

# Proračun lijepljeno lamelirane grede dužine 25 m

---

Uskok, Luka

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:123:404191>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-27**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU STUDIJ GRAĐEVINARSTVA  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE**



**ZAVRŠNI RAD  
PRORAČUN LIJEPLJENO LAMELIRANE  
GREDE DUŽINE 25m**

**OSNOVE DRVENIH KONSTRUKCIJA**

**2024.**

Autor :

Luka Uskok

Mentor:

izv. Prof. dr.sc. Neno Torić

# PRORAČUN LIJEPLJENO LAMELIRANE GREDE DUŽINE 25m

## Sažetak:

### **Konstruktivni sustav je lijepljeno lamelirani nosač raspona $L = 25$ m**

Za završni rad radio sam proračun lijepljeno lameliranog nosača (LLN) raspona 25m koji je dio konstrukcije hale dimenzija 25x40 m na području Splita. Za proračun konstrukcije koristio sam se SCIA engineer i EC5. Završni rad sadrži proračun konstrukcije na GSU i GSN te proračun spoja LLN i armirano-betonski zid te proračun otpornosti na požar u trajanju od 30 minuta.

Ključne riječi : analiza, dimenzioniranje, glavna konstrukcija, sekundarna konstrukcija.

## Summary:

### **The structural system is a glued laminated support with a span of $L = 25$ m**

For the final thesis, I made a calculation of a glued laminated beam (LLN) with a span of 25 m, which is part of the construction of a hall with dimensions of 25x40 m in the area of Split. I used SCIA engineer and EC5 for the construction calculation. The final thesis contains the calculation of the structure on limit state of the serviceability and the limit state of bearing capacity, and the plan and calculation of the joint connection between the LLN and the reinforced concrete wall.

Finally a calculation of fire resistance for a duration of 30 minutes.

Keywords: analysis, dimensioning, main construction, secondary construction.



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

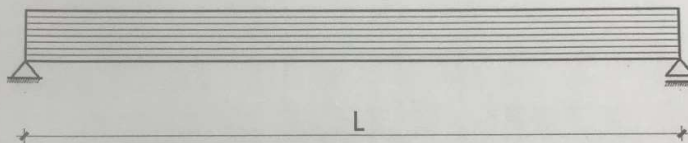
UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE

**PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ GRAĐEVINARSTVO  
KOLEGIJ: OSNOVE DRVENIH KONSTRUKCIJA**

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

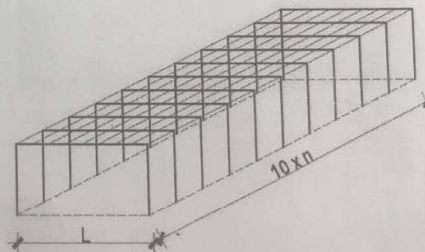
Potrebno je dimenzionirati krovni nosivi sustav prema slici ispod (analiza opterećenja, statički proračun i dimenzioniranje glavnih i sekundarnih nosača, dimenzioniranje detalja nacrti).



**ZADANI PODACI:**

Osni raspon  $L$ : 25,0 m  
Oslonci: AB zid/stup  
Svijetla visina do oslonca: 5 m  
Materijal izrade: GL32h, uporabna klasa II  
Lokacija objekta: Split, kategorija terena II  
Razmak glavnih nosača  $n$ : 4 m  
Tip sprega: čelični (X)

**SKICA**



Student: Uskok Luka

Izv.prof.dr.sc. Neno Torić / Split, 22.03.2024.

*N. Torić*

## SADRŽAJ

1. Tehnički opis.....	5
2. Analiza opterećenja.....	9
3. Dijagrami reznih sila za kombinacije djelovanja (GSN).....	15
4. Progobi za granično stanje uporabljivosti (GSU).....	19
5. Dimenzioniranje elemenata glavne konstrukcije.....	22
6. Dimenzioniranje sekundarnih nosača.....	25
7. Stabilizacija.....	26
7.1. Gornji pojas	
7.2. Sekundarni nosači	
7.3. Spreg	
8. Proračun spoja armirano betonskog zida i drvenog nosača.....	28
9. Vatrootpornost.....	31
10. Nacrti.....	35
11. Literatura.....	36

# 1. TEHNIČKI OPIS

## 1.1. KONSTRUKTIVNI SASTAV KROVA

Konstruktivni sustav je lijepljeno lamelirani nosač raspona  $L = 25$  m

Glavni nosači konstrukcije tlocrtno su međusobno paralelni i nalaze se na razmaku  $n = 4$  m. Stabiliziranje konstrukcije predviđeno je horizontalnim spregom.

## 1.2. STATIČKA ANALIZA SUSTAVA

Proračun je izvršen prema EC5.

Konstrukcija je izložena djelovanju:

- vlastita težina
- dodatno stalno opterećenje
- vjetar pritiskajući
- vjetar odižući
- snijeg.

Građevina se nalazi na području Splita, do 100 m nadmorske visine, kategorija zemljišta 2.

Koeficijenti za vjetar i snijeg uzeti su prema tome pripadajućih propisanih tablica.

Proračun reznih sila je pomoću računalnog programa Scia Engineer.

Izvršena je analiza bočnog opterećenja u kombinaciji s vjetrom koji djeluje okomito na glavni nosač i izbočava ga. Cilj ovog proračuna je prostorna stabilizacija konstrukcije.

## 1.3. OPIS KONSTRUKTIVNIH ELEMENATA

### GLAVNI NOSAČI

Glavni nosači predstavljaju nosivi dio konstrukcije i prenose vertikalna opterećenja na nosive zidove i dalje na temeljno tlo. Dimenzionirani su da prime utjecaj od vlastite težine i opterećenja od snijega i vjetra. Oni su pravokutnog poprečnog presjeka.

### PODROŽNICE

Podrožnica prenosi opterećenje s krovne plohe na glavne nosače. Elementi podrožnice koji imaju i funkciju vertikala vjetrovnog sprega, kvadratnog su poprečnog presjeka dimenzija 16/18 cm i nalaze se na razmaku  $a=3.125$  m.

### SPREG

Spreg služi za prihvaćanje horizontalnih sila i za pridržavanje glavnih nosača da ne bi došlo do izbočavanja. Horizontalne spregove tvore glavni nosači kao pojasevi, glavne podrožnice kao vertikale te dijagonale.

## 1.4. MATERIJALI

### DRVENI MATERIJALI

Drveni elementi konstrukcije izrađeni su od drva klase GL32h. Karakteristične vrijednosti čvrstoća, modula i gustoće za ovu klasu:

$$f_{m,k} = 32 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,k} = 25.6 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,k} = 32 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,\text{mean}} = 14\,200 \text{ N/mm}^2$$

$$G_{\text{mean}} = 750 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_k = 440 \text{ kg/m}^3$$

## **METALNI MATERIJALI**

Za spajanje pojedinih elemenata upotrijebljeni su vijci za drvo promjera 16 mm te je također korišten lim zaštićen od korozije, debljine 12 mm.

### **1.5. ZAŠTITA**

#### **ZAŠTITA DRVENIH ELEMENATA**

Zaštita LLN i sekundarnih nosača se vrši fungicidnim premazima za zaštitu od prodora vode i nametnika. Zaštita se nanosi u tri sloja, s tim da se dva sloja nanose u tvornici prije transporta, a treći, završni, nakon dovršenja konstrukcije. LLN mora biti zaštićen od vanjskih uvjeta tijekom transporta na gradilište.

#### **ZAŠTITA METALNIH ELEMENATA**

Metalni elementi su zaštićeni pocinčavanjem i zaštitnim premazima nakon ugradnje na konstrukciju.

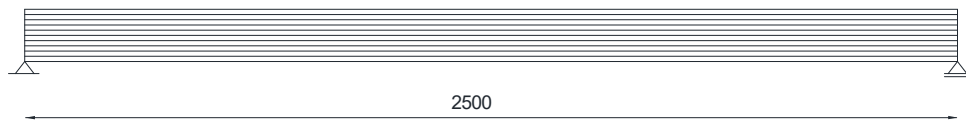
### **1.6. TRANSPORT I MONTAŽA**

Transport do gradilišta treba biti pomno isplaniran da bi se izbjegla oštećenja nosača a i prometnih znakova i prometne infrastrukture. LLN se mora transportirati u onom položaju u kojem će i primiti opterećenje u eksploataciji objekta. Transportni plan je dužnost izvođača te ga mora dostaviti skupa sa planom montaže nadzornoj službi na suglasnost pogotovo s obzirom na dužinu LLN nosača biti će potrebne dodatne dozvole. LLN se podiže na mjestu pomoću dizalice. Prvo podižemo LLN povezane spregom na njihove prethodno određene pozicije nakon čega redom postavljamo ostale LLN. Nakon što postavimo LLN postavljamo sekundarnu konstrukciju te vanjski pokrov građevine.

Montaža konstrukcije se treba odraditi tijekom suhoga vremena te po mogućnosti bez snažnih udara vjetra radi jednostavnosti same montaže u suprotnome LLN treba zaštititi od kišnih uvjeta pogotovo ako montaža traje duže vrijeme.



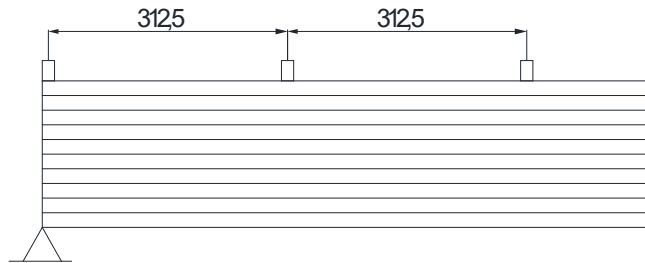
## POPREČNI PRESJEK



### ZADANO:

- raspon rešetke:  $L=25$  m
- razmak okvira:  $n=4$  m
- materijal izrade: GL32h
- uporabna klasa: 2
- lokacija objekta: Split
- kategorija zemljišta: 2
- tip sprega: čelični(X)

## DIMENZIONIRANJE POPREČNOG PRESJEKA



-razmak između sekundarnih nosača:  $a=3.125$  m

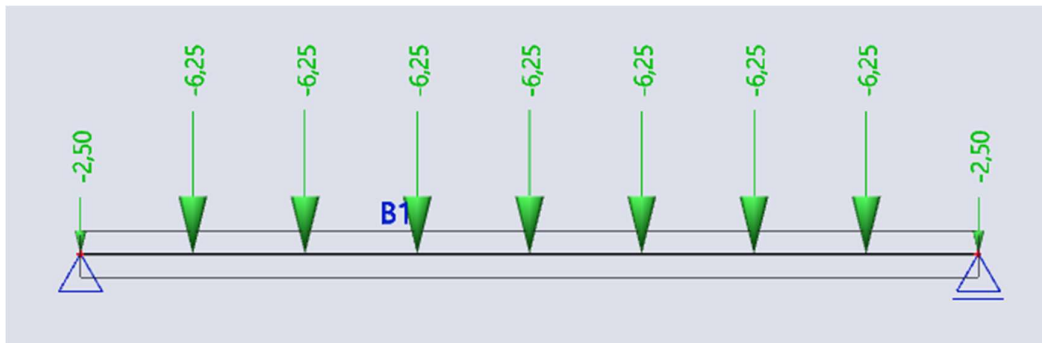
## 2. ANALIZA OPTEREĆENJA

### 2.1. STALNO OPTEREĆENJE-KROVNA PLOHA

$$\sum g_{\text{slojevi}} = 0.50 \text{ kN/m}^2$$

$$G_k = 0.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot n \cdot a = 0.50 \text{ kN/m}^2 \cdot 4 \text{ m} \cdot 3.125 \text{ m} = 6.25 \text{ kN}$$

