

Proračun čelične konstrukcije skladišne hale

Ugrina, Anđela

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:123:870139>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-01**



Repository / Repozitorij:

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



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
SVEUČILIŠTE U SPLITU

ZAVRŠNI RAD

Andela Ugrina

Split, 2024.

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

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ
GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: Andela Ugrina

MATIČNI BROJ (JMBAG): 0083223917

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

PREDMET: Osnove metalnih konstrukcija

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Tema: Proračun čelične konstrukcije skladišne hale

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

Način izvedbe: montažno

Osnovni materijal: S 355

Objekt se nalazi na području Zagreba

Razmak okvira: 5,4 (m)

U Splitu, 27.3.2024.

Voditelj Završnog rada:

Prof.dr.sc. Ivica Boko

Proračun čelične konstrukcije skladišne hale

Sažetak:

Na osnovu zadanih podataka čelične hale dimenzionirana je glavna nosiva konstrukcija, sekundarni nosači, spregovi i temelji konstrukcije. Objekt se smjestio na području grada Zagreba. Proračun je izveden prema kriterijima graničnog stanja nosivosti (GSN) i graničnog stanja uporabljivosti (GSU). Konstrukcija je podložna opterećenjima, a javljaju se stalno (vlastita težina i dodatno stalno opterećenje) i promjenjivo (snijeg i vjetar). Izračun unutarnjih sila izveden je pomoću računalnog programa „SCIA Engineer 22.1“.

Ključne riječi:

Čelik, hala, nosiva konstrukcija, rešetka, stup, podrožnice, spregovi, dimenzioniranje, spojevi.

Design of a steel manufacturing hall

Abstract:

Based on the provided data for the steel hall, the main load-bearing structure, secondary beams, bracing, and foundations were designed. The structure is located in the city of Zagreb. The design calculations were performed according to the criteria of the ultimate limit state (ULS) and the serviceability limit state (SLS). The structure is subjected to loads, including permanent loads (self-weight and additional permanent load) and variable loads (snow and wind). The calculation of internal forces was carried out using the software 'SCIA Engineer 22.1'.

Keywords:

Steel, hall, load-bearing structure, grating, column, purlins, bracings, design, joints

SADRŽAJ

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | TEHNIČKI OPIS..... | 6 |
| 1.1 | O KONSTRUKCIJI..... | 6 |
| 1.1.1 | OPĆENITO..... | 6 |
| 1.1.2 | KONSTRUKTIVNI ELEMENTI | 7 |
| 1.1.3 | O SPOJEVIMA..... | 7 |
| 1.2. | O PRORAČUNU KONSTRUKCIJE..... | 8 |
| 1.3. | MATERIJAL..... | 8 |
| 1.4. | PRIMIJENJENI PROPISI..... | 8 |
| 1.5. | ANTIKOROZIJSKA ZAŠTITA..... | 9 |
| 1.6. | ZAŠTITA OD POŽARA..... | 9 |
| 1.7. | MONTAŽA I TRANSPORT..... | 9 |
| 2 | ANALIZA OPTEREĆENJA | 10 |
| 2.1. | STALNO OPTEREĆENJE | 10 |
| 2.2. | POKRETNO OPTEREĆENJE – DJELOVANJE SNIJEGA | 11 |
| 2.3. | POKRETNO OPTEREĆENJE – DJELOVANJE VJETRA | 12 |
| 3 | KONTROLA PROGIBA..... | 21 |
| 3.1 | VERTIKALNI PROGIB..... | 21 |
| 3.2 | HORIZONTALNI PROGIB..... | 22 |
| 4 | DIJAGRAMI REZNIH SILA ZA KOMBINACIJE DJELOVANJA (GSN) | 23 |
| 4.1 | GLAVNA NOSIVA KONSTRUKCIJA..... | 23 |
| 4.1.1. | KOMBINACIJA 1 | 23 |
| 4.1.2. | KOMBINACIJA 2..... | 25 |
| 4.1.3. | KOMBINACIJA 3..... | 26 |
| 4.2 | SEKUNDARNA KONSTRUKCIJA..... | 28 |
| 4.2.1 | ZABATNI STUPOVI | 28 |
| 4.2.2 | KROVNI (HORIZONTALNI) SPREGOVI..... | 30 |
| 4.2.3 | BOČNI (VERTIKALNI SPREGOVI) | 31 |
| 4.2.4 | KROVNA PODROŽNICA | 32 |
| 4.2.5 | BOČNA PODROŽNICA | 35 |

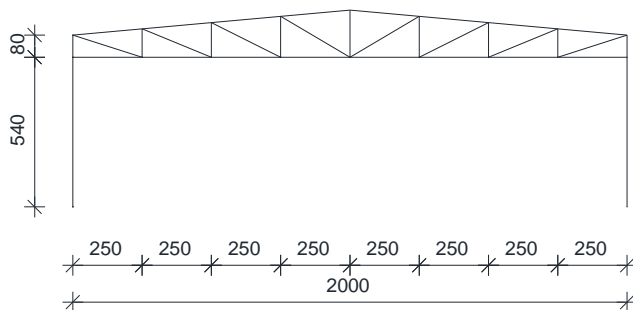
| | | |
|----------|--|-----------|
| 5 | DIMENZIONIRANJE ELEMENATA KONSTRUKCIJE PREMA GSN..... | 37 |
| 5.1 | GLAVNA NOSIVA KONSTRUKCIJA..... | 37 |
| 5.1.1. | GORNJI POJAS REŠETKE | 37 |
| 5.1.2. | DONJI POJAS REŠETKE..... | 38 |
| 5.1.3. | DIJAGONALE REŠETKE..... | 39 |
| 5.1.4. | VERTIKALE REŠETKE | 40 |
| 5.1.5. | STUPOVI OKVIRA | 42 |
| 5.2. | SEKUNDARNA KONSTRUKCIJA..... | 47 |
| 5.2.1. | ZABATNI STUPOVI..... | 47 |
| 5.2.2. | KROVNI SPREGOVI (ZATEGE) | 49 |
| 5.2.3. | BOČNI (VERTIKALNI) SPREGOVI (ZATEGE) | 50 |
| 5.2.4. | KROVNE PODROŽNICE..... | 51 |
| 5.2.5. | BOČNE PODROŽNICE | 53 |
| 6 | DIIMENZIONIRANJE SPOJEVA ELEMENATA KONSTRUKCIJE..... | 56 |
| 6.1 | UPETI SPOJ TEMELJ – STUP..... | 56 |
| 6.2. | VLAČNI NASTAVAK REŠETKE (DONJI POJAS) | 59 |
| 6.3 | SPOJ STUP-REŠETKA..... | 61 |
| 6.4 | NASTAVAK KROVNE PODROŽNICE..... | 64 |
| 6.5 | SPOJ KROVNE PODROŽNICE NA GORNJI POJAS..... | 67 |
| 7 | LITERATURA..... | 69 |
| 8 | NACRTI..... | 70 |

1. TEHNIČKI OPIS

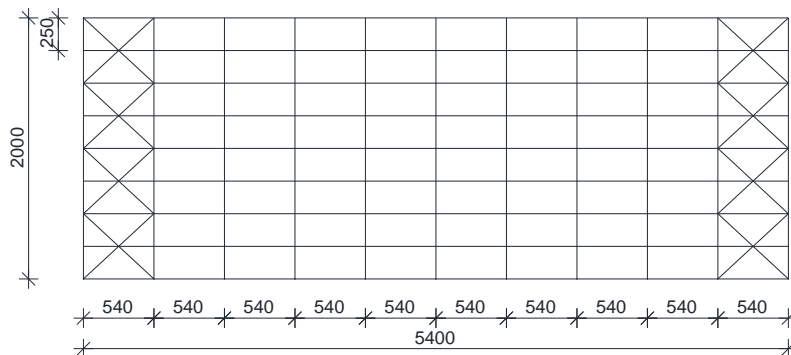
1.1. O KONSTRUKCIJI

1.1.1. OPĆENITO

U okviru zadatka potrebno je izraditi proračun za metalnu halu sa tlocrtnim dimenzijama 20,00 x 54,00 (m) i ukupnom visinom od 7,10 (m). Hala će biti smještena u Zagrebu i namijenjena za potrebe skladištenja. Krov je nagnut u odnosu na horizontalnu ravninu pod kutom $\alpha = 5,14^\circ$, što odgovara padu od 9 %. Glavni nosivi sustav hale sastoji se od 11 ravninskih okvira, koji su postavljeni na međusobnom osnom razmaku od 5,4 (m).



Slika 1.1. Glavni nosač



Slika 1.2. Prikaz konstrukcije (tlocrt)

Na grede okvira oslanjaju se sekundarni nosači (podrožnice) na međusobnom osnom razmaku od 2,51 (m), dok su na stupove oslonjeni sekundarni bočni nosači na međusobnom osnom razmaku od 1,8 (m).

Stabilizacija hale u smjeru okomitom na glavni nosivi sustav postignuta je spregovima u krovim (horizontalnim) i bočnim (zidnim) ravninama i to u krajnjim poljima (prvom i posljednjem). Pokrov je izveden od aluminijskih sendvič panela. Stupovi i grede su nosači

međusobno spojeni upetim vezama zbog zahtjeva uporabljivosti same hale. Također, spoj stupa sa temeljem ostvaren je upetom vezom.

1.1.2 KONSTRUKTIVNI ELEMENTI

STUPOVI

Proračunom su izabrani stupovi s valjanim I profilima HEA 160.

GLAVNA REŠETKA

Glavne rešetke su projektirane tako da prime utjecaj od vlastite težine čitave konstrukcije, kao i opterećenja izazvana snijegom i vjetrom. Za gornji i donji pojas korišteni su profili kvadratnog šupljeg poprečnog presjeka SHS 110/110/8 (mm) te SHS 90/90/5 (mm) spojeni u čvorovima. Profili vertikalna su kvadratnog šupljeg presjeka SHS 40/40/4 (mm) osim krajnjih vanjskih vertikalna koje su dimenzija HEA 160 (mm). Profili dijagonala su također kvadratnih šupljih poprečnih presjeka SHS 50/50/4 (mm).

SPREGOVI

Dijagonale krovnog i bočnog sprega izvedene su od okruglih punih profila promjera 12 mm.

SEKUNDARNI NOSAČI

Na temelju proračuna, za sekundarne krovne nosače (podrožnice) odabrani su valjani I profili IPE 200.

Proračunom su odabrani sekundarni bočni nosači (podrožnice) valjanih I profila IPE 180.

1.1.3. O SPOJEVIMA

STUP-TEMELJ

Spoj se izvodi pomoću podložne ploče dimenzija 400x200x30(mm), koja je navarena na kraj stupa i pričvršćena vijcima M20 k.v. 5.6 koji su nosivi na vlak i odrez, te sidrenim u armirano–betonski temelj. Između podložne ploče i armiranobetonskog temelja koristi se ekspandirajući mort.

STUP-REŠETKA

Spoj donje pojasnice grede s pojasom stupa izvodi se pomoću čeone ploče dimenzija 200x300x10 (mm) i vijcima M12 k.v. 5.6, koji su nosivi na vlak i odrez.

VLAČNI NASTAVAK REŠETKE DONJEG POJASA

Spoj se izvodi pomoću čeonih ploča dimenzija 250x250x16 (mm) navarenim na krajeve greda, koje su međusobno pričvršćene vijcima M20 k.v. 5.6, koji su nosivi na vlak i odrez.

NASTAVAK KROVNE PODROŽNICE

Spoj se izvodi navarivanjem ploče dimenzija 300x150x10 (mm) na krajeve podrožnica koje su međusobno pričvršćene vijcima M12 k.v. 5.6, koji su nosivi na vlak i odrez.

SPOJ KROVNE PODROŽNICE NA GORNJI POJAS

Spoj se izvodi navarivanjem ploče, koja je dimenzija 200x100x10 (mm) na element gornjeg pojasa. Međusobno se povezuju pločica i pojasnica podrožnice sa vijcima M12 k.v. 5.6, koji su nosivi na vlak i odrez.

1.2. O PRORAČUNU KONSTRUKCIJE

Statičkom analizom obuhvaćena su opterećenja koja djeluju na konstrukciju, uključujući:

- stalno opterećenje (vlastita težina građevine)
- snijeg
- vjetar

Analiza je provedena na jednom reprezentativnom ravninskom okviru sa širinom krovne plohe od 25 metara. Izračun konstrukcije izveden je pomoću programskog paketa „Scia Engineer 22.1“ koji se zasniva na metodi pomaka, tj. rezne sile računa po teoriji elastičnosti. Sekundarne konstrukcije modelirane su kao kontinuirani nosači preko 10 polja. Za dimenzioniranje konstruktivnih elemenata i spojeva korištena je najnepovoljnija kombinacija opterećenja.

1.3. MATERIJAL

Svi elementi konstrukcije, uključujući glavni okvir, sekundarnu konstrukciju, spregove i spojeve, izrađeni su od građevinskog čelika S355.

Temelji su izvedeni od armiranog betona klase C25/30, s armaturom od betonskog čelika B500B. Na spoju stupa i temelja primijenjen je ekspandirajući mort.

1.4. PRIMIJENJENI PROPISI

Proračun čelične konstrukcije hale proveden je prema sljedećim propisima:

HRN EN 1991-1-1:2012 - Eurokod 1:

Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-1: Opća djelovanja -- Obujamske težine, vlastite težine i uporabna opterećenja zgrada

HRN EN 1991-1-3:2012 - Eurokod 1:

Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-3: Opća djelovanja -- Opterećenja snijegom

HRN EN 1991-1-4:2012 – Eurokod 1:

Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-4: Opća djelovanja – Djelovanja vjetra

HRN EN 1992-1-1:2013 - Eurokod 2:

Projektiranje betonskih konstrukcija -- Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade

HRN EN 1993-1-1:2014 - Eurokod 3:

Projektiranje čeličnih konstrukcija -- Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade

1.5. ANTIKOROZIJSKA ZAŠTITA

Svi dijelovi čelične konstrukcije trebaju biti zaštićeni od korozije. S obzirom da je lokacija konstrukcije grad Zagreb, prema HRN ISO 12944-1:2018, konstrukcija spada u C3 kategoriju. Zaštita čelične konstrukcije od korozije se izvodi metalnim prevlakama - štrcanjem aluminijskom prevlakom debljine 250 µm. Površinu je potrebno pripremiti odmašćivanjem. Također je potrebno pjeskarenje zbog dobivanja hrapave površine na koju čestice metala bolje prijanjaju.

1.6. ZAŠTITA OD POŽARA

U svrhu produljenja zagrijavanja konstruktivnih elemenata predmetne hale, svi takvi elementi moraju se zaštititi posebnim premazima koji su otporni na visoke temperature. Objekt također treba biti opremljen sustavima za detekciju požara i opremom za gašenje požara.

1.7. MONTAŽA I TRANSPORT

Pozicije okvira, kako je prikazano u radioničkom nacrtu glavnog okvira, bit će izrađene u radionici, transportirane na gradilište, i potom montirane (montažni način izgradnje). Posebnu pažnju treba obratiti na montažu i transport kako bi se izbjegla nepotrebna oštećenja. Izvođač je obavezan izraditi plan montaže nosača kojeg treba zajedno sa transportnim planom dostaviti nadzornoj službi na suglasnost. Nosači se trebaju transportirati u položaju u kakvom će kasnije primiti opterećenje. Potrebno je poduzeti sve mjere u skladu s "Pravilnikom o zaštiti na radu".

2. ANALIZA OPTEREĆENJA

2.1 STALNO OPTEREĆENJE – krovna ploha

| | |
|---|-------------------------------|
| - Sendvič paneli..... | 0,2 kN/m ² |
| - Sekundarna konstrukcija i spregovi..... | 0,2 kN/m ² |
| -Instalacija..... | 0,1 kN/m ² |
| | $\Sigma = 0,5 \text{ kN/m}^2$ |

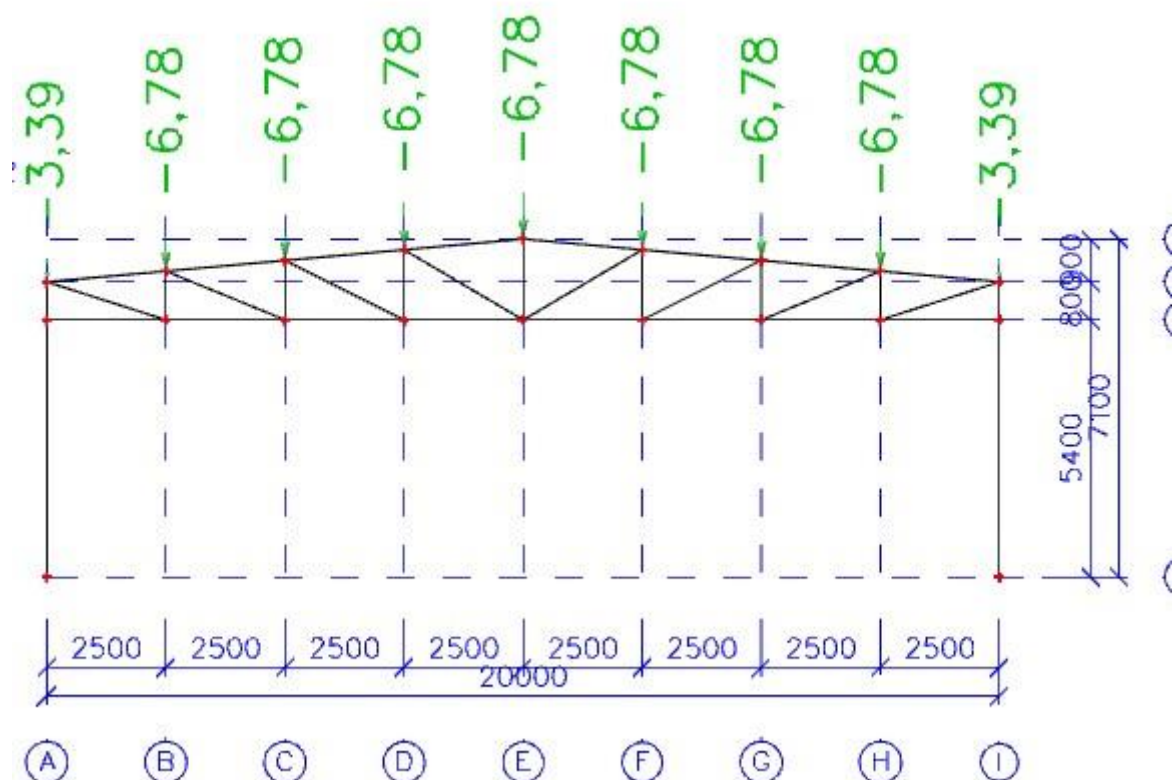
$$G_{kp} = 0,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot n \cdot a = 0,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 5,4 \text{ m} \cdot 2,51 \text{ m}$$

$$G_{kp} = 6,78 \text{ kN}$$

Linijsko opterećenje za sekundarne nosače:

$$G_{lin} = 0,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot a = 0,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2,51 \text{ m} = 1,26 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

$$G_{lin,uk} = 1,26 \frac{\text{kN}}{\text{m}'} \cdot 10 \cdot n = 1,26 \frac{\text{kN}}{\text{m}'} \cdot 54 \text{ m} = 68,04 \frac{\text{kNm}}{\text{m}'}$$



2.2 POKRETNO OPTEREĆENJE – djelovanje snijega HRN EN 1991-1-3

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 – karakteristična vrijednost opterećenja na tlu u kN/m^2

$s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$ za Zagreb na nadmorskoj visini od 0 – 100 m

μ_i – koeficijent oblika za opterećenje snijegom, očitamo ga ovisno o obliku i nagib krova

Za nagib krova od $0^\circ < \alpha < 30^\circ \rightarrow \mu_i = 0,8$ ($\alpha = 5,14^\circ$)

$c_e = 1,00$ (koeficijent izloženosti)

$c_t = 1,00$ (toplinski koeficijent)

Opterećenje snijegom preko cijele krovne površine:

$$s = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 0,8 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Raspodjela sila na glavni nosač:

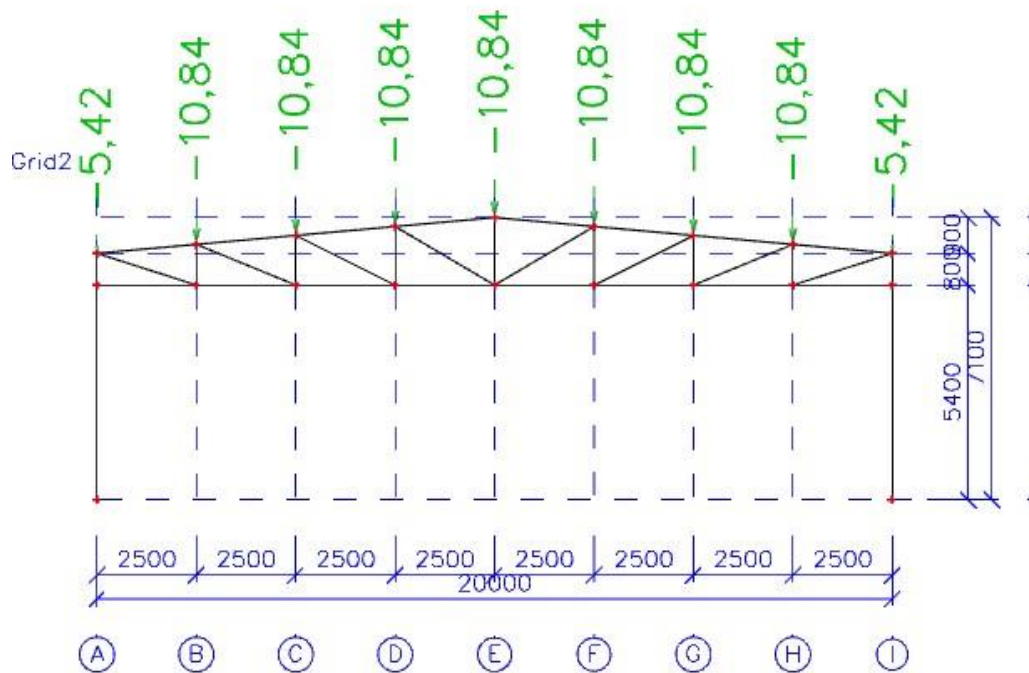
$$s = 0,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 5,4 \text{ m} = 4,32 \text{ kN/m'}$$

$$S_d = 4,32 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 2,51 \text{ m} = 10,84 \text{ kN}$$

Linijsko opterećenje za sekundarne nosače:

$$S_{lin} = 0,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot a = 0,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2,51 \text{ m} = 2,01 \frac{\text{kN}}{\text{m'}}$$

$$S_{lin,uk} = 2,01 \frac{\text{kN}}{\text{m'}} \cdot 10 \cdot n = 2,01 \frac{\text{kN}}{\text{m'}} \cdot 54 \text{ m} = 108,54 \frac{\text{kNm}}{\text{m'}}$$



2.3 POKRETNO OPTEREĆENJE – djelovanje vjetra HRN EN 1991-1-4

Materijal izrade: S3555

Lokacija objekta: Zagreb

Huk = 5,4 + 1,7 = 7,1 m

$z_0 = 100$ m.n.m $z = 7,1$ m

PRITISAK VJETRA:

- NA VANJSKE POVRŠINE: $w_e = q_p(z_e) * C_{pe}$ [kN/m²]
- NA UNUTARNJE POVRŠINE: $w_i = q_p(z_i) * C_{pi}$ [kN/m²]

q_p – pritisak brzine vjetra pri udaru

z_e, z_i – referentna visina za vanjski/unutarnji pritisak

c_{pe} – koeficijent pritiska za vanjski vjetar

c_{pi} – koeficijent pritiska za unutarnji vjetar

OSNOVNI PRITISAK VJETRA:

$$q_B = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_B^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 = 390,63 \frac{N}{m^2} = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho = 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$v_B = C_{DIR} \cdot C_{SEASON} \cdot v_{B;0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

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

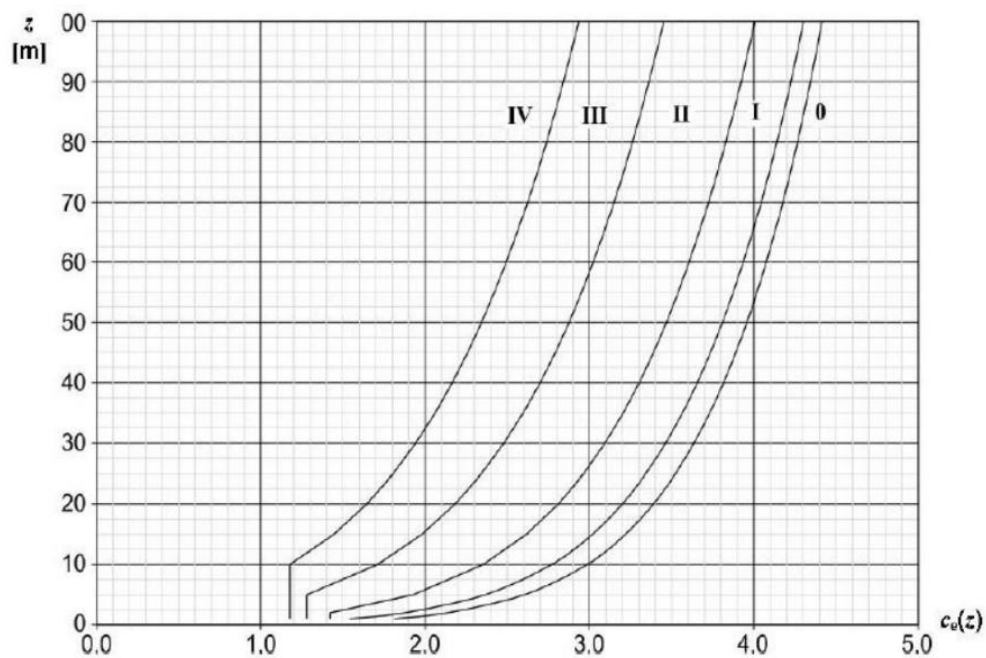
$$C_{SEASON} = 1,0$$

$$v_{B;0} = 25 \text{ m/s} \rightarrow \text{očitano (vjetrovna karta, Zagreb)}$$

$$C_e(z) = 1,19 \rightarrow \text{očitano za } z = 7,1 \text{ m}$$

Odabrana kategorija terena: 4

$$Z_o = 1,0 \text{ m} \quad Z_{min} = 10 \text{ m}$$



PRITISAK VJETRA PO UDARU:

$$q_p(z_e) = C_E \cdot q_B = 1,19 \cdot 0,39 = 0,47 \text{ kN/m}^2$$

ODREĐIVANJE KOEFICIJENTA TLAKA:

$$e = \text{MIN} \{b, 2h\} = \text{MIN} \{54\text{m}, 2 \cdot 7,1 \text{ m}\} = \text{MIN} \{54\text{m}, 14,2 \text{ m}\} = 14,2 \text{ m} < d = 20 \text{ m}$$

$$Huk/d = 7,1/20 = 0,355$$

zona D

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

$C_{pe,10} = +0,71$

zona E

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

$C_{pe,10} = -0,33$

$$\alpha = 5,14^\circ < 5^\circ \rightarrow \text{Dvostrešni krov koji nije ravan}$$

KOEFICIJENT VANJSKOG PRITISKA ZA PODRUČJE DVOSTREŠNOG NERAVNOG KROVA (očítavamo za $\theta=0^\circ$)

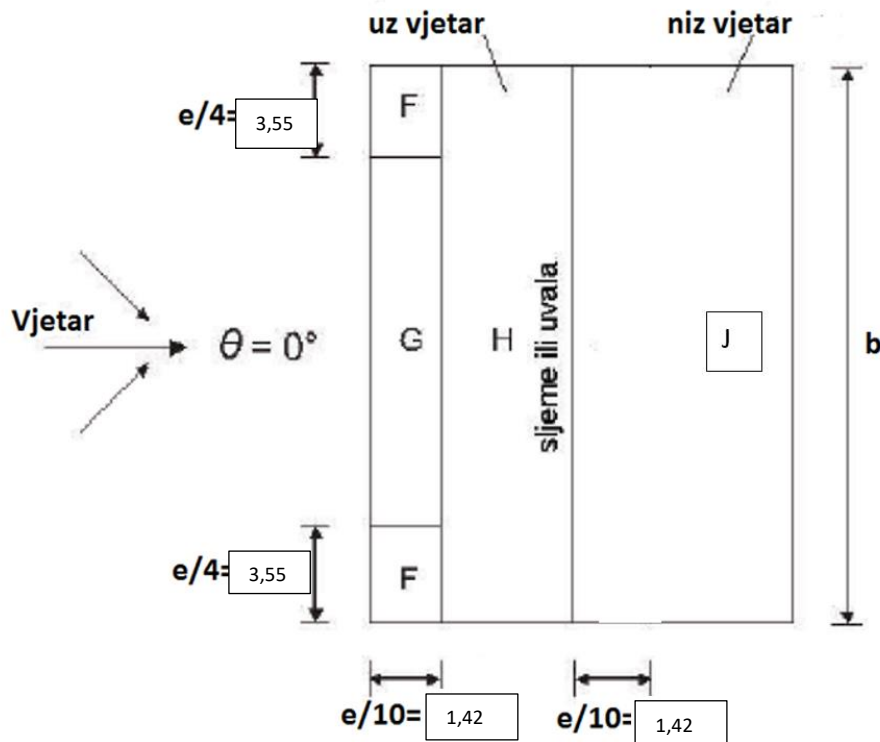
zona F $C_{pe,10} = -1,7$

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

zona H $C_{pe,10} = -0,6$

zona J $C_{pe,10} = -0,6, +0,2$

Prikaz područja vjetra za krovšte:



KOEFICIJENT UNUTARNJEG PRITISKA ZA JEDNOLIKO RASPOREĐENE OKVIRE:

$$\left. \begin{array}{l} C_{pi,10} = +0,2 \\ C_{pi,10} = -0,3 \end{array} \right\} \text{ prema normama Eurokoda (EC 1991-1-4)}$$

REZULTANTNO DJELOVANJE VJETRA:

KOMBINACIJE DJELOVANJA VJETRA: Glavni okviri

1. KOMBINACIJA (maksimalno odizanje)

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

$$q_p(z) = 0,47 \text{ kN/m}^2$$

| ZONA | C _{pe} | C _{pi} | q _p (z) * C _{pe} + C _{pi} | " " | w [kN/m ²] |
|------|-----------------|-----------------|---|-----|-------------------------|
| D | +0,71 | +0,2 | 0,47 (0,71 - 0,2) | + | 0,24 |
| E | -0,33 | +0,2 | 0,47 (0,33 + 0,2) | - | 0,25 |
| F | -1,7 | +0,2 | 0,47 (1,7 + 0,2) | - | 0,89 |

| | | | | | |
|---|------|------|--------------------|---|------|
| G | -1,2 | +0,2 | 0,47 (1,2 + 0,2) | - | 0,66 |
| H | -0,6 | +0,2 | 0,47 (0,6 + 0,2) | - | 0,38 |
| J | -0,6 | +0,2 | 0,47 (0,6 + 0,2) | - | 0,38 |

2. KOMBINACIJA

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

$$q_p(z) = 0,47 \text{ kN/m}^2$$

| ZONA | C _{pe} | C _{pi} | $q_p(z) * C_{pe} + C_{pi} $ | " " | w [kN/m ²] |
|------|-----------------|-----------------|------------------------------|-----|-------------------------|
| D | +0,71 | +0,2 | 0,47 (0,71 - 0,2) | + | 0,24 |
| E | -0,33 | +0,2 | 0,47 (0,33 + 0,2) | - | 0,25 |
| F | -1,7 | +0,2 | 0,47 (1,7 + 0,2) | - | 0,89 |
| G | -1,2 | +0,2 | 0,47 (1,2 + 0,2) | - | 0,66 |
| H | -0,6 | +0,2 | 0,47 (0,6 + 0,2) | - | 0,38 |
| J | +0,2 | +0,2 | 0,47 (0,2 - 0,2) | 0 | 0 |

3. KOMBINACIJA

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

$$q_p(z) = 0,47 \text{ kN/m}^2$$

| ZONE | C _{pe} | C _{pi} | $q_p(z) * C_{pe} + C_{pi} $ | " " | w [kN/m ²] |
|------|-----------------|-----------------|------------------------------|-----|-------------------------|
| D | +0,71 | -0,3 | 0,47 (0,71 + 0,3) | + | 0,48 |
| E | -0,33 | -0,3 | 0,47 (0,33 - 0,3) | - | 0,014 |
| F | -1,7 | -0,3 | 0,47 (1,7 - 0,3) | - | 0,66 |
| G | -1,2 | -0,3 | 0,47 (1,2 - 0,3) | - | 0,42 |
| H | -0,6 | -0,3 | 0,47 (0,6 - 0,3) | - | 0,14 |
| J | -0,6 | -0,3 | 0,47 (0,6 - 0,3) | - | 0,14 |

4. KOMBINACIJA (max. pritisak)

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

$$q_p(z) = 0,47 \text{ kN/m}^2$$

| ZONE | C _{pe} | C _{pi} | $q_p(z) * C_{pe} + C_{pi} $ | " " | w [kN/m ²] |
|------|-----------------|-----------------|------------------------------|-----|-------------------------|
| D | +0,71 | -0,3 | 0,47 (0,71 + 0,3) | + | 0,48 |
| E | -0,33 | -0,3 | 0,47 (0,33 - 0,3) | - | 0,014 |
| F | -1,7 | -0,3 | 0,47 (1,7 - 0,3) | - | 0,66 |
| G | -1,2 | -0,3 | 0,47 (1,2 - 0,3) | - | 0,42 |
| H | -0,6 | -0,3 | 0,47 (0,6 - 0,3) | - | 0,14 |
| J | +0,2 | -0,3 | 0,47 (0,2 + 0,3) | + | 0,24 |

KOMBINACIJE DJELOVANJA VJETRA: Zabatno pročelje

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

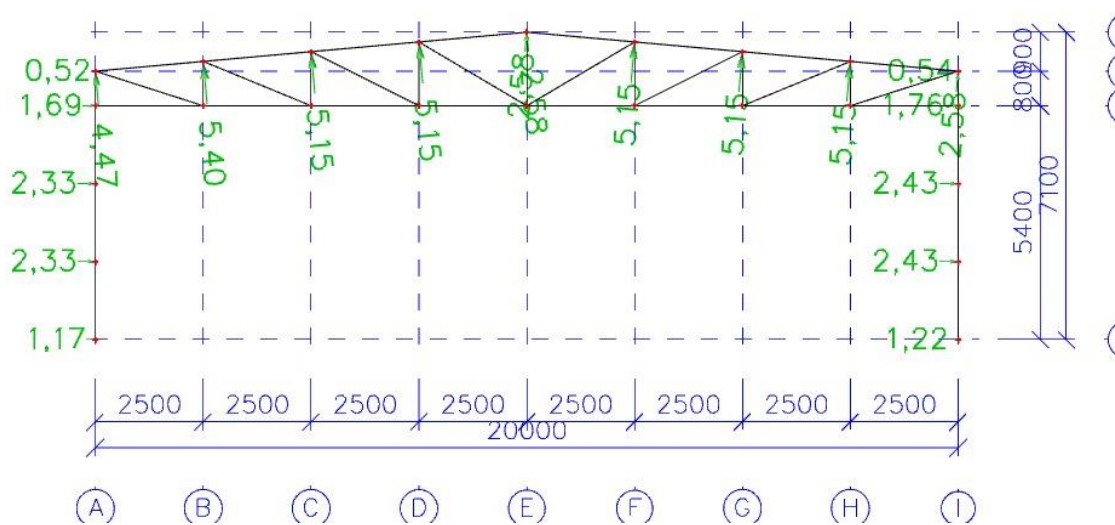
$$q_p(z) = 0,47 \text{ kN/m}^2$$

| ZONE | C _{pe} | C _{pi} | $q_p(z) * C_{pe} + C_{pi} $ | " " | w [kN/m ²] |
|------|-----------------|-----------------|------------------------------|-----|-------------------------|
| D | +0,71 | -0,3 | 0,47 (0,71 + 0,3) | + | 0,48 |
| E | -0,33 | +0,2 | 0,47 (0,33 + 0,2) | - | 0,25 |

KOMBINACIJA 1) Maksimalno odizanje

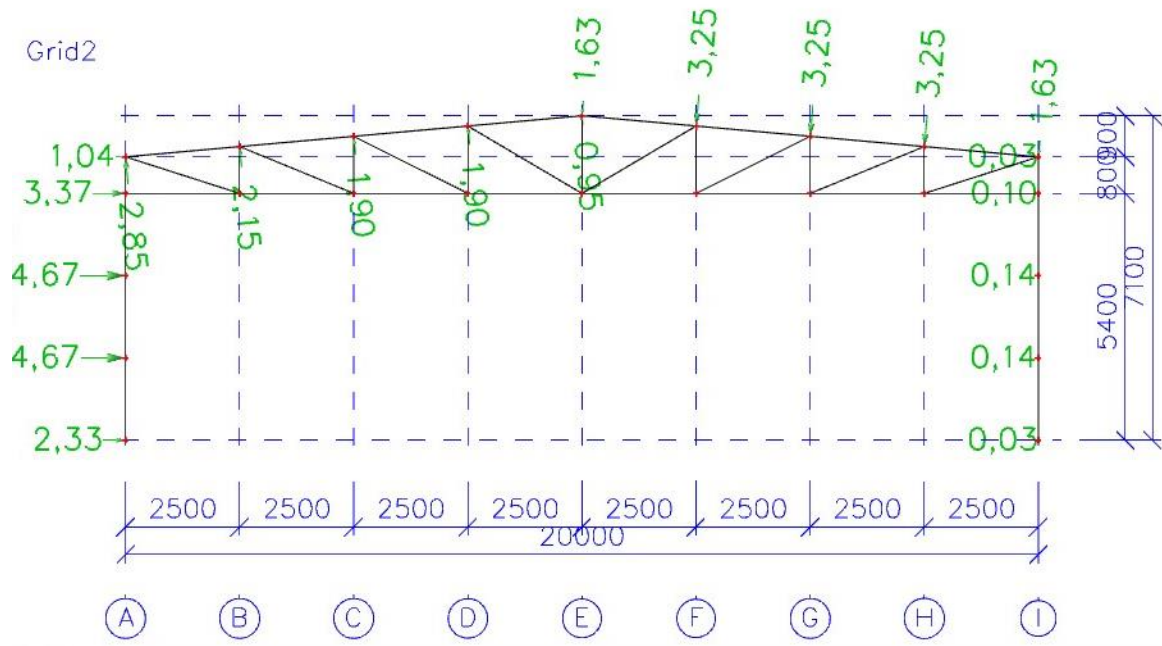
| REŠETKA | | | | |
|---------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------|------------|
| ČVOR | OPTEREĆENJE · OSNI RAZMAK STUPA | RAZMAK OKVIRA | IZNOS (kN) | |
| 1 | $0.5 \cdot 0,66 \cdot 2,51$ | 5,40 | 4,47 | |
| 2 | $0,165 \cdot 0,66 + 2,345 \cdot 0,38$ | 5,40 | 5,40 | |
| 3 | $0,38 \cdot 2,51$ | 5,40 | 5,15 | |
| 4 | $0,38 \cdot 2,51$ | 5,40 | 5,15 | |
| 5 | $0,38 \cdot 0,5 \cdot 2,51$ | 5,40 | 2,58 | |
| 6 | $0,38 \cdot 0,5 \cdot 2,51$ | 5,40 | 2,58 | |
| 7 | $0,38 \cdot 2,51$ | 5,40 | 5,15 | |
| 8 | $0,38 \cdot 2,51$ | 5,40 | 5,15 | |
| 9 | $0,38 \cdot 2,51$ | 5,40 | 5,15 | |
| 10 | $0,38 \cdot 0,5 \cdot 2,51$ | 5,40 | 2,58 | |
| STUPOVI | | | | |
| ČVOR | OPTEREĆENJE | RAZMAK OKVIRA (m) | UTJECAJNA VISINA (m) | IZNOS (kN) |
| 1 | $W_d = 0,24$ | 5,40 | $0.5 \cdot 1.8$ | 1,17 |
| 2 | W_d | 5,40 | 1.8 | 2,33 |
| 3 | W_d | 5,40 | 1.8 | 2,33 |
| 4 | W_d | 5,40 | $0.5 \cdot 1.8 + 0.5 \cdot 0.8$ | 1,69 |
| 5 | W_d | 5,40 | $0.5 \cdot 0.8$ | 0,52 |
| 6 | $W_e = 0,25$ | 5,40 | $0.5 \cdot 1.8$ | 1,22 |
| 7 | W_e | 5,40 | 1.8 | 2,43 |
| 8 | W_e | 5,40 | 1.8 | 2,43 |
| 9 | W_e | 5,40 | $0.5 \cdot 1.8 + 0.5 \cdot 0.8$ | 1,76 |
| 10 | W_e | 5,40 | $0.5 \cdot 0.8$ | 0,54 |

Grid2



KOMBINACIJA 4) Maksimalni pritisak rešetke

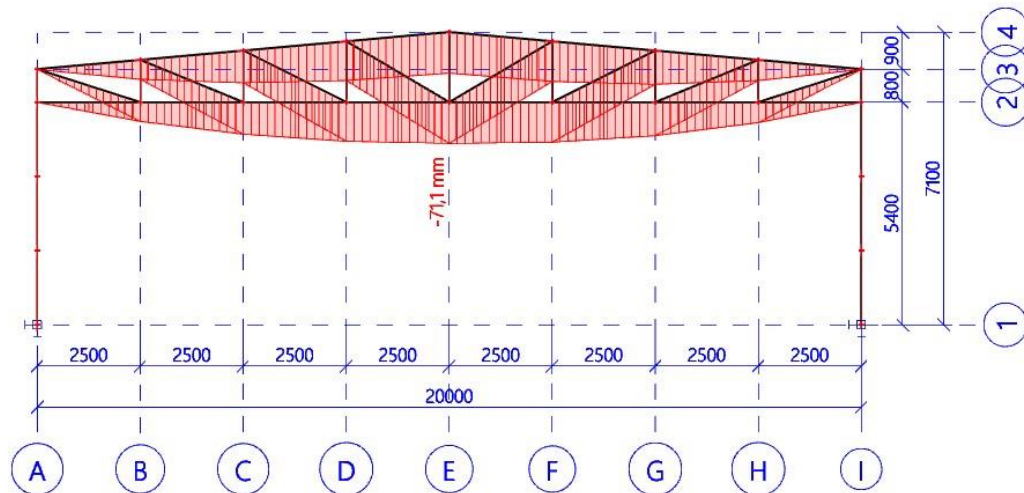
| REŠETKA | | | | |
|---------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------|------------|
| ČVOR | OPTEREĆENJE·OSNI RAZMAK STUPA | RAZMAK OKVIRA | IZNOS (kN) | |
| A | $0,5 \cdot 0,42 \cdot 2,51$ | 5,40 | 2,85 | |
| B | $0,165 \cdot 0,42 + 2,345 \cdot 0,14$ | 5,40 | 2,15 | |
| C | $0,14 \cdot 2,51$ | 5,40 | 1,90 | |
| D | $0,14 \cdot 2,51$ | 5,40 | 1,90 | |
| E | $0,14 \cdot 0,5 \cdot 2,51$ | 5,40 | 0,95 | |
| F | $0,24 \cdot 0,5 \cdot 2,51$ | 5,40 | 1,63 | |
| G | $0,24 \cdot 2,51$ | 5,40 | 3,25 | |
| H | $0,24 \cdot 2,51$ | 5,40 | 3,25 | |
| I | $0,24 \cdot 2,51$ | 5,40 | 3,25 | |
| J | $0,24 \cdot 0,5 \cdot 2,51$ | 5,40 | 1,63 | |
| STUPOVI | | | | |
| ČVOR | OPTEREĆENJE | RAZMAK OKVIRA (m) | UTJECAJNA VISINA (m) | IZNOS (kN) |
| 1 | $W_d = 0,48$ | 5,4 | $0,5 \cdot 1,8$ | 2,33 |
| 2 | W_d | 5,4 | 1,8 | 4,67 |
| 3 | W_d | 5,4 | 1,8 | 4,67 |
| 4 | W_d | 5,4 | $0,5 \cdot 1,8 + 0,5 \cdot 0,8$ | 3,37 |
| 5 | W_d | 5,4 | $0,5 \cdot 0,8$ | 1,04 |
| 6 | $W_e = 0,014$ | 5,4 | $0,5 \cdot 1,8$ | 0,03 |
| 7 | W_e | 5,4 | 1,8 | 0,14 |
| 8 | W_e | 5,4 | 1,8 | 0,14 |
| 9 | W_e | 5,4 | $0,5 \cdot 1,8 + 0,5 \cdot 0,8$ | 0,1 |
| 10 | W_e | 5,4 | $0,5 \cdot 0,8$ | 0,03 |



3. KONTROLA PROGIBA

3.1. VERTIKALNI PROGIB

1D deformations
 Values: u_y
 Linear calculation
 Combination: Progib 1
 Coordinate system: Global
 Extreme 1D: Global
 Selection: All



Vertikalni progib glavnog nosača

Najveći progib krovišta dobivamo za kombinaciju : $1,0G_0 + 1,0G_1 + 1,0S + 1,0 W_{(PRITISKAJUĆI)}$

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

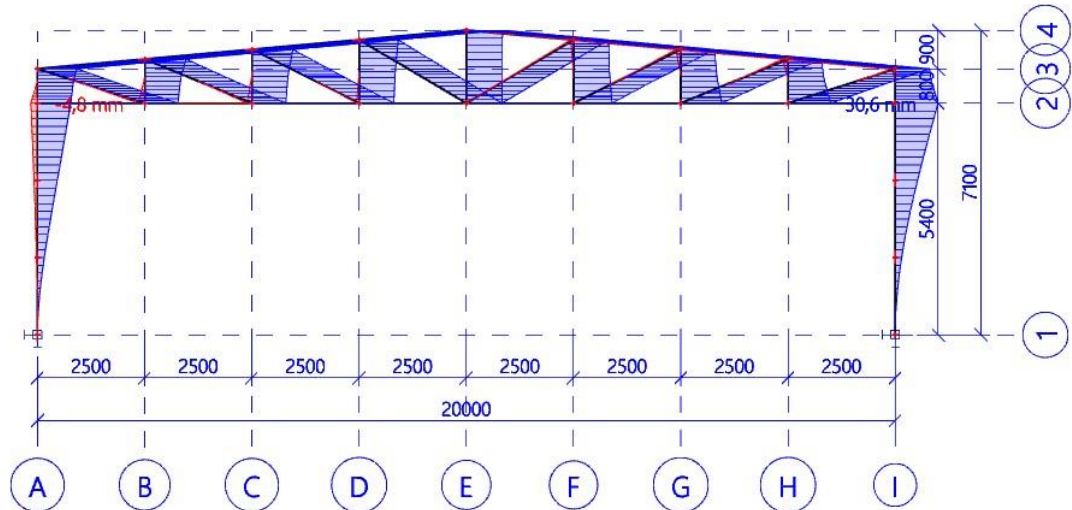
$$71,10/80 = 0,889 = 88,9\%$$

Najveći progib krovišta zadovoljava u odnosu na dopušteni sa iskoristivosti 88,9%

3.2. HORIZONTALNI PROGIB

1D deformations

Values: u_x
 Linear calculation
 Combination: Progib 1
 Coordinate system: Global
 Extreme 1D: Global
 Selection: All



Horizontalni progib glavnog nosača

Najveći progib krovišta dobivamo za kombinaciju : $1,0G_0 + 1,0G_1 + 1,0S + 1,0 W_{(PRITISKAJUĆI)}$

Dopušteni progib: $L/150 = 5400\text{mm}/150 = 36 \text{ mm}$

$$30,6/36 = 0,85 = 85\%$$

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

Korišteni profili za GSU:

Stupovi- HEA240

Donji pojas – SHS 100 x 100 x 4

Gornji pojas – SHS 100 x 100 x 4

Dijagonale – SHS 40 x 40 x 5

Vertikale – SHS 40 x 40 x 5

4. DIJAGRAMI REZIH SILA ZA KOMBINACIJE DJELOVANJA (GSN)

4.1. GLAVNA NOSIVA KONSTRUKCIJA

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

1D internal forces

Values: M_z

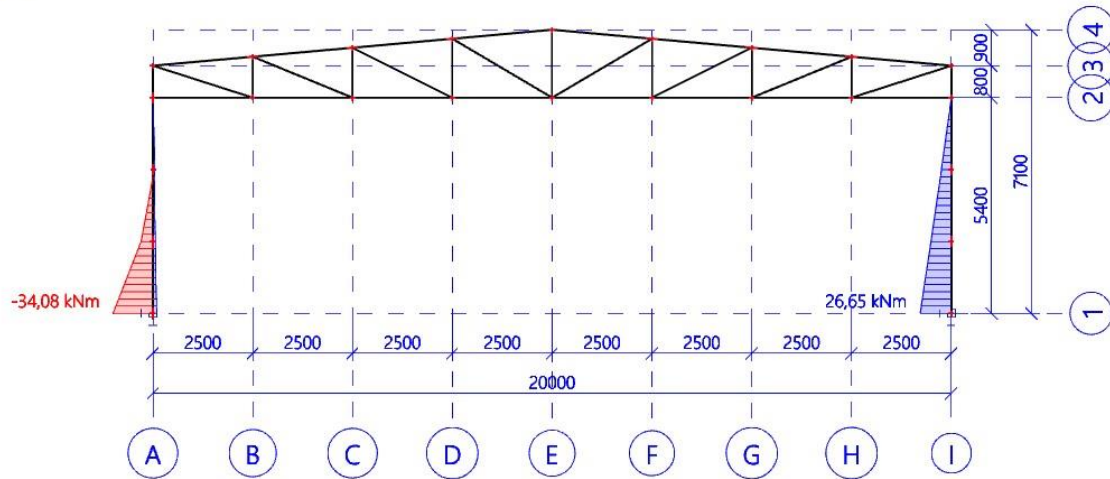
Linear calculation

Combination: CO1

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Global

Selection: All



Momentni dijagram kombinacije 1

1D internal forces

Values: V_y

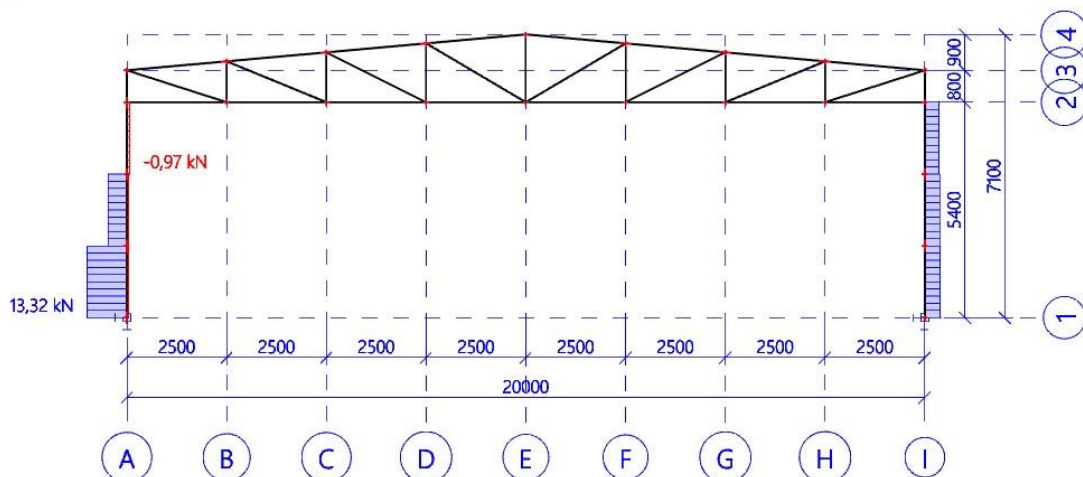
Linear calculation

Combination: CO1

Coordinate system: Member

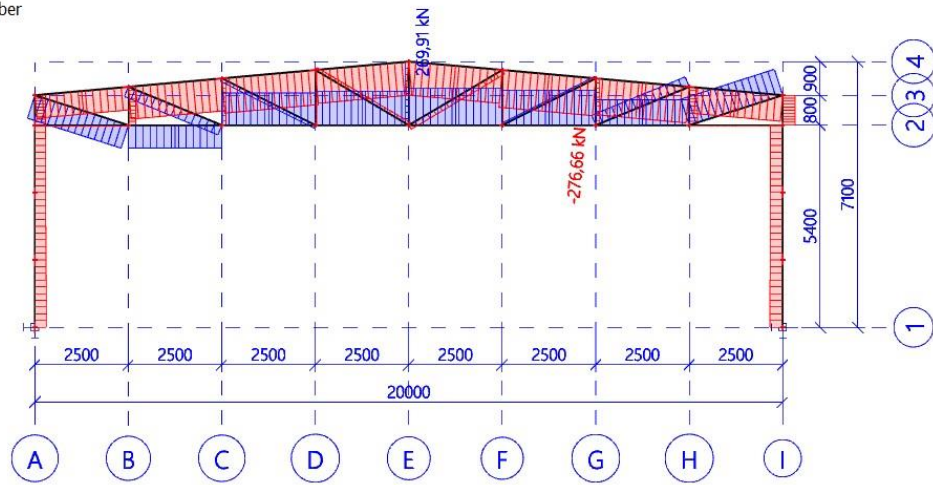
Extreme 1D: Global

Selection: All



Dijagram poprečnih sila kombinacije 1

1D internal forces
 Values: **N**
 Linear calculation
 Combination: CO1
 Coordinate system: Member
 Extreme 1D: Global
 Selection: All

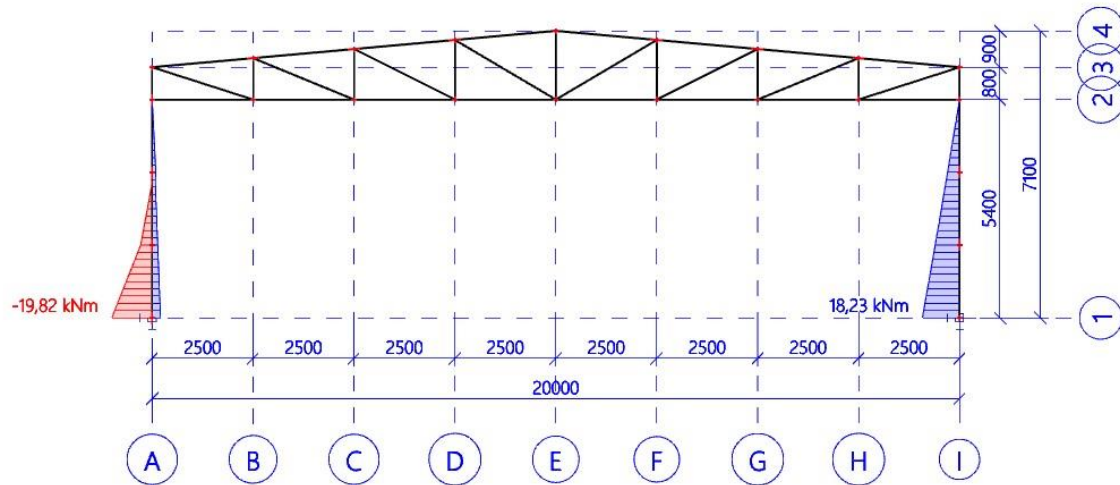


Dijagram uzdužnih sila za kombinaciju 1

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

1D internal forces

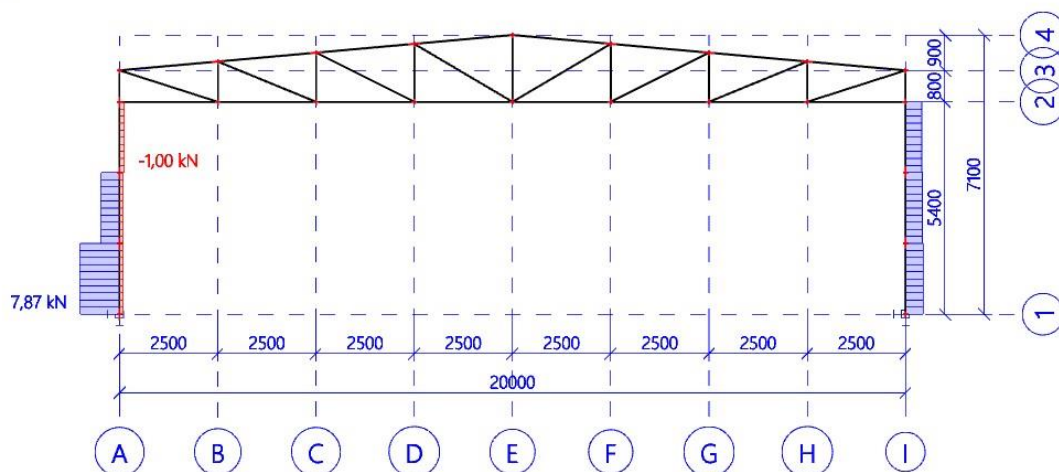
Values: M_z
 Linear calculation
 Combination: CO2
 Coordinate system: Member
 Extreme 1D: Global
 Selection: All



