  
**PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE METALNE HALE**

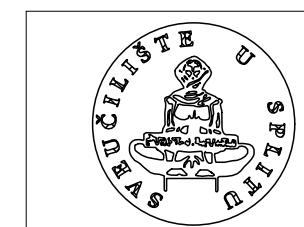
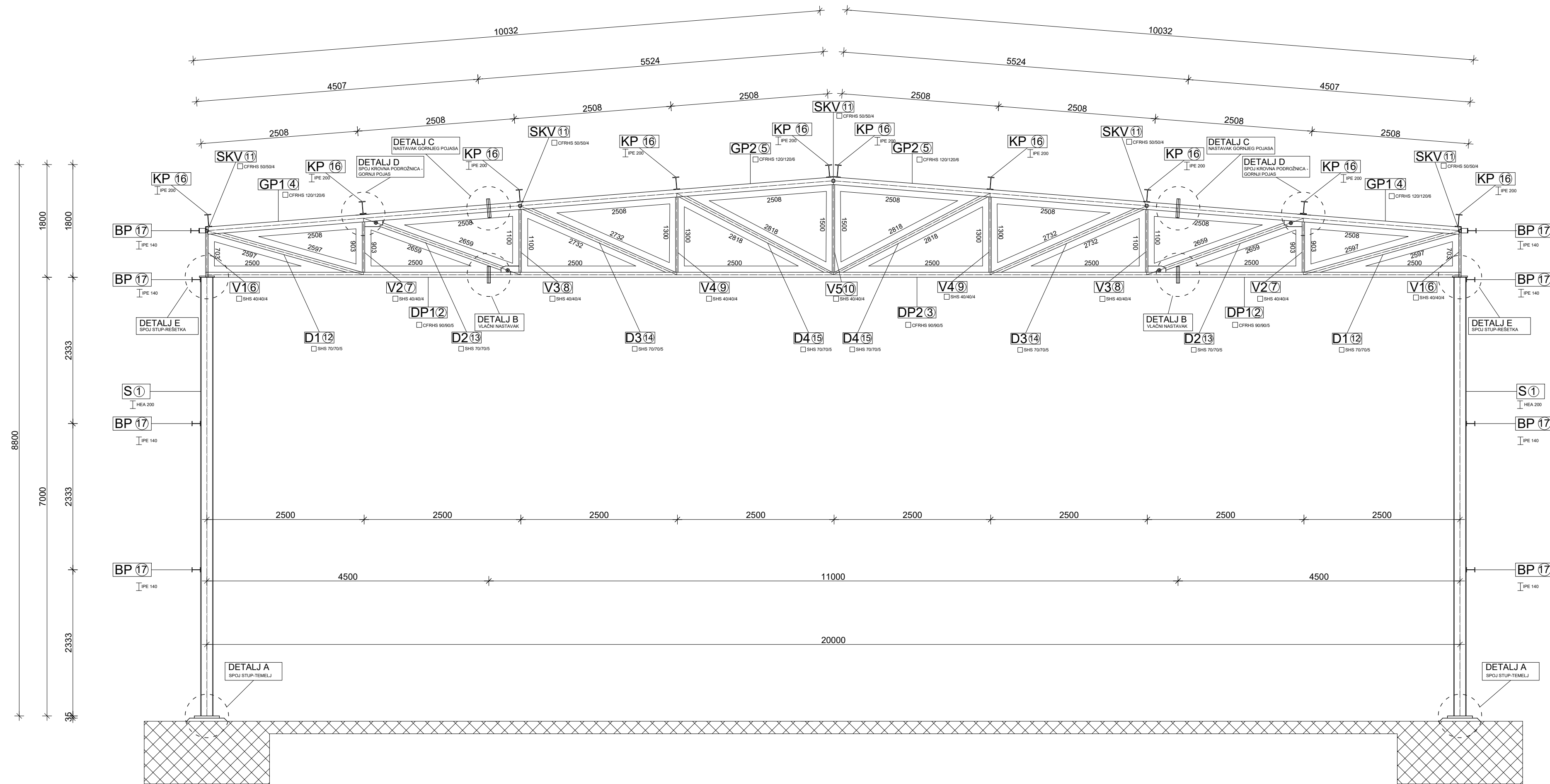
STUDENT: NATALI RADIĆ      PREDMETNI NASTAVNIK: IVICA BOKO  
 ASISTENT: MARKO GORETA

SADRŽAJ: GENERALNI PLAN POZICIJA      MJERILO: 1 : 150  
 DATUM: 09.06.2024.      PRILOG: 1

SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA  
 ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