Opterećenje vlastite težine u čvorovima:



## 2.2. PROMJENJIVO OPTEREĆENJE

### 2.2.1. DJELOVANJE SNIJEGA

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

$$S = \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k$$

$s_k$  - karakteristična vrijednost opterećenje na tlu [ $kN/m^2$ ]

$s_k = 0.50 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$  za područje Splita, do 100 m nadmorske visine; očitano iz tablice

DJELOVANJE SNIJEGA

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

$c_e$  - koeficijent izloženosti

$$c_e = 1.0$$

$c_t$  - toplinski koeficijent

$$c_t = 1.0$$

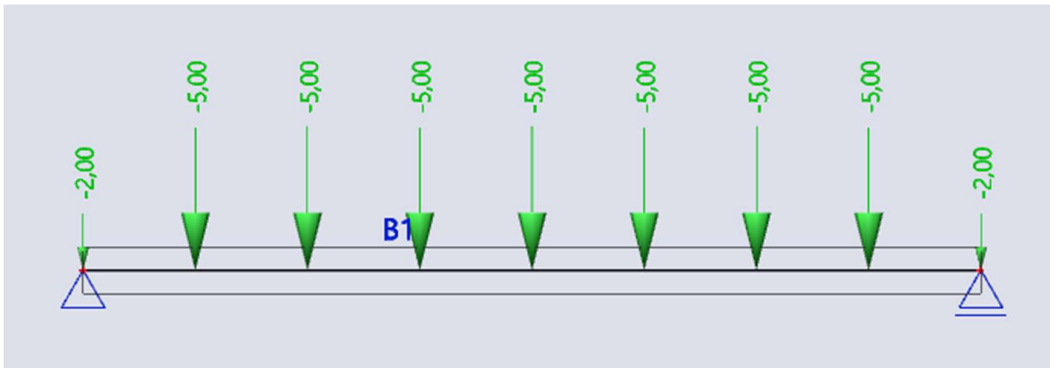
Opterećenje snijegom preko cijele krovne površine:

$$s = 0.8 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.5 = 0.4 \text{ kN/m}^2$$

Opterećenje snijegom u čvorovima:

$$S = 0.4 \frac{kN}{m^2} \cdot n \cdot a = 0.4 \frac{kN}{m^2} \cdot 4m \cdot 3.125m = 5.00 \text{ kN}$$

Opterećenje snijegom:



### 2.2.2. DJELOVANJE VJETRA

Opterećenje vjetrom okomito na površinu.

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

$c_{pe}$  - koeficijent pritiska za vanjski vjetar

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

$c_{pi}$  - koeficijent pritiska za unutarnji vjetar

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b \text{ [kN/m}^2\text{]} - \text{pritisak brzine vjetra pri udaru}$$

$q_b$  - osnovni pritisak brzine vjetra pri udaru

$c_e(z)$  - faktor izloženosti

Određivanje osnovnog pritiska brzine vjetra:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

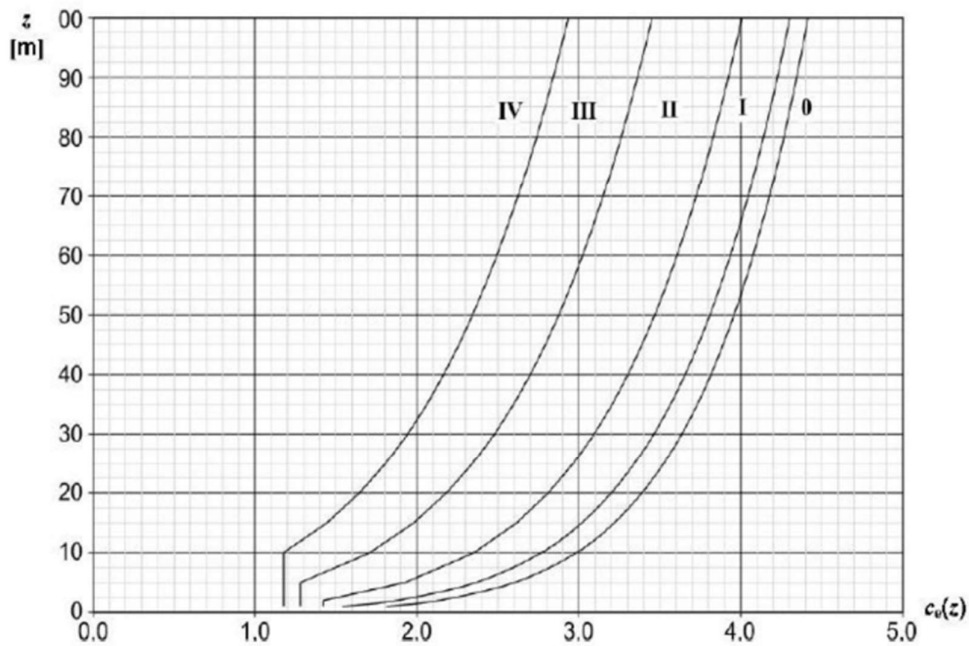
$\rho$  - gustoća zraka;  $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$

$v_b$  - osnovna brzina vjetra;  $v_b = 25 \text{ m/s}$  (očitano sa karte za Split)

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1.25 \cdot (25)^2 = 390.63 \text{ N/m}^2 = 0.391 \text{ kN/m}^2$$

Određivanje pritiska brzine vjetra pri udaru:

## DJELOVANJE VJETRA

Slika 5. Grafički prikaz faktora izloženosti  $c_e(z)$  za  $c_o=1.0$  i  $k_1=1.0$ 

$$C_e(10) = 2.5 \quad (\text{očitano iz dijagrama za kategoriju zemljištu 2})$$

$$q_p = 2.5 \cdot 0.391 = 0.985 \text{ kN/m}^2$$

**Određivanje koeficijenta pritiska vjetra za ravni krov (zone F,G,H,I)**

Koeficijente odredimo pomoću tablice

VANJSKI VJETAR	F	G	H	I	
$C_{pe} (-)$	-1.4	-0.90	-0.7	-0.2	odižući vjetar
$w_e = q_p \cdot C_{pe}$	-1.379	-0.886	-0.69	-0.197	
$C_{pe} (+)$	0	0	0	+0.2	pritiskajući vjetar
$w_e = q_p \cdot C_{pe}$	0	0	0	+0.197	

Koeficijent unutarnjeg pritiska vjetra  $C_{pi}$

$$C_{pi} (+) = +0.2$$

$$C_{pi} (-) = -0.3$$

UNUTARNJI VJETAR		
$C_{pi} (+)$	+0.2	odižući vjetar
$w_i = q_p \cdot C_{pi}$	+0.197	
$C_{pi} (-)$	-0.3	pritiskajući vjetar
$w_i = q_p \cdot C_{pi}$	-0.296	

## REZULTANTNO DJELOVANJE VJETRA

→ dobije se kombinacijom vanjskog i unutarnjeg učinka

$w_e + w_i$	F	G	H	I
$w_p$ [kN/m <sup>2</sup> ]	1.379+0.197 =1.576	0.886+0.197 =1.084	0.69+0.197 =0.887	0.197+0.197 =0.394
$w_o$ [kN/m <sup>2</sup> ]	0+0.296 = - 0.296	0+0.296 = - 0.296	0+0.296 = - 0.296	0.197+0.296 = - 0.493

Kombinacija 1 (pritiskanje):

$$w_{p,1} = 1.084 \frac{kN}{m^2} \cdot 4m + 0.887 \cdot 4m \cdot 0.57 m = 6.36 kN$$

$$w_{p,2} = 0.887 \frac{kN}{m^2} \cdot 4m \cdot 3.125m = 11.1 kN$$

$$w_{p,3} = 0.887 \frac{kN}{m^2} \cdot 4m \cdot 0.31m + 0.394 \frac{kN}{m^2} \cdot 4 \cdot 2.81 = 5.53 kN$$

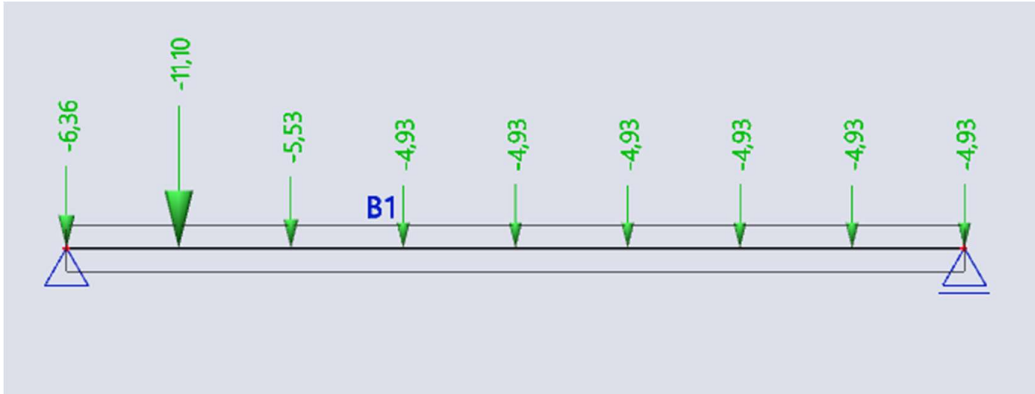
$$w_{p,4} = 0.394 \frac{kN}{m^2} \cdot 4m \cdot 3.125 m = 4.93 kN$$

$$w_{p,5} = 0.394 \frac{kN}{m^2} \cdot 4m \cdot 3.125 m = 4.93 kN$$

$$w_{p,6} = 0.394 \frac{kN}{m^2} \cdot 4m \cdot 3.125 m = 4.93 kN$$

$$w_{p,7} = 0.394 \frac{kN}{m^2} \cdot 4m \cdot 3.125 m = 4.93 kN$$

$$w_{p,8} = 0.394 \frac{kN}{m^2} \cdot 4m \cdot 3.125 m = 4.93 kN$$



### Kombinacija 2 (odizanje):

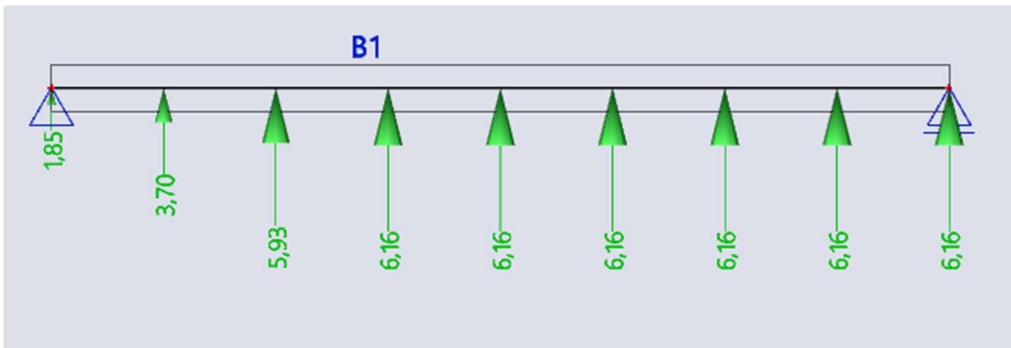
$$w_{o,1} = 0.296 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \frac{3.125 \text{ m}}{2} * 4\text{m} = 1.85 \text{ kN}$$

$$w_{o,2} = 0.296 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4\text{m} * 3.125 = 3.7 \text{ kN}$$

$$w_{o,3} = 0.296 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 4\text{m} \cdot 0.31 \text{ m} + 0.394 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4\text{m} * 3.125\text{m} = 5.93 \text{ kN}$$

$$w_{o,4} = 0.394 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 4\text{m} \cdot 3.125 \text{ m} = 6.16 \text{ kN}$$

$$w_{o,5} = w_{o,6} = w_{o,7} = w_{o,8} = 0.394 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 4\text{m} \cdot 3.125 \text{ m} = 6.16 \text{ kN}$$