Momentni dijagram kombinacije 2

1D internal forces

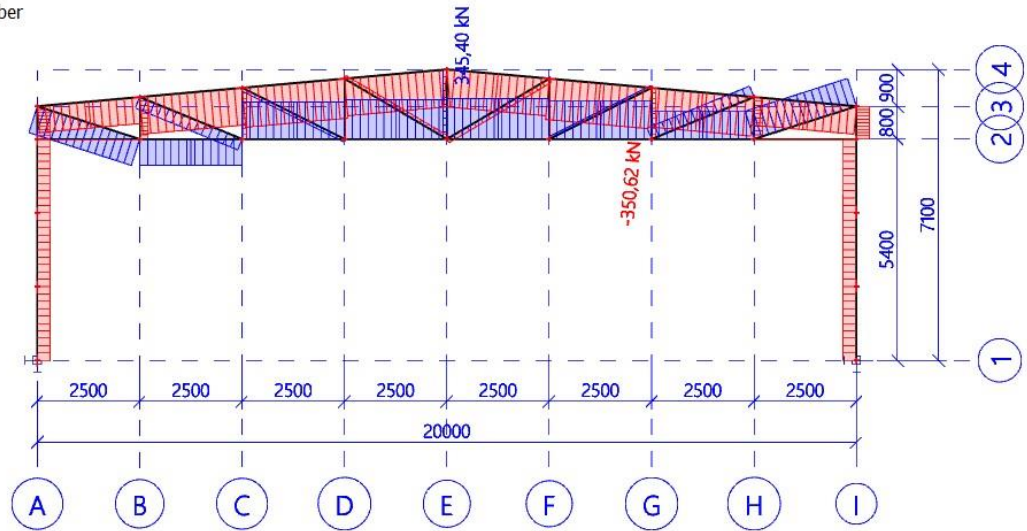
Values: V_y
 Linear calculation
 Combination: CO2
 Coordinate system: Member
 Extreme 1D: Global
 Selection: All



Dijagram poprečnih sila kombinacije 2

1D internal forces

Values: **N**
 Linear calculation
 Combination: CO2
 Coordinate system: Member
 Extreme 1D: Global
 Selection: All

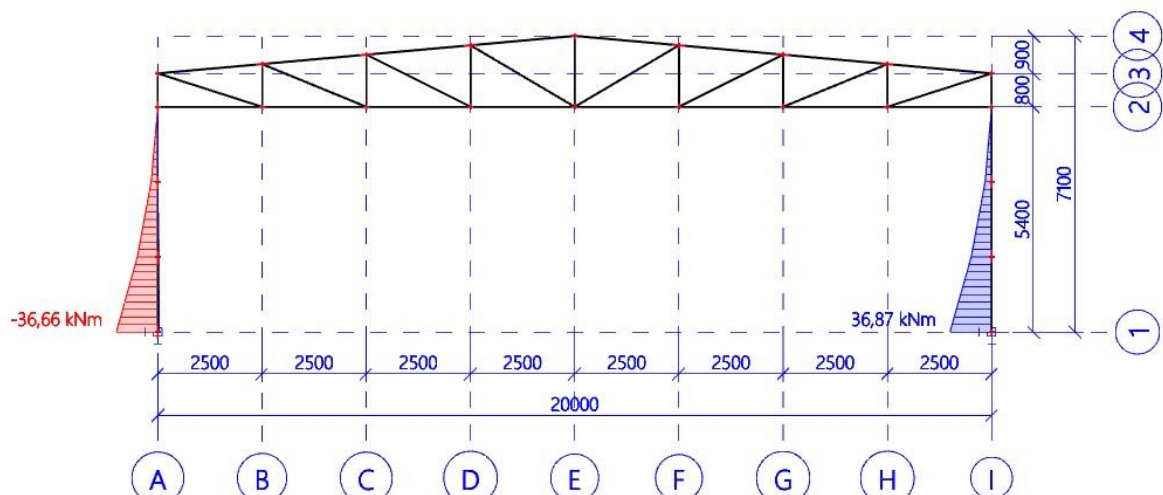


Dijagram uzdužnih sila za kombinaciju 2

4.1.3. KOMBINACIJA $1,0 \cdot (G_0 + G_1) + 1,5 W_{odizuci}$

1D internal forces

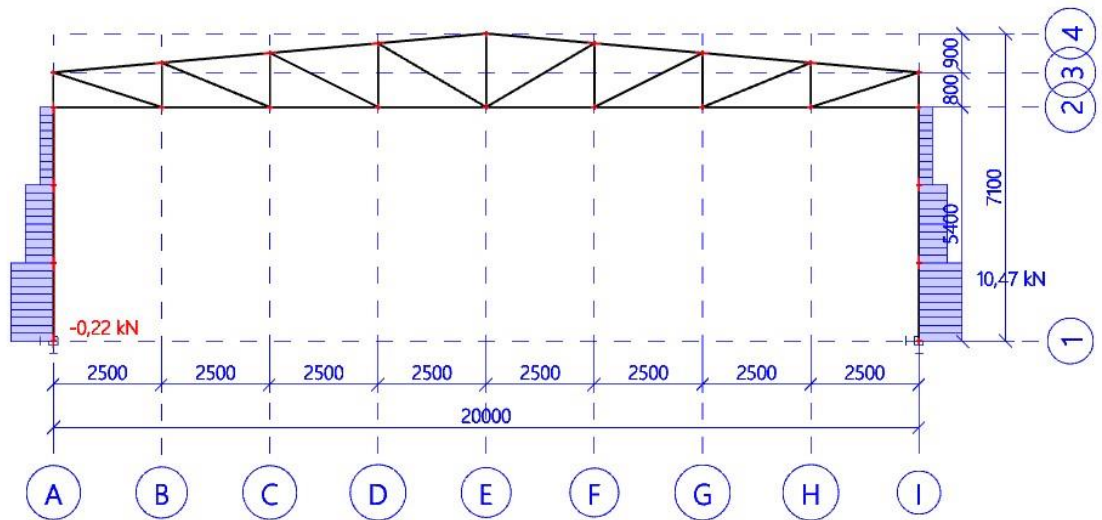
Values: **M_z**
 Linear calculation
 Combination: CO3
 Coordinate system: Member
 Extreme 1D: Global
 Selection: All



Momentni dijagram kombinacije 3

1D internal forces

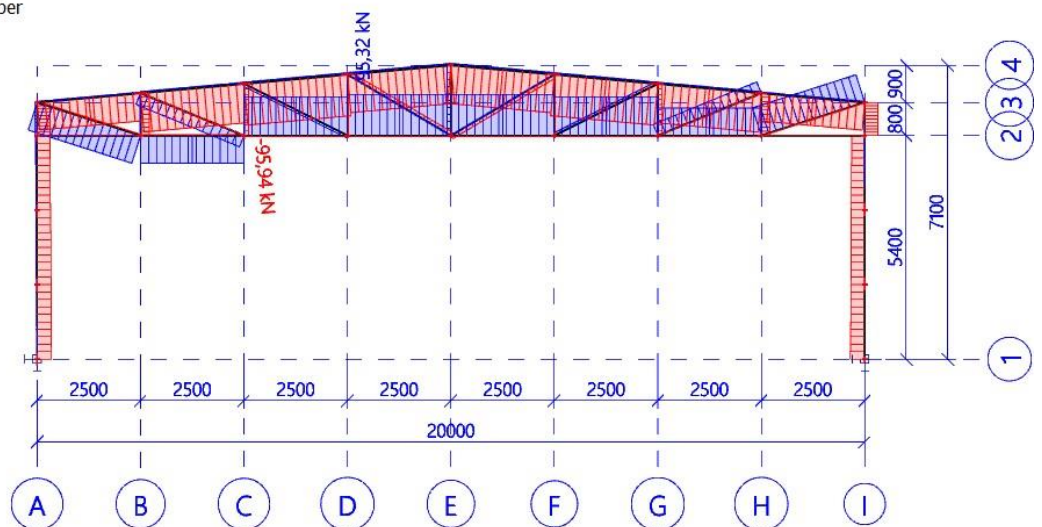
Values: V_y
 Linear calculation
 Combination: CO3
 Coordinate system: Member
 Extreme 1D: Global
 Selection: All



Dijagram poprečnih sila kombinacije 3

1D internal forces

Values: N
 Linear calculation
 Combination: CO3
 Coordinate system: Member
 Extreme 1D: Global
 Selection: All



Dijagram uzdužnih sila za kombinaciju 3

4.2 SEKUNDARNA KONSTRUKCIJA

4.2.1 ZABATNI STUPOVI

Određivanje pritiska na zabatno pročelje

$$e = \min \{b, 2h\} = \min \{20 \text{ m}, 2 \cdot 7,1 \text{ m}\} = \min \{20 \text{ m}, 14,2 \text{ m}\} = 14,2 \text{ m} < d = 54 \text{ m}$$

$$h/d = 7,1/54 = 0,13$$

| Područje | A | | B | | C | | D | | E | |
|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| h/d | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ |
| ≥ 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.

$$W_D = q_p(z) \cdot D = 0,47 \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdot 0,7 = 0,33$$

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

$$W_1 = W_D \cdot 2,5 = 0,33 \cdot 2,5 = 0,83 \text{ (kN/m')}$$

$$W_2 = W_D \cdot 5,0 = 0,33 \cdot 5,0 = 1,65 \text{ (kN/m')}$$

$$W_3 = W_D \cdot 5,0 = 0,33 \cdot 5,0 = 1,65 \text{ (kN/m')}$$

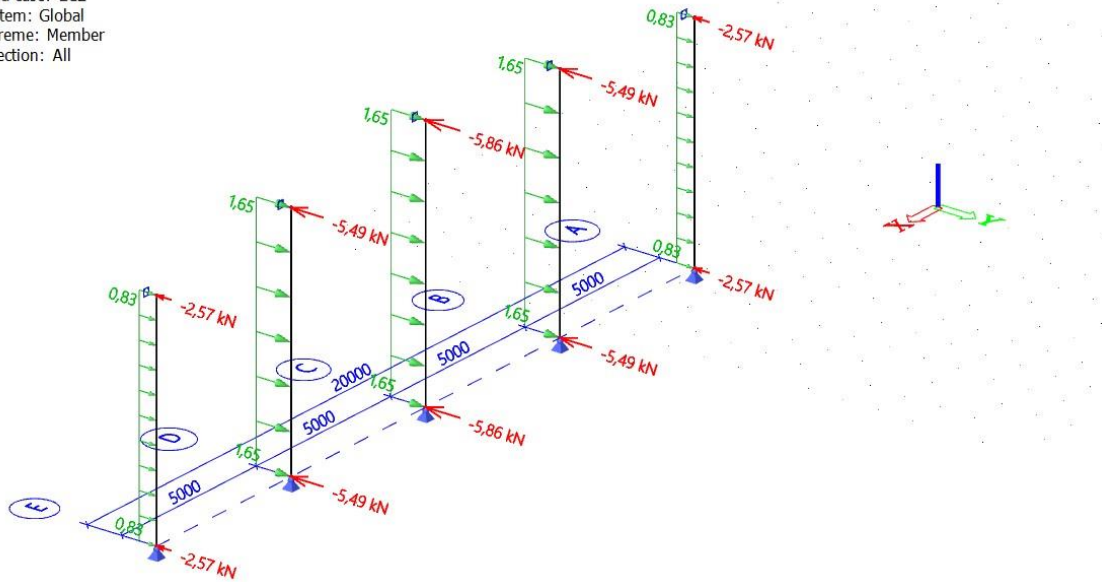
$$W_4 = W_D \cdot 5,0 = 0,33 \cdot 5,0 = 1,65 \text{ (kN/m')}$$

$$W_5 = W_D \cdot 2,5 = 0,33 \cdot 2,5 = 0,83 \text{ (kN/m')}$$

Reakcije za djelovanje vjetra

Reactions

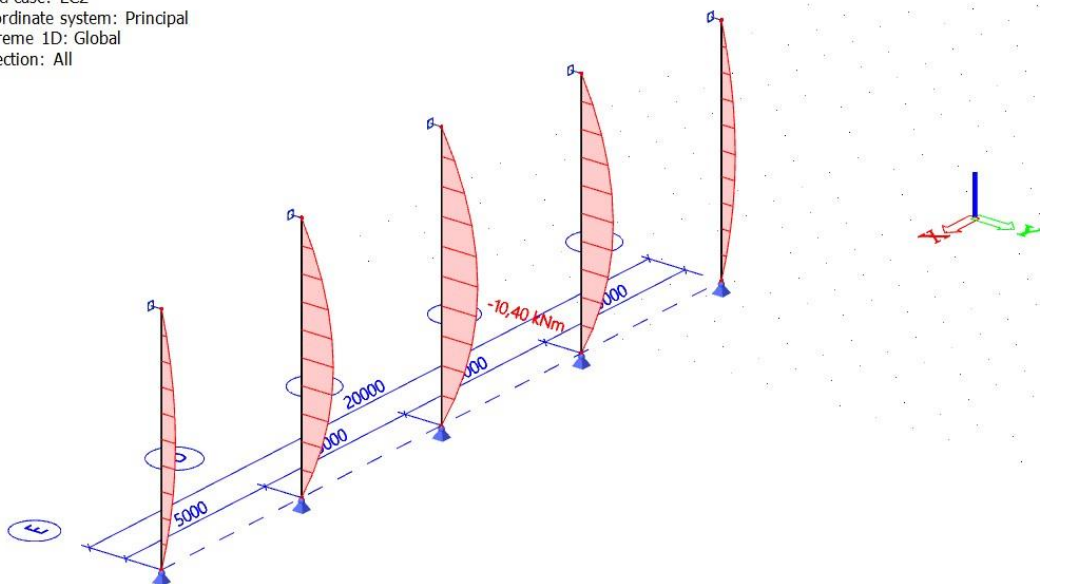
Values: R_y
 Linear calculation
 Load case: LC2
 System: Global
 Extreme: Member
 Selection: All



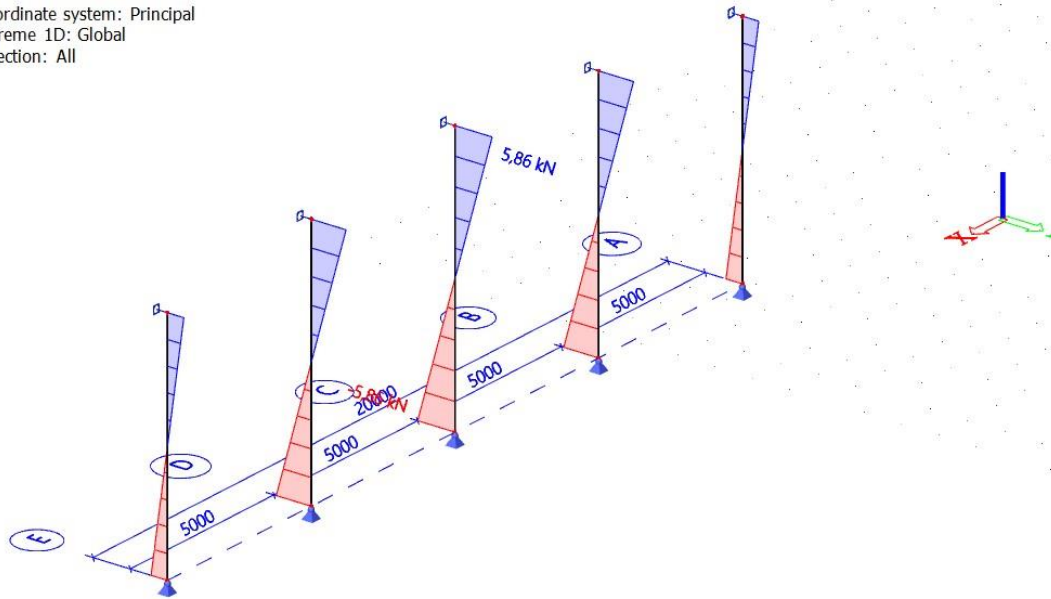
Momentni dijagram za djelovanje vjetra

1D internal forces

Values: M_z
 Linear calculation
 Load case: LC2
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Global
 Selection: All



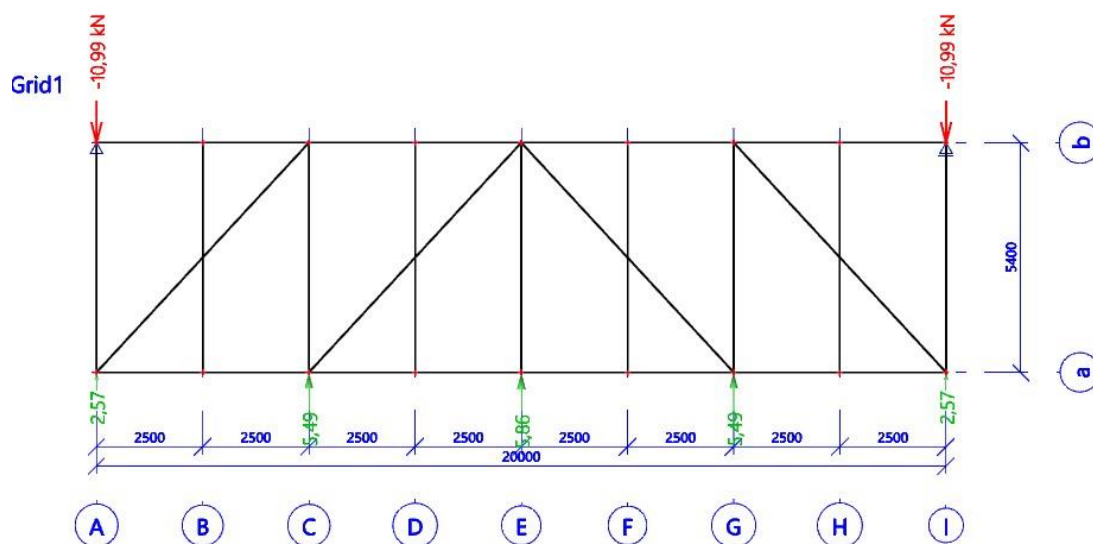
1D internal forces
 Values: V_y
 Linear calculation
 Load case: LC2
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Global
 Selection: All



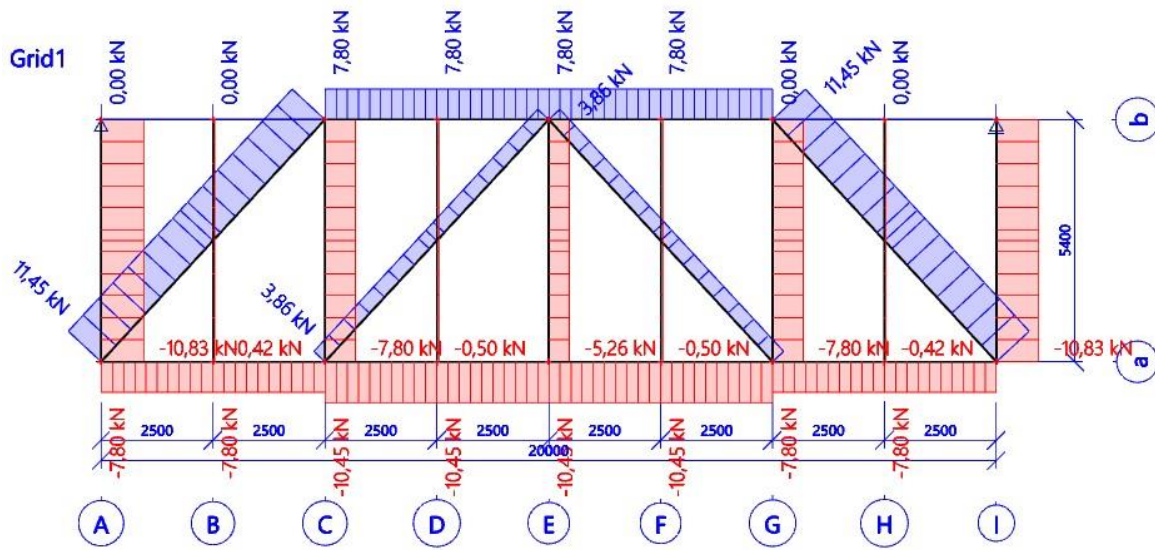
Dijagram poprečnih sila za djelovanje vjetra

4.2.2 KROVNI (HORIZONTALNI) SPREGOVI

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



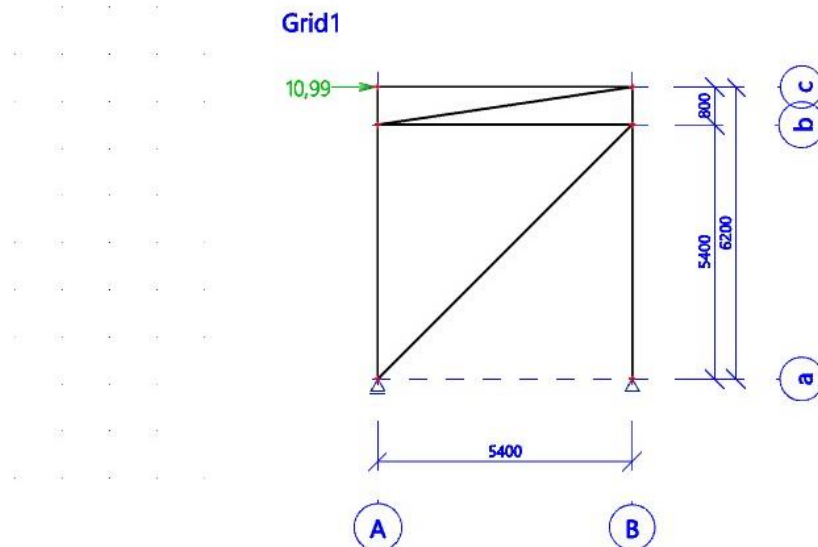
Model krovnog sprega



Dijagram uzdužnih sila horizontalnog sprega

4.2.3 BOČNI (VERTIKALNI) SPREGOVI

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



RD12

Model bočnog sprega

1D internal forces

Values: **N**

Linear calculation

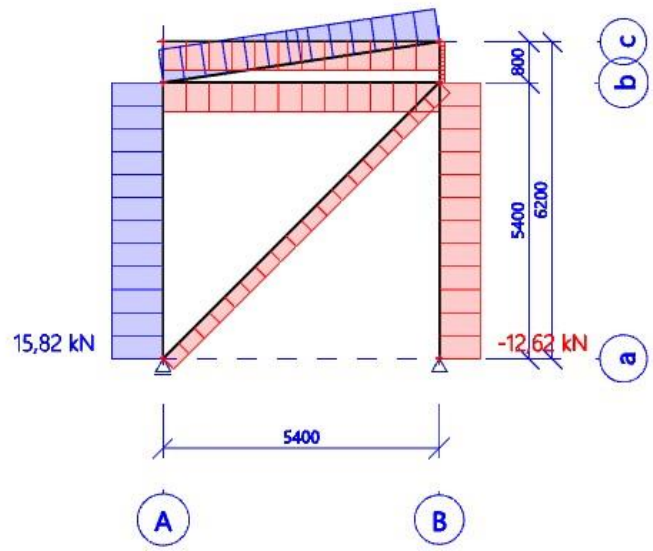
Load case: LC2

Coordinate system: Member **Grid1**

Extreme 1D: Global

Selection: All

| Member | Node | Value |
|--------|------|-------|
| 1 | 1 | 15,82 |
| 1 | 2 | 15,82 |
| 2 | 1 | 15,82 |
| 2 | 2 | 15,82 |
| 3 | 1 | 15,82 |
| 3 | 2 | 15,82 |
| 4 | 1 | 15,82 |
| 4 | 2 | 15,82 |
| 5 | 1 | 15,82 |
| 5 | 2 | 15,82 |
| 6 | 1 | 15,82 |
| 6 | 2 | 15,82 |
| 7 | 1 | 15,82 |
| 7 | 2 | 15,82 |
| 8 | 1 | 15,82 |
| 8 | 2 | 15,82 |
| 9 | 1 | 15,82 |
| 9 | 2 | 15,82 |
| 10 | 1 | 15,82 |
| 10 | 2 | 15,82 |
| 11 | 1 | 15,82 |
| 11 | 2 | 15,82 |
| 12 | 1 | 15,82 |
| 12 | 2 | 15,82 |
| 13 | 1 | 15,82 |
| 13 | 2 | 15,82 |
| 14 | 1 | 15,82 |
| 14 | 2 | 15,82 |
| 15 | 1 | 15,82 |
| 15 | 2 | 15,82 |
| 16 | 1 | 15,82 |
| 16 | 2 | 15,82 |
| 17 | 1 | 15,82 |
| 17 | 2 | 15,82 |
| 18 | 1 | 15,82 |
| 18 | 2 | 15,82 |
| 19 | 1 | 15,82 |
| 19 | 2 | 15,82 |
| 20 | 1 | 15,82 |
| 20 | 2 | 15,82 |
| 21 | 1 | 15,82 |
| 21 | 2 | 15,82 |
| 22 | 1 | 15,82 |
| 22 | 2 | 15,82 |
| 23 | 1 | 15,82 |
| 23 | 2 | 15,82 |
| 24 | 1 | 15,82 |
| 24 | 2 | 15,82 |
| 25 | 1 | 15,82 |
| 25 | 2 | 15,82 |
| 26 | 1 | 15,82 |
| 26 | 2 | 15,82 |
| 27 | 1 | 15,82 |
| 27 | 2 | 15,82 |
| 28 | 1 | 15,82 |
| 28 | 2 | 15,82 |
| 29 | 1 | 15,82 |
| 29 | 2 | 15,82 |
| 30 | 1 | 15,82 |
| 30 | 2 | 15,82 |
| 31 | 1 | 15,82 |
| 31 | 2 | 15,82 |
| 32 | 1 | 15,82 |
| 32 | 2 | 15,82 |
| 33 | 1 | 15,82 |
| 33 | 2 | 15,82 |
| 34 | 1 | 15,82 |
| 34 | 2 | 15,82 |
| 35 | 1 | 15,82 |
| 35 | 2 | 15,82 |
| 36 | 1 | 15,82 |
| 36 | 2 | 15,82 |
| 37 | 1 | 15,82 |
| 37 | 2 | 15,82 |
| 38 | 1 | 15,82 |
| 38 | 2 | 15,82 |
| 39 | 1 | 15,82 |
| 39 | 2 | 15,82 |
| 40 | 1 | 15,82 |
| 40 | 2 | 15,82 |
| 41 | 1 | 15,82 |
| 41 | 2 | 15,82 |
| 42 | 1 | 15,82 |
| 42 | 2 | 15,82 |
| 43 | 1 | 15,82 |
| 43 | 2 | 15,82 |
| 44 | 1 | 15,82 |
| 44 | 2 | 15,82 |
| 45 | 1 | 15,82 |
| 45 | 2 | 15,82 |
| 46 | 1 | 15,82 |
| 46 | 2 | 15,82 |
| 47 | 1 | 15,82 |
| 47 | 2 | 15,82 |
| 48 | 1 | 15,82 |
| 48 | 2 | 15,82 |
| 49 | 1 | 15,82 |
| 49 | 2 | 15,82 |
| 50 | 1 | 15,82 |
| 50 | 2 | 15,82 |
| 51 | 1 | 15,82 |
| 51 | 2 | 15,82 |
| 52 | 1 | 15,82 |
| 52 | 2 | 15,82 |
| 53 | 1 | 15,82 |
| 53 | 2 | 15,82 |
| 54 | 1 | 15,82 |
| 54 | 2 | 15,82 |
| 55 | 1 | 15,82 |
| 55 | 2 | 15,82 |
| 56 | 1 | 15,82 |
| 56 | 2 | 15,82 |
| 57 | 1 | 15,82 |
| 57 | 2 | 15,82 |
| 58 | 1 | 15,82 |
| 58 | 2 | 15,82 |
| 59 | 1 | 15,82 |
| 59 | 2 | 15,82 |
| 60 | 1 | 15,82 |
| 60 | 2 | 15,82 |
| 61 | 1 | 15,82 |
| 61 | 2 | 15,82 |
| 62 | 1 | 15,82 |
| 62 | 2 | 15,82 |
| 63 | 1 | 15,82 |
| 63 | 2 | 15,82 |
| 64 | 1 | 15,82 |
| 64 | 2 | 15,82 |
| 65 | 1 | 15,82 |
| 65 | 2 | 15,82 |
| 66 | 1 | 15,82 |
| 66 | 2 | 15,82 |
| 67 | 1 | 15,82 |
| 67 | 2 | 15,82 |
| 68 | 1 | 15,82 |
| 68 | 2 | 15,82 |
| 69 | 1 | 15,82 |
| 69 | 2 | 15,82 |
| 70 | 1 | 15,82 |
| 70 | 2 | 15,82 |
| 71 | 1 | 15,82 |
| 71 | 2 | 15,82 |
| 72 | 1 | 15,82 |
| 72 | 2 | 15,82 |
| 73 | 1 | 15,82 |
| 73 | 2 | 15,82 |
| 74 | 1 | 15,82 |
| 74 | 2 | 15,82 |
| 75 | 1 | 15,82 |
| 75 | 2 | 15,82 |
| 76 | 1 | 15,82 |
| 76 | 2 | 15,82 |
| 77 | 1 | 15,82 |
| 77 | 2 | 15,82 |
| 78 | 1 | 15,82 |
| 78 | 2 | 15,82 |
| 79 | 1 | 15,82 |
| 79 | 2 | 15,82 |
| 80 | 1 | 15,82 |
| 80 | 2 | 15,82 |
| 81 | 1 | 15,82 |
| 81 | 2 | 15,82 |
| 82 | 1 | 15,82 |
| 82 | 2 | 15,82 |
| 83 | 1 | 15,82 |
| 83 | 2 | 15,82 |
| 84 | 1 | 15,82 |
| 84 | 2 | 15,82 |
| 85 | 1 | 15,82 |
| 85 | 2 | 15,82 |
| 86 | 1 | 15,82 |
| 86 | 2 | 15,82 |
| 87 | 1 | 15,82 |
| 87 | 2 | 15,82 |
| 88 | 1 | 15,82 |
| 88 | 2 | 15,82 |
| 89 | 1 | 15,82 |
| 89 | 2 | 15,82 |
| 90 | 1 | 15,82 |
| 90 | 2 | 15,82 |
| 91 | 1 | 15,82 |
| 91 | 2 | 15,82 |
| 92 | 1 | 15,82 |
| 92 | 2 | 15,82 |
| 93 | 1 | 15,82 |
| 93 | 2 | 15,82 |
| 94 | 1 | 15,82 |
| 94 | 2 | 15,82 |
| 95 | 1 | 15,82 |
| 95 | 2 | 15,82 |
| 96 | 1 | 15,82 |
| 96 | 2 | 15,82 |
| 97 | 1 | 15,82 |
| 97 | 2 | 15,82 |
| 98 | 1 | 15,82 |
| 98 | 2 | 15,82 |
| 99 | 1 | 15,82 |
| 99 | 2 | 15,82 |
| 100 | 1 | 15,82 |
| 100 | 2 | 15,82 |



