

Proračun montažne čelične tribine

Štefančić, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:546514>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-20**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Marko Štefančić

Proračun montažne čelične tribine

Završni rad

Rijeka, rujan 2019. godine

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Stručni studij građevinarstva
Čelične konstrukcije**

**Marko Štefančić
JMBAG: 0114024197**

Proračun montažne čelične tribine

Završni rad

Rijeka, rujan 2019. godine

IZJAVA

Završni rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Marko Štefančić

U Rijeci, 16. rujna 2019. godine

Sadržaj

Sažetak.....	3
Popis slika.....	4
1. Tehnički opis	5
1.1 Opis konstrukcije	5
1.2 Materijali i dimenzije glavnih dijelova konstrukcije	5
1.3 Antikorozijska zaštita.....	5
1.4 Protupožarna zaštita	5
2. Minimalne sigurnosne dimenzije tribine	6
2.1 Širine prolaza unutar redova	6
2.2 Razlike visina redova	6
2.3 Prolazi	7
2.4 Minimalne visine zaštitnih ograda – zaštita od pada.....	8
3. Analiza opterećenja.....	9
3.1 Vlastita težina.....	9
3.2 Vertikalna opterećenja	9
3.3 Horizontalna opterećenja.....	10
3.4 Opterećenje vjetrom	10
3.5 Opterećenje na ogradu (u slučaju sprječavanja od pada).....	12
4. Podatci statičkog proračuna iz programa Tower 7	13
4.1 Plan pozicija	13
5. Dimenzioniranje profila	22
5.1 Pozicija grede „1“	22
5.1.2 Klasifikacija poprečnog presjeka	23
5.1.3 Otpornost poprečnog presjeka na savijanje (greda „1“)	24
5.1.4 Otpornost poprečnog presjeka na posmik (greda „1“)	25
5.1.5 Bočno torzijsko izvijanje (greda „1“).....	26
5.1.6 Granično stanje uporabljivosti (GSU) za gredu „1“ (60*40*4).....	27
5.2 Pozicija grede „2“	30
5.2.1 Klasifikacija poprečnog presjeka	31
5.2.2 Otpornost poprečnog presjeka na savijanje (greda „2“)	32
5.2.3 Otpornost poprečnog presjeka na posmik (greda „2“)	33
5.2.4 Interakcija M-V (greda „2“)	34

Proračun čelične montažne tribine

5.2.5 Bočno torzijsko izvijanje (greda „2“)	34
5.2.6 Granično stanje uporabljivosti (GSU) za gredu „2“ (40*40*3)	36
5.3 Pozicija stup „3“	38
5.3.1 Klasifikacija poprečnog presjeka	39
5.3.2 Otpornost na tlak (stup „3“)	40
5.3.3 Otpornost poprečnog presjeka na savijanje (stup „3“)	40
5.3.4 Otpornost poprečnog presjeka na posmik (stup „3“)	41
5.3.5 Otpornost poprečnog presjeka na izvijanje (stup „3“)	42
5.3.6 Otpornost na vlak (stup „3“)	43
6. Nacrti	44
7. Zaključak	48
8. Literatura	49

Sažetak

Tema ovog završnog rada je napraviti projekt za jednostavnu čeličnu montažnu tribinu. Zadana tribina je privremene naravi te se može koristiti za povećanje postojećeg kapaciteta ili kao samostalna tribina za unutrašnje i vanjske prostore. Sami model montažne čelične tribine preuzet je iz projektnog crteža firme "MTB Group" a preostali podatci su uzeti proizvoljno ili u dogovoru s mentorom.

Kao cilj rada predviđena je provjera svih elemenata čelične tribine prema Eurocode-u 3, HR-EN 13200-1 Gledališta - 1. dio: Opće značajke prostora za gledatelje i HR-EN 13200-5 Spectator facilities - Part 5: Telescopic stands, te dokaz da je zadana tribina sigurna za posjetitelje. Potrebno je provjeriti zadovoljava li tribina osnovna pravila za gledališta kao što su razmaci sjedala, visine ograda, potreban broj izlaza i njihova širina i tako dalje te provjeriti kako se konstrukcija ponaša pod opterećenjima koje na njega djeluju. Statički proračun proveden je softwareom Tower 7 a elementi tribine provjereni su ručno za granična stanja nosivosti (GSN) i granična stanja uporabljivosti (GSU).

Ključne riječi: opterećenje, analiza, statički proračun, čelična tribina, montažna tribina, Tower, granično stanje nosivosti, granično stanje uporabljivosti, mehanička stabilnost i otpornost

Popis slika

Slika 1. Prikaz prolaznih puteva u bočnom pogledu na tribinu

Slika 2. Razlika visine redova tribine i visina stepenice

Slika 3. Prikaz širine prolaza

Slika 4. Prikaz visine bočne ograde

Slika 5. Prikaz visine uzdužne ograde

Slika 6. Karta osnovne brzine vjetra

Slika 7. Tipovi ograda na gledalištima

Slika 8. Prikaz pozicija greda i stupova na modelu iz Tower-a

Slika 9. Slika pravokutnog čeličnog profila

Slika 10. Slika kvadratnog čeličnog profila

1. Tehnički opis

1.1 Opis konstrukcije

Najveće ukupne dimenzije čelične montažne tribine iznose 14.12m * 2.35m, dok sama nosiva konstrukcija ima tlocrtne dimenzije 14.04m * 1.78m.

Pošto je sama konstrukcija privremena po naravi, može biti montirana bilo gdje na području Republike Hrvatske. Pri statičkom proračunu treba uzeti mjerodavna opterećenja koja se mogu pojaviti na zadanom području.

Konstrukcija se sastoji od glavnih poprečnih nosača te od sekundarnih uzdužnih greda, a opterećenje se na konstrukciju prenosi preko čeličnih podnih rešetki (gazišta).

U skladu s Eurocode-om napravljen je proračun graničnog stanja nosivosti te proračun graničnog stanja uporabljivosti, a statička analiza sustava provedena je programom Tower 7. Minimalne dimenzije prolaza, visine ograda te ostali sigurnosni zahtjevi usvojeni su prema normama „HRN EN 13200-1 Gledališta - 1. dio: Opće značajke prostora za gledatelje“, „HRN EN 13200-3 Spectator facilities - Part 3: Separating elements – Requirements“ i „HRN EN 13200-5 Spectator facilities - Part 5: Telescopic stands“.

1.2 Materijali i dimenzije glavnih dijelova konstrukcije

Elementi konstrukcije izrađeni su od čelika kvalitete S235, a za spojeve su korišteni čelični vijci kvalitete k.v. 8.8

Opterećenja se prenose na konstrukciju preko čeličnih podnih rešetki (gazišta) debljine 2 cm, a dimenzije ploča su 100cm*87cm i 150cm*87cm. Sekundarnu nosivu konstrukciju čine čelične grede kvadratnih cijevnih profila 60*40mm debljine 4mm duljine 14.04m, a glavna nosiva konstrukcija je također sastavljena od čeličnih greda i stupova kvadratnih cijevnih profila 40*40mm debljine 3mm.

1.3 Antikorozijska zaštita

Elementi čelične konstrukcije hale radionički se štite s jednim temeljnim premazom na prethodno opjeskarenoj podlozi do čistoće Sa 2 ½. Nakon završene montaže potrebno je popraviti sva oštećenja temeljnog radioničkog premaza. Nakon odmašćivanja površine nanosi se drugi temeljni premaz. Debljina temeljnih premaza na organskoj osnovi iznosi 2 x 30 µm. Završna obrada propisana je prikazom mjera zaštite od požara sredstvima s karakteristikom F30.