### 3. Dijagrami reznih sila za kombinacije djelovanja (GSN)

#### KOMBINACIJE

Naziv kombinacije	Opis
GSN1	$1.35 \cdot (G_0 + G_1) + 1.5 \cdot S$
GSN2	$1.35 \cdot (G_0 + G_1) + 1.5 \cdot W_1$
GSN3	$1.0 \cdot (G_0 + G_1) + 1.5 \cdot W_2$

$G_0$  – vlastita težina

$G_1$  – dodatno stalno (krovnna ploha)

$S$  – snijeg

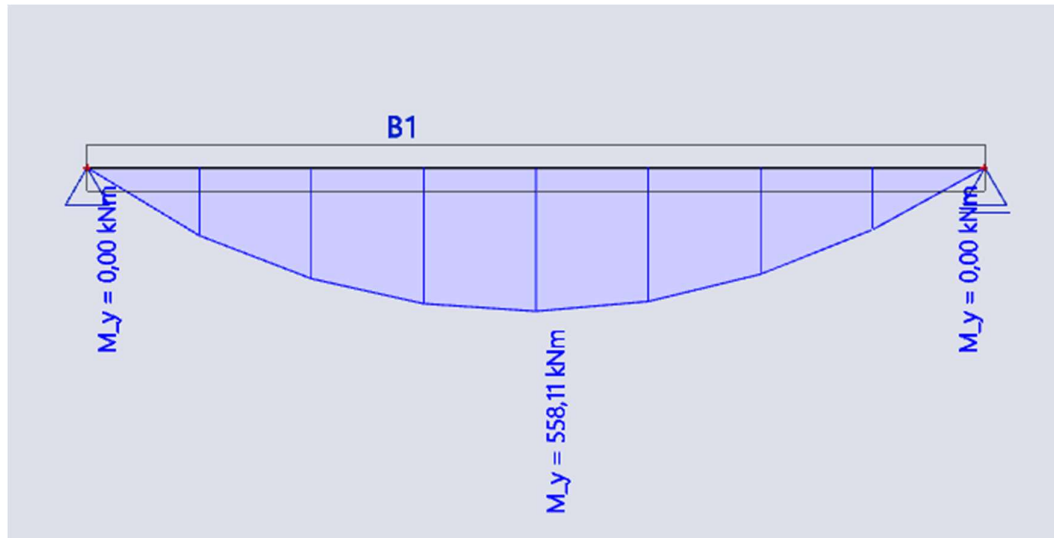
$W_1$  – pritiskajući vjetar

$W_2$  – odižući vjetar

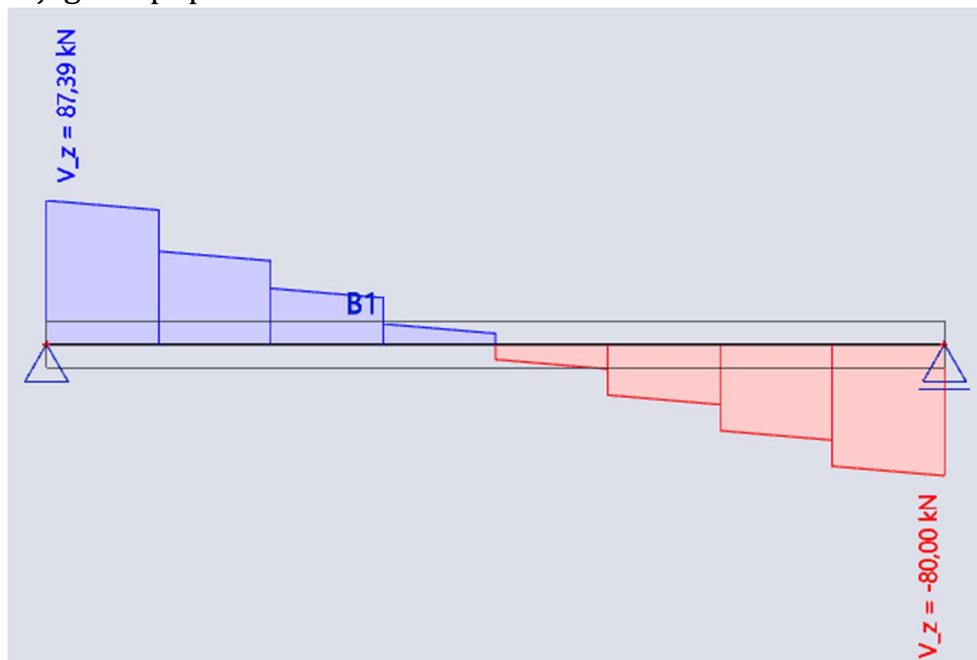


## GSN1

## 1. momentni dijagram

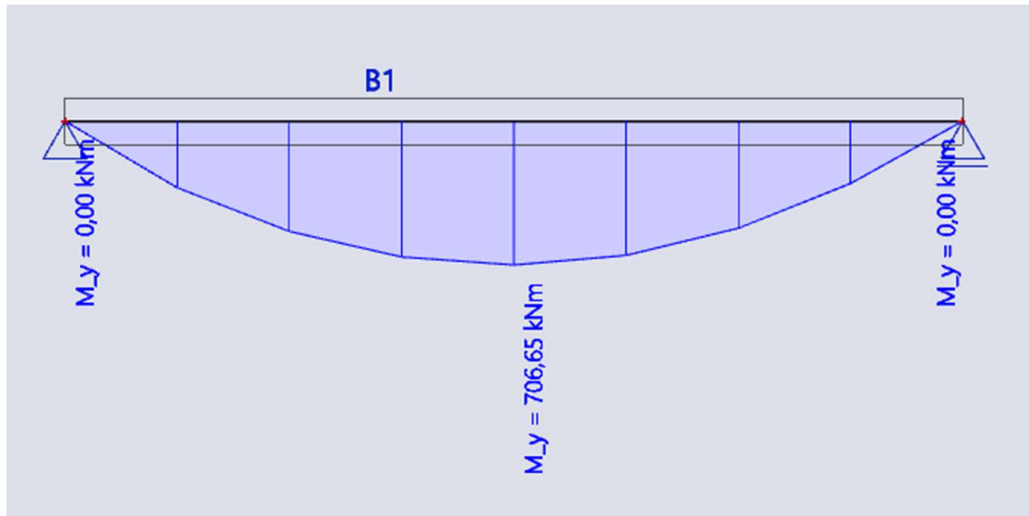


## 2. dijagram poprečnih sila

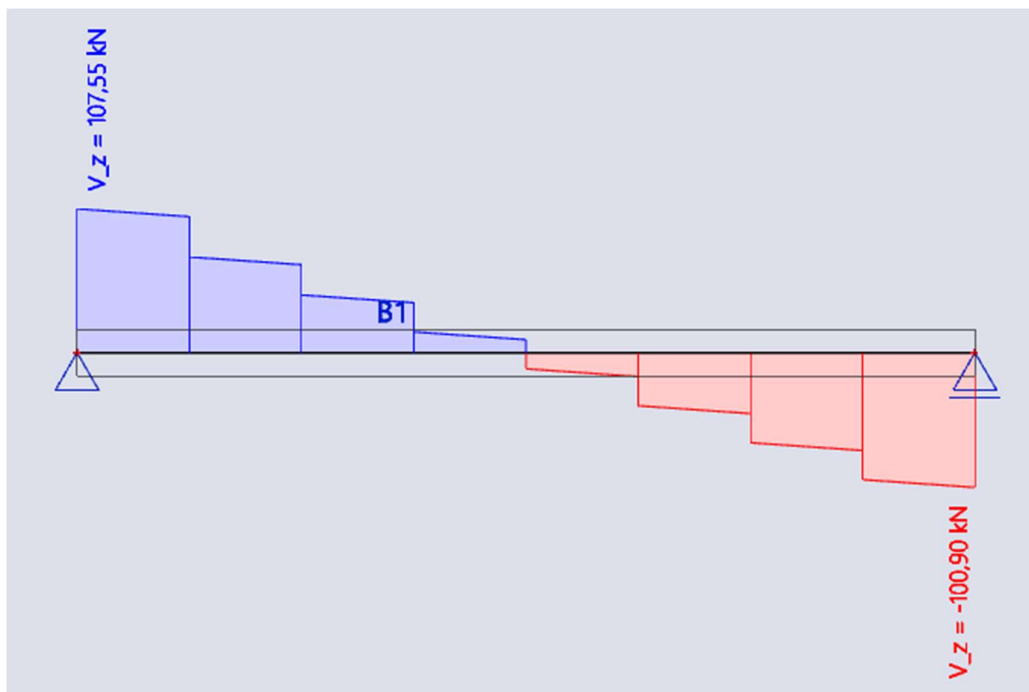


## GSN2

## 1. momentni dijagram

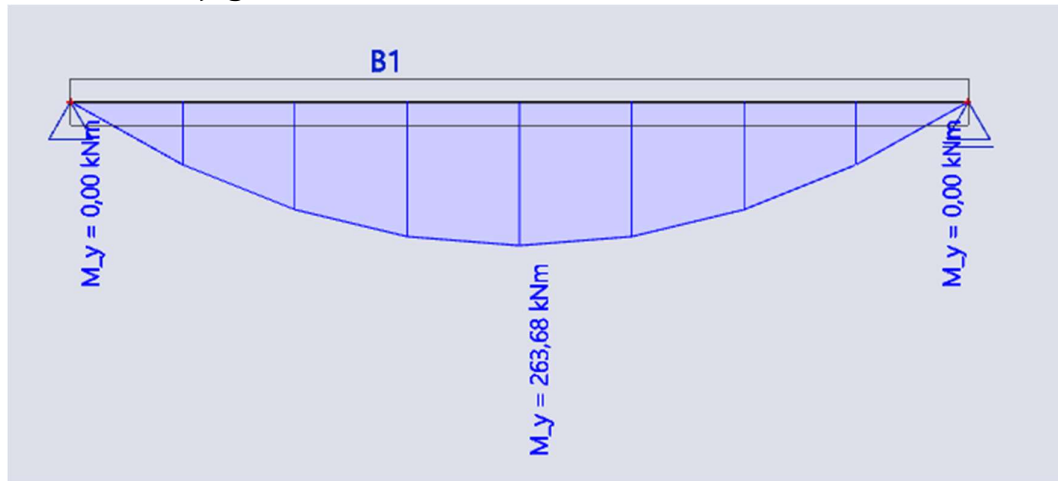


## 2. dijagram poprečnih sila

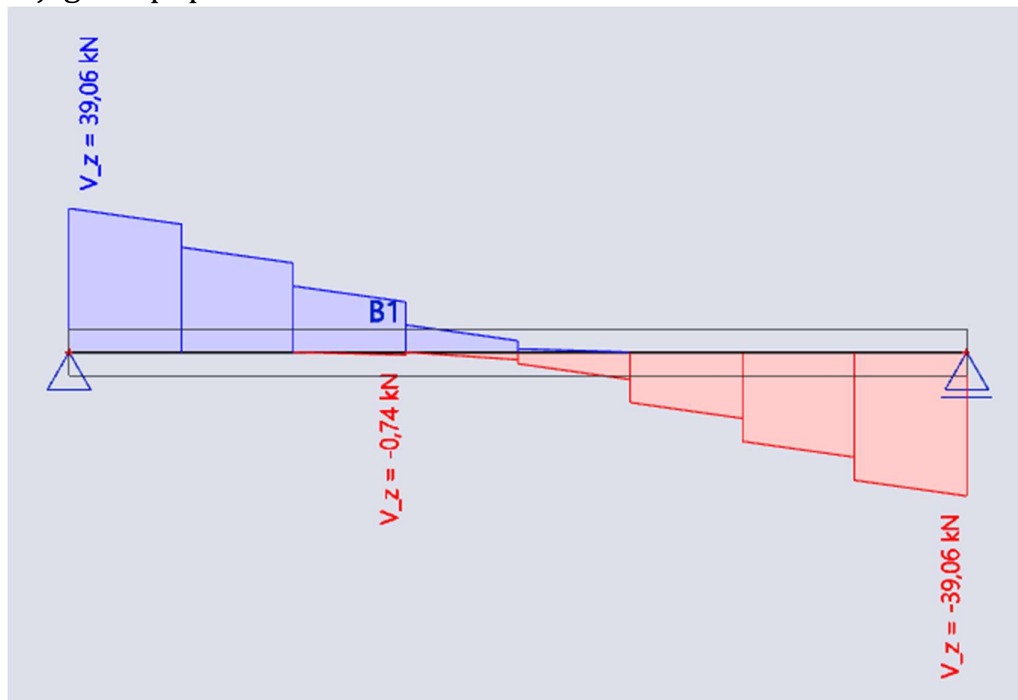