Dijagram uzdužnih sila vertikalnog sprega

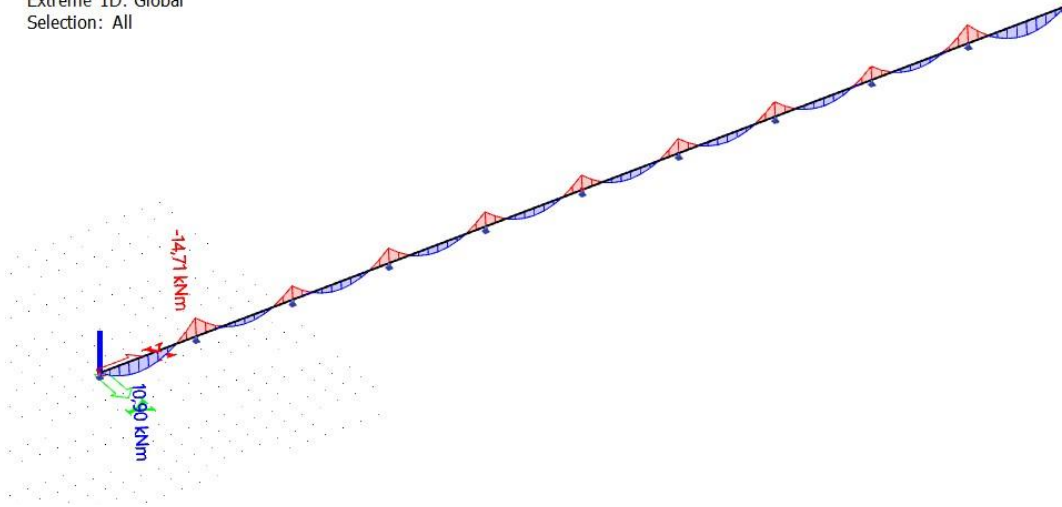
4.2.4 KROVNA PODROŽNICA

Djelovanja na krovnu podrožnicu su sljedeća:

- G (dodatno stalno opterećenje)
- Snijeg S
- Vjetar W1
- Vjetar W2

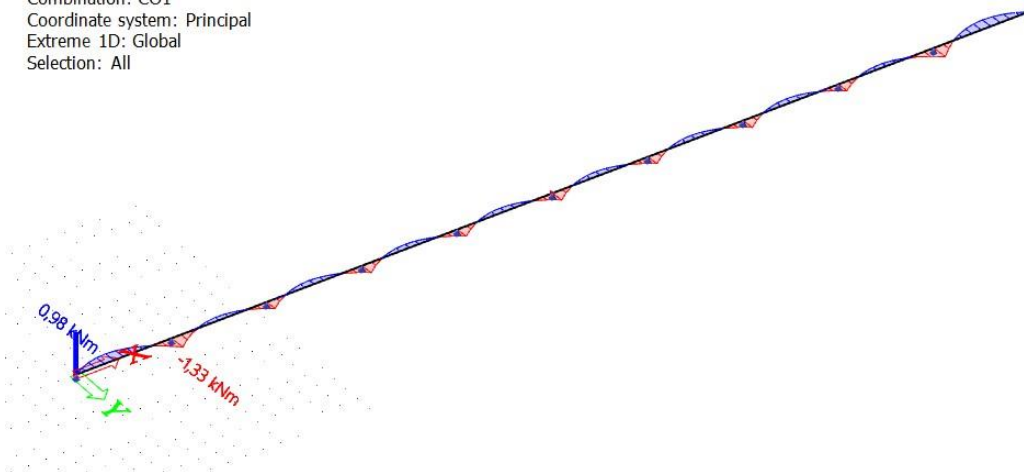
Mjerodavna kombinacija: $1,35G + 0,9 \cdot S + 1,5 \cdot W1$

1D internal forces
 Values: M_y
 Linear calculation
 Combination: CO1
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Global
 Selection: All



Momentni dijagram M_y za mjerodavnu kombinaciju

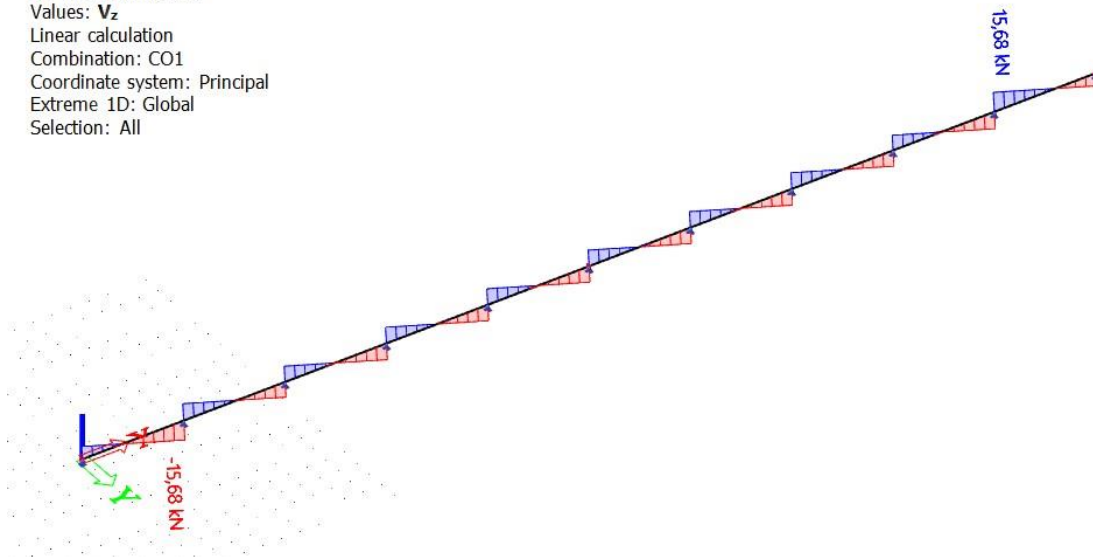
1D internal forces
 Values: M_z
 Linear calculation
 Combination: CO1
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Global
 Selection: All



Momentni dijagram M_z za mjerodavnu kombinaciju

1D internal forces

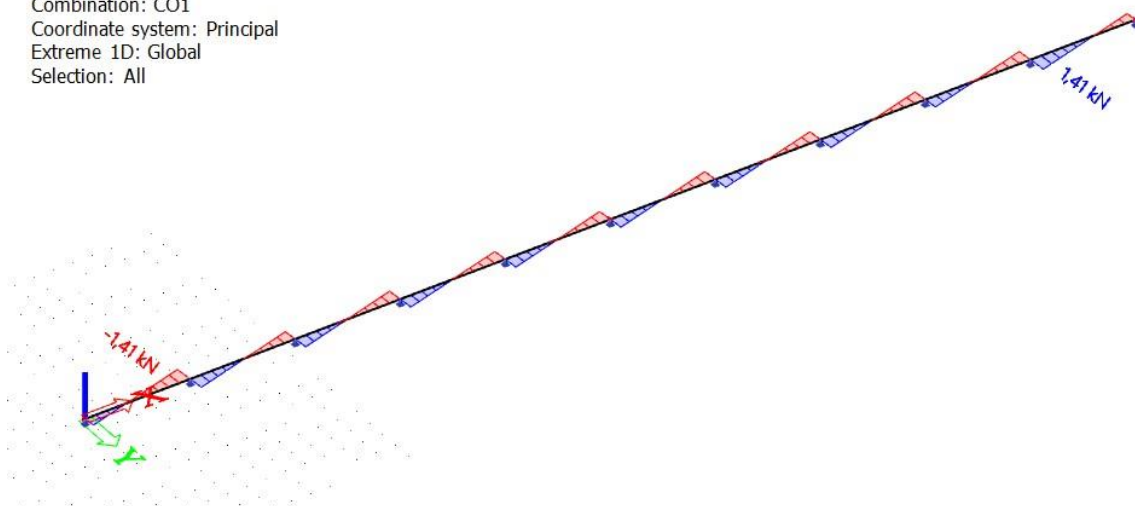
Values: V_z
 Linear calculation
 Combination: CO1
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Global
 Selection: All



Dijagram poprečnih sila V_z za mjerodavnu kombinaciju

1D internal forces

Values: V_y
 Linear calculation
 Combination: CO1
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Global
 Selection: All

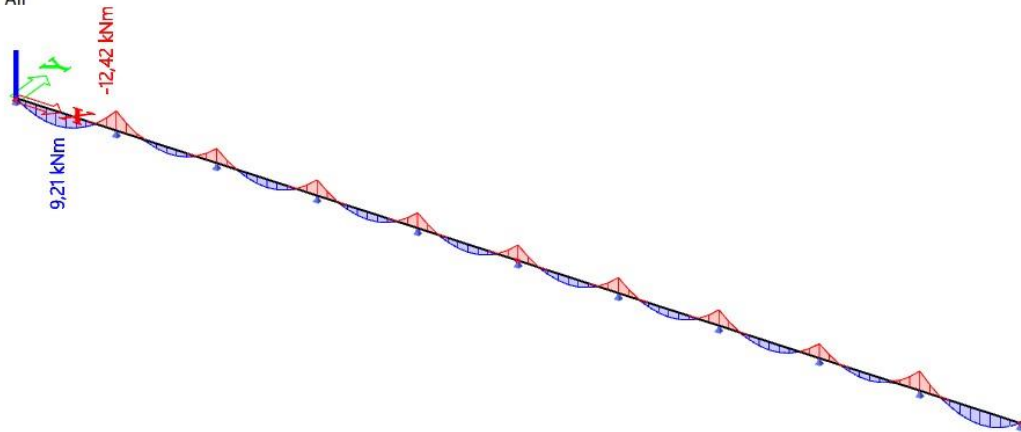


Dijagram poprečnih sila V_y za mjerodavnu kombinaciju

4.2.5 BOČNA PODROŽNICA

1D internal forces

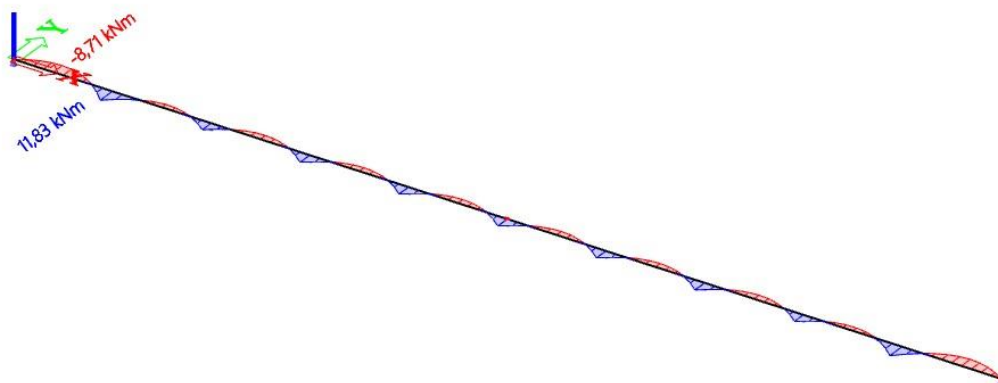
Values: M_y
 Linear calculation
 Combination: CO1
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Global
 Selection: All



Momentni dijagram M_y za mjerodavnu kombinaciju

1D internal forces

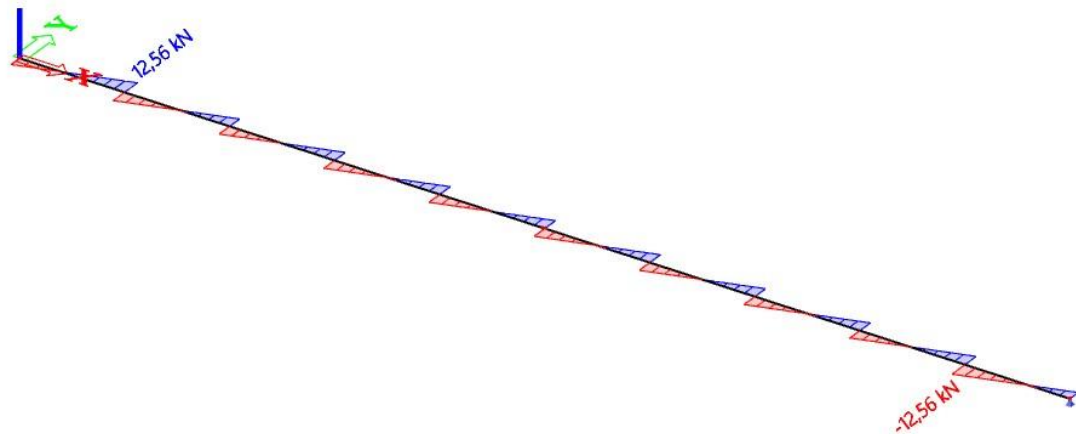
Values: M_z
 Linear calculation
 Combination: CO1
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Global
 Selection: All



Momentni dijagram M_z za mjerodavnu kombinaciju

1D internal forces

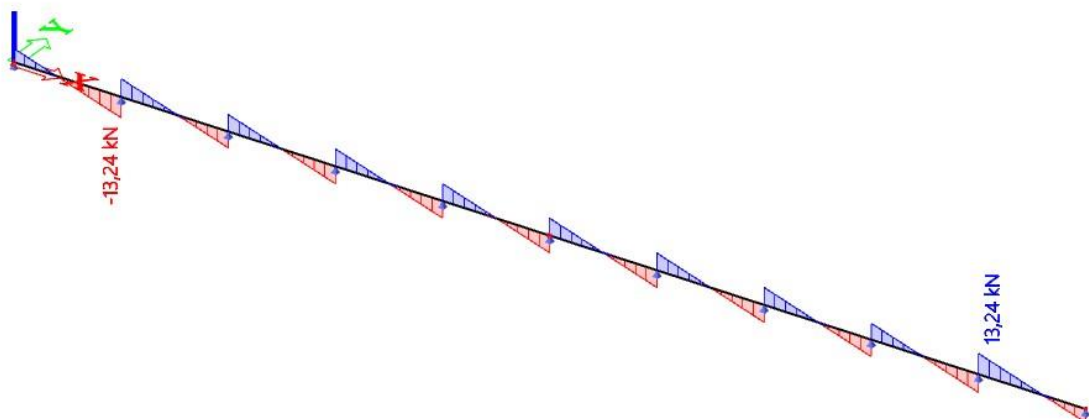
Values: V_y
 Linear calculation
 Combination: CO1
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Global
 Selection: All



Dijagram poprečnih V_y sila za mjerodavnu kombinaciju

1D internal forces

Values: V_z
 Linear calculation
 Combination: CO1
 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 (POZICIJA 4-5)

| | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|---------------------------------------|----------------------|---|------|
| PROFIL: | vrućevaljani | SHS 110x110x8 | $\varepsilon = 0.81$ | | |
| KVALITETA ČELIKA: | S355 | $f_y = 35.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$ | | | |
| GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA: | | | | | |
| b (cm) | 11 | t (cm) | 0.8 | | |
| h (cm) | 11 | A (cm ²) | 32 | | |
| W _{Pl,Y} (cm ³) | 121,05 | I _y (cm ⁴) | 547 | | |
| W _{Pl,Z} (cm ³) | 121,05 | I _z (cm ⁴) | 547 | | |
| MEHANIČKI PODATCI ČELIKA: | | | | | |
| E (kN/cm ²) | 21000 | G (kN/cm ²) | 8077 | v | 0.30 |

Rezne sile uslijed kritične kombinacije (GSN 2):

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

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

$$N_{Ed} = -350,62 \text{ (kN)}$$

Klasifikacija poprečnog presjeka:

$$\frac{d}{t} = \frac{h-3*t}{t} = 10,75$$

$$\text{Uvjet za klasu 1: } \frac{d}{t} \leq 33 \varepsilon = 26,73$$

Hrbat je klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

Otpornost poprečnog presjeka:

- Uzdužna tlačna sila

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{32 \cdot 35,5}{1} = 1136 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 350,62 \text{ (kN)}$$

Otpornost poprečnog presjeka:

- Tlačna sila:

$$L_i^Z = 5.02 \text{ (m)} = 502 \text{ (cm)}$$

$$L_i^Y = 2.51 \text{ (m)} = 251 \text{ (cm)}$$

$$N_{CR}^Z = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_i^2} = 449,88 \text{ (kN)}$$

$$N_{CR}^Y = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_i^2} = 1799,53 \text{ (kN)}$$

Izvijanje oko osi: Y-Y ili Z-Z

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

$$\lambda^Z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{CR}^Z}} = 1,59$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 1,91$$

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

$$\chi^Z = 0,34$$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{M1} = 386,24 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 350,62 / 386,24 = \mathbf{90,78\%}$$

Profil SHS 110/110/8 zadovoljava otpor. elementa s iskoristivosti od 90,78% oko osi z-z

oko osi y-y

$$\lambda^Y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{CR}^Y}} = 0,795$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 0,88$$

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

$$\chi^Y = 0,795$$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{M1} = 903,12 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 350,62 / 903,12 = 38,82 \%$$

Profil SHS 110/110/8 zadovoljava otpor. elementa s iskoristivosti od 38,82% oko osi Y-Y

5.1.2. DONJI POJAS REŠETKE (POZICIJA 2-3)

| | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|---------------------------------------|------|----------------------|------|
| PROFIL: | vrućevaljani | SHS 90x90x5 | | $\varepsilon = 0.81$ | |
| KVALITETA ČELIKA: | S355 | $f_y = 35.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$ | | | |
| GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA: | | | | | |
| b (cm) | 9 | t (cm) | 0.5 | | |
| h (cm) | 9 | A (cm ²) | 16,7 | | |
| W _{pl,Y} (cm ³) | 53 | I _y (cm ⁴) | 200 | | |
| W _{pl,Z} (cm ³) | 53 | I _z (cm ⁴) | 200 | | |
| MEHANIČKI PODATCI ČELIKA: | | | | | |
| E (kN/cm ²) | 21000 | G (kN/cm ²) | 8077 | v | 0.30 |

Rezne sile uslijed kritične kombinacije (GSN 1.):

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

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

$$N_{Ed} = +345,40 \text{ (kN)}$$

Klasifikacija poprečnog presjeka:

- Hrbat:

$$\frac{d}{t} = \frac{h-3*t}{t} = 15$$

Uvjet za klasu 1: $\frac{d}{t} \leq 33 \varepsilon = 26,73$ Hrbat je klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

Otpornost poprečnog presjeka:

- Uzdužna vlačna sila $N_{Ed} = +345,40 \text{ (kN)}$

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{16,7 \cdot 35,5}{1} = 592,85 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 345,40 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} / N_{t,Rd} = 345,40 / 592,85 = 0,59$$

Profil SHS 90/90/5 zadovoljava otpor. elementa s iskoristivosti od 59%

5.1.3. DIJAGONALE REŠETKE (POZICIJA 11-14)

| | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|---------------------------------------|------|----------------------|------|
| PROFIL: | vrućevaljani | SHS 50x50x4 | | $\varepsilon = 0.81$ | |
| KVALITETA ČELIKA: | S355 | $f_y = 35.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$ | | | |
| GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA: | | | | | |
| b (cm) | 5 | t (cm) | 0.4 | | |
| h (cm) | 5 | A (cm ²) | 7,19 | | |
| W _{El,Y} (cm ³) | 12,3 | I _y (cm ⁴) | 25 | | |
| W _{Pl,Z} (cm ³) | 12,3 | I _z (cm ⁴) | 25 | | |
| MEHANIČKI PODATCI ČELIKA: | | | | | |
| E (kN/cm ²) | 21000 | G (kN/cm ²) | 8077 | v | 0.30 |

Rezne sile uslijed kritičnih kombinacija za mjerodavnu dijagonalu:

| | |
|-------|-------|
| GSN 2 | GSN 2 |
|-------|-------|

| | |
|------------------------|-------------------------|
| $M_{Ed} = 0$ (kNm) | $M_{Ed} = 0$ (kNm) |
| $V_{Ed} = 0$ (kN) | $V_{Ed} = 0$ (kN) |
| $N_{Ed} = -36,75$ (kN) | $N_{Ed} = +250,65$ (kN) |

Klasifikacija poprečnog presjeka:

- Hrbat:

$$\frac{d}{t} = \frac{h-3*t}{t} = 9,5$$

Uvjet za klasu 1: $\frac{d}{t} \leq 33 \varepsilon = 26,73$ Hrbat je klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

Otpornost poprečnog presjeka:

- Uzdužna vlačna sila $N_{Ed} = +250,65$ (kN)

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{7,19 \cdot 35,5}{1} = 255,25 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = +250,65 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} / N_{t,Rd} = +250,65 / 255,25 = 0,982$$

Profil SHS 50/50/4 zadovoljava otpor. elementa s iskoristivosti od 98,2%

5.1.4. VERTIKALE REŠETKE (POZICIJA 6-10)

| | | | |
|--------------------------------------|--------------|------------------------------------|----------------------|
| PROFIL: | vrućevaljani | SHS 40x40x4 | $\varepsilon = 0.81$ |
| KVALITETA ČELIKA: | S355 | $f_y = 35.5$ (kN/cm ²) | |
| GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA: | | | |
| b (cm) | 4 | t (cm) | 0.4 |
| h (cm) | 4 | A (cm ²) | 5,59 |
| $W_{pl,Y}$ (cm ³) | 7,44 | I_y (cm ⁴) | 11,8 |
| $W_{pl,Z}$ (cm ³) | 7,44 | I_z (cm ⁴) | 11,8 |
| MEHANIČKI PODATCI ČELIKA: | | | |
| E (kN/cm ²) | 21000 | G (kN/cm ²) | 8077 |
| | | v | 0.30 |

Rezne sile uslijed kritičnih kombinacija za mjerodavnu dijagonalu:

| GSN 2 | GSN 3 |
|-------------------------|------------------------|
| $M_{Ed} = 0$ (kNm) | $M_{Ed} = 0$ (kNm) |
| $V_{Ed} = 0$ (kN) | $V_{Ed} = 0$ (kN) |
| $N_{Ed} = -112,29$ (kN) | $N_{Ed} = +30,79$ (kN) |

Klasifikacija poprečnog presjeka:

- Hrbat:

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

Uvjet za klasu 1: $\frac{d}{t} \leq 33 \varepsilon = 26,73$

Hrbatje klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

Otpornost poprečnog presjeka:

- Uzdužna vlačna sila $N_{Ed} = +30,79$ (kN)

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{5,59 \cdot 35,5}{1} = 198,45 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = +30,79 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} / N_{t,Rd} = +30,79 / 198,45 = 0,2$$

Profil SHS 40/40/4 zadovoljava otpor. elementa s iskoristivosti od 16%

- Uzdužna tlačna sila $N_{Ed} = -112,29$ (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 → Linija izvijanja: a → Faktor imperfekcije: $\alpha=0.21$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{CR}^Z}} = 0,72$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 0,81$$

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

$$\chi = 0,85$$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{M1} = 168,68 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 112,29 / 168,68 = \mathbf{66,57\%}$$

Profil SHS 40/40/4 zadovoljava otpor. elementa s iskoristivosti od **66,57%**

Odabrani profili rešetke

GORNJI POJAS REŠETKE - SHS 110x110x8

DONJI POJAS REŠETKE - SHS 90x90x5

VERTIKALE - SHS 40x40x4

DIJAGONALE- SHS 50x50x4

5.1.5. STUPOVI OKVIRA (POZICIJA 1)

| | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|---------------------------------------|------|--------------------------|-------|
| PROFIL: | vrućevaljani | HEA 160 | | $\epsilon = 0.81$ | |
| KVALITETA ČELIKA: | S355 | $f_y = 35.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$ | | | |
| GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA: | | | | | |
| b (cm) | 16 | r (cm) | 1,5 | t_f (cm) | 0,9 |
| h (cm) | 15,2 | A (cm ²) | 38,8 | t_w (cm) | 0,6 |
| $W_{pl,y}$ (cm ³) | 245 | I_y (cm ⁴) | 1670 | I_w (cm ⁶) | 31410 |
| $W_{pl,z}$ (cm ³) | 117,5 | I_z (cm ⁴) | 616 | I_T (cm ⁴) | 12,2 |
| MEHANIČKI PODATCI ČELIKA: | | | | | |
| E (kN/cm ²) | 21000 | G (kN/cm ²) | 8077 | ν | 0.30 |

Rezne sile uslijed kritičnih kombinacija za mjerodavni stup:

| |
|--------------------------------|
| GSN 2 |
| $M_{Ed} = 36,87 \text{ (kNm)}$ |
| $V_{Ed} = 10,47 \text{ (kN)}$ |
| $N_{Ed} = -33,24 \text{ (kN)}$ |

Klasifikacija profila:

- Hrnat (savijanje):

$$\frac{d}{t_w} = \frac{h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r}{t_w} = 17,33$$

Uvjet za klasu 1:

$$\frac{d}{t_w} \leq 72 \epsilon = 58,32$$

$$17,33 \leq 58,32$$

Hrpat je klase 1

- Pojasnice (tlak):

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0,5 \cdot (b - 2 \cdot r - t_w)}{t_f} = 6,89$$

Uvjet za klasu 1:

$$\frac{c}{t_f} \leq 9 \varepsilon = 7,29$$

$$6,89 \leq 7,29$$

Pojasnice su klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

Otpornost poprečnog presjeka na savijanje:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{173,33 \cdot 35,5}{1} = 86,98 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd} = 86,98 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed} = 36,87 \text{ (kNm)}$$

Otpornost poprečnog presjeka zadovoljava na moment savijanja.

Otpornost poprečnog presjeka na posmik:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 72 \frac{\varepsilon}{\eta}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2 \cdot t_f}{t_w} = 22,33$$

$$72 \frac{\varepsilon}{\eta} = 72 \cdot \frac{0,81}{1,20} = 48,6$$

$$22,33 \leq 48,6$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika.

$$A_{v,z} \geq \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$A_{v,z} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 13,24 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\eta \cdot h_w \cdot t_w = 9,65 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$13,24 \text{ (cm}^2\text{)} \geq 9,65 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Uvjet zadovoljen.

$$V_{Rd,z} = V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = \frac{13,24 * 35,5}{1,7321} = 271,36 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd,z} = 271,36 \text{ (kN)} \geq V_{Ed} = 10,47 \text{ (kN)}$$

Otpornost poprečnog presjeka na uzdužnu tlačnu silu:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{38,8 * 35,5}{1} = 1377,4 \text{ (kN)}$$

$$N_{c,Rd} = 1377,4 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 33,24 \text{ (kN)}$$

Otpornost poprečnog presjeka zadovoljava na uzdužnu tlačnu silu.