PRESJEK KROZ GLAVNI OKVIR

M 1:50

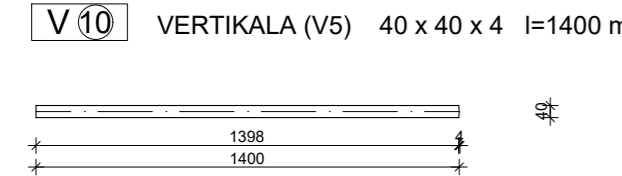
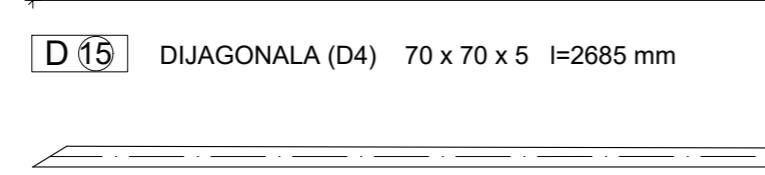
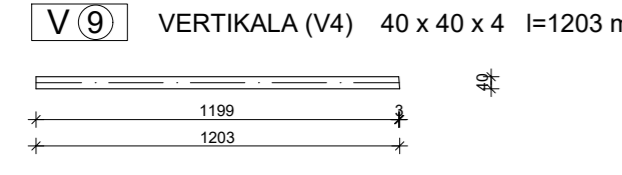
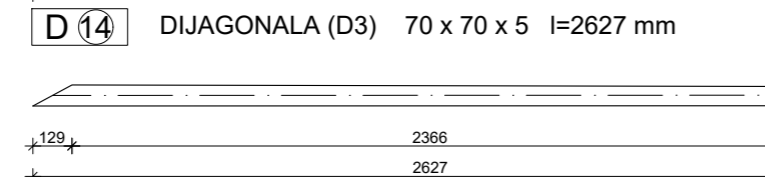
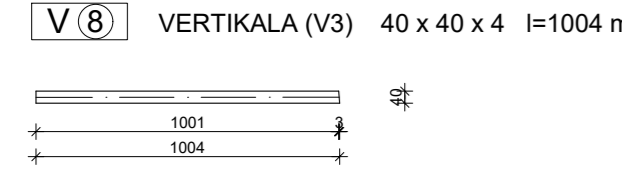
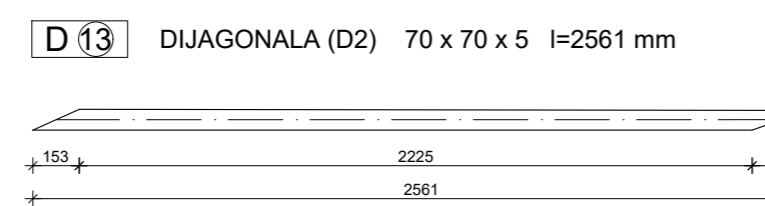
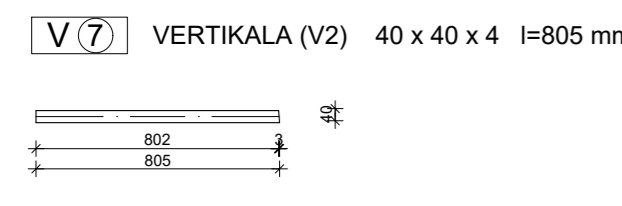
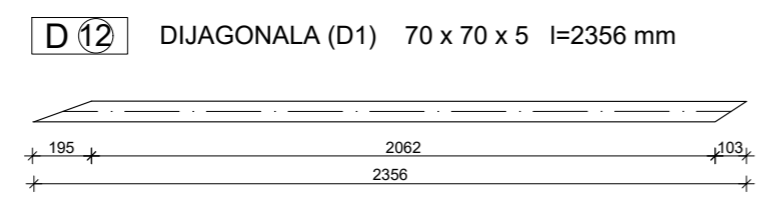
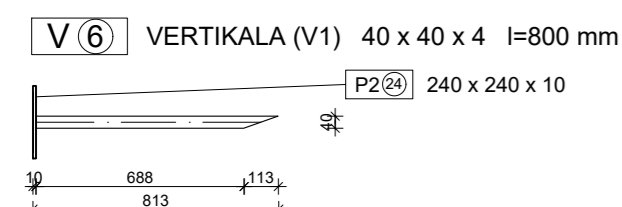
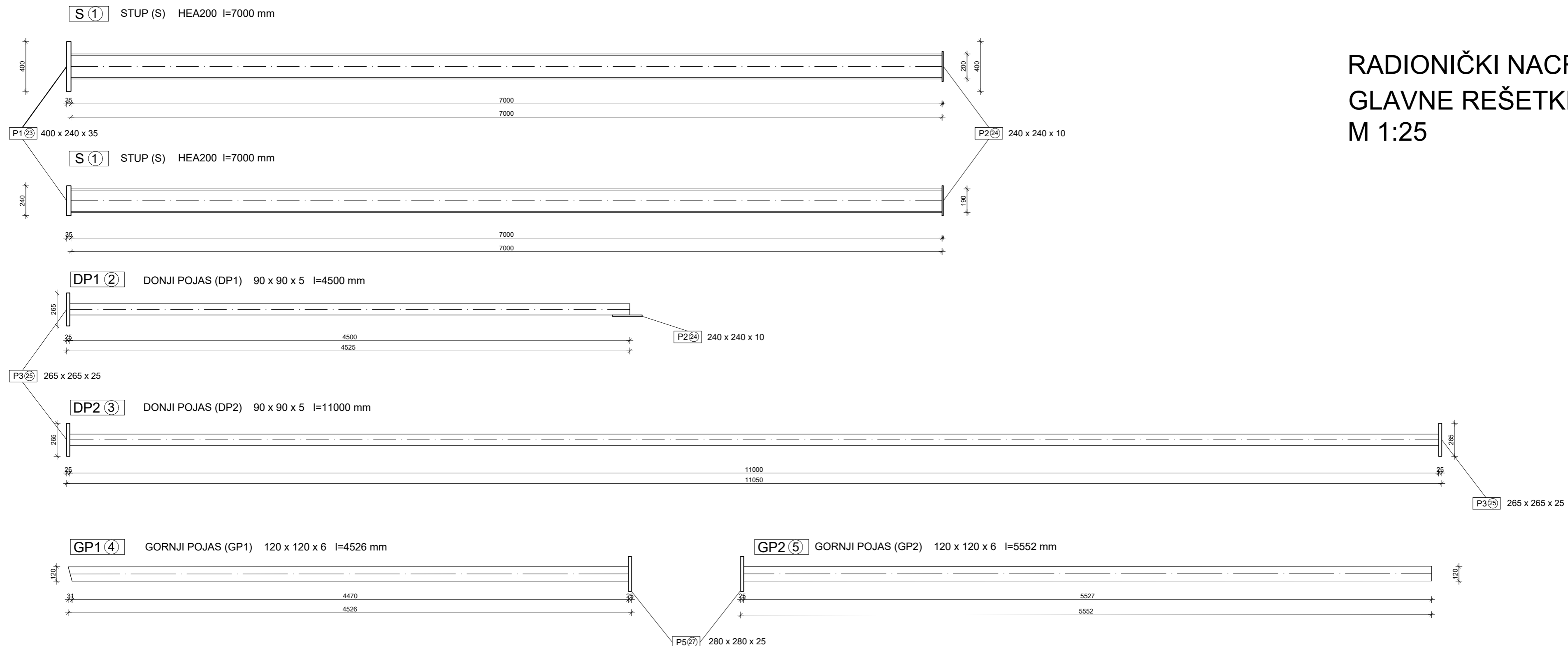


SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

<b>OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA</b>		
<b>PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE METALNE HALE</b>		
STUDENT: NATALI RADIĆ	PREDMETNI NASTAVNIK	IVICA BOKO
	ASISTENT	MARKO GORETA
SADRŽAJ: PRESJEK KROZ GLAVI OKVIR	MJERILO: 1 : 50	
DATUM: 09.06.2024.	PRILOG: 2	




# RADIONIČKI NACRT GLAVNE REŠETKE I STUPA M 1:25



Pozicija	Element	Poprečni presjek	Površina(mm <sup>2</sup> )	Duljina (mm)	Masa (kg/m <sup>3</sup> )	Broj komada	Masa (kg)
1	S	HEA 200	10599	7000	42,3	22	6514,20
2	DP1	CFRHS 90/90/5	1670	4500	13,1	22	1296,90
3	DP2	CFRHS 90/90/5	1670	11000	13,1	11	1585,10
4	GP1	CFRHS 120/120/6	2700	4526	21,2	22	2110,93
5	GP2	CFRHS 120/120/6	2700	5552	21,2	22	2589,45
6	V1	SHS 40/40/4	559	813	4,39	22	78,52
7	V2	SHS 40/40/4	559	805	4,39	22	82,09
8	V3	SHS 40/40/4	559	1004	4,39	22	96,97
9	V4	SHS 40/40/4	559	1203	4,39	22	116,19
10	V5	SHS 40/40/4	559	1400	4,39	22	135,21
12	D1	SHS 70/70/5	1270	2356	9,99	22	517,80
13	D2	SHS 70/70/5	1270	2561	9,99	22	562,86
14	D3	SHS 70/70/5	1270	2627	9,99	22	577,36
15	D4	SHS 70/70/5	1270	2685	9,99	22	590,11
							<b>Σ= 16856,69</b>

Svi elementi su klase čelika S235



SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

**OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA**

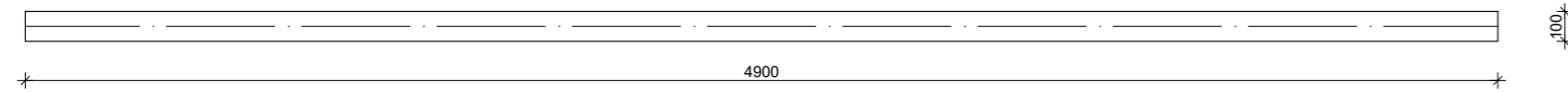
PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE  
METALNE HALE

STUDENT: NATALI RADIĆ      PREDMETNI NASTAVNIK: IVICA BOKO  
ASISTENT: MARKO GORETA

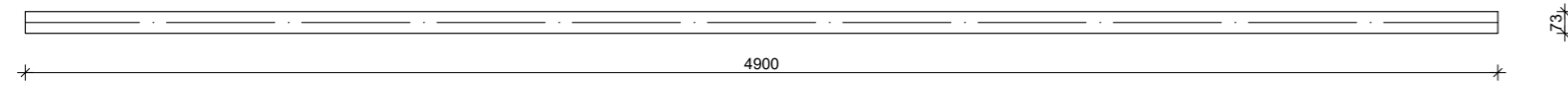
SADRŽAJ: RADIONIČKI NACRT GLAVNE REŠETKE I STUPA      MJERILO: 1 : 25  
DATUM: 09.06.2024.      PRILOG: **3**

# RADIONIČKI NACRT SEKUNDARNE KONSTRUKCIJE M 1:25

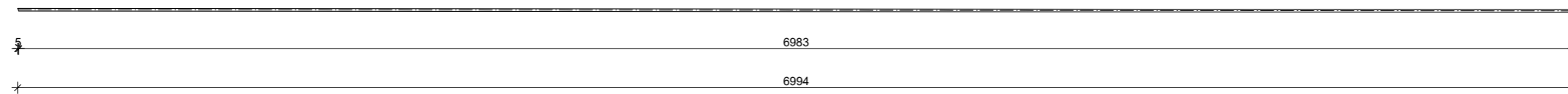
KP 16 KROVNA PODROŽNICA (KP) IPE 200 L=4900 mm



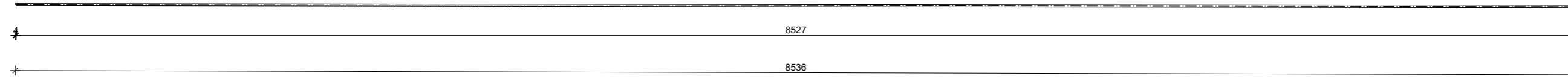
BP 17 BOČNA PODROŽNICA (BP) IPE 140 L=4900 mm



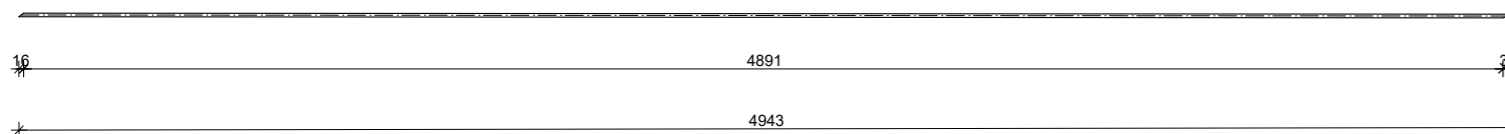
SKD 18 KROVNI SPREGOVI DIJAGONALE (SKD) RND12 L=6994 mm