## GSN3

## 1. momentni dijagram



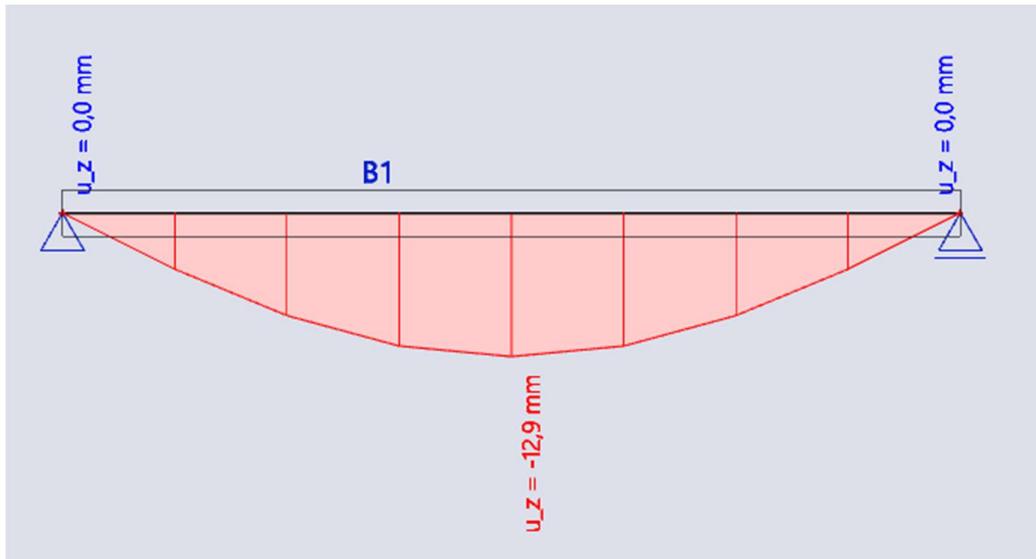
## 2. dijagram poprečnih sila



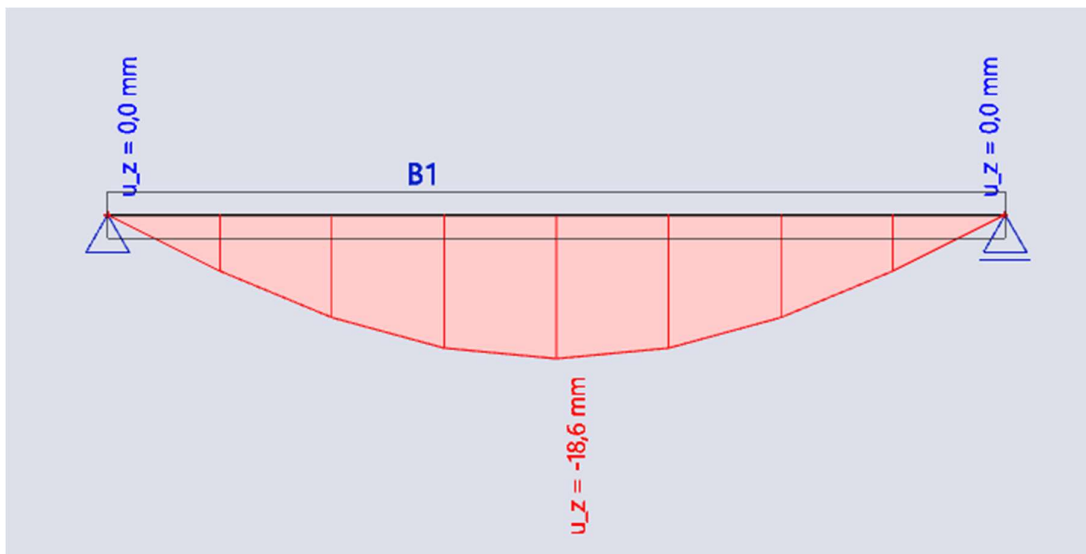
## 4.PROGIBI ZA GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI

### VLASTITA TEŽINA

-opterećenje: self-weight



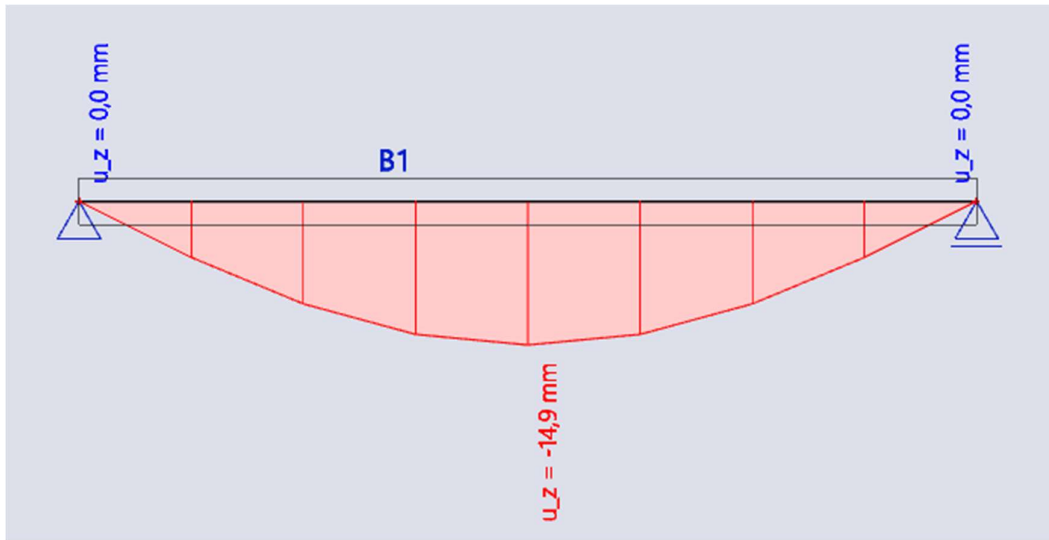
-opterećenje: stalno



$$U_{inst,G} = 1.29 \text{ cm} + 1.86 \text{ cm} = 3.15 \text{ cm}$$

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} (1 + k_{def}) = 3.15 \text{ cm} \cdot (1 + 0.8) = 5.70 \text{ cm}$$

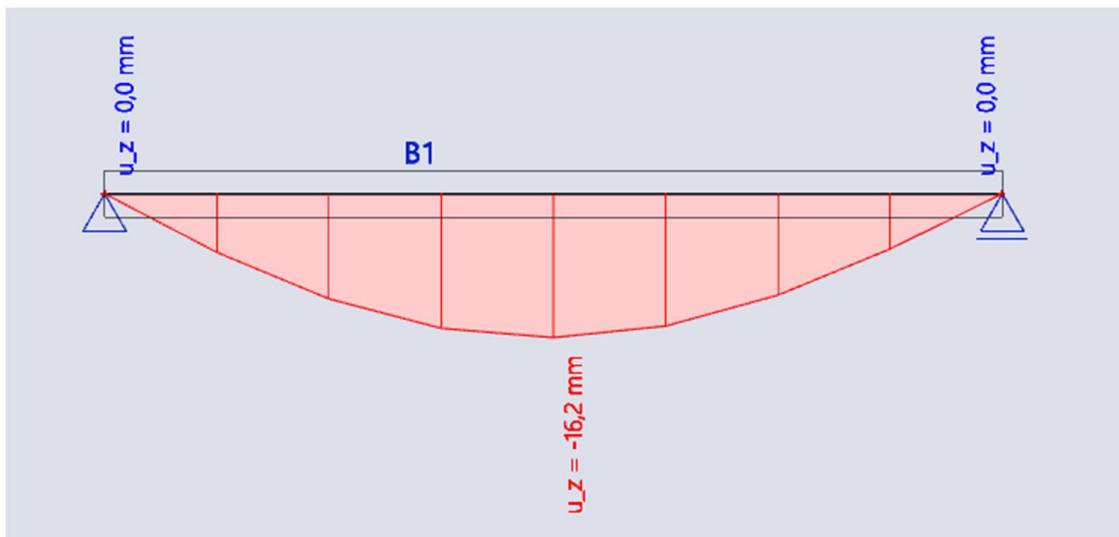
## SNIJEG



$$U_{inst,S} = 1.49\text{cm}$$

$$u_{fin,S} = u_{inst,S}(1 + \psi_{2.5} \cdot k_{def}) = 1.49\text{cm} \cdot (1 + 0.0 \cdot 0.8) = 1.49\text{cm}$$