1.4 Protupožarna zaštita

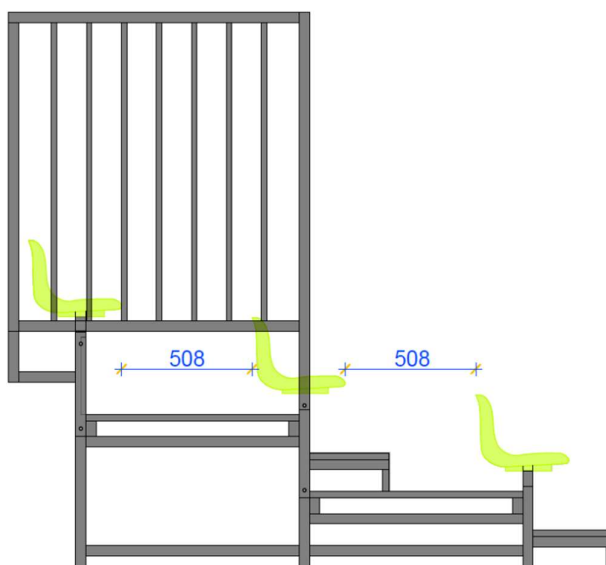
Zahtijevana vatrootpornost elemenata čelične konstrukcije je F30. Stoga se na podlogu od dva temeljna premaza nanosi zaštitno protupožarno sredstvo s karakteristikom vatrootpornosti F30 te kompatibilno sa temeljnom antikorozijskom zaštitom.

2. Minimalne sigurnosne dimenzije tribine

2.1 Širine prolaza unutar redova

Sjedala trebaju biti stalne dubine u dužini redova. Ako su sjedala fiksna, prolazni put između sjedala treba izmjeriti između maksimalne izbočine sjedišta jedne stolice i maksimalne izbočine zadnjeg dijela stolice iz prethodnog reda.

U odnosu na bočno pozicioniranje, sjedala trebaju biti udaljena najmanje 450 mm za sjedala bez držača za ruke.



Slika 1. Prikaz prolaznih puteva u bočnom pogledu na tribinu

Prolazni put tribine iznosi 508mm te zadovoljava minimalno propisane uvjete prema normi HRN EN 13200-5.

2.2 Razlike visina redova

U višerednim sjedećim blokovima maksimalna razlika visine redova nesmiije prelaziti

- 400 mm (380 mm) - gdje je predviđena jedana međustepenica;

Kod višerednih sjedećih blokova minimalne visine stepenica su 100 mm.

Područje stubišta mora biti ujednačenih visina uspona na svim dionicama.

Proračun čelične montažne tribine



Slika 2. Razlika visine redova tribine i visina stepenice

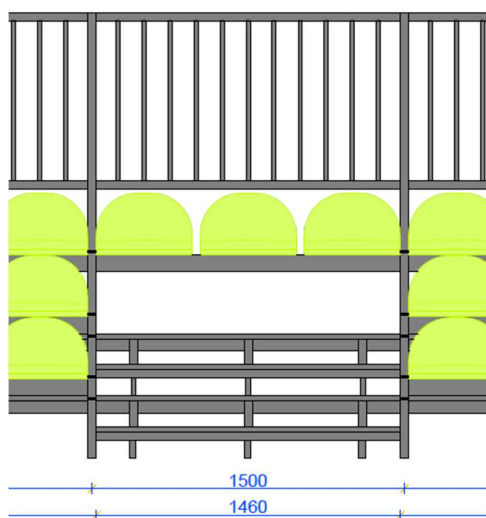
Razlika visina redova tribine iznosi 300mm, a visina pojedine stepenice 150mm. Obje dimenzije zadovoljavaju minimalno propisane uvjete prema normi HRN EN 13200-5.

2.3 Prolazi

Širina prolaza mora biti minimalno 1100 mm, a preporučuje se 1200 mm.

Svi okomiti otvori u hodnicima, stepenicama, zaštitnim nosačima, usponima i i ostalim otvorima unutar tribine moraju biti takvi da ukoliko bi imali kuglu veličine minimalno 110 mm i maksimalno 120 mm, ona nebi smjela proći kroz niti jedan od tih otvora

Svi horizontalni otvori na prolazima moraju biti takvi da ukoliko bi imali kuglu promjera 30 mm, ona nebi smjela proći kroz niti jedan od tih otvora.



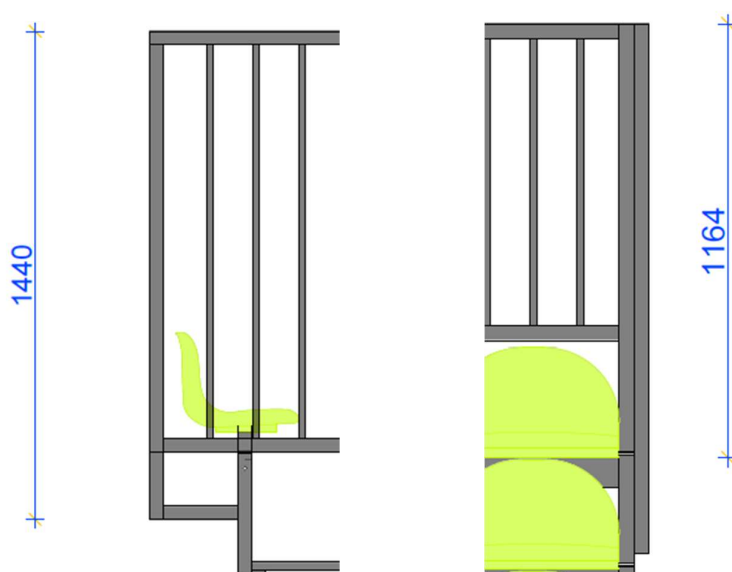
Slika 3. Prikaz širine prolaza

Proračun čelične montažne tribine

Širina prolaza predmetne tribine iznosi 1460 mm te zadovoljava uvjet. Najveći okomiti otvor na prolazu unutar konstrukcije iznosi 85 mm što je manje od dopuštenih 120 mm, dok horizontalni otvori ne postoje, što znači da prolaz zadovoljava norme.

2.4 Minimalne visine zaštitnih ograda – zaštita od pada

Preporučene visine zaštitnih ograda na gledalištima iznose 1.10 m odnosno 110 cm, dok je minimalna zadovoljavajuća visina 100 cm.



Slika 4. Prikaz visine bočne ograde (lijevo) i

Slika 5. Prikaz visine uzdužne ograde (desno)

Visina bočne ograde iznosi 1440 mm, a uzdužne 1164 mm te obje zadovoljavaju uvjete određene normama.

3. Analiza opterećenja

3.1 Vlastita težina

Vlastita težina se izračunava množenjem jediničnih težina materijala preuzetim iz norme EN 1991-1-1 ili od stvarnih dobivenih težina materijala.

- gustoća čelika :

$$\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$$

- ubrzanje sile teže :

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

- dimenzije čeličnih limova:

$$0.02 * 0.87 * 1 \text{ m}^3 \text{ i } 0.02 * 0.87 * 1.5 \text{ m}^3$$

-opterećenje vlastitom težinom po metru dužnom:

$$q_{vl} = 0.02 * 0.87 * \gamma * g$$

$$q_{vl} = 0.02 * 0.87 * 7850 * 9.81 = 1339.95 \text{ N/m} = 1.40 \text{ kN/m}$$

3.2 Vertikalna opterećenja

Rasponi opterećenja uzeti su prema normi HRN EN 13200-5 uzeti iz EN 1991-1-1. Pretpostavljena kategorija tribine je C5, a odnosi se na gledališta koja mogu biti pretrpana ljudima među koje spadaju i tribine.

Ravnomjerno raspodijeljeno opterećenje iznosi:

$$q_{vo} = 5 \text{ kN/m}^2 \text{ do } 7.5 \text{ kN/m}^2$$

usvaja se:

$$q_{vo} = 5 \text{ kN/m}^2$$

Svi podovi trebaju biti dizajnirani tako da jednako prenose teret na samu konstrukciju.

3.3 Horizontalna opterećenja

Montažne tribine podvrgnute su horizontalnim opterećenjima prema normi HRN EN 13200-5 koja su potaknuta radnjama gledatelja.