Otpornost poprečnog presjeka na interakciju M-V-N:

$$0,25 * N_{c,Rd} = 344,35 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 33,24 \text{ (kN)}$$

$$0,5 * V_{z,Rd} = 135,68 \text{ (kN)} \geq V_{Ed} = 10,47 \text{ (kN)}$$

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

Otpornost elementa na savijanje:

$$L_{CR} = 1080 \text{ (cm)}$$

$$z_G = \frac{h}{2}$$

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

$$M_{CR} = C_1 * \frac{\pi^2 * E * I_z}{(k * L_{CR})^2} * \left[\sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 * \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k * L_{CR})^2 * G * I_T}{\pi^2 * E * I_z} + (C_2 * z_G)^2} - C_2 * z_G \right] = 5975,41 \text{ (kNm)}$$

$$= 59,75 \text{ (kNm)}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{PLY} * f_y}{M_{CR}}} = 1,206 \geq \lambda_{LT,0} = 0,4$$

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

Faktor imperfekcije za vrućevaljani I presjek uz $\frac{h}{b} = 0,95 \leq 2 : \alpha_{LT} = 0,21$

$$\Phi_{LT} = 0,5 * (1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) = 1,33$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0,529$$

$$M_{B,Rd} = \chi_{LT} * \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m1}} = 0,529 * 245 * 35,5 = 46,01 \text{ (kNm)}$$

$$M_{B,Rd} = 46,01 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed} = 36,87 \text{ (kNm)}$$

Otpornost elementa na uzdužnu tlačnu silu:

Izvijanje oko osi Y-Y:

$$L_{i,Y} = 1080 \text{ (cm)}$$

$$N_{CR,Y} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{L_i^2} = 296,75 \text{ (kN)}$$

Za liniju izvijanja: b $\begin{cases} t_f \leq 100 \text{ (mm)} \\ \frac{h}{b} = 0,95 < 1,2 \end{cases} \rightarrow$ faktor imperfekcije: $\alpha = 0,34$

$$\lambda_Y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{CR,Y}}} = 2,15$$

$$\Phi_Y = 0,5[1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2] = 3,14$$

$$\chi_Y = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,18$$

Izvijanje oko osi Z-Z:

$$L_{i,Z} = 378 \text{ (cm)}$$

$$N_{CR,Z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_i^2} = 893,54 \text{ (kN)}$$

Za liniju izvijanja: c $\begin{cases} t_f \leq 100 \text{ (mm)} \\ \frac{h}{b} = 0,95 < 1,2 \end{cases} \rightarrow$ faktor imperfekcije: $\alpha = 0,49$

$$\lambda_Z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{CR,Z}}} = 1,24$$

$$\Phi_Z = 0,5[1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2] = 1,52$$

$$\chi_Z = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = 0,42$$

$$\chi = \min \{ \chi_Y ; \chi_Z \} = \chi_Y = 0,18$$

$$N_{B,Rd} = \chi^Y * \frac{A * f_y}{\gamma_{m1}} = 247,93 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 33,24 \text{ (kN)}$$

$$N_{B,Rd} \geq N_{Ed}$$

$$247,93 \text{ (kN)} \geq 33,24 \text{ (kN)}$$

Otpornost elementa zadovoljava na uzdužnu tlačnu silu.

Otpornost elementa na interakciju M_b-N_b (jednoosno savijanje):

$$0,95 + 0,05 \alpha_s \geq 0,4 \quad \begin{cases} \alpha_s = 0 \\ \psi = 0 \end{cases}$$

$$C_{MY} = C_{MLT} = 0,95$$

$$k_{yy} = C_{MY} \left(1 + (\chi_Y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_Y * N_{Rd}} \right) \leq C_{MY} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_Y * N_{Rd}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,947$$

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{0,1 \lambda_Z}{C_{MLT}} * \frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi_Y * N_{Rk}} \right) \leq \left(1 - \frac{0,1}{C_{MLT}} * \frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi_Y * N_{Rk}} \right)$$

$$k_{zy} = 0,9825$$

$$\frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi_Y * N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{Ed,Y} * \gamma_{m1}}{\chi_{LT} * M_{Rk,Y}} \leq 1,0$$

$$0,134 + 0,758 = 0,892 \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi_Z * N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{Ed,Y} * \gamma_{m1}}{\chi_{LT} * M_{Rk,Y}} \leq 1,0$$

$$0,06 + 0,787 = 0,847 \leq 1,0$$

Profil HEA 160 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivosti:

$$\eta = 0,892 * 100 = 89,2\%$$

5.2. SEKUNDARNA KONSTRUKCIJA

5.2.1. ZABATNI STUPOVI (POZICIJA 21-22)

| | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|---------------------------------------|------|--------------------------|---------|
| PROFIL: | vrućevaljani | HEA 120 | | $\varepsilon = 0.81$ | |
| KVALITETA ČELIKA: | S355 | $f_y = 35.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$ | | | |
| GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA: | | | | | |
| b (cm) | 12 | r (cm) | 1.2 | t_f (cm) | 0,8 |
| h (cm) | 11,4 | A (cm ²) | 25,3 | t_w (cm) | 0.5 |
| $W_{pl,y}$ (cm ³) | 119,58 | I_y (cm ⁴) | 606 | I_w (cm ⁶) | 6471,94 |
| $W_{pl,z}$ (cm ³) | 58,75 | I_z (cm ⁴) | 231 | I_T (cm ⁴) | 5,99 |
| MEHANIČKI PODATCI ČELIKA: | | | | | |
| E (kN/cm ²) | 21000 | G (kN/cm ²) | 8077 | ν | 0.30 |

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

$$M_{Ed} = 10,40 \text{ (kNm)}$$

$$V_{Ed} = 5,86 \text{ (kN)}$$

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

Klasifikacija profila:

- Hrnat (savijanje):

$$\frac{d}{t_w} = \frac{h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r}{t_w} = 14,8$$

$$\text{Uvjet za klasu 1: } \frac{d}{t_w} \leq 72 \varepsilon = 58,32$$

Hrnat je klase 1

- Pojasnice (tlak):

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0.5 \cdot (b - 2 \cdot r - t_w)}{t_f} = 5,69$$

$$\text{Uvjet za klasu 1: } \frac{c}{t_f} \leq 9 \varepsilon = 7,29$$

Pojasnice su klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

Otpornost poprečnog presjeka:

- Savijanje:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{119,58 \cdot 35,5}{1} = 4245,09 \text{ (kNcm)} = 42,45 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd} = 42,45 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed} = 10,40 \text{ (kNm)}$$

- Posmik:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2 \cdot t_f}{t_w} = 19,6 \leq 72 \frac{\varepsilon}{\eta} = 72 \frac{0,81}{1,20} = 48,6$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika!

$$A_{V,z} = A - 2 * b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f = 8,42 \text{ (cm}^2) \geq \eta * h_w * t_w = 5,88 \text{ (cm}^2) \quad \text{Uvjet zadovoljen!}$$

$$V_{Rd}^Z = V_{Pl,Rd} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = \frac{8,42 * 35,5}{1,7321} = 172,57 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd}^Z = 172,57 \text{ (kN)} \geq V_{Ed} = 5,86 \text{ (kN)}$$

Interakcija M-V:

$$0,5 * V_{z,Rd} = 86,29 \text{ (kN)} \geq V_{Ed} = 5,86 \text{ (kN)}$$

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

Otpornost elementa:

- Savijanje:

$$L_{CR} = 7.1 \text{ (m)} = 710 \text{ (cm)}$$

$$k = 1.0 \quad C_1 = 1.127$$

$$k_w = 1.0 \quad C_2 = 0,454$$

$$M_{CR} = C_1 * \frac{\pi^2 * E * I_z}{(k * L_{CR})^2} * \left[\sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 * \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k * L_{CR})^2 * G * I_T}{\pi^2 * E * I_z}} + (C_2 * z_g)^2 - C_2 * z_g \right] = 2219,81 \text{ (kNcm)} = 22,19 \text{ (kNm)}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{CR}}} = 1,38 \geq \lambda_{LT,0} = 0.4 \quad \text{Reduciramo } M_{c,Rd} \text{ zbog mogućnosti instabiliteta elementa.}$$

$$\text{Faktor imperfekcije: } \alpha_{LT} = 0.21 \quad \leftarrow \quad \text{Krivulja izvijanja : } a \begin{cases} \frac{h}{b} = 0.95 \leq 2 \\ \text{Vruće valjani I presjek} \end{cases}$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 * (1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2) = 1,576$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0,43$$

$$M_{B,Rd} = \chi_{LT} * \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m1}} = 0,43 * \frac{119,58 * 35,5}{1} = 1825,39 \text{ (kNcm)} = 18,25 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed} = 10,40 \text{ (kNm)}$$

Profil HEA 120 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivosti od 56,99 %

5.2.2. KROVNI SPREGOVI (POZICIJA 17)

| | | | | | |
|-------------------------------|--------------|---------------------------------------|------|----------------------|------|
| PROFIL: | vrućevaljani | RD 12 | | $\varepsilon = 0.81$ | |
| KVALITETA ČELIKA: | S355 | $f_y = 35.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$ | | | |
| GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA: | | | | | |
| d (cm) | 1,2 | r (cm) | 0,6 | A (cm ²) | 1,13 |
| MEHANIČKI PODATCI ČELIKA: | | | | | |
| E (kN/cm ²) | 21000 | G (kN/cm ²) | 8077 | v | 0.30 |

Rezne sile uslijed kritične kombinacije

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

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

$$N_{Ed} = +11,45 \text{ (kN)}$$

Otpornost poprečnog presjeka:

- Vlačna sila:

$$N_{T,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,502 \cdot 35,5}{1} = 40,12 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 11,45 \text{ (kN)}$$

Profil RD12 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivosti od 28,5%

Vertikale sprega (P28)

| | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|---------------------------------------|------|----------------------|------|
| PROFIL: | vrućevaljani | SHS 40x40x4 | | $\varepsilon = 0.81$ | |
| KVALITETA ČELIKA: | S355 | $f_y = 35.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$ | | | |
| GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA: | | | | | |
| b (cm) | 4 | t (cm) | 0,4 | | |
| h (cm) | 4 | A (cm ²) | 5,59 | | |
| W _{pl,Y} (cm ³) | 7,44 | I _y (cm ⁴) | 11,8 | | |
| W _{pl,Z} (cm ³) | 7,44 | I _z (cm ⁴) | 11,8 | | |
| MEHANIČKI PODATCI ČELIKA: | | | | | |
| E (kN/cm ²) | 21000 | G (kN/cm ²) | 8077 | v | 0.30 |

Tlačna sila:

$$N_{C,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5,59 \cdot 35,5}{1} = 198,45 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 10,83 \text{ (kN)}$$

Otpornost elementa na izvijanje:

Dužina izvijanja elementa:

$$L_i^Z = 540 \text{ (cm)}$$

$$L_i^Y = 540 \text{ (cm)}$$

$$N_{CR}^Z = \frac{\pi^2 * E * I_Z}{L_i^2} = 8,39 \text{ (kN)}$$

$$\lambda^Z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{CR}^Z}} = 4,86 \quad \text{Linija izvijanja: a} \rightarrow \text{Faktor imperfekcije: } \alpha = 0,21$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 12,8$$

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

$$\chi = 0,055$$

$$N_{b,Rd} = N_{C,Rd} * \chi = 10,91$$

Profil SHS 40x40x4 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivosti od 99%

5.2.3. BOČNI (HORIZONTALNI) SPREGOVI (ZATEGE) (P18-20)

| | | | | | |
|-------------------------------|--------------|---------------------------------------|------|----------------------|------|
| PROFIL: | vrućevaljani | RD 12 | | $\varepsilon = 0.81$ | |
| KVALITETA ČELIKA: | S355 | $f_y = 35.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$ | | | |
| GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA: | | | | | |
| d (cm) | 1,2 | r (cm) | 0,6 | A (cm ²) | 1,13 |
| MEHANIČKI PODATCI ČELIKA: | | | | | |
| E (kN/cm ²) | 21000 | G (kN/cm ²) | 8077 | v | 0.30 |

Rezne sile uslijed kritične kombinacije (GSN 5.2.3.):

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

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

$$N_{Ed} = +10,21 \text{ (kN)}$$

Otpornost poprečnog presjeka:

- Vlačna sila:

$$N_{T,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,502 * 35,5}{1} = 40,12 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 10,21 \text{ (kN)}$$

Profil RD12 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivosti od 25,45%

5.2.4. KROVNE PODROŽNICE (POZICIJA 15)

| | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|---------------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| PROFIL: | vrućevaljani | IPE 200 | | $\epsilon = 0.81$ | |
| KVALITETA ČELIKA: | S355 | $f_y = 35.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$ | | | |
| GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA: | | | | | |
| b (cm) | 10 | r (cm) | 1,2 | t _f (cm) | 0,9 |
| h (cm) | 20 | A (cm ²) | 28,50 | t _w (cm) | 0.6 |
| | | I _y (cm ⁴) | 1943 | I _w (cm ⁶) | 13000 |
| W _{pl,Y} (cm ³) | 221 | I _z (cm ⁴) | 142 | I _T (cm ⁴) | 6,98 |
| | | A _{v,Z} (cm ²) | 13,2 | | |
| W _{pl,Z} (cm ³) | 44,6 | A _{v,Y} (cm ²) | 17,58 | | |
| MEHANIČKI PODATCI ČELIKA: | | | | | |
| E (kN/cm ²) | 21000 | G (kN/cm ²) | 8077 | v | 0.30 |

Rezne sile uslijed kritične kombinacije (GSN 5.2.4.):

| Y-Y | Z-Z |
|---------------------------------|--------------------------------|
| M _{Ed,Y} = 14,71 (kNm) | M _{Ed,Z} = 1,33 (kNm) |
| V _{Ed,Y} = 1,41 (kN) | V _{Ed,Z} = 15,68 (kN) |

Klasifikacija profila:

- Hrnat (savijanje)

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

Uvjet za klasu 1: $\frac{d}{t_w} \leq 72 \epsilon = 58.32$ Hrnat je klase 1

- Pojasnice (tlak):

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0.5*(b-2*r-t_w)}{t_f} = 3,89$$

Uvjet za klasu 1: $\frac{c}{t_f} \leq 9 \epsilon = 7,29$ Pojasnice su klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

Otpornost poprečnog presjeka:

- Savijanje (Y-Y):

$$M_{c,Rd}^Y = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{221 * 35,5}{1} = 78,46 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd}^Y = 78,46 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^Y = 14,71 \text{ (kNm)}$$

- Savijanje (Z-Z):

$$M_{c,Rd}^Z = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{44,6 * 35,5}{1} = 15,83 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd}^Z = 15,83 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^Z = 1,33 \text{ (kNm)}$$

- Posmik (Z)

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h-2*t_f}{t_w} = 30,33 \leq 72 \frac{\varepsilon}{\eta} = 72 \frac{0,81}{1,20} = 48,6$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika!

$$A_{v,Z} = A - 2*b*t_f + (t_w+2*r)*t_f = 13,2 \text{ (cm}^2) \geq \eta * h_w * t_w = 13,1 \text{ (cm}^2) \quad \text{Uvjet zadovoljen!}$$

$$V_{Rd}^Z = V_{Pl,Rd} = \frac{A_{v,Z}*f_y}{\sqrt{3}*\gamma_{m0}} = \frac{13,2*35,5}{1,7321} = 270,54 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd}^Z = 270,54 \text{ (kN)} \geq V_{Ed}^Z = 15,68 \text{ (kN)}$$

- Posmik (Y)

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h-2*t_f}{t_w} = 30,33 \leq 72 \frac{\varepsilon}{\eta} = 72 \frac{0,81}{1,20} = 48,6$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika!

$$A_{v,y} = 17,58$$

$$V_{Rd}^Y = V_{Pl,Rd} = \frac{A_{v,y}*f_y}{\sqrt{3}*\gamma_{m0}} = \frac{17,58*35,5}{1,7321} = 360,31 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd}^Y = 360,31 \text{ (kN)} \geq V_{Ed}^Y = 1,41 \text{ (kN)}$$

$$0,5*V_{RdZ} = 135,27 \text{ (kN)} \geq V_{Ed,z} = 15,68 \text{ (kN)}$$

$$0,5*V_{RdY} = 180,35 \text{ (kN)} \geq V_{Ed,Y} = 1,41 \text{ (kN)}$$

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

- Savijanje:

$$L_{CR} = 5,40 \text{ (m)} = 540 \text{ (cm)}$$

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

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

$$M_{CR} = C_1 * \frac{\pi^2 * E * I_z}{(k * L_{CR})^2} * \left[\sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 * \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k * L_{CR})^2 * G * I_T}{\pi^2 * E * I_z}} + (C_2 * z_g)^2 - C_2 * z_g \right] = 2429,5 \text{ (kNcm)} = 24,295 \text{ (kNm)}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{CR}}} = 1,797 \geq \lambda_{LT,0} = 0.4 \quad \text{Reduciramo } M_{c,Rd} \text{ zbog mogućnosti instabiliteta elementa.}$$

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

$$\Phi_{LT} = 0.5 * (1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2) = 2,28$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0,27$$

$$M_{B,Rd} = \chi_{LT} * \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m1}} = 2118,29 \text{ (kNcm)} = 21,18 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^Y = 14,71 \text{ (kNm)}$$

Profil IPE200 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivosti od 70%

5.2.5. BOČNE PODROŽNICE (POZICIJA 16)

| | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|---------------------------------------|-------|--------------------------|------|
| PROFIL: | vrućevaljani | IPE 180 | | $\epsilon = 0.81$ | |
| KVALITETA ČELIKA: | S355 | $f_y = 35.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$ | | | |
| GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA: | | | | | |
| b (cm) | 9,1 | r (cm) | 0,9 | t_f (cm) | 0,8 |
| h (cm) | 18 | A (cm ²) | 23,9 | t_w (cm) | 0,5 |
| | | I_y (cm ⁴) | 1317 | I_w (cm ⁶) | 7430 |
| $W_{pl,y}$ (cm ³) | 166 | I_z (cm ⁴) | 101 | I_T (cm ⁴) | 4,79 |
| | | $A_{v,z}$ (cm ²) | 11,8 | | |
| $W_{pl,z}$ (cm ³) | 34,6 | $A_{v,y}$ (cm ²) | 14,87 | | |
| MEHANIČKI PODATCI ČELIKA: | | | | | |
| E (kN/cm ²) | 21000 | G (kN/cm ²) | 8077 | ν | 0.30 |

Rezne sile uslijed kritične kombinacije (GSN 5.2.5.):

| Y-Y | Z-Z |
|---------------------------------|----------------------------------|
| $M_{Ed,Y} = 12,42$ | $M_{Ed,Z} = 11,83 \text{ (kNm)}$ |
| $V_{Ed,Y} = 12,56 \text{ (kN)}$ | $V_{Ed,Z} = 13,24 \text{ (kN)}$ |
| | |

Klasifikacija profila:

- Hrnat (savijanje)

$$\frac{d}{t_w} = \frac{h - 2 * t_f - 2 * r}{t_w} = 29,2$$

Uvjet za klasu 1: $\frac{d}{t_w} \leq 72 \epsilon = 58.32$ Hrnat je klase 1

- Pojasnice (tlak):

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0.5 * (b - 2 * r - t_w)}{t_f} = 4,25$$

Uvjet za klasu 1: $\frac{c}{t_f} \leq 9 \varepsilon = 7,29$

Pojasnice su klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

Otpornost poprečnog presjeka:

- Savijanje (Y-Y):

$$M_{c,Rd}^Y = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{166 * 35,5}{1} = 5893 \text{ (kNm)} = 58,93 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd}^Y = 58,93 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^Y = 12,42 \text{ (kNm)}$$

- Savijanje (Z-Z):

$$M_{c,Rd}^Z = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{34,6 * 35,5}{1} = 12,28 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd}^Z = 12,28 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^Z = 11,83 \text{ (kNm)}$$

- Posmik (Z)

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2 * t_f}{t_w} = 32,8 \leq 72 \frac{\varepsilon}{\eta} = 72 \frac{0,81}{1,20} = 48,6$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika!

$$A_{v,z} = A - 2 * b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f = 11,18 \text{ (cm}^2) \geq \eta * h_w * t_w = 9,84 \text{ (cm}^2) \quad \text{Uvjet zadovoljen!}$$

$$V_{Rd}^Z = V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = \frac{11,18 * 35,5}{1,7321} = 229,14 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd}^Z = 229,14 \text{ (kN)} \geq V_{Ed}^Z = 13,24 \text{ (kN)}$$

- Posmik (Y)

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2 * t_f}{t_w} = 32,8 \leq 72 \frac{\varepsilon}{\eta} = 72 \frac{0,81}{1,20} = 48,6$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika!

$$A_{v,y} = 14,87 \text{ (cm}^2)$$

$$V_{Rd}^Y = V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,y} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = \frac{14,87 * 35,5}{1,7321} = 304,77 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd}^Y = 304,77 \text{ (kN)} \geq V_{Ed}^Z = 13,24 \text{ (kN)}$$

- Savijanje:

$$L_{CR} = 5,40 \text{ (m)} = 540 \text{ (cm)} \quad z_G = \frac{h}{2}$$

$$k = 1.0 \quad C_1 = 1,127$$

$$k_w = 1.0 \quad C_2 = 0,454$$

$$M_{CR} = C_1 * \frac{\pi^2 * E * I_z}{(k * L_{CR})^2} * \left[\sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 * \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k * L_{CR})^2 * G * I_T}{\pi^2 * E * I_z}} + (C_2 * z_g)^2 - C_2 * z_g \right] = 1698,82 \text{ (kNcm)} = 16,99 \text{ (kNm)}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{CR}}} = 1,86 \geq \lambda_{LT,0} = 0.4 \quad \text{Reduciramo } M_{c,Rd} \text{ zbog mogućnosti instabiliteta elementa.}$$

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

$$\Phi_{LT} = 0.5 * (1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2) = 2,4$$

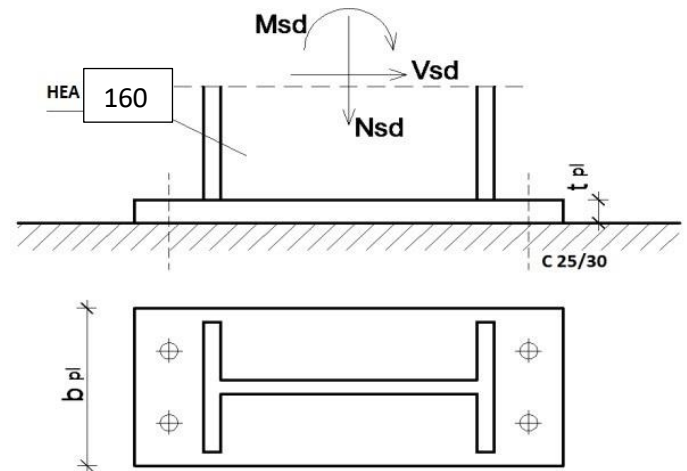
$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} * \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0,27$$

$$M_{B,Rd} = \chi_{LT} * \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m1}} = 1591,11 \text{ (kNcm)} = 15,91 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^Y = 12,42 \text{ (kNm)}$$

Profil IPE 180 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivosti od 78%

6. DIMENZIONIRANJE SPOJEVA KONSTRUKCIJE

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



| GSN | |
|----------|-------------|
| M_{Ed} | 36,87 (kNm) |
| V_{Ed} | 10,47 (kN) |
| N_{Ed} | -33,24 (kN) |

| PODATCI O PROFILU | | | |
|-------------------|--------------|--------------------------------|-----|
| b (cm) | 16 | t_f (cm) | 0,9 |
| h (cm) | 15,2 | t_w (cm) | 0,6 |
| PODATCI O VIJCIMA | | | |
| φ (mm) | φ 20 | $f_{y,B}$ (N/mm ²) | 300 |
| K.V. | 5.6 | $f_{u,B}$ (N/mm ²) | 500 |

GSN 1

$$N_p^M = \frac{M_{Ed}}{h - t_f} = \frac{36,87}{0,152 - 0,009} = 257,83 \text{ (kN)}$$

$$N_p^N = \frac{A^P}{A} N_{Ed} = \frac{16 \cdot 0,9}{38,8} \cdot 33,24 = -12,34 \text{ (kN)}$$

Ukupna sila u vlačnoj pojasnici:

$$F_{W,Ed} = N_p = N_p^M + N_p^N = 257,83 - 12,34 = 245,49 \text{ (kN)}$$

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = 1,109(\text{m})$$

$$a_{MAX} = 0,7 * t_{MIN} = 0,7 * 6 = 4,2 (\text{cm})$$

Usvojeno: $a = 4 (\text{mm})$

Otpornost vara na uzdužnu silu:

$$F_{W,Rd} = \frac{F_{W,Rk} * L_{var}^F}{1,25 * 100} = \frac{130,9}{1,25} * \frac{320}{100} = 335,104(\text{kN}) \geq F_{W,Ed} = 245,49 (\text{kN})$$

Otpornost vara na poprečnu silu:

$$F_{W,Rd} = \frac{F_{W,Rk} * L_{var}^W}{1,25 * 100} = \frac{130,9}{1,25} * \frac{268}{100} = 280,65(\text{kN}) \geq V_{Ed} = 10,47(\text{kN})$$

Proračun vijaka:

Za pretpostavljene vijke M20:

$$C_{MIN} = 2d + a\sqrt{2} = 2 * 20 + 4\sqrt{2} = 45,65 (\text{mm})$$

Usvojeno: $C = 50 (\text{mm})$

$$X_1 = C + h - \frac{t_f}{2} = 50 + 152 - 4,5 = 197,5(\text{mm}) = 0,198(\text{m})$$

$$X_2 = e - \frac{h}{2} + \frac{t_f}{2} = 1109 - 76 + 4,5 = 1037,5(\text{mm}) = 1,038(\text{m})$$

$$N_{Ed} * X_2 = F_{T,Ed} * X_1 \rightarrow F_{T,Ed} = N_{Ed} * \frac{X_2}{X_1} = 174,26 (\text{kN})$$

Proračun vijaka na uzdužnu silu:

$$F_{T,Rd} = \frac{F_{T,Rk}}{1,25} = \frac{110,3}{1,25} = 88,24 (\text{kN}) \geq \frac{F_{T,Ed}}{2} = 87,13 (\text{kN})$$

Proračun vijaka na posmik:

$$F_{V,Rd} = \frac{F_{V,Rk}}{1,25} = \frac{73,5}{1,25} = 58,80 (\text{kN}) \geq \frac{V_{Ed}}{4} = 2,62 (\text{kN})$$

Proračun vijaka na interakciju uzdužne i poprečne sile:

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{T,Ed}}{1,4 \cdot F_{T,Rd}} = 0,04456 + 0,7053 = 0,749 \leq 1,00$$

Proračun dimenzija pločice:

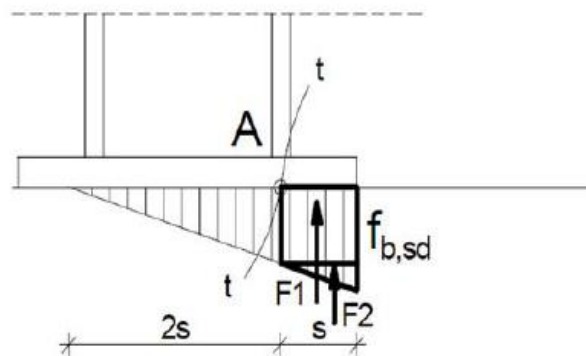
$$a_{PL}^{MIN} = h + 2(c + e_1) = 152 + 2(50 + 50) = 352 \text{ (mm)}$$

$$b_{PL}^{MIN} = b + 2a\sqrt{2} + 20 \text{ (mm)} = 160 + 2 \cdot 4 \cdot \sqrt{2} + 20 \text{ (mm)} = 191,31 \text{ (mm)}$$

$$b_{PL}^{MIN} = p_2 + 2e_2 = 70 + 2 \cdot 40 = 150 \text{ (mm)}$$

Odabrano: 400x200 (mm)

Proračun debljine pločice:



Slika 0.1 Pritisak po omotaču rupe

Pritisak po omotaču rupe:

$$F_{B,Rd} = \frac{F_{B,Rk} t_{PL}}{1,25 \cdot 10} = \frac{193,2 t_{PL}}{1,25 \cdot 10} = 2,62 t_{PL} \geq F_{B,Ed} = \frac{V_{Ed}}{4} = 0,17 \text{ (kN)}$$

$$t_{PL} \geq 0,17 \text{ (mm)}$$

Savijanje pločice zbog odgovora betona:

$$S = (400 - 152 + 9) / 2 = 128,5 \text{ (mm)} = 12,9 \text{ (cm)}$$

$$R = F_{T,Ed} + N_{Ed} = 174,26 + 33,24 = 207,5 \text{ (kN)}$$

Naprezanje u betonu:

$$f_{c,Ed} = 2R / (3 * s * b_{pL}) = 0,54 \text{ (kN/cm}^2) \leq f_{c,Rd} = \frac{f_{ck}}{1,5} = 1,67 \text{ (kN/cm}^2)$$

Savijanje pločice:

$$M_{Ed} = \frac{2}{3} * f_{b,Sd} * s * b_{pL} * \frac{s}{2} + \frac{\frac{1}{3} f_{b,Sd} * s * b}{2} * \frac{2}{3} = \frac{2}{3} * 5400 * 0,129 * 0,20 * \frac{0,129}{2} + \frac{\frac{1}{3} * 5400 * 0,129 * 0,20}{2} * \frac{2}{3} * 0,129 = 7,98 \text{ (kNm)}$$

Savijanje pločice zbog vlačnih vijaka:

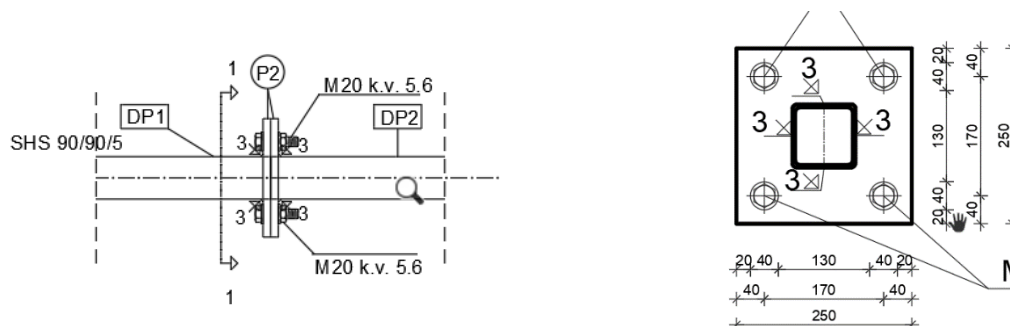
$$M_{Ed} = F_{T,Ed} \left(c + \frac{t_f}{2} \right) = 174,26 (0,05 + 0,0045) = 9,49 \text{ (kNm)}$$

$$M_{Ed}^{MAX} \leq \frac{W_{MIN} * f_y}{1,10} \rightarrow t_{pL}^2 \geq \frac{1,1 * M_{Ed}^{MAX}}{f_y} \frac{6}{b_{pL}} = 8,821$$

$$t_{pL} \geq 2,97 \text{ (cm)}$$

Odabrana dimenzija pločice: 400x200x30 (mm)

6.2. VLAČNI NASTAVAK REŠETKE DONJEG POJASA (PLOČICA P2 POZICIJA 24)



Djelovanje na konstrukciju:

Na 4m

$$N_{Ed} = 224,59 \text{ (kN)}$$

Kontrola varova:

Određivanje maksimalne debljine vara:

$$a_{\max} = 0,7 \cdot (t_{\min}) = 0,7 \cdot 5 = 3,5$$

odabrano $a = 3$ (mm)

Otpornost vara:

$$L_w = 4 \cdot 90 = 360 \text{ (mm)}$$

$$F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{\gamma_{M_w}} \cdot \frac{L_w}{100} = \frac{98,1}{1,25} \cdot \frac{360}{100} = 282,53 \text{ (kN)} > N_{Ed} = 224,59 \text{ (kN)}$$

Proračun vijaka:

Pretpostavka: vijci M20 k.v. 5.6.