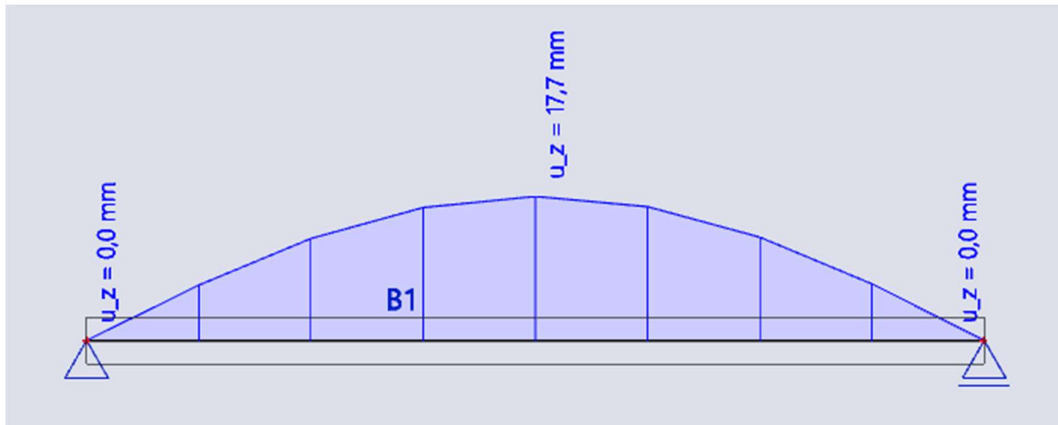
## VJETAR PRITISKAJUĆI



$$U_{inst,P} = 1.62\text{cm}$$

$$u_{fin,P} = u_{inst,P}(\psi_{0,w2} + \psi_{2,w2} \cdot k_{def}) = 1.62\text{cm} \cdot (0.6 + 0.0 \cdot 0.8) = 0.98\text{cm}$$

## VJETAR ODIŽUĆI



$$U_{inst,P} = 1.77\text{cm}$$

$$u_{fin,P} = u_{inst,P}(1 + \psi_{2,w2} \cdot k_{def}) = 1.77\text{cm} \cdot (1 + 0.0 \cdot 0.8) = 1.77\text{cm}$$

## TRENTNI PROGIBI

$$\frac{L}{300} = \frac{2500\text{cm}}{300} = 8.33\text{cm}$$

$$U_{G,inst} = 5.70\text{cm} < 8.33\text{cm}$$

$$U_{S,inst} = 1.49\text{cm} < 8.33\text{cm}$$

$$U_{Qp,inst} = 1.62\text{cm} < 8.33\text{cm}$$

## FINALNI PROGIBI

$$U_{G,fin} = 5.70\text{cm}$$

$$U_{S,fin} = 1.49\text{m}$$

$$U_{Qp,fin} = 0.98\text{cm}$$

$$U_{fin,pritisak} = 5.7 + 1.49 + 0.98 = 8.17\text{cm} < \frac{L}{250} = \frac{2500\text{cm}}{250} = 10\text{cm}$$

$$U_{fin\ odizanje} = 5.7 - 1.77 = 3.93\text{cm} < \frac{L}{250} = \frac{2500\text{cm}}{250} = 10\text{cm}$$

$$S = 83.3\%$$

## 5. DIMENZIONIRANJE

materijal: GL32h  $\rightarrow \gamma_M = 1.3$

uporabna klasa: 2  $\rightarrow k_{mod} = 0.9$

Proračunske vrijednosti:

$$f_{m,d} = 0.9 \cdot \frac{32}{1.3} = 22.15 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = 0.9 \cdot \frac{3.5}{1.3} = 2.42 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,o,d} = 0.9 \cdot \frac{32}{1.3} = 22.15 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,o,d} = 0.9 \cdot \frac{25.6}{1.3} = 17.7 \text{ N/mm}^2$$

### 1.1. GREDA B1

$\rightarrow$  pretpostavljeni poprečni presjek punog profila:

$$b = 220 \text{ mm}$$

$$h = 1300 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 22 \cdot 130 = 2860 \text{ cm}^2$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{22 \cdot 130^3}{12} = 4027833.33 \text{ cm}^4$$

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{22 \cdot 130^2}{6} = 61966.67 \text{ cm}^4$$

$$M_{G1,Ed} = 706.7 \text{ kNm}$$

$$N_{G1,c,o,d} = 0$$

$$V_{G1,v,d} = 107.55 \text{ kN}$$

Proračun naprezanja nosača:

$$\sigma_{G1,M,y,d} = \frac{706.7 \cdot 10^3}{61966.67} = 11.42 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{G1,d} = 1.5 \cdot \frac{107.55 \cdot 10^3}{2860 \cdot 10^2} = 0.38 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz nosivosti i stabilnosti na moment savijanja i uzdužnu tlačnu silu:

$$\frac{\sigma_{G1,M,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{11.42}{1 \cdot 22.15} = 0.52 < 1$$

$$S = 52\%$$

Dokaz nosivosti i stabilnosti na poprečnu silu:

$$\frac{\tau_{G1,d}}{f_{v,d}} = \frac{0.38}{2.42} = 0.157 < 1$$

$$S = 16\%$$



## DIMENZIONIRANJE VJETROVNIH SPREGOVA

$$c_z = -1.2 - 0.2 = 1.4$$

$$q_{w,A,d} = c_z \cdot q_p = 1.4 \cdot 0985 = 1.38 \text{ kN/m}^2$$

$$c_z = -0.8 - 0.2 = 1.0$$

$$q_{w,B,d} = c_z \cdot q_p = 1.0 \cdot 0985 = 0.985 \text{ kN/m}^2$$

$$c_z = -0.5 - 0.2 = 0.7$$

$$q_{w,C,d} = c_z \cdot q_p = 0.7 \cdot 0985 = 0.69 \text{ kN/m}^2$$

$$Nd = (1 - k_{crit}) \cdot \frac{M_{yd}}{h}$$

$$Nd = (1 - 0.492) \cdot \frac{706.7 \cdot 10^3}{1.2} = 299.17 \text{ kN}$$

$$n = \frac{11}{2} = 5.5$$

$$k_l = \min\left(1, \sqrt{\frac{9}{25}}\right) \rightarrow k_l = 0.6$$

$$k_{crit} = 0.492$$

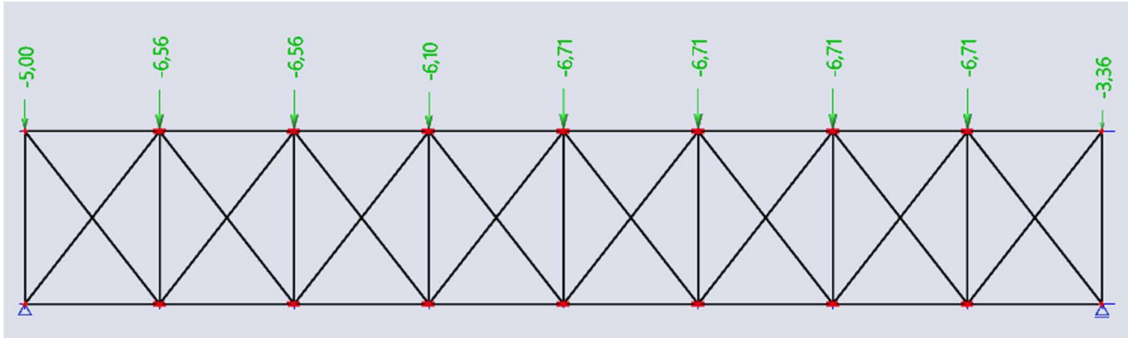
$$q_d = k_l \cdot \frac{n \cdot Nd}{30 \cdot 1} = 0.6 \cdot \frac{3.67 \cdot 299.17}{30 \cdot 25} = 0.87 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_{w1,d} = q_{w,A,d} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{h}{2} = 1.38 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{2} = 1.73 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{w2,d} = q_{w,B,d} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{h}{2} = 0.985 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{2} = 1.23 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{w3,d} = q_{w,C,d} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{h}{2} = 0.69 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{2} = 0.86 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{LT} = q_d \cdot 3.125 = 0.87 \text{ kN}$$



## 6. DIMENZIONIRANJE SEKUNDARNIH NOSAČA

Pretpostavljeni poprečni presjek:  $b/h=16/18$  cm

$$A = b \cdot h = 288 \text{ cm}^2$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = 864 \text{ cm}^3$$

Vrijednosti raspodijeljenog opterećenja po področnici:

$$g_{G,k} = g_k \cdot a = 0,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3,125\text{m} = 1,56 \text{ kN/m}$$

$$g_{Q,k,w} = w_k \cdot a = 1,084 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3,125\text{m} = 3,39 \text{ kN/m}$$

$$g_{Q,k,s} = s_k \cdot a = 0,4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3,125\text{m} = 1,25 \text{ kN/m}$$

$$q_{z,d} = 1,35 \cdot g_{G,k} \cdot \cos \alpha + 1,5 \cdot 0,9 \cdot (q_{Q,k,s} \cdot \cos \alpha + q_{Q,k,w})$$

$$q_{z,d} = 1,35 \cdot 1,56 \cdot \cos 0 + 1,5 \cdot 0,9 \cdot (1,25 \cdot \cos 0 + 3,39) = 8,37 \text{ kN/m}$$

Rezne sile:

$$M_{y,d} = \frac{q_{z,d} \cdot L^2}{8} = \frac{8,37 \cdot 4^2}{8} = 16,74 \text{ kNm}$$

$$V_{y,d} = \frac{q_{z,d} \cdot L}{2} = \frac{8,37 \cdot 4}{2} = 16,74 \text{ kNm}$$

Koeficijent izbočavanja oko osi:

$$k_{crit} = \frac{l_{ef,z} \cdot h}{b^2} = \frac{400 \cdot 18}{16^2} = 28,13 \leq 120$$

$$k_{crit} = 1.0$$

Proračunska naprezanja:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{16.74 \cdot 10^6 \text{ kNm}}{864 \cdot 10^3 \text{ cm}^3} = 19.38 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot \frac{V_{y,d}}{A} = \frac{1.5 \cdot 16.74 \cdot 1000}{288 \cdot 10^2} = 0.58 \text{ kN}$$