Namijenjeno je horizontalno opterećenje iznosa od 6% vertikalnog opterećenja, te se mora primijeniti za projektiranje svih kategorija.

$$q_{ho} = 0.06 * 5 \text{ kN/m}^2$$

usvaja se:

$$q_{ho} = 0.3 \text{ kN/m}^2$$

3.4 Opterećenje vjetrom



Slika 6. Karta osnovne brzine vjetra

Proračun čelične montažne tribine

Osnovna brzina vjetra je najveća očekivana 10 minutna brzina vjetra na visini od 10 metara iznad ravnog tla. Kako bi analizirana tribina bila funkcionalna za područje Hrvatske izabrati ćemo najveću brzinu vjetra na naseljenim područjima u Republici Hrvatskoj.

$$v_{ref,0} = 40,0 \text{ m/s}$$

-koeficijent smjera vjetra:

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

-koeficijent ovisan o godišnjem dobu:

$$c_{TEM} = 1,0$$

-koeficijent nadmorske visine:

$$c_{ALT} = 1,0$$

$$v_{ref} = c_{DIR} * c_{TEM} * c_{ALT} * v_{ref,0} = 1,0 * 1,0 * 1,0 * 40,0 \text{ m/s} = 40,0 \text{ m/s}$$

Najveći mogući pritisak vjetra na ogradu tribine:

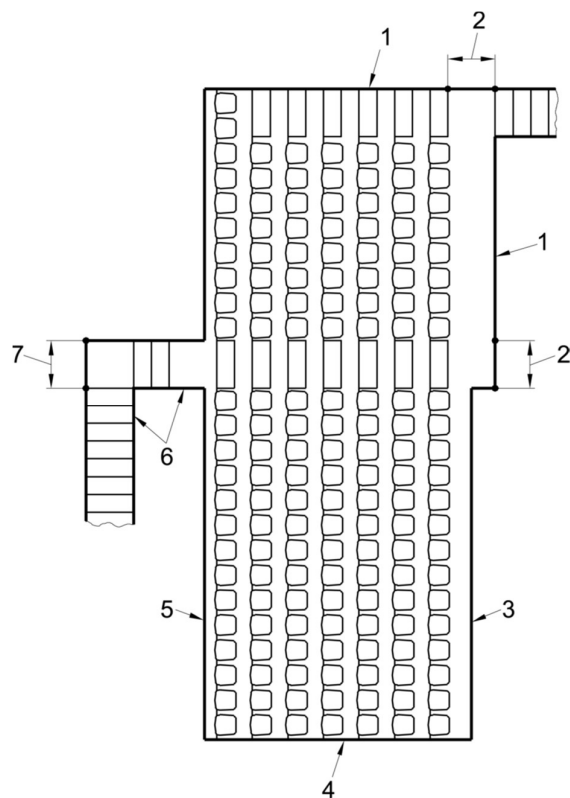
$$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_{ref}^2 = \frac{1}{2} * 1.25 * 40^2 = 1000 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ kN/m}^2$$

Zbog propusnosti same ograde tribine taj iznos ćemo umanjiti koeficijentom k.

$$q_v = q_b * k = 1 * 0.5 = 0.5 \text{ kN/m}^2$$

3.5 Opterećenje na ogradu (u slučaju spriječavanja od pada)



Slika 7. Tipovi ograda na gledalištima

Na našem gledalištu, prema normi HRN EN 13200-3 postoje ograde tipova:

4 - Zaštitna ograda tipa D - ograda uz krajnji bočni red sjedala preporučene minimalne visine 1.1 metar

5 - Zaštitna ograda tipa E - ograda iza zadnjeg reda sjedala preporučene minimalne visine 1.1 metar

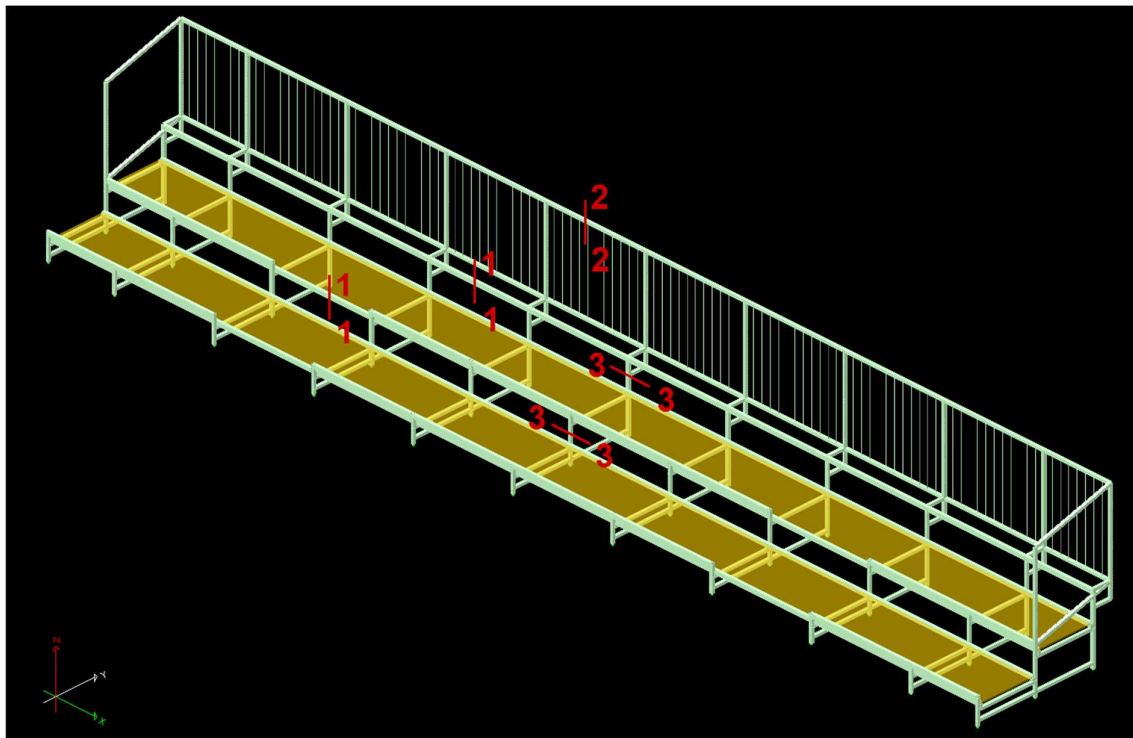
Zbog male dužine u proračunu ćemo izostaviti zaštitnu ogradu tipa D.

Zaštitna ograda tipa E zbog mogućnosti spriječavanja pada gledatelja u proračunu se opterećuje horizontalnim linijskim opterećenjem u iznosu:

$$q_{zo} = 1.0 \text{ kN/m}^2$$

4. Podatci statičkog proračuna iz programa Tower 7

4.1 Plan pozicija



Slika 8. Prikaz pozicija greda i stupova na modelu iz Tower-a

Grede tipa „1“ dimenzija 60*40*4mm se nalaze neposredno ispod samih sjedišta i ispod čeličnih podnih rešetki. Pošto se veća naprežanja javljaju u gredama ispod čeličnih podnih rešetki, ona će biti uzeta kao mjerodavna.

Greda tipa „2“ dimenzija 40*40*3mm nalazi se na vrhu ograde, to od greda tih dimenzija ima najveća opterećenja, te će kao takva biti mjerodavna za proračun.

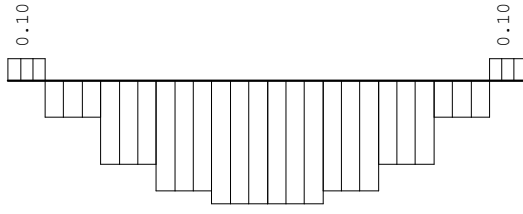
Stupovi konstrukcije tipa „3“ također je dimenzija 40*40*3mm, a najveća naprežanja na modelu se javljaju u najvišem stupu u sredini konstrukcije te će on biti uzet kao mjerodavan za dimenzioniranje.