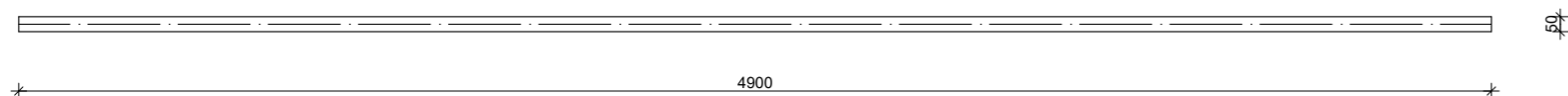
SB1 19 BOČNI SPREGOVI(SB1) RND12 L=8536 mm



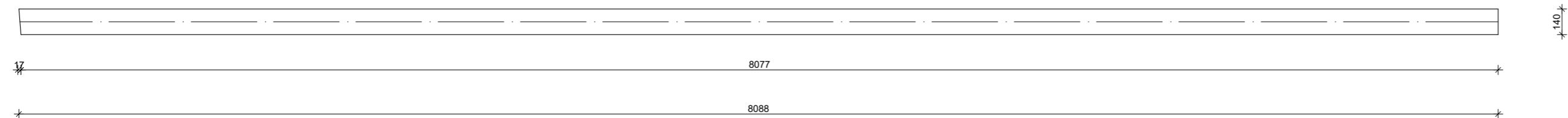
SB2 20 BOČNI SPREGOVI(SB2) RD12 L=4943 mm



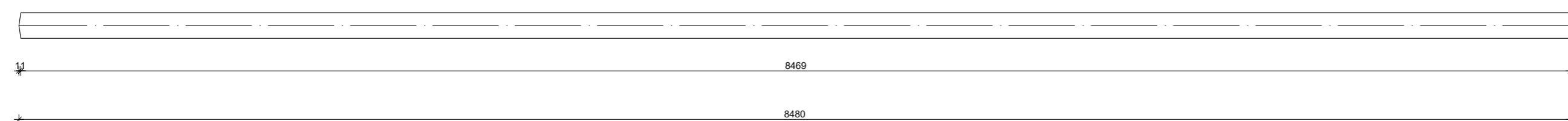
SKV 11 KROVNI SPREGOVI VERTIKALE (SKV) CFRHS 50 x 50 x 4 L=4900 mm