Dokaz nosivosti i stabilnosti:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} < 1$$

$$0.88 < 1$$

$$\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} < 1 \quad 0.24 < 1$$

## 7. STABILIZACIJA

### DOKAZ ZA GORNJI POJAS GLAVNOG NOSAČA

#### 1. Dokaz za dijagonale

$$\emptyset 12 \quad A_{netto} = 0.9 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{D_1d} = \frac{N_{D_1d}}{A_{netto}} = \frac{6.95 \cdot 10^3}{0.9 \cdot 10^2} = 77.22 \text{ N/mm}^2$$

S235

$$\sigma_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = \frac{235}{1.1} = 213.64 \text{ N/mm}^2$$

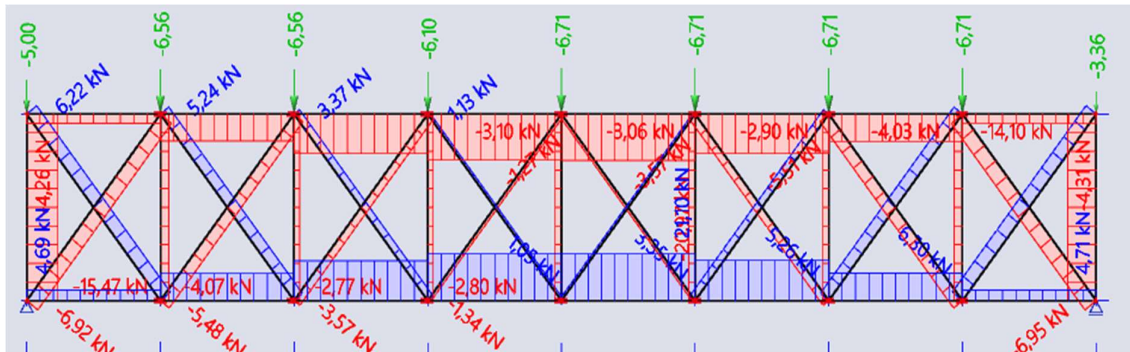
$$\frac{\sigma_{D_1d}}{\sigma_{R,d}} = \frac{77.222}{213.64} = 0.36 < 1.0$$

## 2. Dokaz za glavne nosače (pojasevi sprega)

$$\sigma_{S,c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{20.97 \cdot 10^3}{2860 \cdot 10^2} = 0.07 \text{ N/mm}^2$$

Za  $l_{ef} = 3.125$  (m) izračunamo  $k_c$

$$\lambda = \frac{l_{eff,z}}{i_{min}} = \frac{3125}{0.289 \cdot 1300} = 8.32$$



$$k_c = 1$$

$$\frac{\sigma_{G1,m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} + \frac{\sigma_{S,c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} = 0.52 + \frac{0.07}{1 \cdot 22.15} = 0.523 < 1$$

## 3. Dokaz za sekundarne nosače (podrožnice)

$$\sigma_{S,c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{15.47 \cdot 10^3}{160 \cdot 180} = 0.05 \text{ N/mm}^2$$

Za  $l_{ef} = 4$  (m) izračunamo  $k_c = 0.570$

$$\frac{\sigma_{S,c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} = \frac{0.05}{0.570 \cdot 22.15} + 0.88 =$$

$$0.884 < 1$$

Stupanj iskorištenosti nosača:  $S = 88.4 \%$

## 8. PRORAČUN SPOJA ARMIRANO BETONSKOG ZIDA I DRVENOG NOSAČA

### 8.1. PRORAČUN TIJESNO UGRAĐENIH VIJAK U DRVU

Osnovni materijal: puno drvo, 22/130

Klasa čvrstoće GL32h

Djelovanja: stalno + promjenjivo kratkotrajno

$F_d = 107.55 \text{ kN}$

Uporabna klasa 2

Tijesno ugrađeni vijci  $\Phi 16\text{mm}$  (M16) kl. čvrstoće 4.6

$$f_{u,k} = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{GL32h} \rightarrow \rho_{k,1} = 440 \text{ kg/m}^3$$

$$k_{mod} = 0.90$$

$$\gamma_M = 1.3 \text{ (drvo)}$$

$$\gamma_M = 1.1 \text{ (vijci*)}$$

$$M_{y,k} = 0.3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2.6} = 0.3 \cdot 400 \cdot 16^{2.6} = 162 \text{ Nm}$$

$$f_{h,2,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 16) \cdot 440 =$$

$$30.31 \text{ N/mm}^2$$

$$R_k = 0.5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 d = 0.5 \cdot 30.31 \text{ N/mm}^2 \cdot 10^6 \cdot 0.22 \cdot 0.016 = 53.33 \text{ kN}$$

$$R_k = 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} = 1.15 \sqrt{2 \cdot 162 \cdot 30.31 \cdot 10^6 \cdot 0.016} = \\ = 14.41 \text{ Kn}$$

$$A_{\text{podloške}} = \pi \cdot \frac{(64^2 - 1^2)}{4} = 3016 \text{ mm}^2$$

$$F_{\text{ax, podloške, Rk}} = 3 \cdot 2.5 \cdot 3016 = 22620 \text{ N / strani}$$

$$F_{Rk} = F_{v,Rk} + 2 \cdot \frac{F_{\text{ax,podloške,Rk}}}{4} = 14.41 + 11.31 = 25.72$$

$$F_{Rd} = \frac{0.9 \cdot 25.72}{1.3} = 17.81 \text{ kN / vijku}$$

$$n = \frac{F_d}{F_{Rd}} = \frac{107.55}{17.81} = 6.038$$

$$n = 6.038 \rightarrow 8 \text{ vijaka}$$

## 8.2. PRORAČUN TIJESNO UGRAĐENIH VIJAKA U BETONU

$$M_{\text{Pprevrtanja}} = N \cdot b$$

$$M_{\text{Pprevrtanja}} = M_D \cdot \left( \frac{1}{80} + \frac{1}{60} \cdot \frac{e}{h} \cdot (1 - k_m) \right)$$

$$M_{\text{Pprevrtanja}} = 5.72 \text{ kNm}$$

$$N = \frac{M_{\text{Pprevrtanja}}}{b} = 26 \text{ kN}$$

Pretpostavka vijci M16 (k.v. 4.6.)

$$c_{\min} = 2d + a\sqrt{2} = 2 \cdot 22 + 4 \cdot 1.41 = 49,6 \text{ mm}$$

Usvojeni  $c_{\min} = 50 \text{ cm}$

Otpornost vijka na vlak

$$F_{T,rd} = F_{t,rk} / 1.25 = 56.5 / 1.25 = 45.25 > \frac{F_{t,sd}}{2} = 8.94$$

Pretpostavljamo dimenzije ploče 400x250mm

Savijanje ploče od odgovora betonskog stupa

$$s = (400 - 220 \cdot 10) / 2 = 95 \text{ mm} = 9.5 \text{ cm}$$

$$R = F_{t,sd} + N_{s,d} = 17.87 + 26 = 43.87 \text{ kN}$$

$$f_{B,sd} = \frac{R}{\frac{3 \cdot s \cdot b_{pl}}{2}}$$

$$f_{B,sd} = 0.13 \text{ kN/cm}^2 < f_{ck} / 1.5 = 1.67 \text{ kN/cm}^2$$

Savijanje ploče

$$M_{sd} = F1 \cdot \frac{s}{2} + F2 \cdot \frac{2}{3} s = \frac{2}{3} f_{B,sd} \cdot s \cdot b_{pl} \cdot \frac{s}{2} + \frac{1}{3} \frac{f_{B,sd} \cdot s \cdot b_{pl}}{2} \cdot \frac{2}{3} s =$$

$$M_{sd} = 0.588 \text{ kNm}$$

Savijanje ploče od vlačnih vijaka

$$M_{sd} = F_{t,sd} \cdot (c + t_f / 2)$$

$$M_{sd} = 0.982 \text{ kNm}$$

$$M_{sd} \leq \frac{W_{\min} \cdot f_y}{1.1} \Rightarrow W_{\min} = \frac{1.1 \cdot M_{sd}}{f_y} = \frac{b_{pl} \cdot t_{pl}^2}{6} \Rightarrow t_{pl}^{\min} = \sqrt{\frac{1.1 \cdot M_{sd} \cdot 6}{b_{pl} \cdot f_y}}$$

$$t_{pl, \min} = 1.07 \text{ cm uzimamo debljinu lima 12 mm}$$

Odabrane dimenzije ploče su 400x250x12mm

## 9. VATROOTPORNOST

Proračun nosivosti konstrukcije uslijed djelovanja požara u trajanju od 30 min po EC5

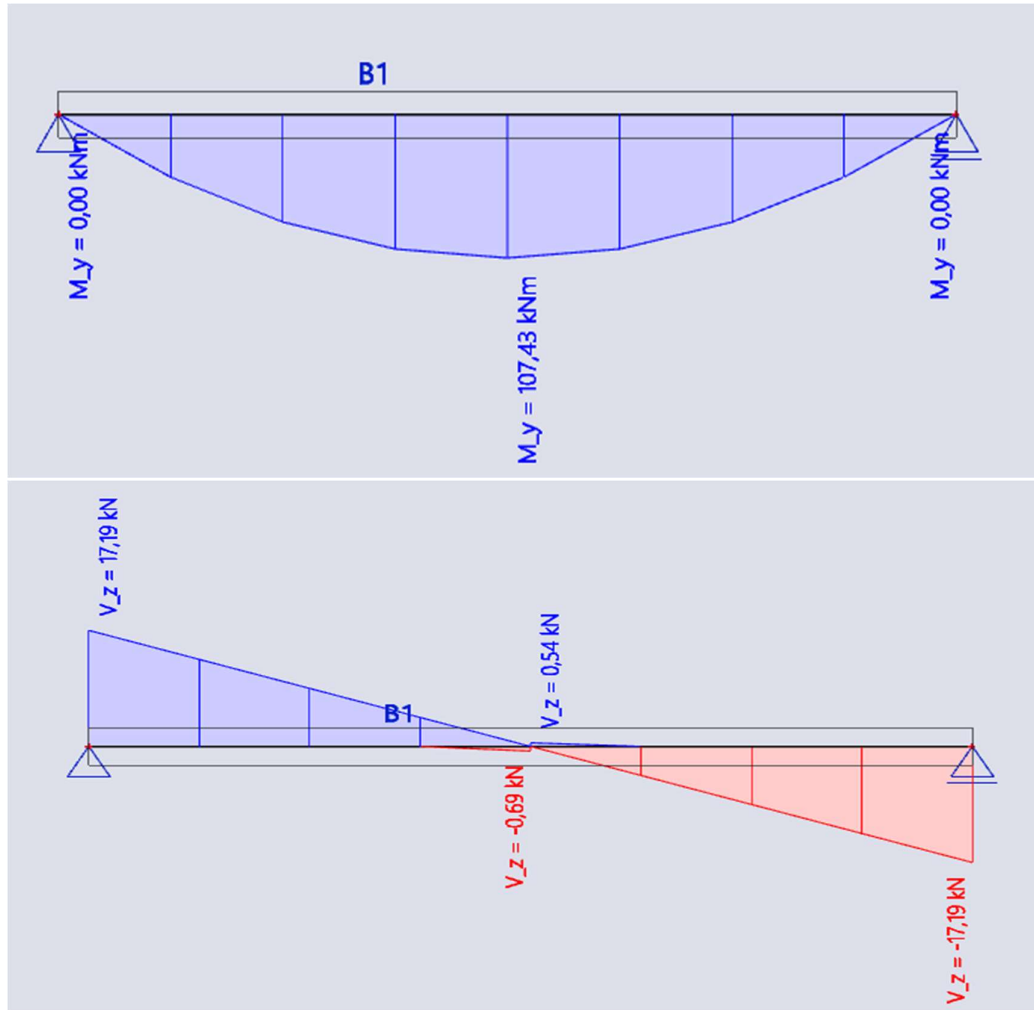
$$E_{dA} = E \left\{ \sum \gamma_{GA,j} \cdot G_{k,j} + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$$
$$\gamma_{GA,j} = 1,0; \psi_{1,1} = 0,2$$

Spregovi koji su postavljeni u prvom i posljednjem pojasu zadržavaju svoju nosivost i svojstva

poprečnog presjeka nakon požara od 30 minuta, oni su zaštićeni vatrootpornim premazima.