Mjerodavne kombinacije:

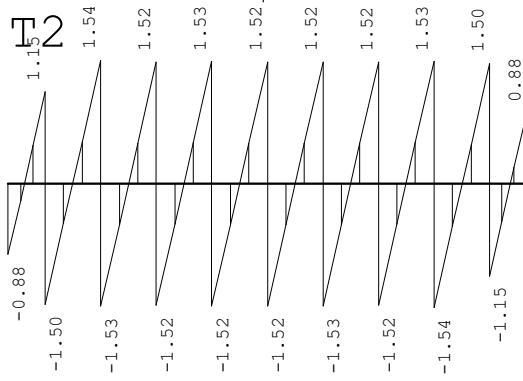
- 1.Vlastito opterećenje + korisno opterećenje + opterećenje na ogradu + horizontalno opterećenje u smjeru osi y
- 2.Vlastito opterećenje + korisno opterećenje + opterećenje vjetrom + horizontalno opterećenje u smjeru osi y
- 3.Mjerodavna kombinacija promjenjivih opterećenja za progibe

vlastito + korisno + vjetar + horizontalno u smjeru y - Greda "1"

N1



T2



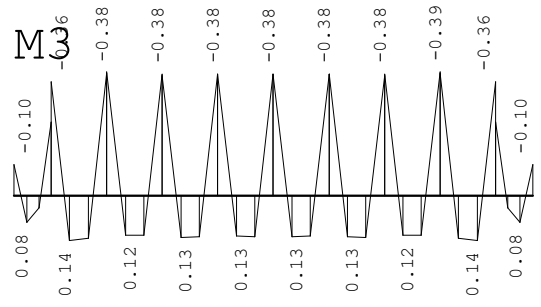
T3



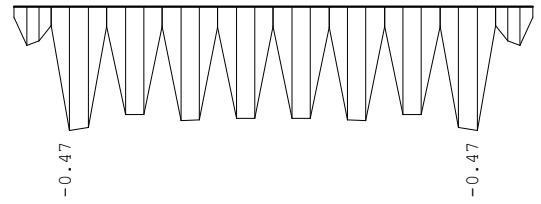
M2



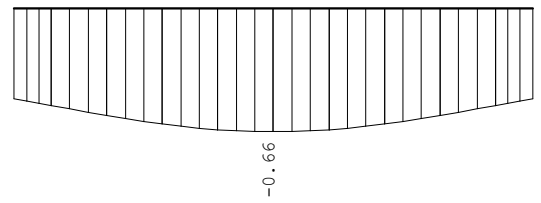
M3



u2



u3

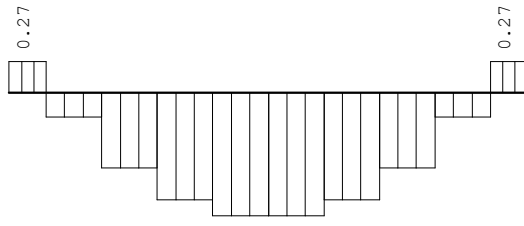


Utjecaji u gredi: (22-473)

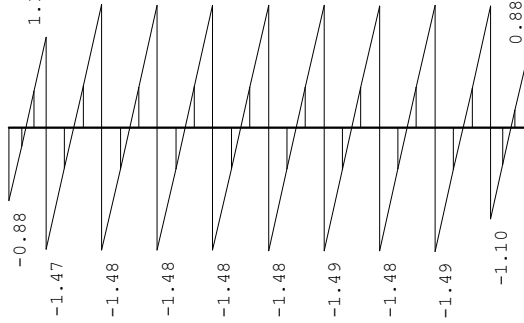
N1 [kN], T2 [kN], T3 [kN], M2 [kNm], M3 [kNm], u2 [m/1000], u3 [m/1000]

korisno + vjetar+ horizontalno u smjeru y - Greda "1"

N1



T2



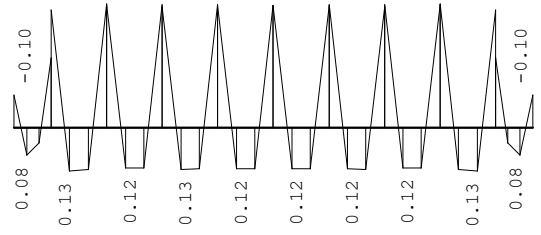
T3



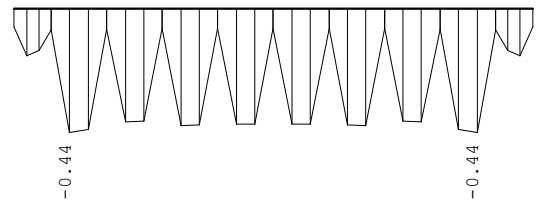
M2



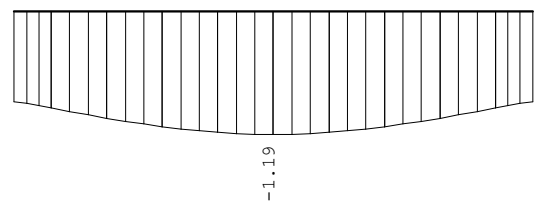
M3



u2



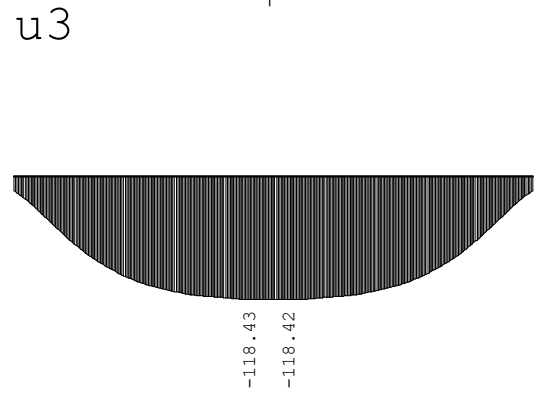
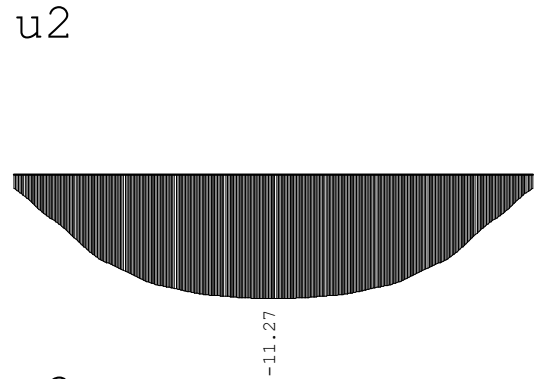
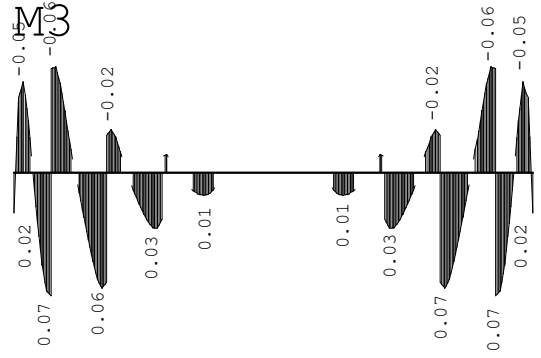
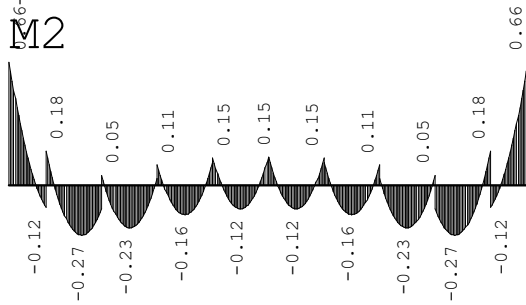
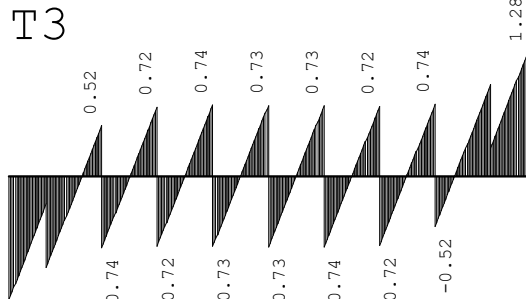
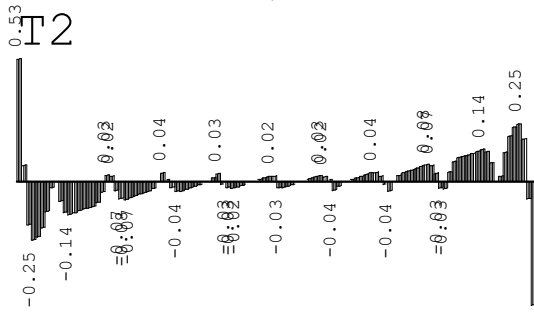
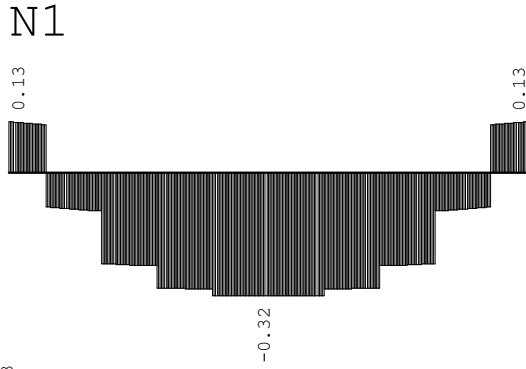
u3