ZS1 21 ZABATNI STUP(ZS1) HEA140 L=8088 mm




ZS2 22 ZABATNI STUP(ZS2) HEA140 L=8480 mm

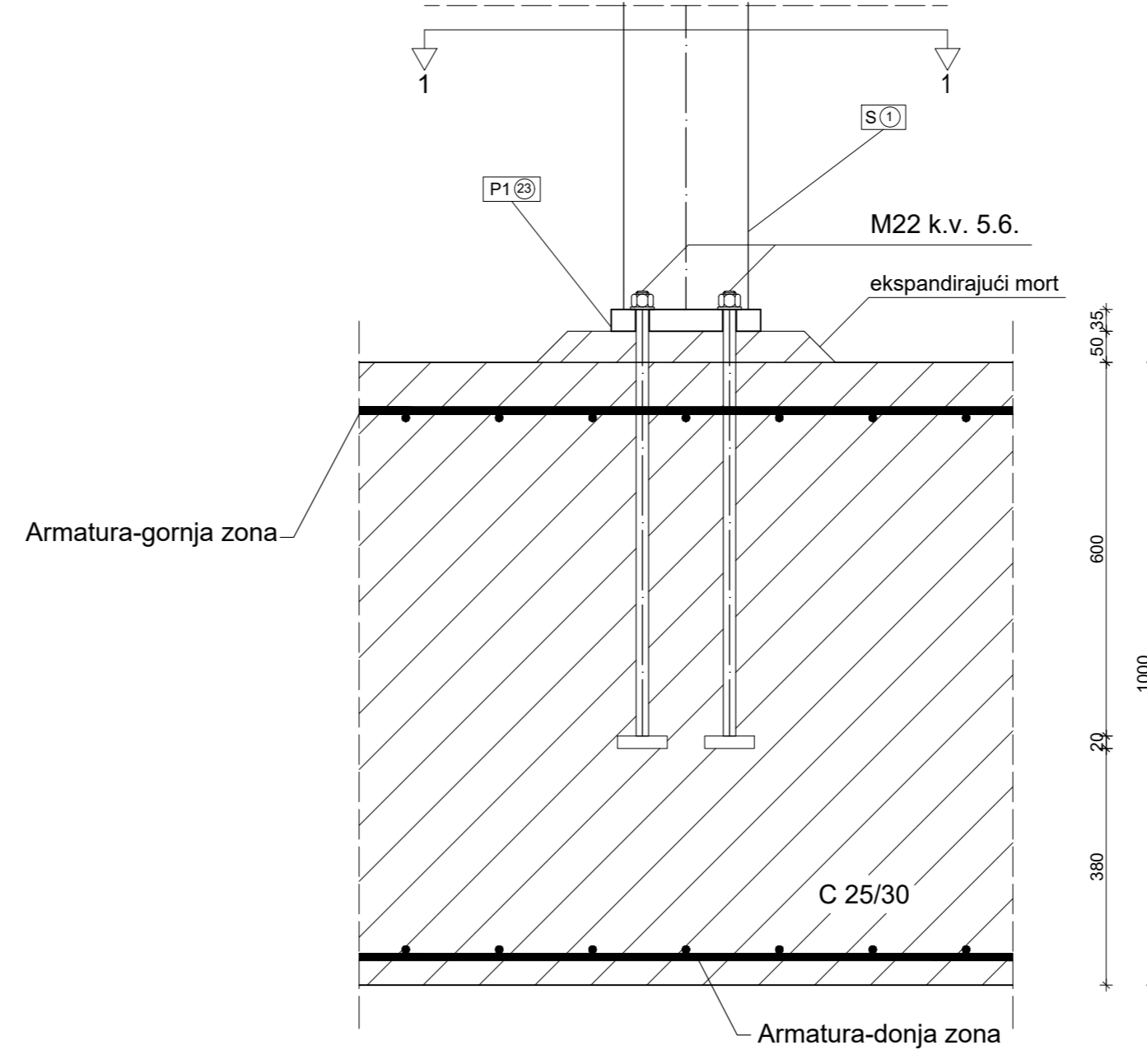
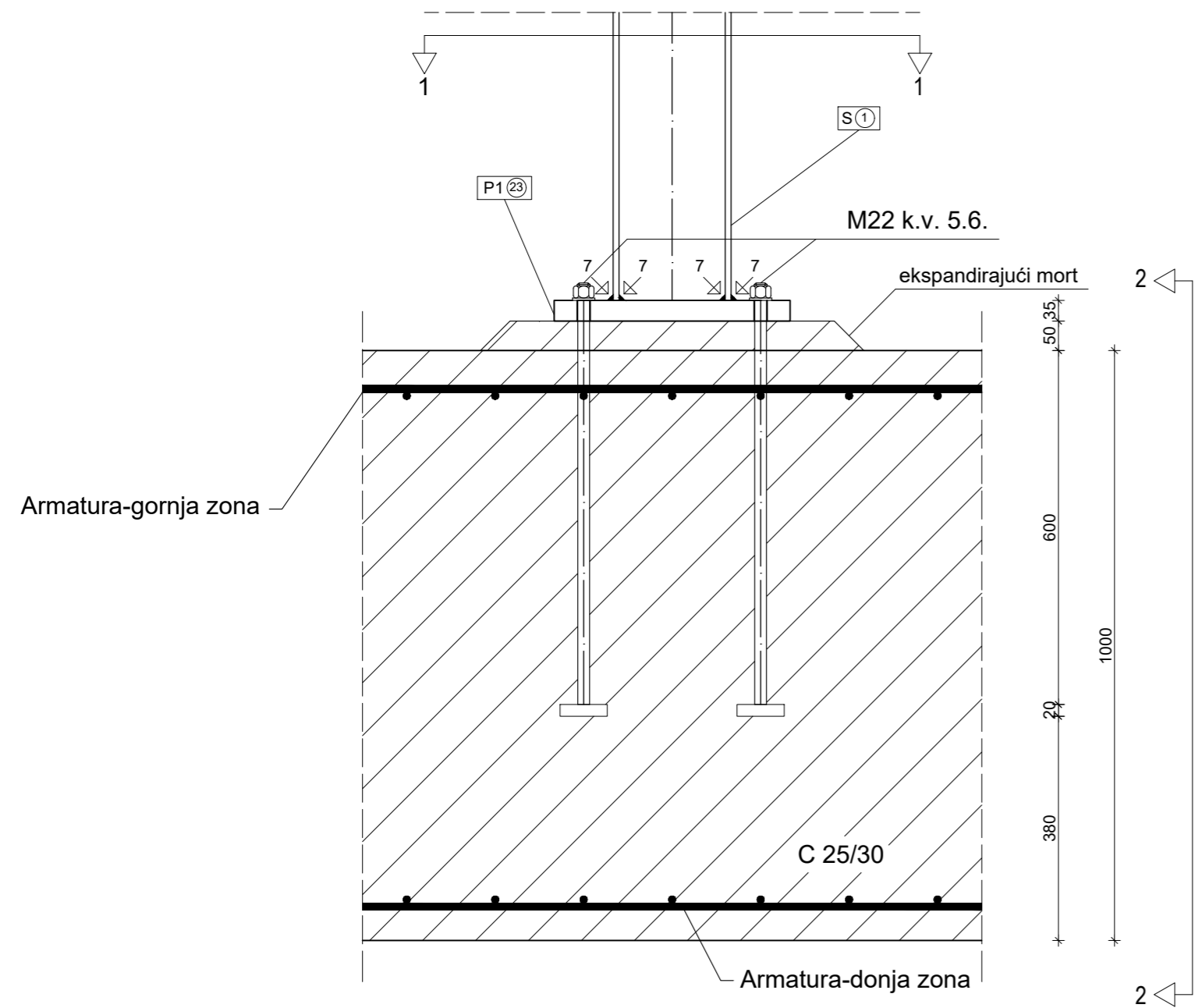


Pozicija	Element	Poprečni presjek	Površina(mm <sup>2</sup> )	Duljina (mm)	Masa (kg/m <sup>1</sup> )	Broj komada	Masa (kg)
16	KP	IPE 200	2848	4900	22,4	110	12073,6
17	BP	IPE 140	1643	4900	12,9	80	5056,8
18	SKD	RND12	113,02	6994	0,89	16	99,60
19	SB1	RND12	113,02	8536	0,89	8	60,78
20	SB2	RND12	113,02	4943	0,89	8	35,19
11	SKV	CFRHS 50X50X4	6950	4900	5,5	20	539,00
21	Z1	HEA140	3140	8088	24,7	4	799,09
22	Z2	HEA140	3140	8480	24,7	2	418,91
							<b>Σ= 19054,08</b>