Dijagrami reznih sila za najkritičniju kombinaciju 1,0G + 0,2W2





## 9.1 GORNJI POJAS

$$b=220 \text{ mm}$$

$$h=1300 \text{ mm}$$

$$M_{d,fi} = 134.29 \text{ kNm}$$

$$d_{fi} = t_{fi} * Bn = 30 * 0.7 = 21 \text{ mm} = 2.1 \text{ cm}$$

Nakon 30 minuta

$$b_{fi} = b - 2 * d_{fi} = 220 - 2 * 21 = 178$$

$$h_{fi} = h - 2 * d_{fi} = 1300 - 2 * 21 = 1258$$

Nagoreni opseg nosača

$$P=2*b_{fi}+2*h_{fi}=2*178+2*1258=2872 \text{ mm}$$

Nagorena površina nosača

$$A = b_{fi} * h_{fi} = 2239.24 \text{ cm}^3$$

$$W_{y,r} = \frac{b_{fi} \cdot h_{fi}^2}{6} = 46949.4 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{my,d,fi} = \frac{M_{d,fi}}{W_{y,r}} = \frac{134.29 \cdot 10^6}{46949.4} = 2.86 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{mod} = 0.94$$

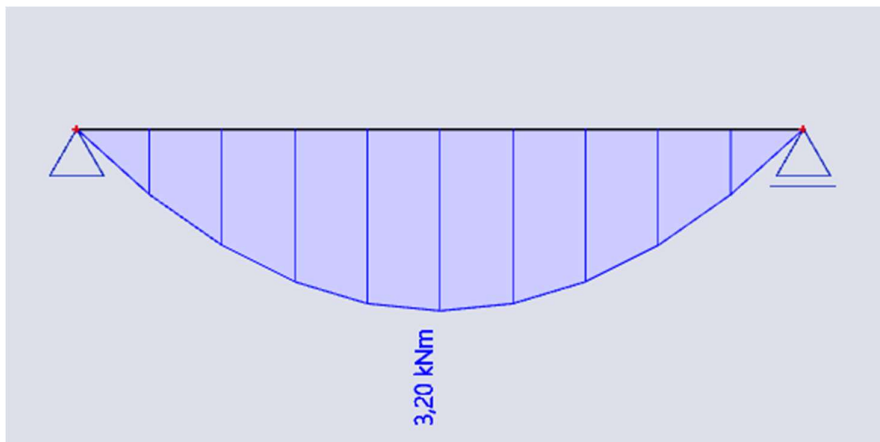
$$k_{fi} = 1.25$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod} * k_{fi} * 32 = 37.6 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{my,d,fi}}{f_{m,d,fi}} = 2.86 / 37.6 = 0.076 < 1$$

## 9.1 VATROOTPORNOST PODROŽNICA

Kombinacija 1,0G + 0,2S



$$b=160 \text{ mm}$$

$$h=180 \text{ mm}$$

$$d_{fi} = t_{fi} * Bn = 30 * 0.7 = 21 \text{ mm} = 2.1 \text{ cm}$$

Nakon 30 minuta

$$b_{fi} = b - 2 * d_{fi} = 16 - 2 * 2.1 = 11.8$$

$$h_{fi} = h - 2 * d_{fi} = 18 - 2 * 2.1 = 13.8$$

Nagoreni opseg nosača

$$P=2*b_{fi}+2*h_{fi}=2*11.8+2*13.8=51.2 \text{ cm}$$

Nagorena površina nosača

$$A=b_{fi} * h_{fi} = 162.84 \text{ cm}^2$$

$$W_{y,r} = \frac{b_{fi} \cdot h_{fi}^2}{6} = 374.53 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{my,d,fi} = \frac{M_{d,fi}}{W_{y,r}} = \frac{4 \cdot 10^6}{374.53} = 10.68 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{mod} = 0.84$$

$$k_{fi} = 1.25$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod} * k_{fi} * 32 = 33.6 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda = \frac{l_{eff} \cdot h}{b^2} = \frac{400 \cdot 13.8}{11.8^2} = 39.64 < 140 \quad \rightarrow k_{crit} = 1$$

$$\frac{\sigma_{my,d,fi}}{f_{m,d,fi}} = 10.86 / 33.6 = 0.076 < 1$$

## **10. Nacrti**

10.1.Generalni plan pozicija M:100

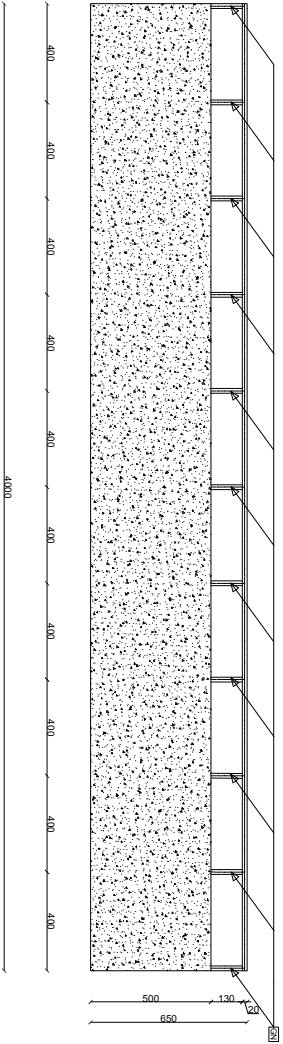
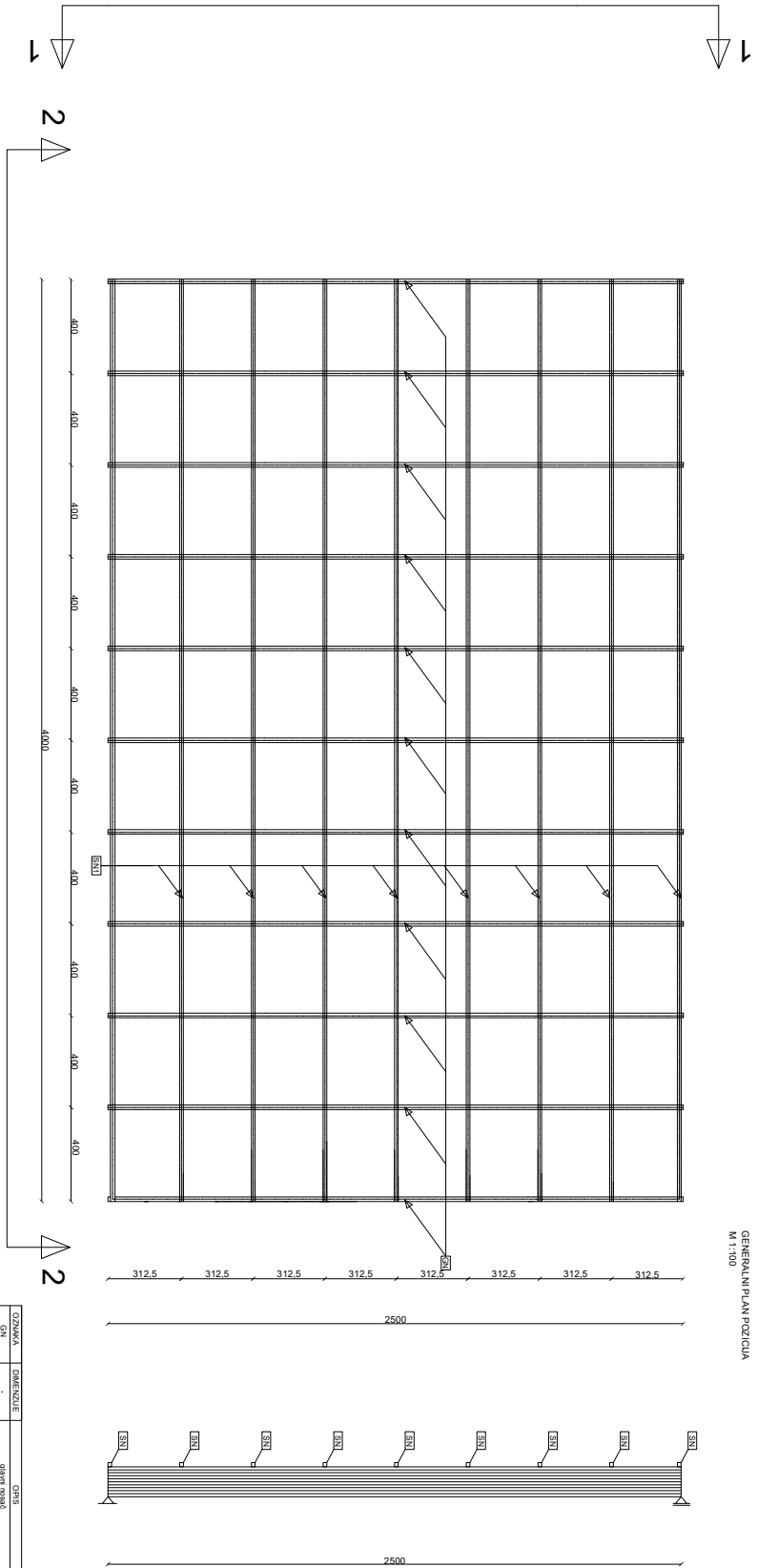
10.2.Detalj 1 M1:10

10.3.Dtealj 2 M1:25

10.4.Detalj 3 M1:25


## 11.Literatura

1. pred. izv.prof.dr.sc. Neno Torić predavanja iz predmeta Osnove Drvenih Konstrukcija
2. pred. izv.prof.dr.sc. Neno Torić ,mag.ing.aedif. Jelena Lovrić Vranković vježbe iz predmeta Osnove Drvenih Konstrukcija
3. pred. prof.dr.sc. Ivica Boko, prof.dr.sc. Marko Goreta vježbe iz predmeta Osnove Metalnih Konstrukcija