Utjecaji u gredi: (22-473)

N1 [kN], T2 [kN], T3 [kN], M2 [kNm], M3 [kNm], u2 [m/1000], u3 [m/1000]

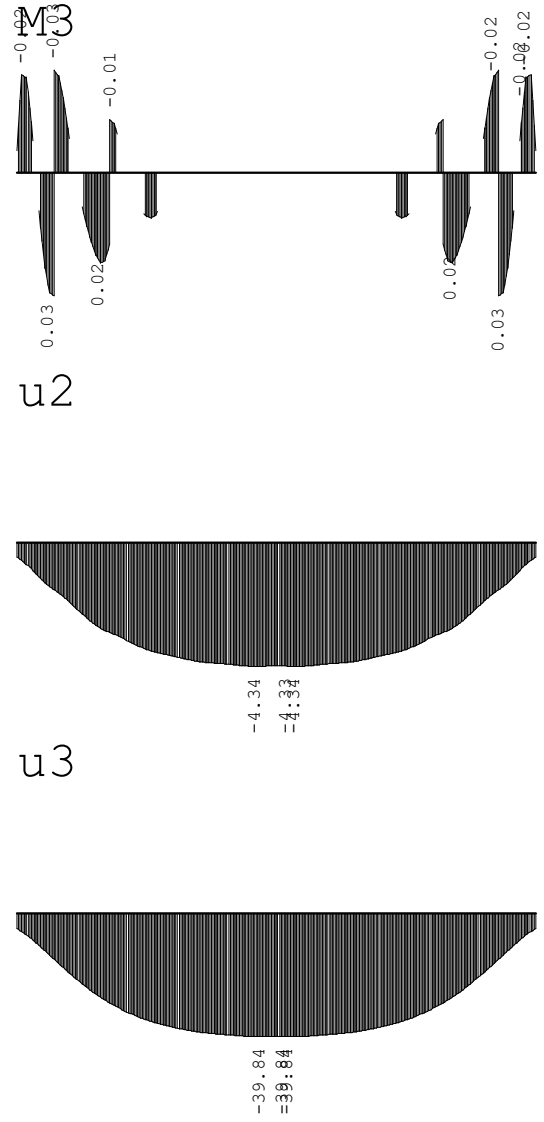
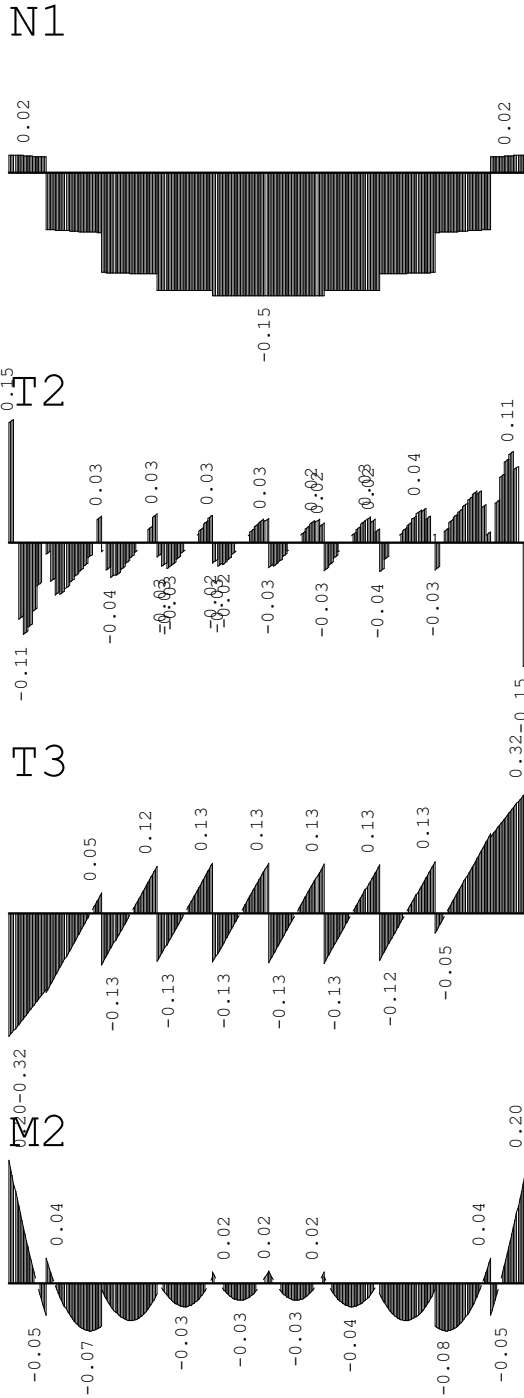
vlastito + korisno + ograda + horizontalno u smjeru y - Greda "2"



Utjecaji u gredi: (85-525)

N1 [kN], T2 [kN], T3 [kN], M2 [kNm], M3 [kNm], u2 [m/1000], u3 [m/1000]