Svi elementi su klase čelika S235

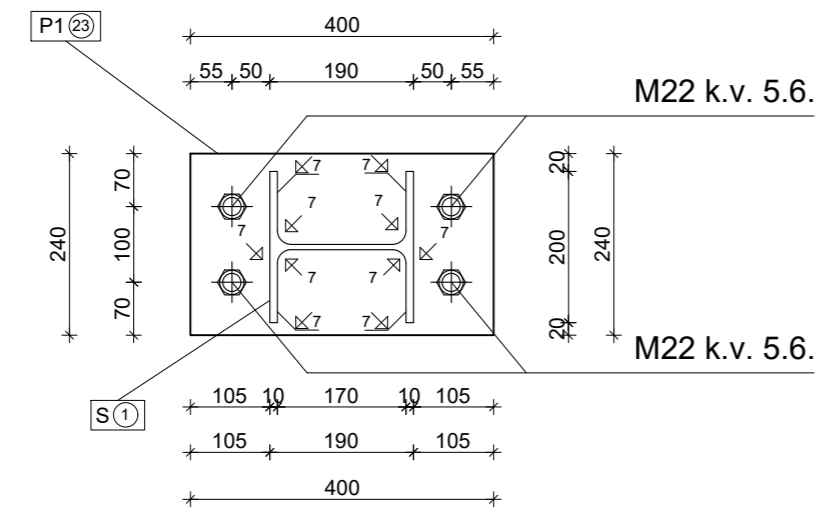
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15	<b>OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA</b>		
	PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE METALNE HALE		
STUDENT: NATALI RADIĆ	PREDMETNI NASTAVNIK	IVICA BOKO	
	ASISTENT	MARKO GORETA	
SADRŽAJ: RADIONIČKI NACRT SEKUNDARNE KONSTRUKCIJE	MJERILO: 1 : 25		
DATUM: 09.06.2024.	PRILOG: 4		

# DETALJ "A" SPOJ STUP - TEMELJ M 1:10

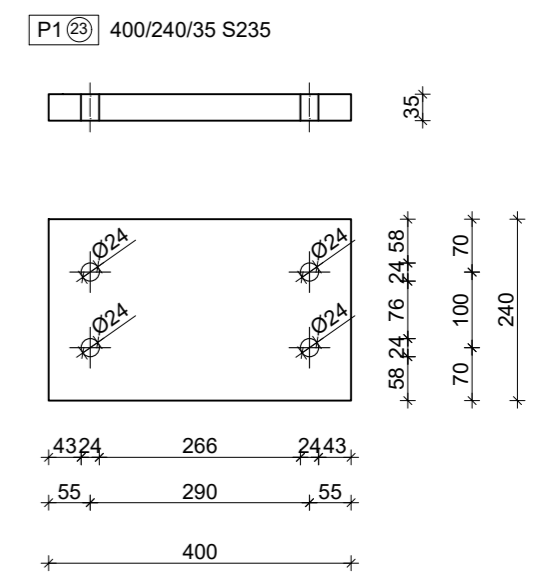


PRESJEK 1-1

TLOCRT TEMELJA  
M 1:50



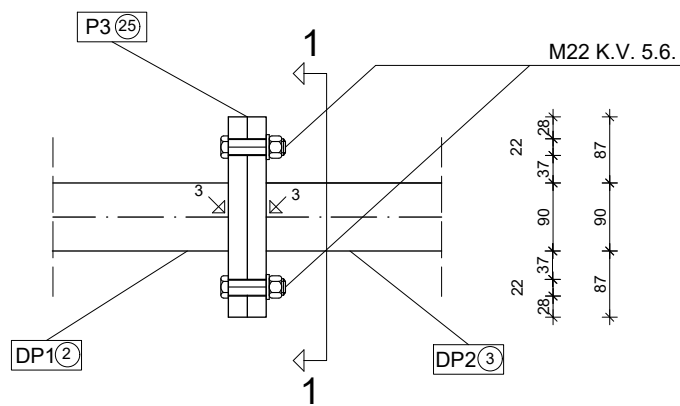
## PLOČICA



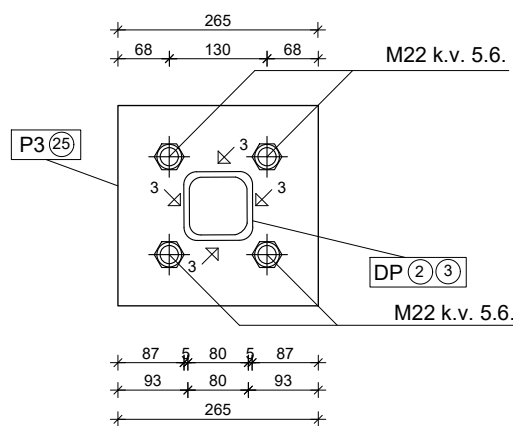
OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA		
PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE METALNE HALE		
STUDENT: NATALI RADIĆ	PREDMETNI NASTAVNIK	IVICA BOKO
	ASISTENT	MARKO GORETA
SADRŽAJ: DETALJ "A" SPOJ STUP - TEMELJ	MJERILO: 1 : 10	
DATUM: 09.06.2024.	PRILOG: 5	