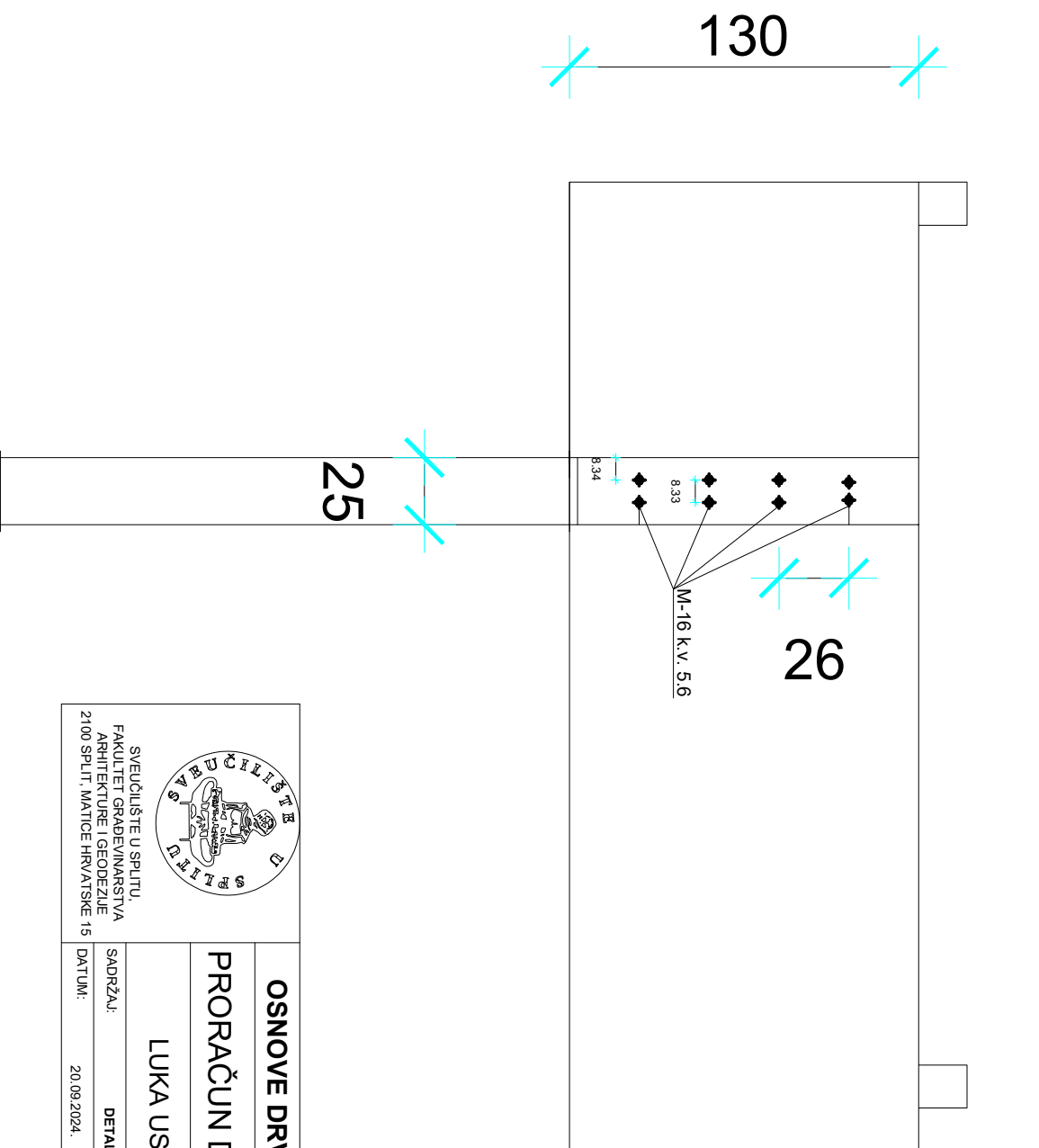
Priloga 2.2


OZNAKA	IMENJALJE	OPIS
01	10/18	drveni nosači
02	20/12	drveni nosači
03	20/12	drveni nosači

		<b>OSNOVNE DRVENIH KONSTRUKCIJA</b> <b>PRORAČUN DRVENOG KROVISTA</b>	
FAKULTET ARHITEKTURE UNIVERZITETA U ZAGREBU ZAVOD ZA DRVENU KONSTRUKCIJU		KATEDRA GENERALNE IZAMOBILARNA	
LUKA USKOK		VERNIKO M. 11. 2010.	
2010.		PRILOG 1	

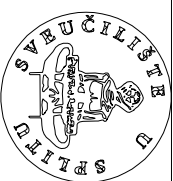
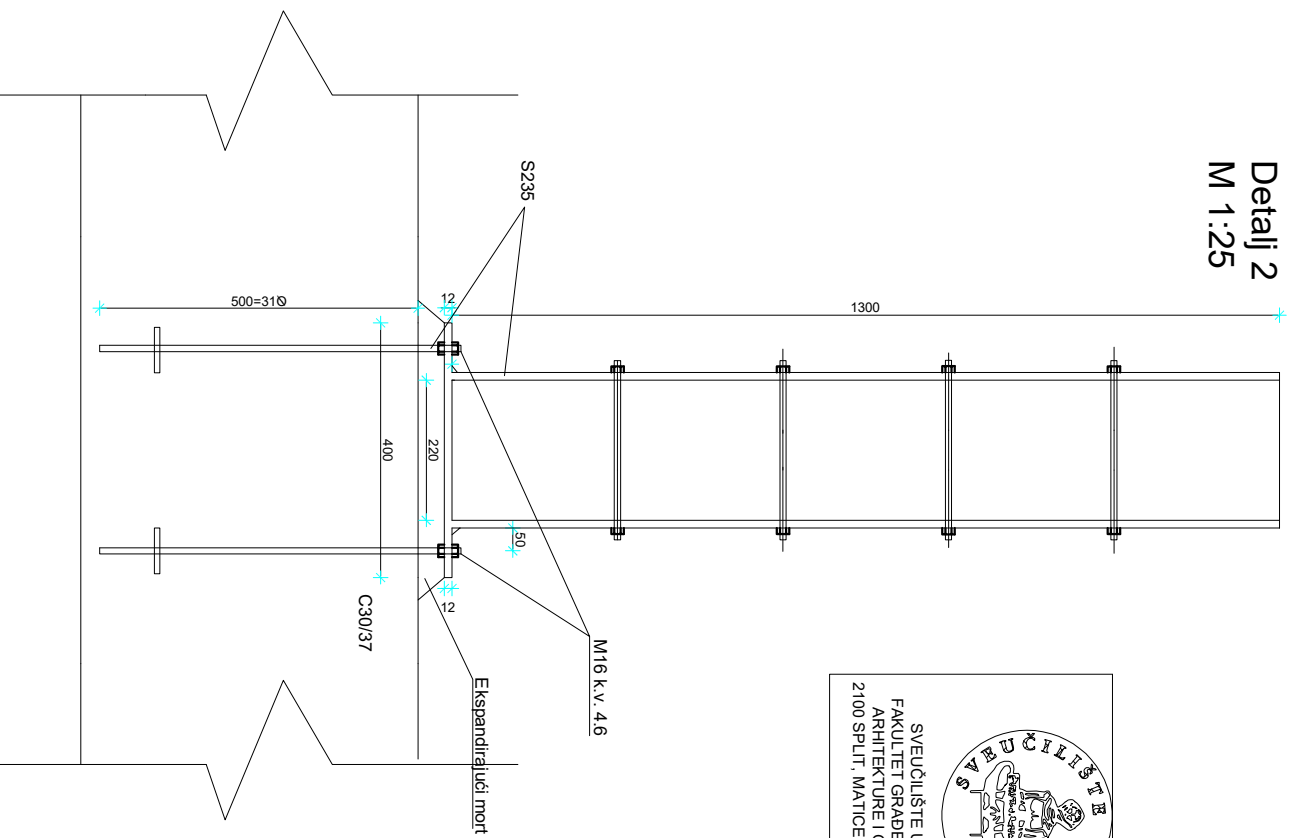
# Detalji 1

## M 1:10



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</p>		<b>OSNOVE DRVENIH KONSTRUKCIJA</b>	
		<b>PRORAČUN DRVENOG KROVIŠTA</b>	
LUKA USKOK			
SADRŽAJ:	DETALJ 1	MAŠRIL.O:	M 1 : 10
DATUM:	20.09.2024.	PRILOG:	1

Detalj 2  
M 1:25

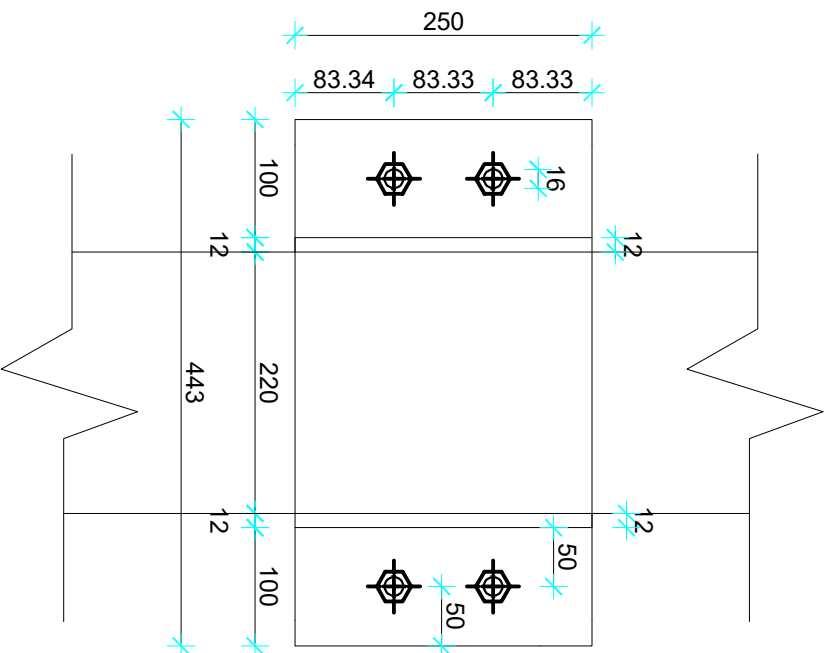



SVEUČILIŠTE U  
SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
2100 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

<b>OSNOVE DRVENIH KONSTRUKCIJA</b>	
<b>PRORAČUN DRVENOG KROVIŠTA</b>	
<b>LUKA USKOK</b>	
SADRŽAJ:	DETALJ 2
MJERILU:	M 1 : 25
DATUM:	20.09.2024.
PRILOG:	1



# Detalj 3 M 1:25



 <p>SVETIČIŠTE U SREBROVOM TRGULJCU 15000 ZAGREB</p>		<b>OSNOVE DRVENIH KONSTRUKCIJA</b>	
		<b>PRORAČUN DRVENOG KROVIŠTA</b>	
<b>LUKA USKOK</b>			
SADRŽAJ:	DETALJ 3	MERILU:	M 1 : 25
DATUM:	20.09.2024.	PRILOG:	1
SVETIČIŠTE U SPUTU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE 2100 SP.LIT., MATICE HRVATSKIE 15			