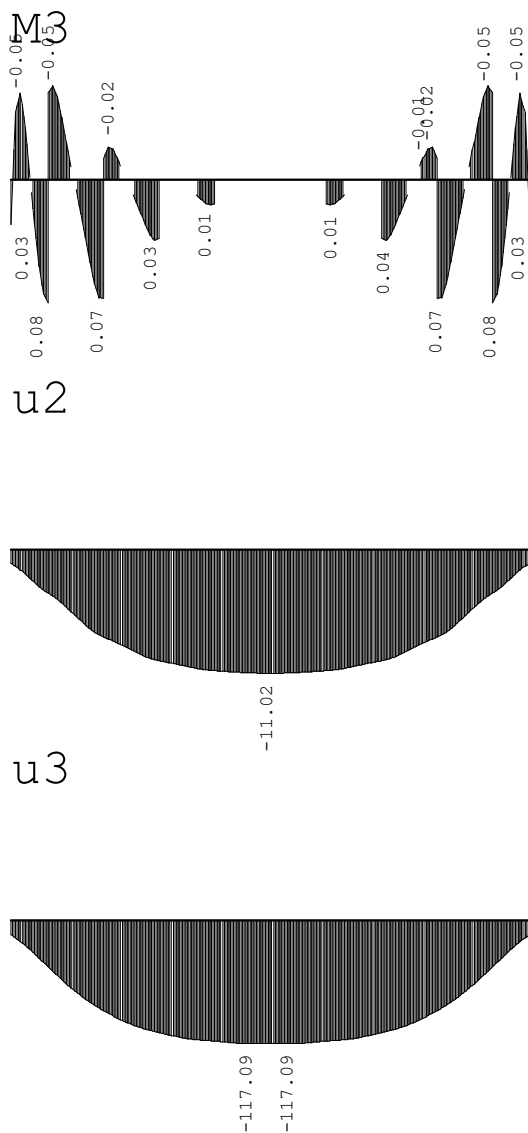
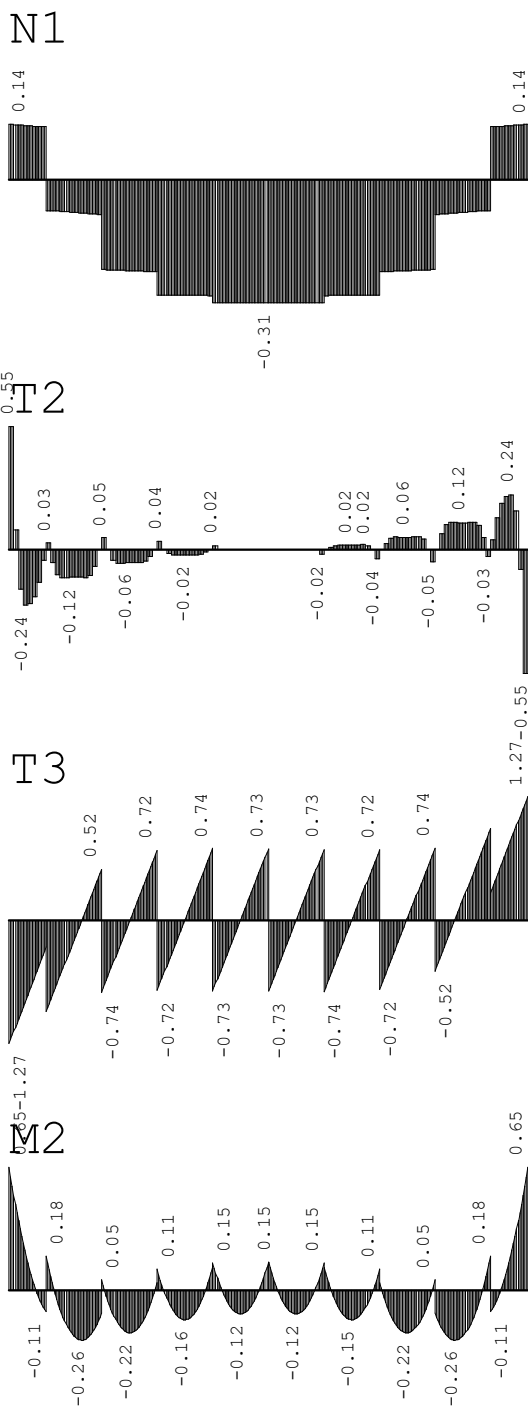
vlastito + korisno + vjetar + horizontalno u smjeru y - Greda "2"



Utjecaji u gredi: (85-525)

N1 [kN], T2 [kN], T3 [kN], M2 [kNm], M3 [kNm], u2 [m/1000], u3 [m/1000]

korisno + vjetar+ horizontalno u smjeru y - Greda "2"

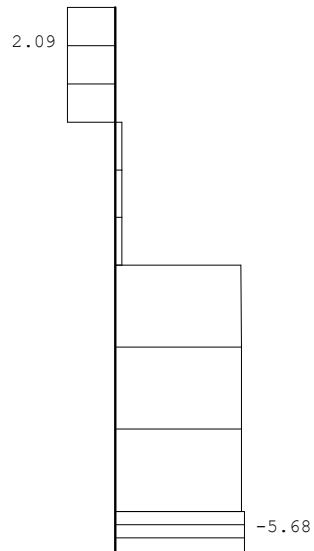


Utjecaji u gredi: (85-525)

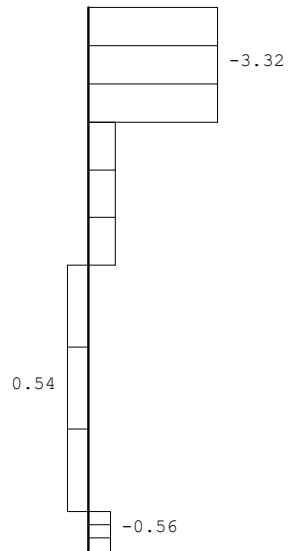
N1 [kN], T2 [kN], T3 [kN], M2 [kNm], M3 [kNm], u2 [m/1000], u3 [m/1000]

vlastito + korisno + ograda + horizontalno u smjeru y - Stup "3"

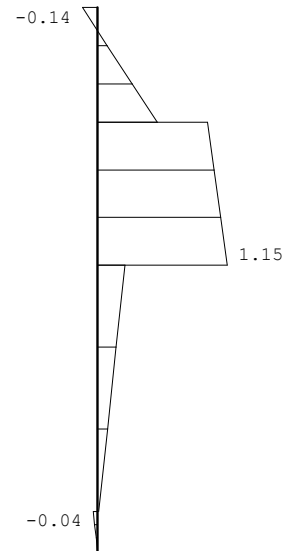
N1



T2



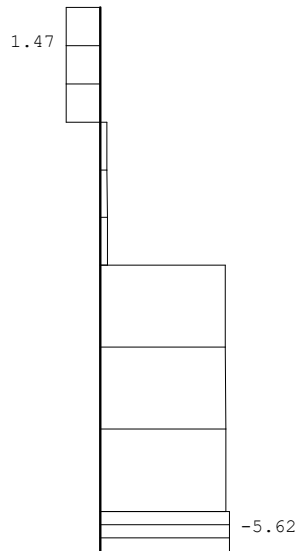
M3



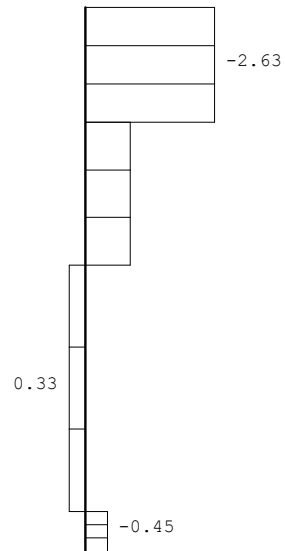
Utjecaji u gredi: (242-245-256-271)
N1 [kN], T2 [kN], M3 [kNm]

vlastito + korisno + vjetar + horizontalno u smjeru y - Stup "3"