$n=4$ vijka

Otpornost vijaka na uzdužnu vlačnu silu:

$$F_{t,Rd} = \frac{F_{t,rk}}{\gamma_{M_1}} = \frac{110,3}{1,25} = 88,24 \text{ (kN)}$$

$$F_{t,Ed} = \frac{N_{Ed}}{4} = \frac{224,59}{4} = 56,15 \text{ (kN)} < F_{t,Rd} = 88,24 \text{ (kN)}$$

Proračun ploče

Proračun dimenzija ploče:

$$c=2d+av\sqrt{2}=2 \cdot 20+3v\sqrt{2}=44,24 \text{ (mm)}$$

Usvojeno $c = 50$ (mm).

$$b_{PL}^{MIN} = b+2a\sqrt{2}+20 \text{ (mm)} = 90+2 \cdot 3 \cdot \sqrt{2}+20 \text{ (mm)} = 118,49 \text{ (mm)}$$

$$b_{PL}^{MIN} = p_2+2e_2 = 70+2 \cdot 40 = 150 \text{ (mm)}$$

Odabrane dimenzije ploče su 250*250 (mm).

Proračun minimalne debljine ploče t_{pl} :

$$e=(250-90)/2-55=25 \text{ (mm)}$$

$$b_{pl}=250 \text{ (mm)}$$

$$M_{Ed} = 2 \cdot F_{t,Ed} \cdot e = 2 \cdot 56,15 \cdot 0,025 = 2,81 \text{ (kNm)}$$

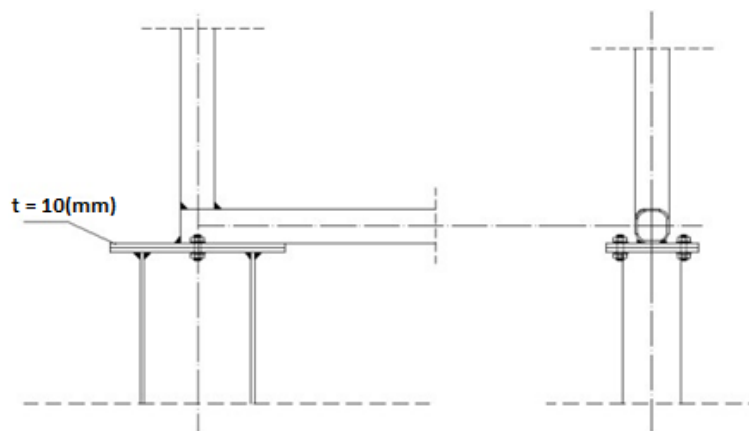
$$M_{Ed} \leq \frac{W_{min} \cdot f_y}{1,1} \rightarrow W_{min} = \frac{1,1 \cdot M_{Ed}}{f_y} = \frac{b_{pl} \cdot t_{pl}^2 \cdot \min}{6}$$

$$\rightarrow t_{pl}^{\min} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot M_{Ed} \cdot 6}{b_{pl} \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 281 \cdot 6}{25 \cdot 35,5}} = 1,44 \text{ (cm)}$$

$$t_{pl} = 16 \text{ (mm)}$$

Odabrane dimenzije ploče su: 250x250x16 (mm)

6.3.SPOJ STUP-REŠETKA (PLOČICA P3 POZICIJA 25)



| DJELOVANJA: | |
|-----------------------|--------|
| $N_{Ed} = 30,04$ (kN) | (tlak) |
| $V_{Ed} = 3,29$ (kN) | |

| PODACI O POPREČNOM PRESJEKU SHS 90/90/5 | | | |
|--|---|-------|-----|
| b(cm) | 9 | t(cm) | 0,5 |
| h(cm) | 9 | | |
| PODATCI O PROFILU HEA 160 | | | |

| | | | |
|--------------------------|------|---------------------------------------|-----|
| b (cm) | 16 | t _F (cm) | 0,9 |
| h (cm) | 15,2 | t _w (cm) | 0,6 |
| PODATCI O VIJCIMA | | | |
| φ (mm) | φ 12 | f _{y,B} (N/mm ²) | 300 |
| K.V. | 5.6 | f _{u,B} (N/mm ²) | 500 |

Zavar u uvali:

$$F_{w,Ed} = \sqrt{N_{Ed}^2 + V_{Ed}^2} = \sqrt{30,04^2 + 3,29^2} = 30,22 \text{ (kN)}$$

Kontrola varova:

Duljina vara kod stupa:

$$l = 2 * 160 + 2 * (152 - 2 * 9) = 588 \text{ (mm)}$$

Maksimalna debljina vara:

$$a_{max} = 0,7 * t_{min} = 0,7 * 6 = 4,2 \text{ (mm)}$$

Odabrano: a= 4 (mm)

Otpornost vara:

$$F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{\gamma_{Mw}} \cdot \frac{L_w}{100} = \frac{130,9}{1,25} \cdot \frac{588}{100} = 615,75 \text{ (kN)} > F_{w,Ed} = 30,22 \text{ (kN)}$$

Duljina vara kod rešetke:

$$l = 2 * 90 = 180 \text{ (mm)}$$

Maksimalna debljina vara:

$$a_{max} = 0,7 * t_{min} = 0,7 * 5 = 3,5 \text{ (mm)}$$

Odabrano: a= 3 (mm)

Otpornost vara:

$$F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{\gamma_{Mw}} \cdot \frac{L_w}{100} = \frac{98,1}{1,25} \cdot \frac{180}{100} = 141,26 \text{ (kN)} > F_{w,Ed} = 30,22 \text{ (kN)}$$

Proračun vijaka:

Pretpostavka: vijci M12, udaljenost c_{min} iznosi:

Profil HEA 160

$$c_{min} = 2 \cdot d + a \cdot \sqrt{2} = 2 \cdot 12 + 4 \cdot \sqrt{2} = 29,66 \text{ (mm)}$$

Profil SHS 90/90/4

$$c_{min} = 2 \cdot d + a \cdot \sqrt{2} = 2 \cdot 12 + 3 \cdot \sqrt{2} = 28,24 \text{ (mm)}$$

Odabrano: $c=30$ (mm)

Otpornost vijaka na posmik:

$$F_{v,Rd} = \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{25,3}{1,25} = 20,24 \text{ (kN)}$$

$$F_{v,Ed} = \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{3,29}{2} = 1,65 \text{ (kN)} < F_{v,Rd} = 20,24 \text{ (kN)}$$

Napomena:

Za kombinaciju se javlja manja poprečna sila, a uzdužna sila je tlačna pa nije potrebno provjeravati tu kombinaciju.

Proračun dimenzija ploče:

$$a_{pl,min} = h + 2 \cdot a\sqrt{2} + 20 = 152 + 2 \cdot 3\sqrt{2} + 20 = 180,49 \text{ (mm)}$$

$$b_{pl,min} = b + 2 \cdot (c + e_1) = 160 + 2 \cdot (30 + 30) = 280 \text{ (mm)}$$

$$b_{pl,min} = 2 \cdot e_2 + p_2 = 2 \cdot 25 + 40 = 90 \text{ (mm)}$$

Odabrano: 200 x 300 (mm)

Proračun debljine ploče t_{pl} :

Pritisak po omotaču rupe od osnovnog materijala:

$$F_{v,Ed} = \frac{V_{Ed}}{2} = 1,65 \text{ (kN)} < F_{b,Ed} = \frac{F_{b,Rk}}{\gamma_{Mb}} \cdot \frac{t_{pl}}{10} \rightarrow t_{pl} > \frac{F_{b,Ed} \cdot \gamma_{Mb} \cdot 10}{F_{b,Rk}}$$

$$t_{pl} > \frac{1,65 \cdot 1,25 \cdot 10}{117,7} = 0,175 \text{ (mm)}$$

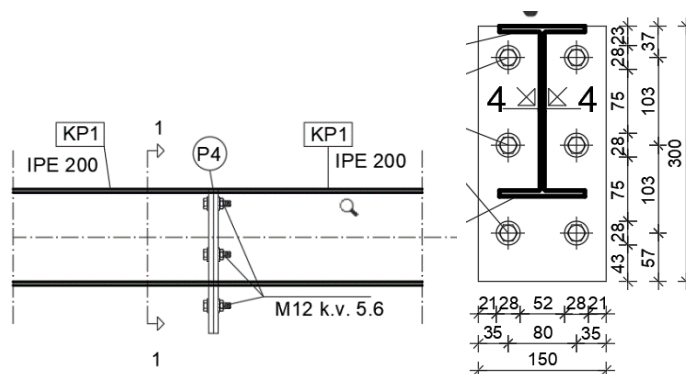
Savijanje ploče od vlačnih vijaka:

$$M_{Ed} = F_{t,Ed} \cdot c = 30,22 \cdot 0,03 = 0,91 \text{ (kNm)}$$

$$\rightarrow t_{pl,min} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot M_{Ed} \cdot 6}{b_{pl} \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 91 \cdot 6}{30 \cdot 35,5}} = 0,75 \text{ (cm)} \rightarrow 7,5 \text{ (mm)}$$

Usvojene dimenzije ploče su: 200 x 300 x 10 mm

6.4. NASTAVAK KROVNE PODROŽNICE (PLOČICA P4 POZICIJA 26)



Nastavci krovnih podrožnica postavljaju se na udaljenosti 7m za podrožnice na krajevima hale te na udaljenosti 8 m kroz unutrašnjost hale. U tim spojevima se javljaju minimalni momenti.

| DJELOVANJA: | |
|-----------------------|--|
| $M_{ED} = 1,13$ (kNm) | |
| $V_{ED} = 5,89$ (kN) | |
| $N_{ED} = 0$ (kN) | |

| PODATCI O PROFILU IPE 200 | | | |
|------------------------------|----|------------|-----|
| h (cm) | 20 | t_f (cm) | 0,9 |

| | | | |
|--------------------------|-------|---------------------------------------|-----|
| b (cm) | 10 | t _w (cm) | 0,6 |
| PODATCI O VIJCIMA | | | |
| φ (mm) | φ M12 | f _{y,B} (N/mm ²) | 300 |
| K.V. | 5.6 | f _{u,B} (N/mm ²) | 500 |

Raspodjela sila po presjeku nosača

Pojasnice:

Vlačna sila u pojasnici od momenta savijanja:

$$N_p^M = \frac{M_{Ed}}{h'} = \frac{1,13}{(0,20 - 0,009)} = 5,92 \text{ (kN)}$$

Sila u pojasnici od uzdužne sile:

$$N_p^N = \frac{A_p}{A} * N_{Ed} = 0,0 \text{ (kN)}$$

Ukupna sila u vlačnoj pojasnici:

$$N_p = N_p^M + N_p^N = 5,92 + 0,0 = 5,92 \text{ (kN)} = F_{w,Ed}$$

Kontrola vara na pojasnicima i hrptu

Dužina vara pojasnice:

$$l_1 = 2 * 100 = 200 \text{ (mm)}$$

Dužina vara hrpta:

$$l_2 = 2 * (200 - 2 * 9) = 364 \text{ (mm)}$$

Maksimalna debljina vara s obzirom na debljinu hrpta i pojaseva nosača:

$$a_{max} = 0,7 * t_{min} = 0,7 * 6 = 4,2 \text{ (mm)}$$

Za pretpostavljeni var a=4 (mm)

Otpornost vara na uzdužnu sila:

$$F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{\gamma_{Mw}} \cdot \frac{L_w}{100} = \frac{130,9}{1,25} \cdot \frac{200}{100} = 209,44 \text{ (kN)} > F_{w,Ed} = 5,92 \text{ (kN)}$$

Otpornost vara na poprečnu silu:

$$F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{\gamma_{Mw}} \cdot \frac{L_w}{100} = \frac{130,9}{1,25} \cdot \frac{364}{100} = 381,18 \text{ (kN)} > V_{Ed} = 5,89 \text{ (kN)}$$

Proračun vijaka

Pretpostavka: vijci M 12 k.v. 5.6

$$c_{min} = 2 \cdot d + a \cdot \sqrt{2} = 2 \cdot 12 + 4 \cdot \sqrt{2} = 29,66 \text{ (mm)}$$

Usvojeno $c=30$ (mm)

Otpornost vijaka na vlak:

Vlačna sila se raspoređuje na dva vijaka.

$$F_{t,Rd} = \frac{F_{t,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{37,9}{1,25} = 30,32 \text{ (kN)} > F_{t,Ed} = \frac{N_p}{2} = \frac{5,92}{2} = 2,96 \text{ (kN)}$$

Otpornost vijaka na posmik:

Poprečna sila se raspoređuje na 6 vijaka.

$$F_{v,Rd} = \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{25,3}{1,25} = 20,24 \text{ (kN)} > F_{v,Ed} = \frac{V_{Ed}}{6} = \frac{5,89}{6} = 0,98 \text{ (kN)}$$

Interakcija uzdužne i posmične sile na vijak:

$$\frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{2,96}{1,4 \cdot 30,32} + \frac{0,98}{20,24} = 0,12 < 1,0$$

Proračun dimenzija ploče:

$$a_{pl,min} = h + (c + e_1) = 200 + (30 + 30) = 260 \text{ (mm)}$$

$$b_{pl,min} = p_2 + 2 \cdot e_2 = 40 + 2 \cdot 25 = 90 \text{ (mm)}$$

Odabrane dimenzije širine i dužine ploče su 300x150(mm).

Proračun debljine ploče

Pritisak po omotaču rupe od osnovnog materijala:

$$F_{v,Ed} = \frac{V_{Ed}}{6} = 0,98 \text{ (kN)} < F_{b,Ed} = \frac{F_{b,Rk}}{\gamma_{Mb}} \cdot \frac{t_{pl}}{10} \rightarrow t_{pl} > \frac{F_{b,Ed} \cdot \gamma_{Mb} \cdot 10}{F_{b,Rk}}$$

$$t_{pl} > \frac{0,98 \cdot 1,25 \cdot 10}{117,7} = 0,1 \text{ (mm)}$$

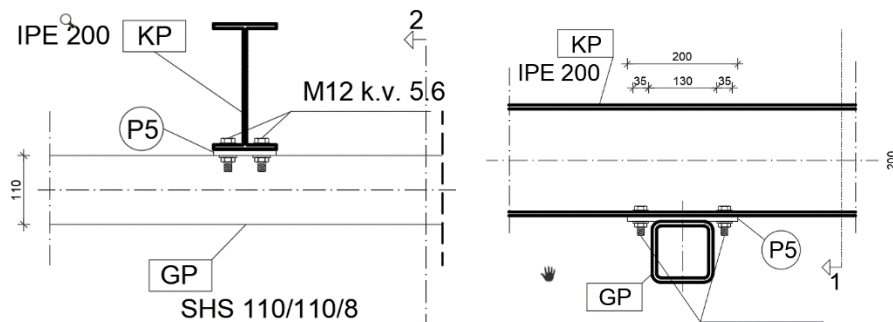
Savijanje ploče od vlačnih vijaka:

$$M_{Ed} = F_{t,Ed} \cdot c = 2,96 \cdot 0,03 = 0,089 \text{ (kNm)}$$

$$\rightarrow t_{pl,min} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot M_{Ed} \cdot 6}{b_{pl} \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 8,9 \cdot 6}{15 \cdot 35,5}} = 0,33 \text{ (cm)}$$

Usvojene dimenzije ploče su: 300 x 150 x 10 (mm)

6.5.SPOJ KROVNE PODROŽNICE NA GORNJI POJAS (PLOČICA P5 POZICIJA 27)



Spoj podrožnice na gornji pojas izvest će se zavarivanjem pravokutne ploče na gornji pojas nosača dimenzija 100x200x10 mm.

| DJELOVANJA: |
|---------------------------------|
| $V_{ED,Y} = 1,41 \text{ (kN)}$ |
| $V_{ED,Z} = 15,68 \text{ (kN)}$ |

| PODACI O POPREČNOM PRESJEKU SHS 110/110/8 | | | |
|--|------|---------------------------------------|-----|
| b(cm) | 11 | t(cm) | 0,8 |
| h (cm) | 11 | | |
| PODATCI O PROFILU IPE 200 | | | |
| h (cm) | 20 | t _f (cm) | 0,9 |
| b (cm) | 10 | t _w (cm) | 0,6 |
| PODATCI O VIJCIMA | | | |
| φ (mm) | φ 12 | f _{y,B} (N/mm ²) | 300 |
| K.V. | 5.6 | f _{u,B} (N/mm ²) | 500 |

Kontrola varova

Određivanje maksimalne debljine vara:

$$a_{\max} = 0,7 \cdot t_{\min} = 0,7 \cdot 8 = 5,6 \text{ (mm)}$$

Odabrano a=5 (mm)

Otpornost vara:

$$L_w = 0 = 2 \cdot 110 = 220 \text{ (mm)}$$

$$F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{\gamma_{Mw}} \cdot \frac{L_w}{100} = \frac{163,6}{1,25} \cdot \frac{220}{100} = 287,94 \text{ (kN)} > V_{z,Ed} = 15,68 \text{ (kN)}$$

Otpornost vijaka na posmik:

$$F_{v,Rd} = \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{25,3}{1,25} = 20,24 \text{ (kN)} > F_{v,Ed} = \frac{V_{y,Ed}}{4} = \frac{1,41}{4} = 0,35 \text{ (kN)}$$

Otpornost vijaka na pritisak po omotaču rupe:

$$F_{b,Rd} = \frac{F_{b,Rk}}{\gamma_{Mb}} \cdot \frac{t_{pl}}{10} = \frac{117,7}{1,25} \cdot \frac{10}{10} = 94,16 \text{ (kN)} > F_{v,Ed} = 0,35 \text{ (kN)}$$

Otpornost vijaka na vlak:

$$F_{t,Rd} = \frac{F_{t,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{37,9}{1,25} = 30,32 \text{ (kN)} > F_{t,Ed} = \frac{V_{y,Ed}}{4} = 0,35 \text{ (kN)}$$

7 LITERATURA

- [1] B. Androić; D. Dumović; I. Džeba: Metalne konstrukcije 1, Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb, 1994.

- [2] ENV 1993-1-1: 1992: Eurocode 3: Bemessung nach EC3, Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau.

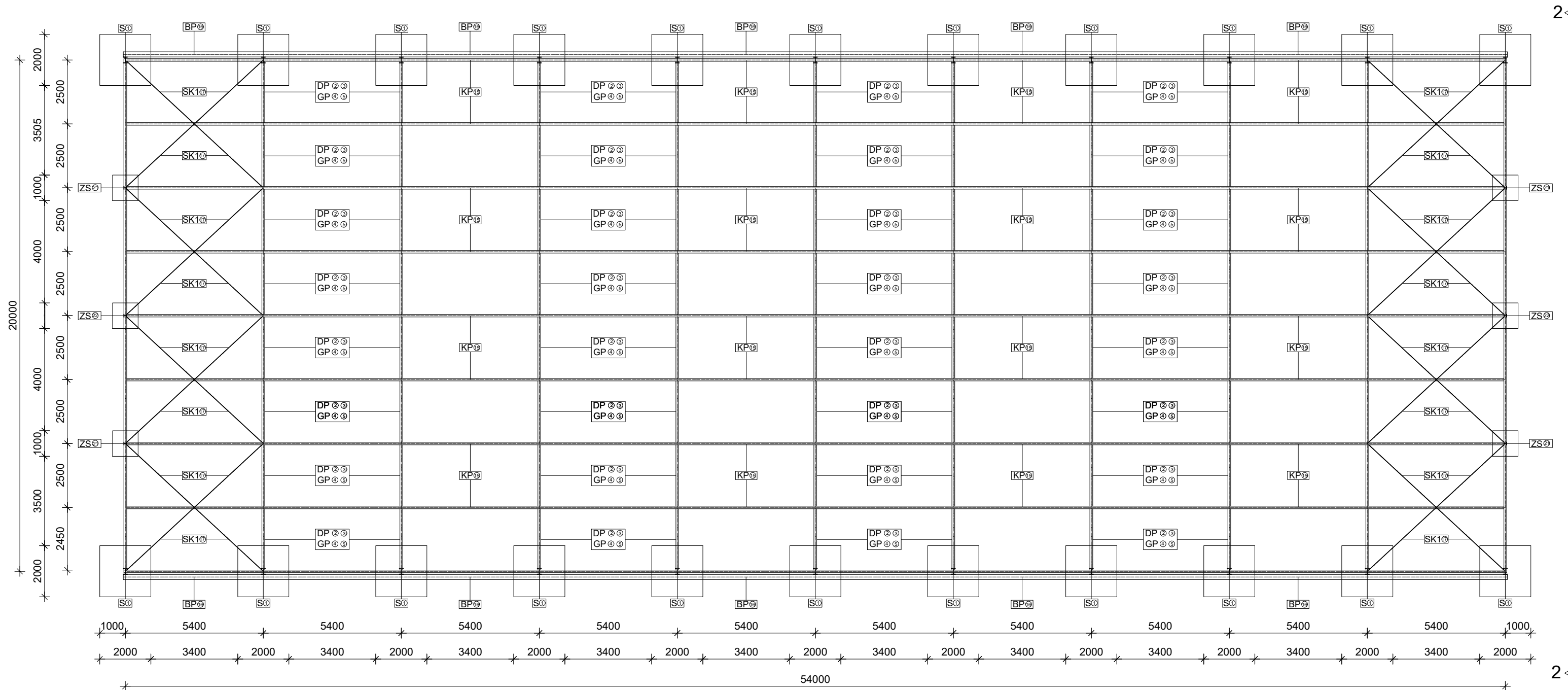
- [3] Prof.dr.sc. Ivica Boko: Predavanja

- [4] Materijali sa vježbi: Osnove metalnih konstrukcija, katedra za metalne i drvene konstrukcije

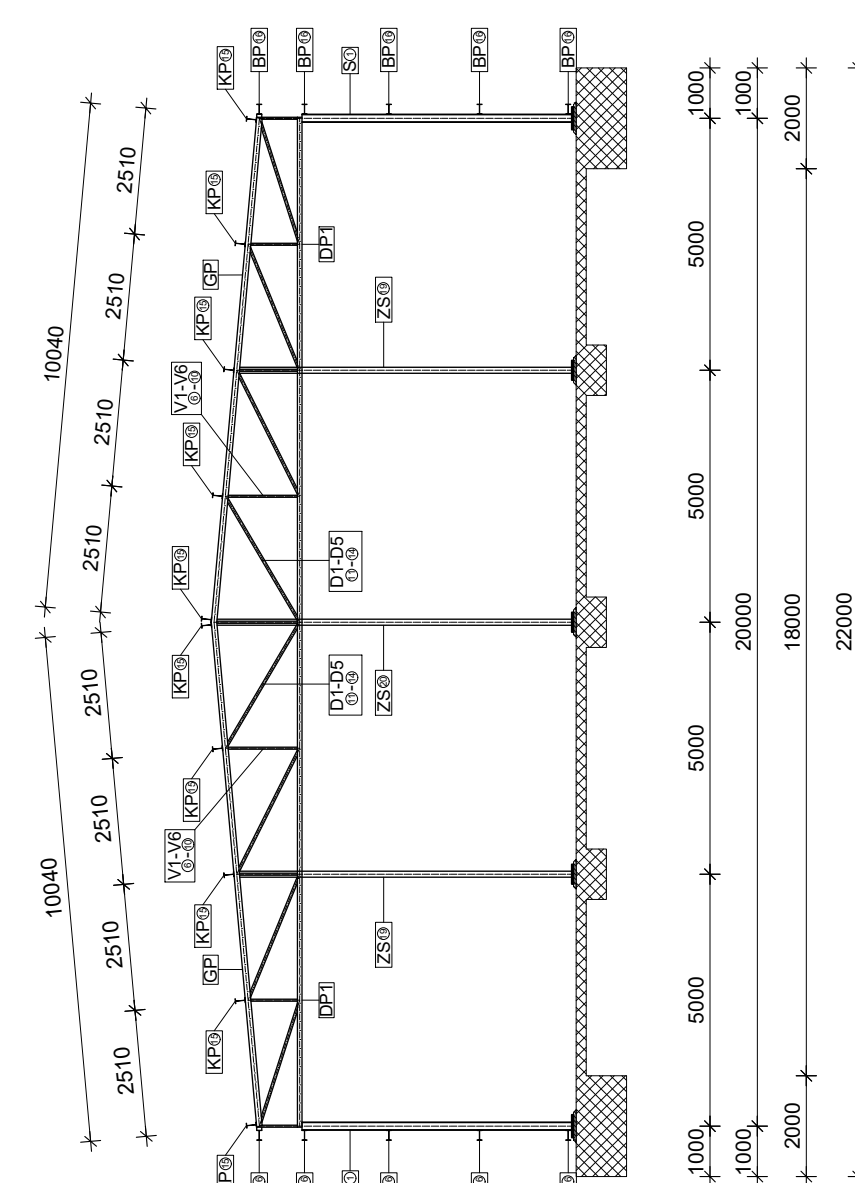
- [5] FGAG repozitorij: Repozitorij Fakulteta Građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu

8.NACRTI

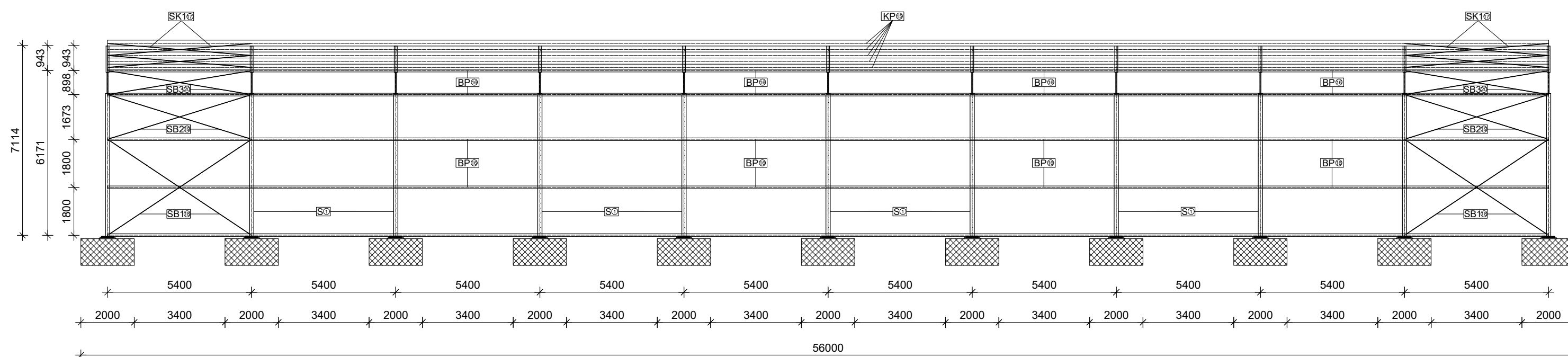
TLOCRTNI POGLED



POGLED 2-2



BOČNI POGLED



PLAN POZICIJA

M 1:150

PRIKAZ I OPIS POZICIJA

| POZ. | POZICIJA | PROFIL | NAZIV |
|-------|----------------------|---------------|--|
| 1 | STUP (S) | HEA160 | Stup glavne konstrukcije |
| 2-3 | DONJI POJAS (DP) | SHS 90/90/5 | Donji pojas krovne rešetke |
| 4-5 | GORNJI POJAS (GP) | SHS 110/110/8 | Gornji pojas krovne rešetke |
| 6-10 | VERTIKALE (V) | SHS 40/40/4.0 | Unutarnje vertikalne ispune krovne rešetke |
| 11-14 | DIJAGONALE (D) | SHS 50/50/4.0 | Dijagonalne ispune krovne rešetke |
| 15 | KROVNA PODR. (KP) | IPE 200 | Sekundarna krovna konstrukcija |
| 16 | BOČNA PODR. (BP) | IPE 180 | Sekundarna bočna konstrukcija |
| 17 | KROVNI SPREG (SK) | RD 12 | Krovna dijagonala vjetrovnog sprega |
| 18-20 | BOČNI SPREG (SB) | RD 12 | Bočna dijagonala vjetrovnog sprega |
| 21-22 | ZABATNI STUPOVI (ZS) | HEA120 | Sekundarna konstrukcija na zabatu hale |



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA
ARHITEKTURE I GEODEZIJE
2100 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

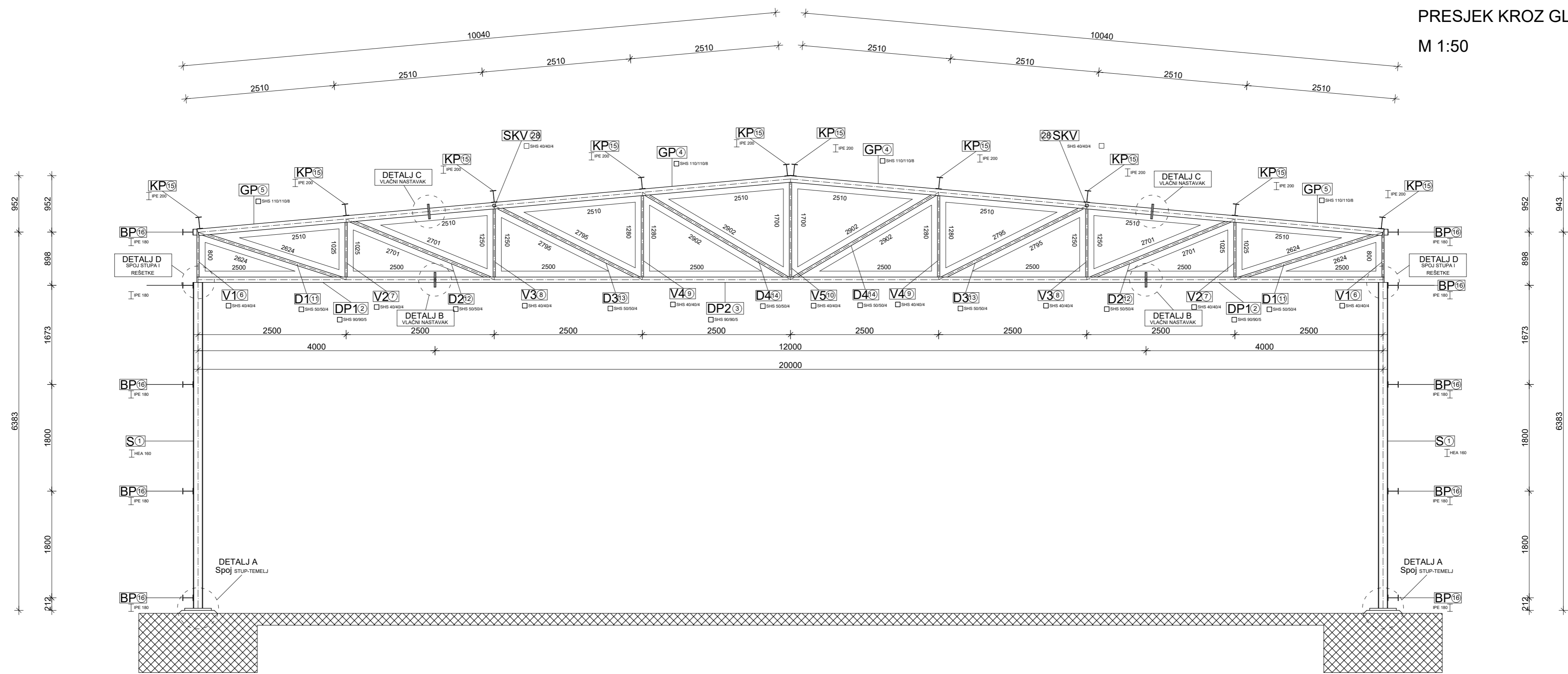
OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA

PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE
METALNE HALE

| | | |
|----------------------------------|------------------------|------------------|
| STUDENTI: ANĐELA UGRINA | PREDMETNI NASTAVNIK | IVICA BOKO |
| | ASISTENT | MARKO GORETA |
| SADRŽAJ: GENERALNI PLAN POZICIJA | | MJERILO: 1 : 150 |
| DATUM: 5.6.2024. | | PRILOG: 1 |

PRESJEK KROZ GLAVNI OKVIR

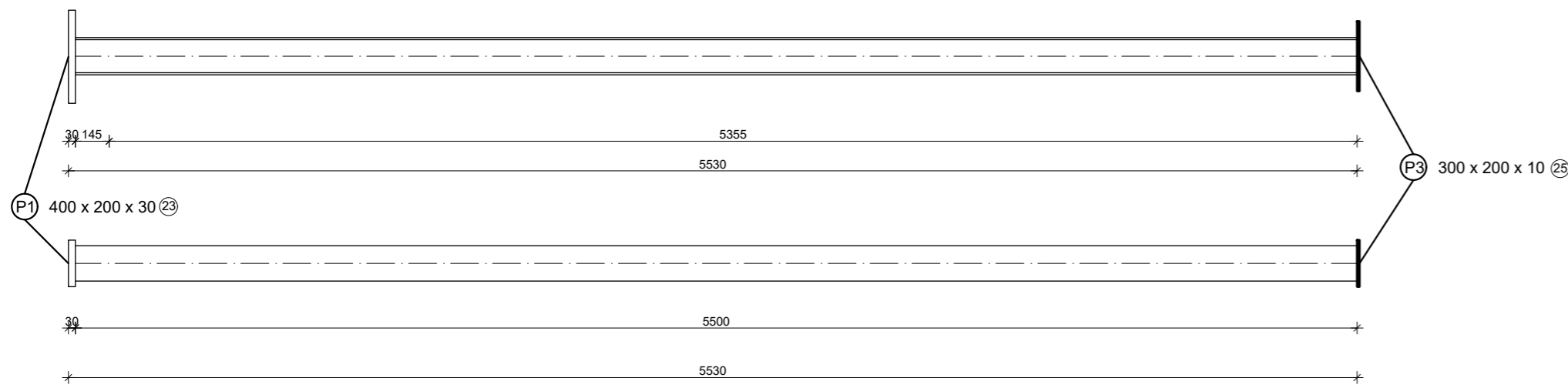
M 1:50



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA
 ARHITEKTURE I GEODEZIJE
 2100 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

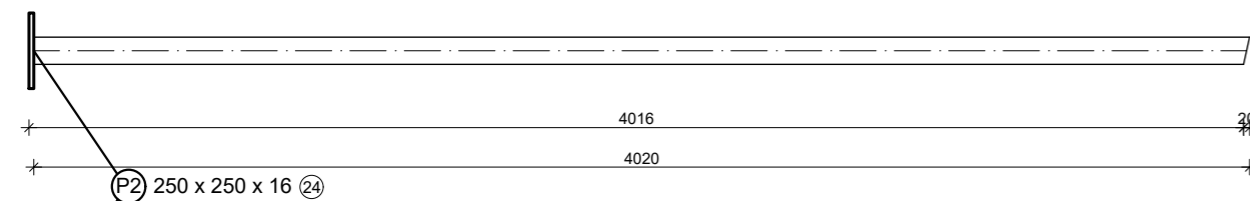
| OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA | | |
|--|---------------------|--------------|
| PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE METALNE HALE | | |
| STUDENTI: ANDELA UGRINA | PREDMETNI NASTAVNIK | IVICA BOKO |
| | ASISTENT | MARKO GORETA |
| SADRŽAJ: PRESJEK KROZ GLAVI OKVIR | MJERILO: | 1 : 50 |
| DATUM: 5.6.2024. | PRILOG: | 2 |

S1 STUP (S) HEA 160 l=5530 mm

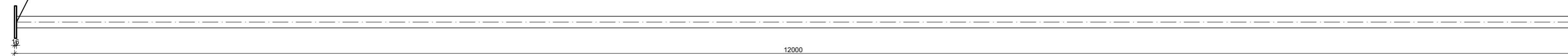


RADIONIČKI NACRT REŠETKE I STUPA M 1:25

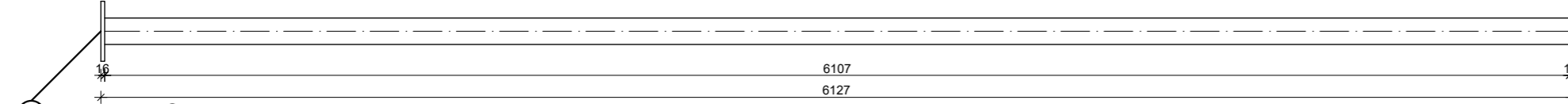
DP22 DONJI POJAS (DP1) 90 x 90 x 5 l=4020 mm



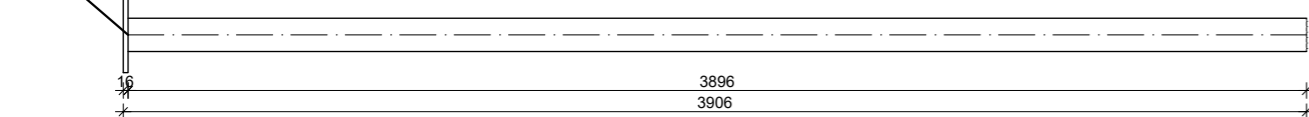
DP13 DONJI POJAS (DP2) 90 x 90 x 5 l=12000 mm



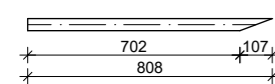
GP14 GORNJI POJAS (GP1) 110 x 110 x 8 l=6127 mm



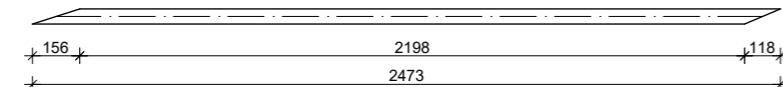
GR25 GORNJI POJAS (GP2) 110 x 110 x 8 l=3906 mm



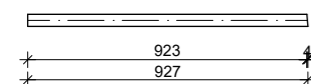
VERTIKALA (V1) SHS 40 x 40 x 4 l=808 mm V16



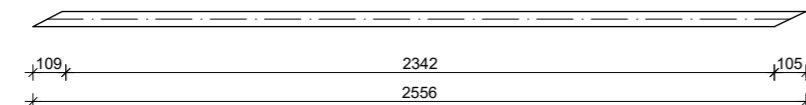
DIJAGONALA (D1) 50 x 50 x 4 l=2473 mm D111



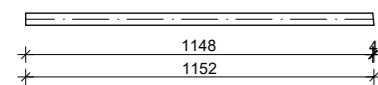
VERTIKALA (V2) 40 x 40 x 4 l=927 mm V27



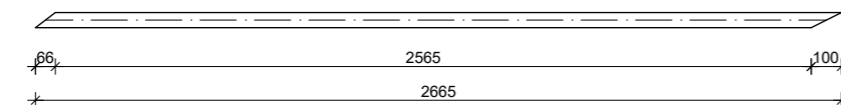
DIJAGONALA (D2) 50 x 50 x 4 l=2556 mm D212



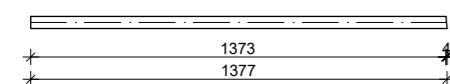
VERTIKALA (V3) 40 x 40 x 4 l=1152 mm V36



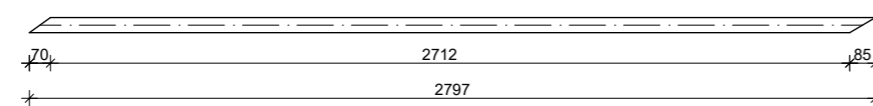
DIJAGONALA (D3) 50 x 50 x 4 l=2665 mm D313



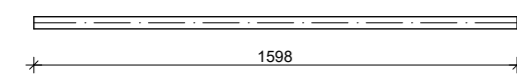
VERTIKALA (V4) 40 x 40 x 4 l=1377 mm V49



DIJAGONALA (D4) 50 x 50 x 4 l=2797 mm D414



VERTIKALA (V5) 40 x 40 x 4 l=1598 mm V510



| pozicija | Element | Poprečni presjek | Površina(mm ²) | Duljina (mm) | Masa (kg/m') | Broj komada | Masa (kg) |
|----------|--------------------|------------------|----------------------------|--------------|--------------|-------------|-----------|
| 1 | STUP (S) | HEA 160 | 3880 | 5530 | 30,3 | 22 | 3686,3 |
| 2 | DONJI POJAS (DP1) | SHS 90/90/5 | 1670 | 4020 | 13,1 | 22 | 1158,6 |
| 3 | DONJI POJAS (DP2) | SHS 90/90/5 | 1670 | 12000 | 13,1 | 11 | 1729,2 |
| 4 | GORNJI POJAS (GP1) | SHS 110/110/8 | 3200 | 6127 | 25,2 | 22 | 3396,8 |
| 5 | GORNJI POJAS (GP2) | SHS 110/110/8 | 3200 | 3906 | 25,2 | 22 | 2165,5 |
| 6 | VERTIKALA (V1) | SHS 40/40/4 | 559 | 808 | 4,39 | 22 | 78,1 |
| 7 | VERTIKALA (V2) | SHS 40/40/4 | 559 | 927 | 4,39 | 22 | 89,6 |
| 8 | VERTIKALA (V3) | SHS 40/40/4 | 559 | 1152 | 4,39 | 22 | 111,3 |
| 9 | VERTIKALA (V4) | SHS 40/40/4 | 559 | 1377 | 4,39 | 22 | 132,9 |
| 10 | VERTIKALA (V5) | SHS 40/40/4 | 559 | 1598 | 4,39 | 22 | 154,3 |
| 11 | DIJAGONALA (D1) | SHS 50/50/4 | 719 | 2473 | 5,65 | 22 | 307,4 |
| 12 | DIJAGONALA (D2) | SHS 50/50/4 | 719 | 2556 | 5,65 | 22 | 317,7 |
| 13 | DIJAGONALA (D3) | SHS 50/50/4 | 719 | 2665 | 5,65 | 22 | 331,3 |
| 14 | DIJAGONALA (D4) | SHS 50/50/4 | 719 | 2797 | 5,65 | 22 | 347,7 |



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA
ARHITEKTURE I GEODEZIJE
2100 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA

PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE
METALNE HALE

STUDENTI: ANBELA UGRINA

PREDMETNI NASTAVNIK
IVICA BOKO

ASISTENT
MARKO GORETA

SADRŽAJ: RADIONIČKI NACRT REŠETKE I STUPA

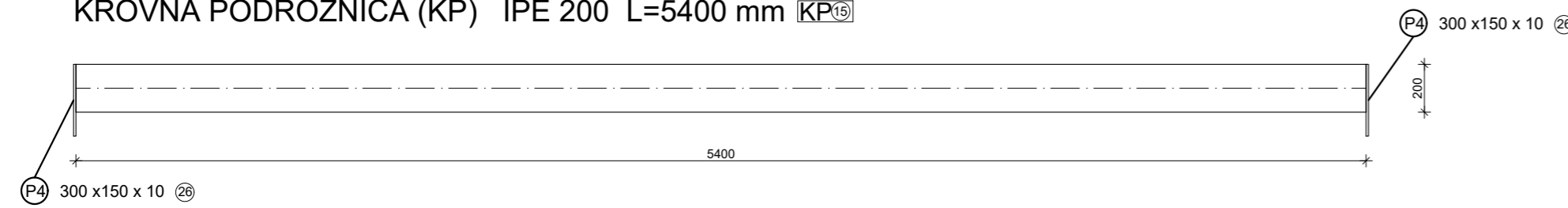
MJERILO: 1:25

DATUM: 5.6.2024.

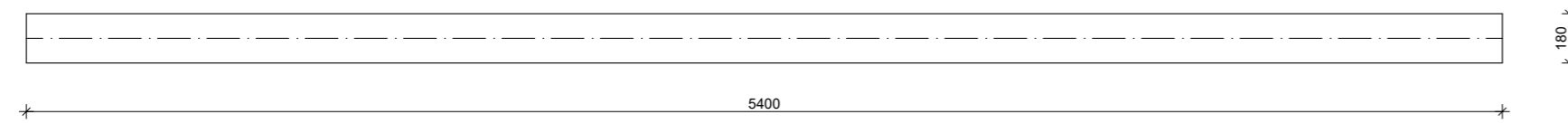
PRILOG: 3

RADIONIČKI NACRT SEKUNDARNE KONSTRUKCIJE M 1:25

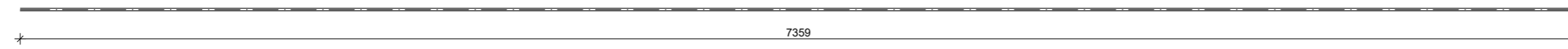
KROVNA PODROŽNICA (KP) IPE 200 L=5400 mm **KP¹⁵**



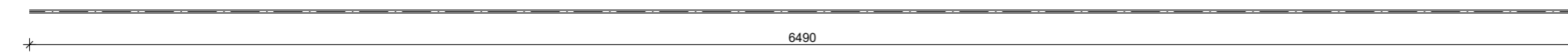
BOČNA PODROŽNICA (BP) IPE 180 L=5400 mm **BP¹⁶**



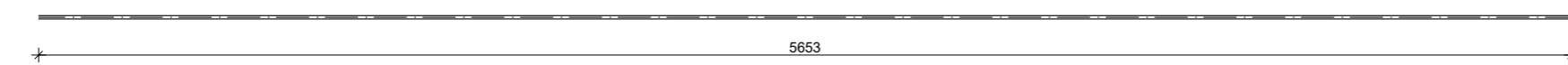
KROVNI SPREGOVI(SK1) RD12 L=7359 mm **KS¹⁷**



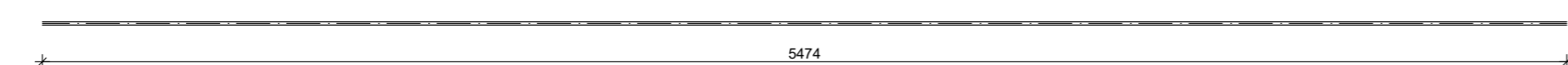
BOČNI SPREGOVI(SB1) RD12 L=6490 mm **BS¹⁸**



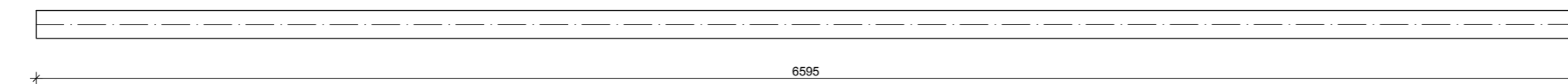
BOČNI SPREGOVI(SB2) RD12 L=5653 mm **BS¹⁹**



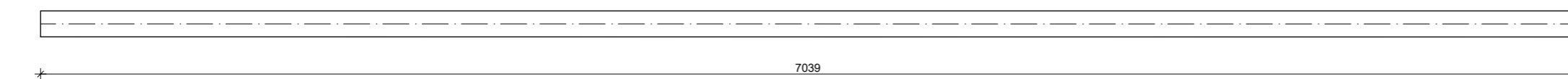
BOČNI SPREGOVI(SB3) RD12 L=5474 mm **BS²⁰**



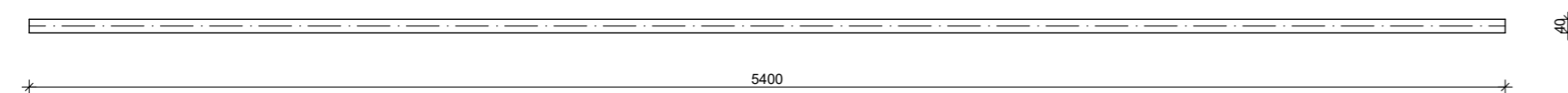
ZABATNI STUP(ZS1) HEA120 L=6595 mm **ZS²¹**



ZABATNI STUP(ZS2) HEA120 L=7039 mm **ZS²²**



KROVNI SPREGOVI VERTIKALE (SKV) CFRHS 40 x 40 x 4 L=5400 mm **SKV²³**

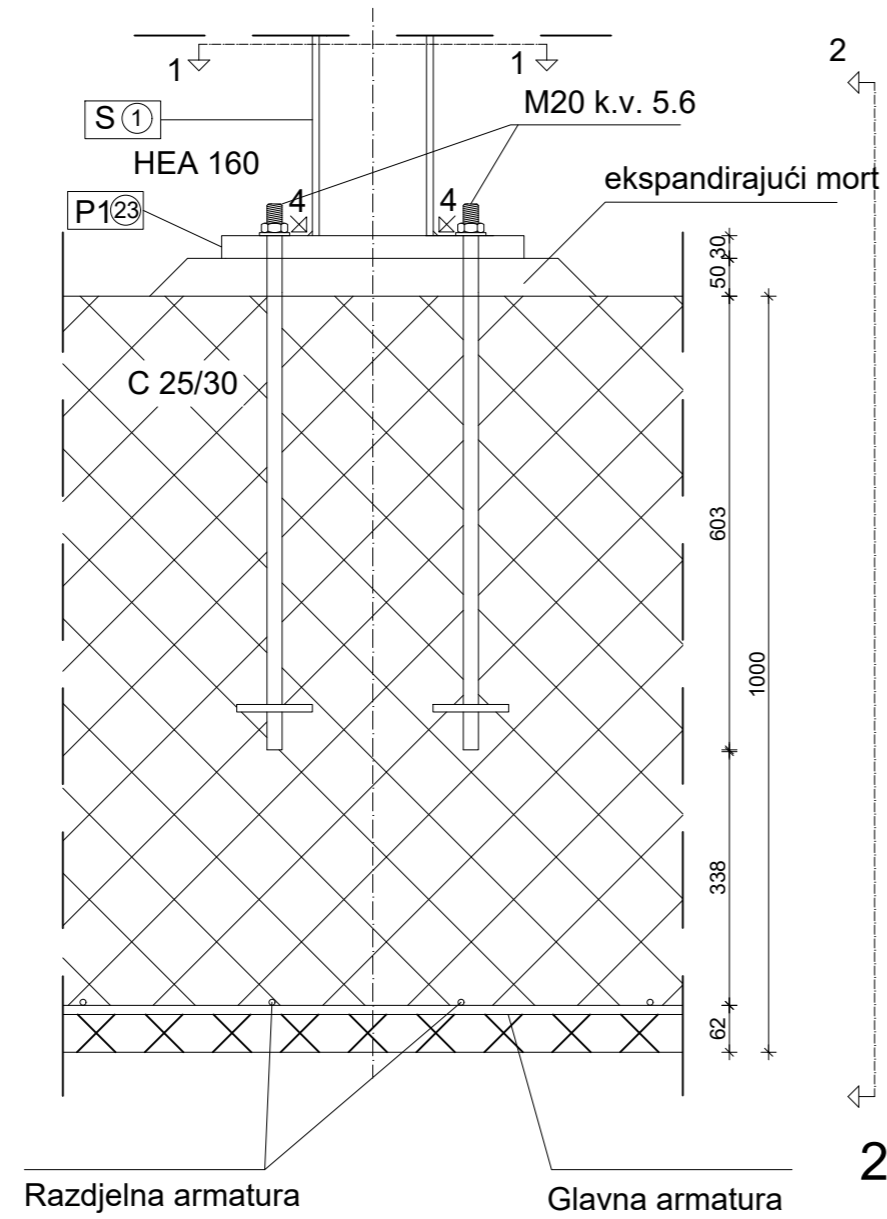


| Pozicija | Element | Poprečni presjek | Površina(mm ²) | Duljina (mm) | Masa (kg/m ³) | Broj komada | Masa (kg) |
|----------|--------------------|------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|-------------|-----------|
| 15 | KROVNA POD. (KP) | IPE200 | 2850 | 5400 | 22,4 | 100 | 12096 |
| 16 | BOČNA POD. (BP) | IPE180 | 2390 | 5400 | 18,8 | 100 | 10152 |
| 17 | KROVNI SPREG (SK1) | RD12 | 113 | 7359 | 0,89 | 16 | 104,8 |
| 18 | BOČNI SPREG (SB1) | RD12 | 113 | 6490 | 0,89 | 8 | 46,2 |
| 19 | BOČNI SPREG (SB2) | RD12 | 113 | 5653 | 0,89 | 8 | 40,24 |
| 20 | BOČNI SPREG (SB3) | RD12 | 113 | 5474 | 0,89 | 8 | 38,97 |
| 21 | ZABATNI STUP (Z1) | HEA120 | 2530 | 6595 | 19,9 | 4 | 524,97 |
| 22 | ZABATNI STUP (Z2) | HEA120 | 2530 | 7039 | 19,9 | 2 | 280,2 |
| 28 | KR.SPR.VERT (SKV) | SHS 40/40/4 | 559 | 5400 | 4,39 | 20 | 474,12 |