# DETALJ "B" VLAČNI NASTAVAK REŠETKE

M 1:10

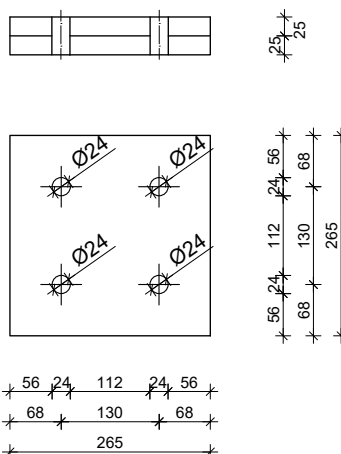


## PRESJEK 1-1



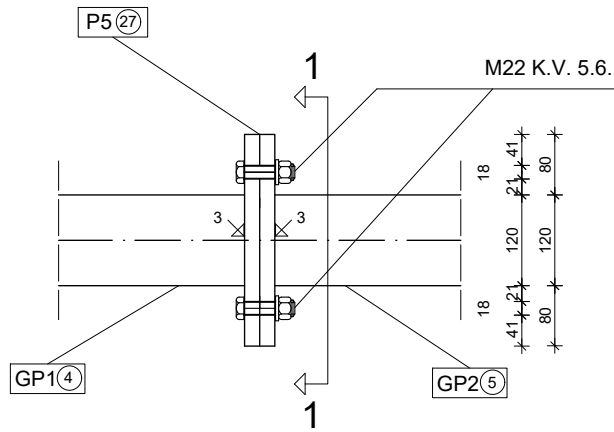
## PLOČICA

P3(25) 265/265/25 S235

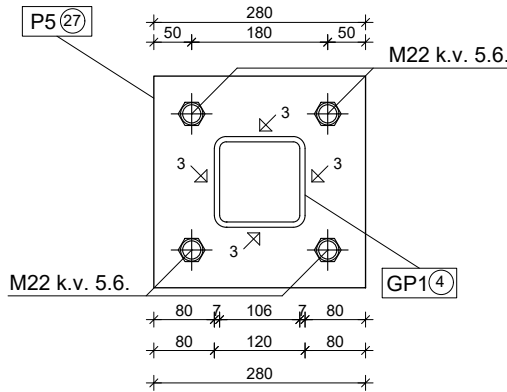


# DETALJ "C" NASTAVAK GORNJEG POJASA

M 1:10

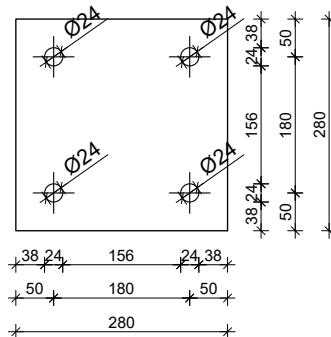
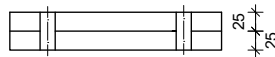


## PRESJEK 1-1



## PLOČICA

P5 (27) 280/280/25 S235



SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

### OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA

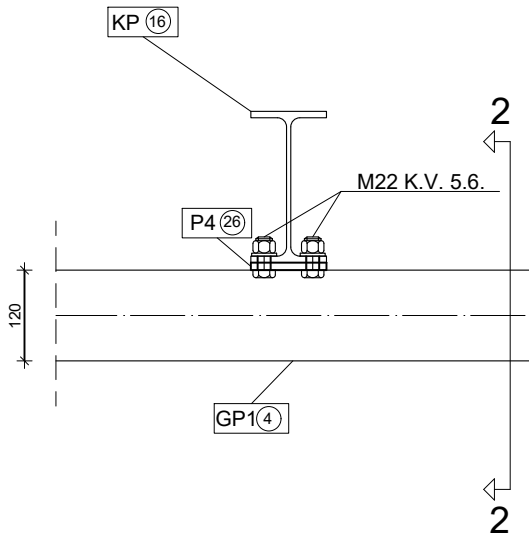
#### PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE METALNE HALE

STUDENTI: NATALI RADIĆ	PREDMETNI NASTAVNIK	IVICA BOKO
	ASISTENT	MARKO GORETA
SADRŽAJ: DETALJ "C" NASTAVAK GORNJEG POJASA		MJERILO: 1 : 10
DATUM: 09.06.2024.		PRILOG: 7

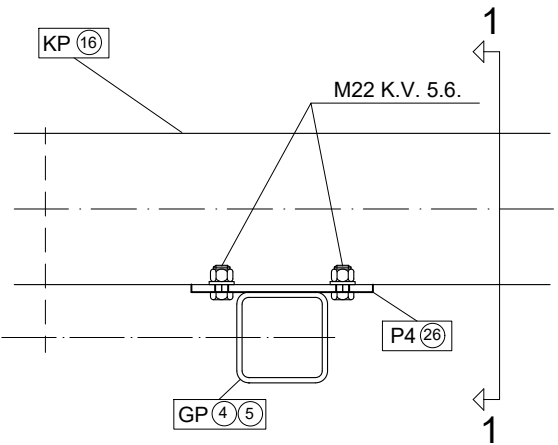
# DETALJ "D" SPOJ KROVNA PODROŽNICA - GORNJI POJAS

M 1:10

PRESJEK 1-1

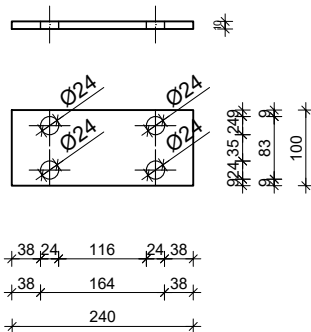


PRESJEK 2-2



## PLOČICA

P4(26) 240/100/10 S235



SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

## OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA

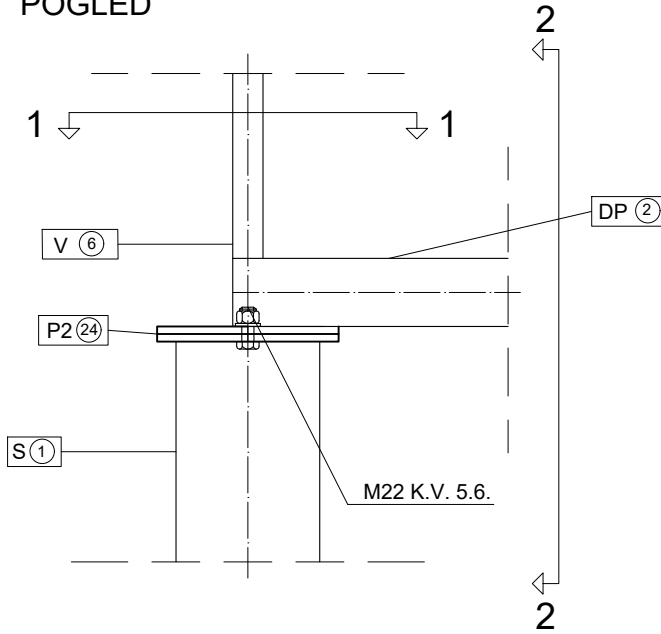
### PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE METALNE HALE

STUDENTI: NATALI RADIĆ	PREDMETNI NASTAVNIK	IVICA BOKO
	ASISTENT	MARKO GORETA
SADRŽAJ: DETALJ "D" SPOJ KROVNA PODROŽNICA - GORNJI POJAS	MJERILO: 1 : 10	
DATUM: 09.06.2024.	PRILOG: 8	