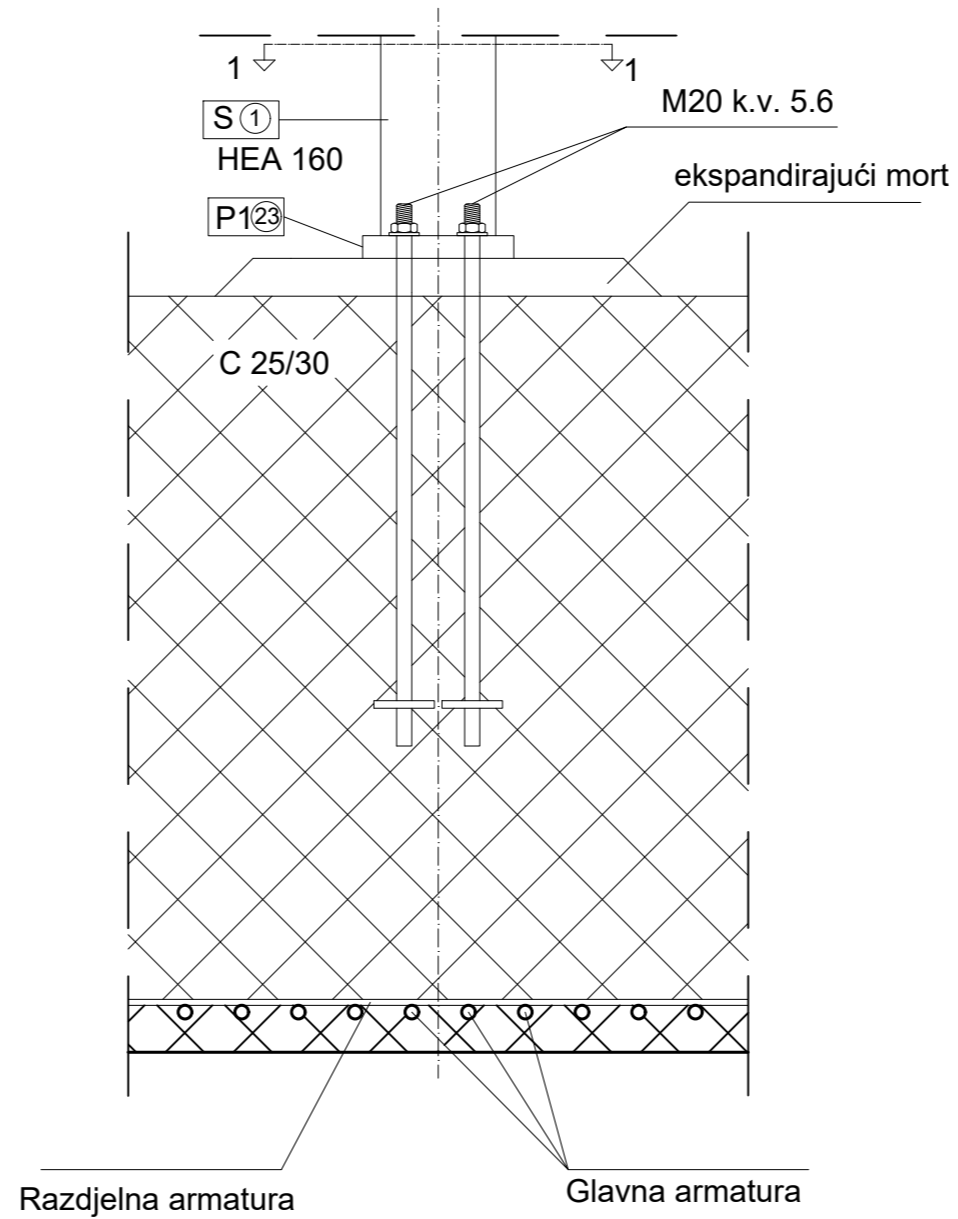
| OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA | | | |
|--|---------------------|-----------------|--|
| PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE METALNE HALE | | | |
| STUDENTI: ANBELA UGRINA | PREDMETNI NASTAVNIK | IVICA BOKO | |
| | ASISTENT | MARKO GORETA | |
| SADRŽAJ: RADIONIČKI NACRT REŠETKE I STUPA | | MJERILO: 1 : 25 | |
| DATUM: 5.6.2024. | | PRILOG: 4 | |



POGLED

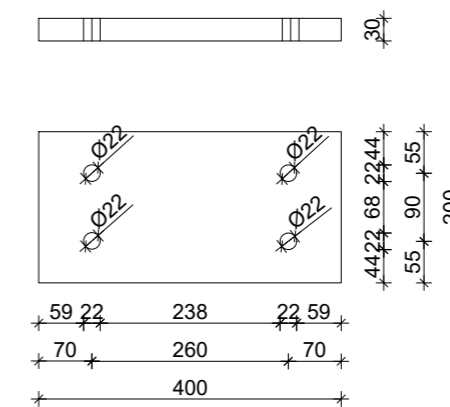


PRESJEK 2-2

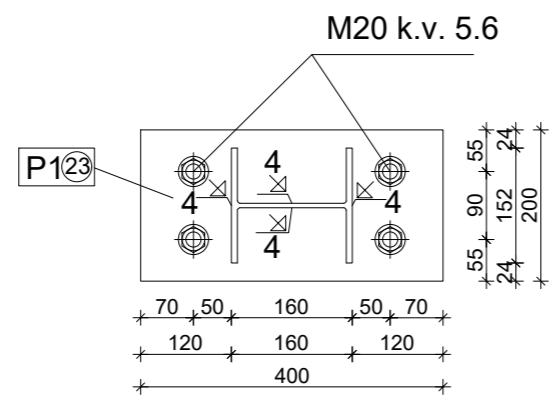


DETALJ "A" SPOJ STUP - TEMELJ 1:10

PLOČICA
P123 # 400/200/30 S355



PRESJEK 1-1



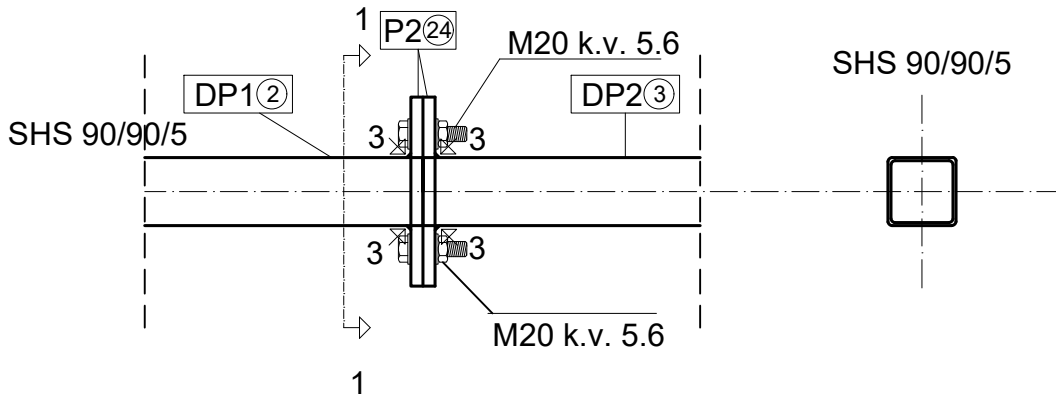
OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA

PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE METALNE HALE

| | | |
|--|------------------------|-----------------|
| STUDENTICA: ANDELA UGRINA | PREDMETNI NASTAVNIK | IVICA BOKO |
| | ASISTENT | MARKO GORETA |
| SADRŽAJ: DETALJ "A" SPOJ STUP - TEMELJ | | MJERILO: 1 : 10 |
| DATUM: 5.6.2024. | | PRILOG: 5 |

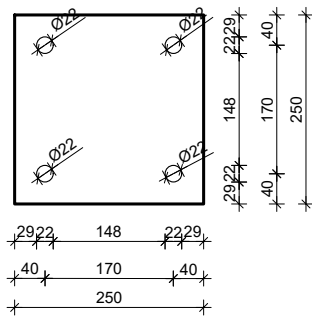
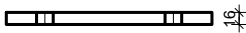
DETALJ "B"
 NASTAVAK DONJEG POJASA
 M 1:10

POGLED

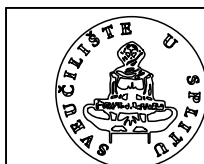
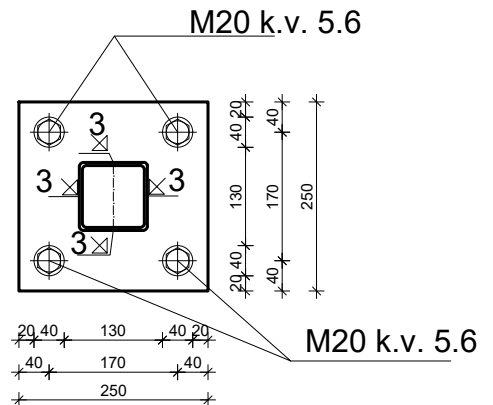


PLOČICA

P224 # 250/250/16 S355



PRESJEK 1-1



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA
 ARHITEKTURE I GEODEZIJE
 2100 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

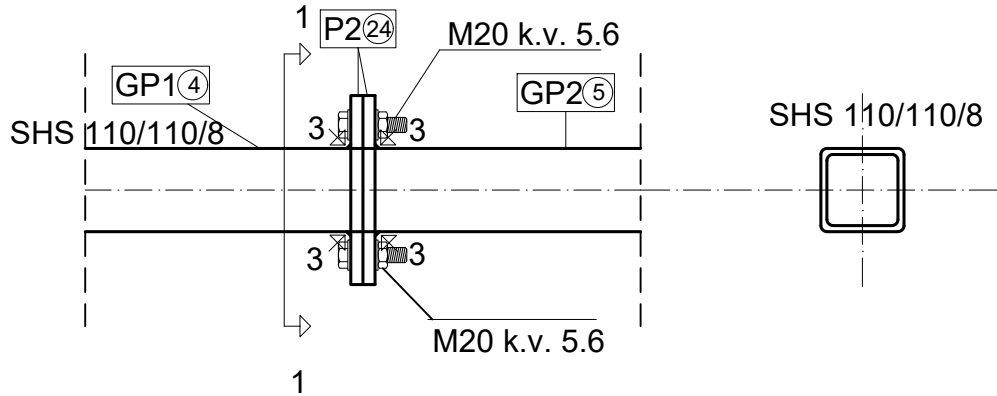
OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA

PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE
 METALNE HALE

| | | |
|---|------------------------|--------------|
| STUDENTICA: ANDELA UGRINA | PREDMETNI NASTAVNIK | IVICA BOKO |
| | ASISTENT | MARKO GORETA |
| SADRŽAJ: DETALJ "B" VLAČNI NASTAVAK REŠETKE | MJERILO: 1 : 10 | |
| DATUM: 5.6.2024. | PRILOG: 6 | |

DETALJ "C"
 NASTAVAK GORNJEG POJASA
 M 1:10

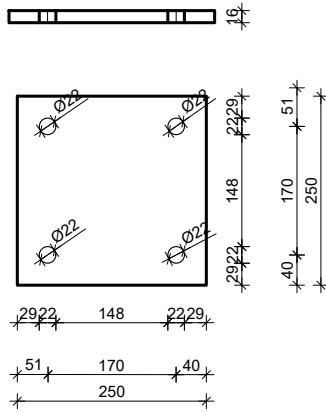
POGLED



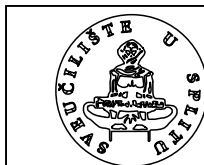
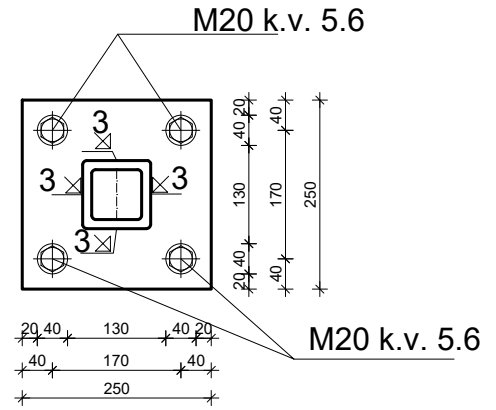
PLOČICA

PLOČICA

P224 # 250/250/16 S355



PRESJEK 1-1



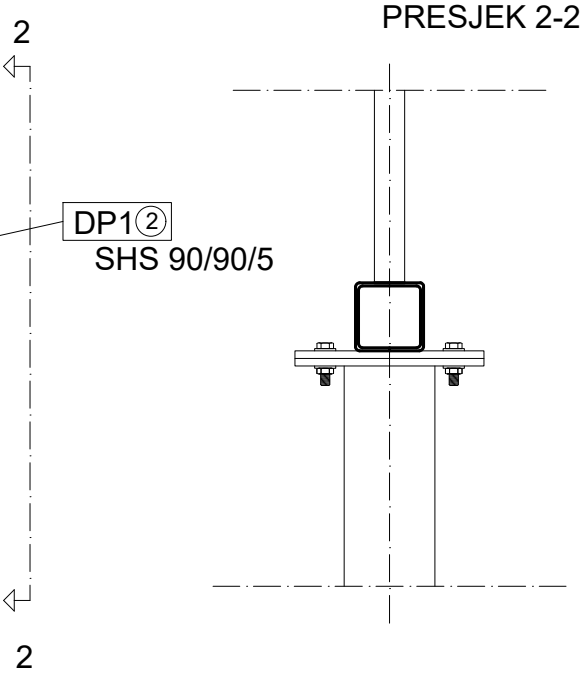
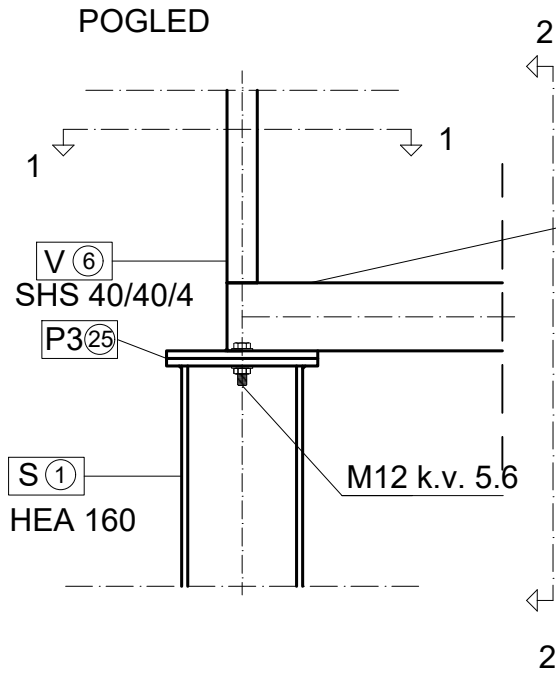
SVEUČILIŠTE U SPLITU,
 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA
 ARHITEKTURE I GEODEZIJE
 2100 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA

PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE
 METALNE HALE

| | | |
|---|------------------------|--------------|
| STUDENTICA: ANDELA UGRINA | PREDMETNI NASTAVNIK | IVICA BOKO |
| | ASISTENT | MARKO GORETA |
| SADRŽAJ: DETALJ "C" VLAČNI NASTAVAK REŠETKE | MJERILO: 1 : 10 | |
| DATUM: 5.6.2024. | PRILOG: 7 | |

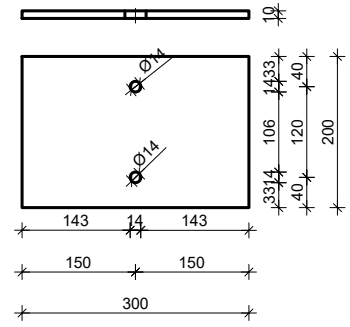
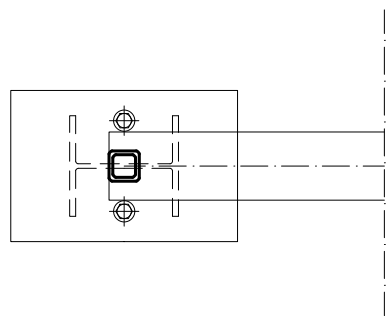
DETALJ "D"
 ZGLOBNI SPOJ STUPA I REŠETKE
 M 1:10



PLOČICA

P3 25 # 200/300/10 S355

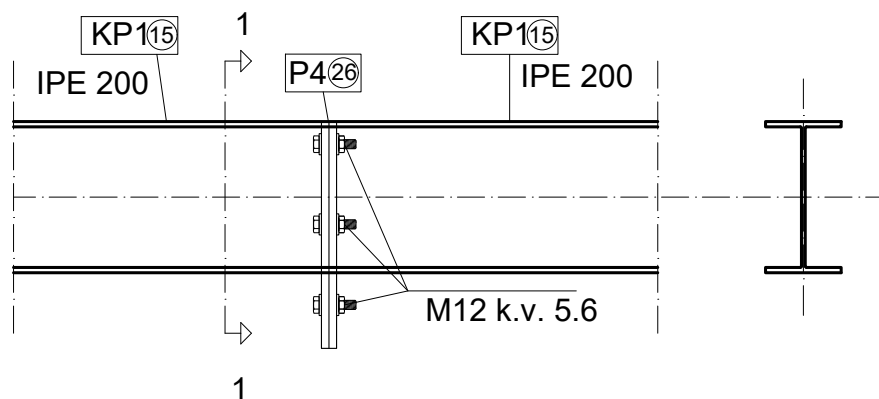
PRESJEK 1-1



| | | |
|---|---------------------|--------------|
| OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA | | |
| PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE METALNE HALE | | |
| STUDENTICA: ANDELA UGRINA | PREDMETNI NASTAVNIK | IVICA BOKO |
| | ASISTENT | MARKO GORETA |
| SADRŽAJ: DETALJ "D" SPOJ STUP-REŠETKA | MJERILO: 1 : 10 | |
| DATUM: 5.6.2024. | PRILOG: 8 | |

DETALJ "E"
 NASTAVAK KROVNIH PODROŽNICA
 M 1:10

POGLED

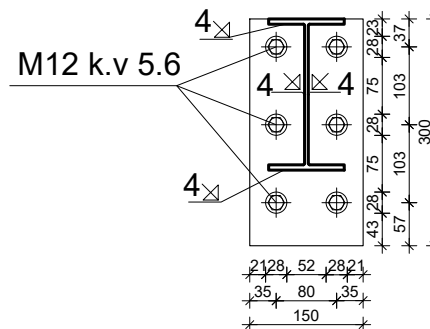
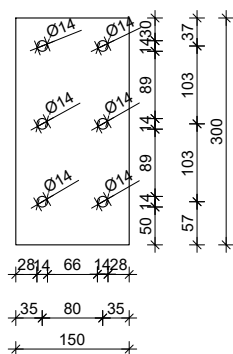
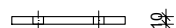


PLOČICA

P4(26) # 300/150/10

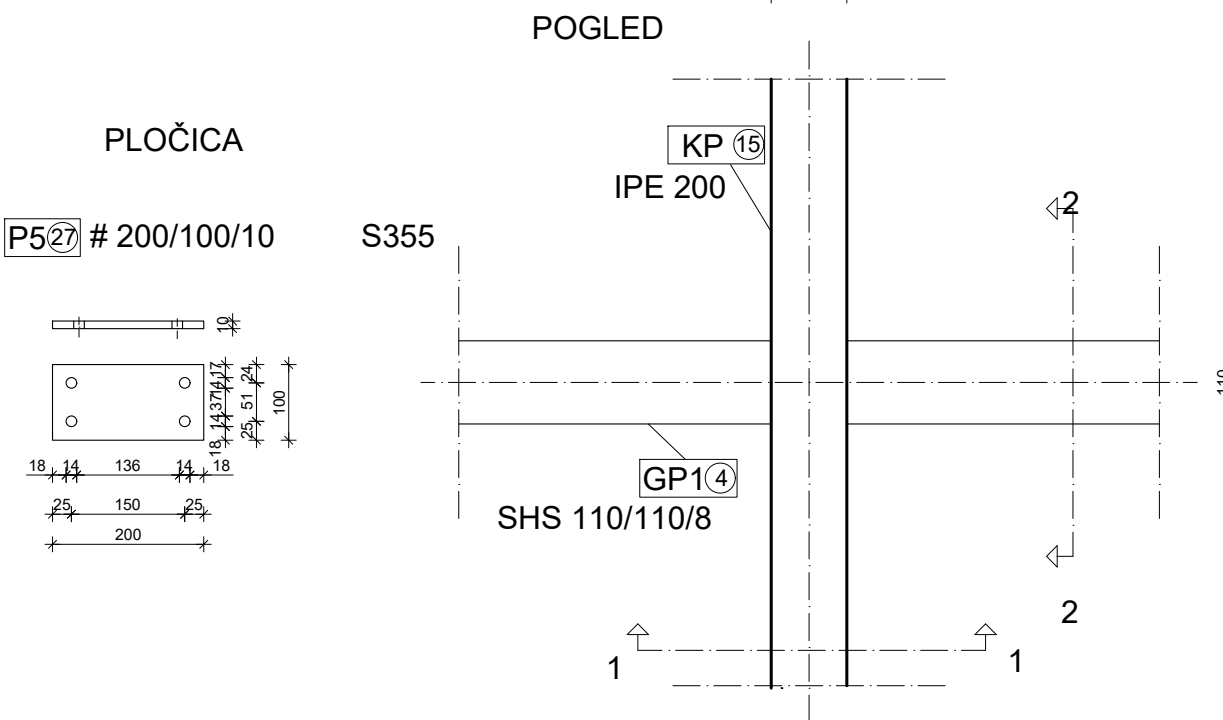
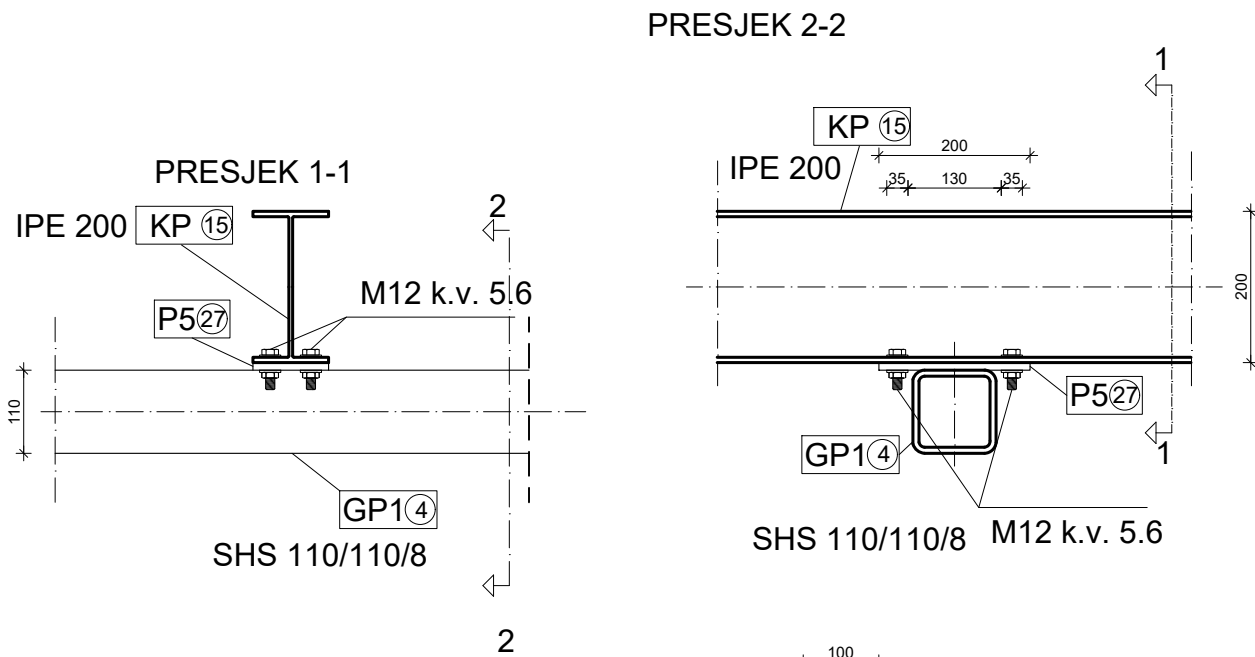
S355


PRESJEK 1-1



| | | |
|--|--|--------------|
|  <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE 2100 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</p> | OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA | |
| | PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE METALNE HALE | |
| STUDENTICA: ANDELA UGRINA | PREDMETNI NASTAVNIK | IVICA BOKO |
| | ASISTENT | MARKO GORETA |
| SADRŽAJ: DETALJ "D" SPOJ KROVNIH PODROŽNICA | MJERILO: 1 : 10 | |
| DATUM: 5.6.2024. | PRILOG: 9 | |

DETALJ "F"
 SPOJ KROVNE PODROŽNICE NA GORNJI POJAS
 M 1:10



| | | | |
|--|--|------------------------|--------------|
|  <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE 2100 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</p> | OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA | | |
| | PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE METALNE HALE | | |
| | STUDENTICA: ANDELA UGRINA | PREDMETNI NASTAVNIK | IVICA BOKO |
| | | ASISTENT | MARKO GORETA |
| SADRŽAJ: DETALJ "D" SPOJ KROVNIH PODROŽNICA NA DONJI POJAS | MJERILO: 1 : 10 | | |
| DATUM: 5.6.2024. | PRILOG: 10 | | |

TABLICA PREDMJERA MATERIJALA ZA CIJELU KONSTRUKCIJU

| Pozicija | Element | Poprečni presjek | Površina(mm ²) | Duljina (mm) | Masa (kg/m') | Broj komada | Masa (kg) |
|----------|--------------------|------------------|----------------------------|--------------|--------------|-------------|-----------|
| 1 | STUP (S) | HEA 160 | 3880 | 5530 | 30,3 | 22 | 3686,3 |
| 2 | DONJI POJAS (DP1) | SHS 90/90/5 | 1670 | 4020 | 13,1 | 22 | 1158,6 |
| 3 | DONJI POJAS (DP2) | SHS 90/90/5 | 1670 | 12000 | 13,1 | 11 | 1729,2 |
| 4 | GORNJI POJAS (GP1) | SHS 110/110/8 | 3200 | 6127 | 25,2 | 22 | 3396,8 |
| 5 | GORNJI POJAS (GP2) | SHS 110/110/8 | 3200 | 3906 | 25,2 | 22 | 2165,5 |
| 6 | VERTIKALA (V1) | SHS 40/40/4 | 559 | 808 | 4,39 | 22 | 78,1 |
| 7 | VERTIKALA (V2) | SHS 40/40/4 | 559 | 927 | 4,39 | 22 | 89,6 |
| 8 | VERTIKALA (V3) | SHS 40/40/4 | 559 | 1152 | 4,39 | 22 | 111,3 |
| 9 | VERTIKALA (V4) | SHS 40/40/4 | 559 | 1377 | 4,39 | 22 | 132,9 |
| 10 | VERTIKALA (V5) | SHS 40/40/4 | 559 | 1598 | 4,39 | 22 | 154,3 |
| 11 | DIJAGONALA (D1) | SHS 50/50/4 | 719 | 2473 | 5,65 | 22 | 307,4 |
| 12 | DIJAGONALA (D2) | SHS 50/50/4 | 719 | 2556 | 5,65 | 22 | 317,7 |
| 13 | DIJAGONALA (D3) | SHS 50/50/4 | 719 | 2665 | 5,65 | 22 | 331,3 |
| 14 | DIJAGONALA (D4) | SHS 50/50/4 | 719 | 2797 | 5,65 | 22 | 347,7 |
| 15 | KROVNA POD. (KP) | IPE200 | 2850 | 5400 | 22,4 | 100 | 12096 |
| 16 | BOČNA POD. (BP) | IPE180 | 2390 | 5400 | 18,8 | 100 | 10152 |
| 17 | KROVNI SPREG (SK1) | RD12 | 113 | 7359 | 0,89 | 16 | 104,8 |
| 18 | BOČNI SPREG (SB1) | RD12 | 113 | 6490 | 0,89 | 8 | 46,2 |
| 19 | BOČNI SPREG (SB2) | RD12 | 113 | 5653 | 0,89 | 8 | 40,24 |
| 20 | BOČNI SPREG (SB3) | RD12 | 113 | 5474 | 0,89 | 8 | 38,97 |
| 21 | ZABATNI STUP (Z1) | HEA120 | 2530 | 6595 | 19,9 | 4 | 524,97 |
| 22 | ZABATNI STUP (Z2) | HEA120 | 2530 | 7039 | 19,9 | 2 | 280,2 |
| 28 | KR.SPR.VERT (SKV) | SHS 40/40/4 | 559 | 5400 | 4,39 | 20 | 474,12 |
| PLOČICE | | | | | | | |
| 23 | P1 | 400 x 200 x 30 | | | | 22 | 415,1 |
| 24 | P2 | 250 x 250 x 16 | | | | 88 | 673,2 |
| 25 | P3 | 200 x 300 x 10 | | | | 44 | 207,5 |
| 26 | P4 | 300 x 150 x 10 | | | | 180 | 636,8 |
| 27 | P5 | 200 x 100 x 10 | | | | 110 | 172,9 |

Σ= 39869,7

| | |
|----------------------|-------|
| SPOJNA SREDSTVA + 2% | 797,4 |
|----------------------|-------|

Σ= 40667,1

| | |
|--------------------------------|---------------------|
| TLOCRTNA POVRŠINA KONSTRUKCIJE | 1080 m ² |
|--------------------------------|---------------------|

| | |
|----------------------------|-------|
| UKUPNO kg / m ² | 37,65 |
|----------------------------|-------|



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA
ARHITEKTURE I GEODEZIJE
2100 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

OSNOVE METALNIH KONSTRUKCIJA

PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE METALNE HALE

| | | |
|----------------------------|------------------------|-------------------|
| STUDENTICA: ANDELA UGRINA | PREDMETNI NASTAVNIK | IVICA BOKO |
| | ASISTENT | MARKO GORETA |
| SADRŽAJ: TABLICA PREDMJERA | | MJERILO: 1 : 10 |
| DATUM: 5.6.2024. | | PRILOG: 11 |