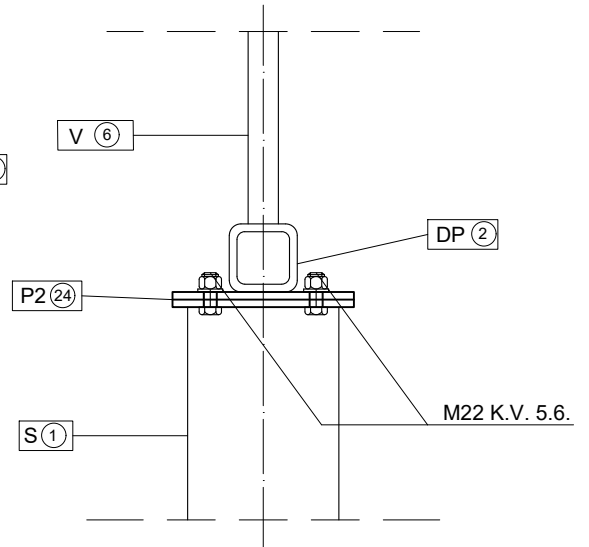
# DETALJ "E" ZGLOBNI SPOJ STUP - REŠETKA

M 1:10

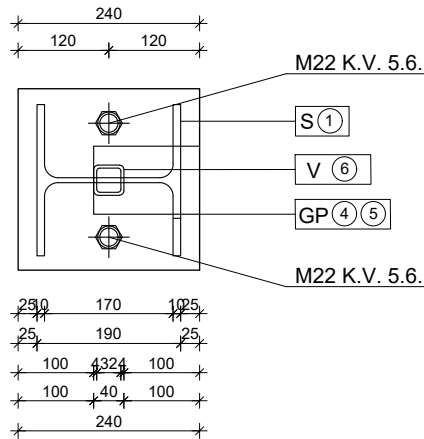
POGLED



PRESJEK 2-2

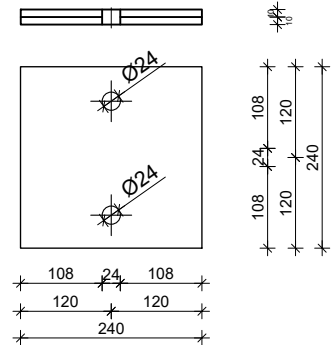


PRESJEK 1-1



PLOČICA

P2 (24) 240/240/10 S235



## OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA

### PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE METALNE HALE

STUDENTI: NATALI RADIĆ

PREDMETNI NASTAVNIK

IVICA BOKO

ASISTENT

MARKO GORETA

SADRŽAJ: DETALJ "E" ZGLOBNI SPOJ STUP - REŠETKA

DATUM:

09.06.2024.

MJERILO: 1 : 10

PRILOG: 9

## KONAČNI ISKAZ MATERIJALA

M 1:10

Poz.	Element	Poprečni presjek	Površina(mm <sup>2</sup> )	Duljina (mm)	Masa (kg/m')	Broj komada	Masa (kg)	
1	S	HEA 200	10599	7000	42,3	22	6514,20	
2	DP1	CFRHS 90/90/5	1670	4500	13,1	22	1296,90	
3	DP2	CFRHS 90/90/5	1670	11000	13,1	11	1585,10	
4	GP1	CFRHS 120/120/6	2700	4526	21,2	22	2110,93	
5	GP2	CFRHS 120/120/6	2700	5552	21,2	22	2589,45	
6	V1	SHS 40/40/4	559	813	4,39	22	78,52	
7	V2	SHS 40/40/4	559	805	4,39	22	82,09	
8	V3	SHS 40/40/4	559	1004	4,39	22	96,97	
9	V4	SHS 40/40/4	559	1203	4,39	22	116,19	
10	V5	SHS 40/40/4	559	1400	4,39	22	135,21	
11	SKV	CFRHS 50/50/4	6950	4900	5,5	20	539,00	
12	D1	SHS 70/70/5	1270	2356	9,99	22	517,80	
13	D2	SHS 70/70/5	1270	2561	9,99	22	562,86	
14	D3	SHS 70/70/5	1270	2627	9,99	22	577,36	
15	D4	SHS 70/70/5	1270	2685	9,99	22	590,11	
16	KP	IPE 200	2848	4900	22,4	110	12073,6	
17	BP	IPE 140	1643	4900	12,9	80	5056,8	
18	SKD	RD12	113,02	6994	0,89	16	99,60	
19	SB1	RD12	113,02	8536	0,89	8	60,78	
20	SB2	RD12	113,02	4943	0,89	8	35,19	
21	ZS1	HEA140	3140	8088	24,7	4	799,09	
22	ZS2	HEA140	3140	8480	24,7	2	418,91	
	Pločice	Dimenzije (mm)						
23	P1	400 x 240 x 35					22	580,27
24	P2	240 x 240 x 10					44	189,95
25	P3	265 x 265 x 25					44	606,39
26	P4	240 x 100 x 10					110	207,24
27	P5	280 x 280 x 25					44	676,98
	$\Sigma$							38197,46
	SPOJNA SREDSTVA + 2%							736,95
	UKUPNA MASA KONSTRUKCIJE							38934,41
	TLOCRTNA POVRŠINA KONSTRUKCIJE							980 m <sup>2</sup>
	UKUPNO (kg / m <sup>2</sup> )							39,73 kg/m <sup>2</sup>



SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

## OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA

PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE  
METALNE HALE

STUDENTI: NATALI RADIĆ

PREDMETNI  
NASTAVNIK

IVICA BOKO

ASISTENT

MARKO GORETA

SADRŽAJ: KONAČNI ISKAZ MATERIJALA

DATUM: 09.06.2024.

MJERILO: 1 : 10

PRILOG: 10