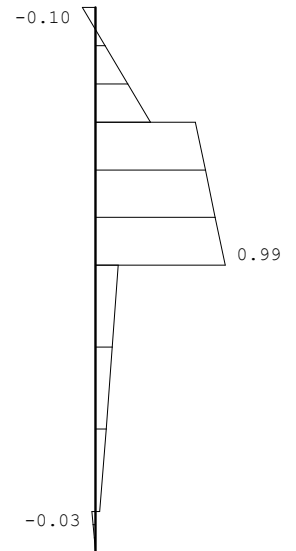
N1



T2



M3

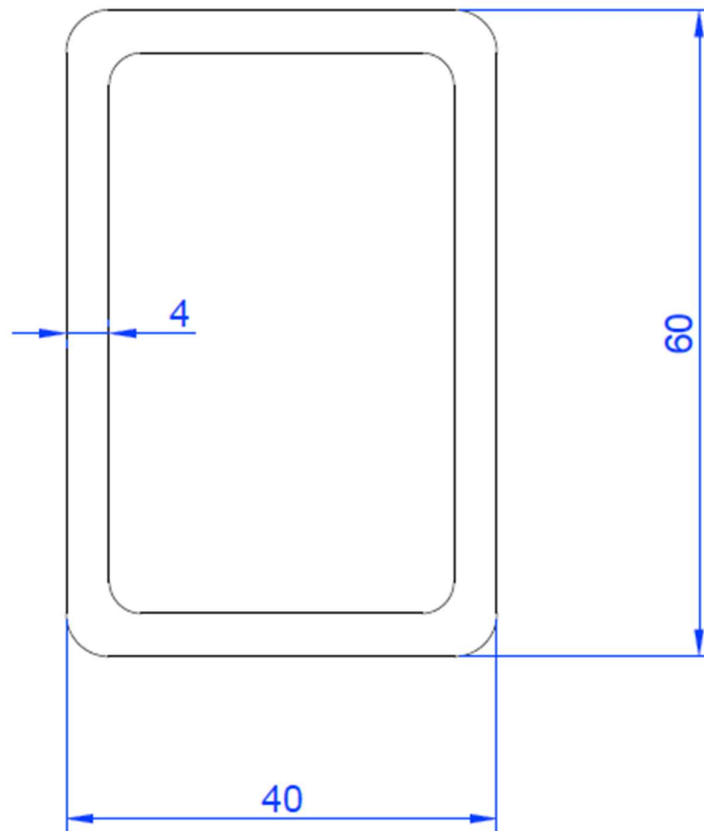


Utjecaji u gredi: (242-245-256-271)
N1 [kN], T2 [kN], M3 [kNm]

5. Dimenzioniranje profila

5.1 Pozicija grede „1“

Šuplji pravokutni profil 60x40x4 mm



Slika 9. Slika pravokutnog čeličnog profila

Širina	60 mm
Visina	40 mm
Debljina stijenke	4 mm
Površina presjeka	7.22 cm ²
Wy	13.9 cm ³
Wz	10.4 cm ³

Proračun čelične montažne tribine

5.1.2 Klasifikacija poprečnog presjeka

Hrbat

$$c = h - 3t = 60 - 3 * 4 = 48 \text{ mm}$$

-Odnos visine i debljina hrpta:

$$\frac{c}{t} = \frac{48}{4} = 12,00$$

-uvjet za klasu 1:

$$\frac{c}{t} \leq 72\varepsilon \quad \varepsilon = 1 \text{ (čelik S 235)}$$

$$12 \leq 72$$

Hrbat → klasa 1

Pojasnica

$$c = b - 3t = 40 - 3 * 4 = 28 \text{ mm}$$

-Odnos visine i debljina hrpta:

$$\frac{c}{t} = \frac{28}{4} = 7,00$$

-uvjet za klasu 1:

$$\frac{c}{t} \leq 9\varepsilon \quad \varepsilon = 1 \text{ (čelik S 235)}$$

$$7 \leq 9$$

Pojasnica → klasa 1

Proračun čelične montažne tribine

$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$ - parcijalni koeficijent sigurnosti za otpornost poprečnog presjeka klasa 1, 2 i 3.

$E = 210000 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_{M0} = 1,0$ - granica popuštanja čelika

5.1.3 Otpornost poprečnog presjeka na savijanje (greda „1“)

$$M_{CRd} = M_{plRd} = \frac{W_{ply} * f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$W_{ply} = \frac{I_y}{z_{max}}$$

$$M_{CRd} = M_{plRd} = \frac{13.9 * 23.5}{1.0}$$

$$M_{CRd} = 326.65 \text{ kNcm} = 3.27 \text{ kNm (y- smjer)}$$

$$M_{YEd} \leq M_{CRd}$$

$$0,39 \text{ kNm} \leq 3,27 \text{ kNm}$$

Moment u smjeru osi „z“ je zanemariv ili ne postoji.

-uvjet zadovoljen

Proračun čelične montažne tribine

5.1.4 Otpornost poprečnog presjeka na posmik (greda „1“)

Provjera izbočavanja:

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

$$\frac{46}{4} \leq 72 \frac{1}{1.2}$$

$$12 \leq 60$$

Nema izbočavanja

A_v – površina očitana iz autocada = 4.66 cm²

$$V_{plRd} = \frac{A_v * \frac{fy}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{plRd} = \frac{4.66 * \frac{23.5}{\sqrt{3}}}{1} = 63.23 \text{ kN}$$

$$1.54 \text{ kN} \leq 63.23 \text{ kN}$$

-uvjet zadovoljen

5.1.5 Bočno torzijsko izvijanje (greda „1“)

$$M_{bRd} = \chi_{LT} * \frac{W_{ply} * f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$G = \frac{Es}{2(1 + \nu)} = \frac{21000}{2(1 + 0.3)} = 8077 \text{ kN/cm}^2$$

$$L_{CR} = 1500 \text{ mm}$$

$$c_1 = 1.127$$

$$M_{Cr} = c_1 * \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_{Cr}^2} * \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L_{Cr}^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z}}$$

$$M_{Cr} = 1.127 * \frac{\pi^2 * 21000 * 13.9}{150^2} * \sqrt{\frac{0.15 * 10^{-3}}{13.9} + \frac{150^2 * 8077 * 36.3}{\pi^2 * 21000 * 13.9}}$$

$$M_{Cr} = 6905.22 \text{ kNcm} = 69.05 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{ply} * f_y}{M_{Cr}}} = \sqrt{\frac{13.9 * 23.5}{6905.22}} = 0.36$$

$$\frac{h}{b} = \frac{60}{40} = 1.5 \leq 1$$

$$\alpha_{LT} = 0.21$$

$$\phi_{LT} = 0.5 * [1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2]$$

$$\phi_{LT} = 0.5 * [1 + 0.21(0.36 - 0.2) + 0.36^2] = 0.58$$

Proračun čelične montažne tribine

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0.966$$

$$M_{BRd} = \chi_{LT} * \frac{W_{ply} * f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{BRd} = 0.966 * \frac{13.9 * 23.5}{1} = 315.54 \text{ kNcm} = 3.16 \text{ kNm}$$

$$M_{YEd} \leq M_{BRd}$$

$$0,39 \text{ kNm} \leq 3.16 \text{ kNm}$$

-uvjet zadovoljen

5.1.6 Granično stanje uporabljivosti (GSU) za gredu „1“ (60*40*4)

Provjera progiba grede od mjerodavne kombinacije opterećenja koja se sastoji od stalnog djelovanja, korisnog opterećenja, opterećenja od vjetra ili opterećenja na ogradu te horizontalne komponente opterećenja u x ili y smjeru i druge kombinacije koja se sastoji samo od promjenjivog opterećenja.

Najveći progib ove grede za ukupno opterećenje iznosi:

$$\rho = 1.21 \text{ mm (očitano iz Towera)}$$

Proračun čelične montažne tribine

Najveći dopušteni progib za oslonjenu gredu iznosi:

$$\rho_{dop} = \frac{L}{200}$$

Najveća duljina grede između 2 oslonca iznosi 1500mm.

$$\rho_{dop} = \frac{1500}{200} = 7.5 \text{ mm}$$

Uvjet nosivosti:

$$\rho \leq \rho_{dop}$$

$$1.21 \leq 7.5 \text{ mm}$$

-uvjet zadovoljava

Najveći progib ove grede za promjenjivo opterećenje iznosi:

$$\rho = 1.19 \text{ mm (očitano iz Towera)}$$

Najveći dopušteni progib za oslonjenu gredu iznosi:

$$\rho_{2,dop} = \frac{L}{250}$$

Proračun čelične montažne tribine

Najveća duljina grede između 2 oslonca iznosi 1500mm.

$$\rho_{2,dop} = \frac{1500}{200} = 7.5 \text{ mm}$$

Uvjet nosivosti:

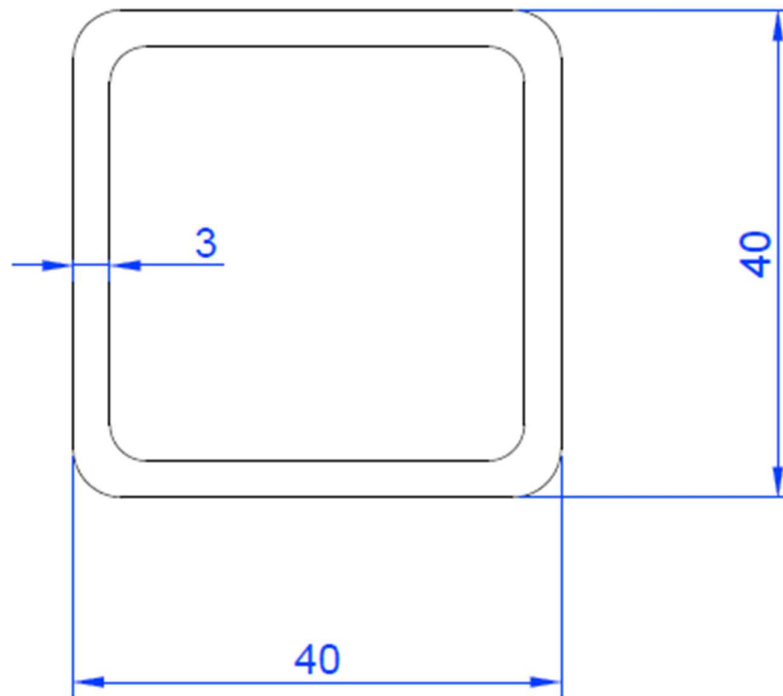
$$\rho \leq \rho_{2,dop}$$

$$1.19 \leq 7.5 \text{ mm}$$

-uvjet zadovoljava

5.2 Pozicija grede „2“

Šupli kvadratni profil 40x40x3 mm



Slika 20. Slika kvadratnog čeličnog profila

Širina	40 mm
Visina	40 mm
Debljina stijenke	3 mm
Površina presjeka	4.23 mm ²
Wy	5.85 cm ³
Wz	5.85 cm ³

5.2.1 Klasifikacija poprečnog presjeka

Hrbat

$$c = h - 3t = 40 - 3 * 3 = 31 \text{ mm}$$

-Odnos visine i debljina hrpta:

$$\frac{c}{t} = \frac{31}{4} = 7,75$$

-uvjet za klasu 1:

$$\frac{c}{t} \leq 72\varepsilon \quad \varepsilon = 1 \text{ (čelik S 235)}$$

$$7,75 \leq 72$$

Hrbat → klasa 1

Pojasnica

$$c = b - 3t = 40 - 3 * 3 = 31 \text{ mm}$$

-Odnos visine i debljina hrpta:

$$\frac{c}{t} = \frac{31}{4} = 7,75$$

-uvjet za klasu 1:

$$\frac{c}{t} \leq 9\varepsilon \quad \varepsilon = 1 \text{ (čelik S 235)}$$

$$7,75 \leq 9$$

Pojasnica → klasa 1

Proračun čelične montažne tribine

$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$ - parcijalni koeficijent sigurnosti za otpornost poprečnog presjeka klasa 1, 2 i 3.

$E = 210000 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_{M0} = 1,0$ - granica popuštanja čelika

5.2.2 Otpornost poprečnog presjeka na savijanje (greda „2“)

$$M_{CRd} = M_{plRd} = \frac{W_{ply} * f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$W_{ply} = W_{plz} = \frac{I_y}{z_{max}}$$

$$M_{CRd} = M_{plRd} = \frac{5.85 * 23.5}{1.0}$$

$$M_{CRd} = 137.48 \text{ kNcm} = 1.37 \text{ kNm (y i z - smjer)}$$

$$M_{yEd} \leq M_{CRd}$$

$$0,66 \text{ kNm} \leq 1.37 \text{ kNm (y smjer)}$$

$$0,06 \text{ kNm} \leq 1.37 \text{ kNm (z smjer)}$$

-uvjeti zadovoljen

5.2.3 Otpornost poprečnog presjeka na posmik (greda „2“)

Provjera izbočavanja:

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

$$\frac{28}{4} \leq 72 \frac{1}{1.2}$$

$$7 \leq 60$$

Nema izbočavanja

A_v – površina očitana iz autocada = 2.26 cm²

$$V_{plRd} = \frac{A_v * \frac{fy}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{plRd} = \frac{2.26 * \frac{23.5}{\sqrt{3}}}{1} = 30.66 \text{ kN}$$

1.28 kN ≤ 30.66 kN (y smjer)

0.54 kN ≤ 30.66 kN (z smjer)

-uvjeti zadovoljeni

Proračun čelične montažne tribine

5.2.4 Interakcija M-V (greda „2“)

$$V_{ZEd} \leq 0.5 * V_{plRd}$$

$$0.54 \leq 0.5 * 30.66 = 15.33 \text{ kN}$$

$$M_{plRd} = 1.37 \text{ kNm}$$

5.2.5 Bočno torzijsko izvijanje (greda „2“)

$$M_{bRd} = \chi_{LT} * \frac{W_{ply} * f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$G = \frac{Es}{2(1+\nu)} = \frac{21000}{2(1+0.3)} = 8077 \text{ kN/cm}^2$$

$$L_{CR} = 1500 \text{ mm}$$

$$c_1 = 1.127$$

$$M_{Cr} = c_1 * \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_{Cr}^2} * \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L_{Cr}^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z}}$$

$$M_{Cr} = 1.127 * \frac{\pi^2 * 21000 * 5.85}{150^2} * \sqrt{\frac{0.1 * 10^{-3}}{5.85} + \frac{150^2 * 8077 * 15.1}{\pi^2 * 21000 * 5.85}}$$

$$M_{Cr} = 2889.24 \text{ kNcm} = 28.89 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{ply} * f_y}{M_{Cr}}} = \sqrt{\frac{5.85 * 23.5}{2889.24}} = 0.22$$

Proračun čelične montažne tribine

$$\frac{h}{b} = \frac{40}{40} = 1 \leq 1$$

$$\alpha_{LT} = 0.21$$

$$\phi_{LT} = 0.5 * [1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2]$$

$$\phi_{LT} = 0.5 * [1 + 0.21(0.22 - 0.2) + 0.22^2] = 0.53$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0.987$$

$$M_{BRd} = \chi_{LT} * \frac{W_{ply} * f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{BRd} = 0.987 * \frac{5.85 * 23.5}{1} = 135.69 \text{ kNcm} = 1.36 \text{ kNm}$$

$$M_{YEd} \leq M_{BRd}$$

$$0,66 \text{ kNm} \leq 1.36 \text{ kNm}$$

-uvjet zadovoljen

5.2.6 Granično stanje uporabljivosti (GSU) za gredu „2“ (40*40*3)

Provjera progiba grede od mjerodavne kombinacije opterećenja koja se sastoji od stalnog djelovanja, korisnog opterećenja, opterećenja od vjetra ili opterećenja na ogradu te horizontalne komponente opterećenja u x ili y smjeru i druge kombinacije koja se sastoji samo od promjenjivih opterećenja .

Najveći progib ove grede iznosi:

$$\rho = 118.43 \text{ mm (očitano iz Towera)}$$

Najveći dopušteni progib za ogradu (konzolno pričvršćena) iznosi:

$$\rho_{dop} = \frac{2L}{200}$$

Najveća duljina grede između 2 oslonca iznosi 14000mm.

$$\rho_{dop} = \frac{2 * 14000}{200} = 140 \text{ mm}$$

Uvjet nosivosti:

$$\rho \leq \rho_{dop}$$

$$118.43 \leq 140 \text{ mm}$$

-uvjet zadovoljava

Proračun čelične montažne tribine

Najveći progib ove grede za promjenjivo opterećenje iznosi:

$$\rho = 117.09 \text{ mm (očitano iz Towera)}$$

Najveći dopušteni progib za konzolno pričvršćenu gredu iznosi:

$$\rho_{2,dop} = \frac{2L}{250}$$

Najveća duljina grede između 2 oslonca iznosi 14000mm.

$$\rho_{2,dop} = \frac{2 * 14000}{250} = 118 \text{ mm}$$

Uvjet nosivosti:

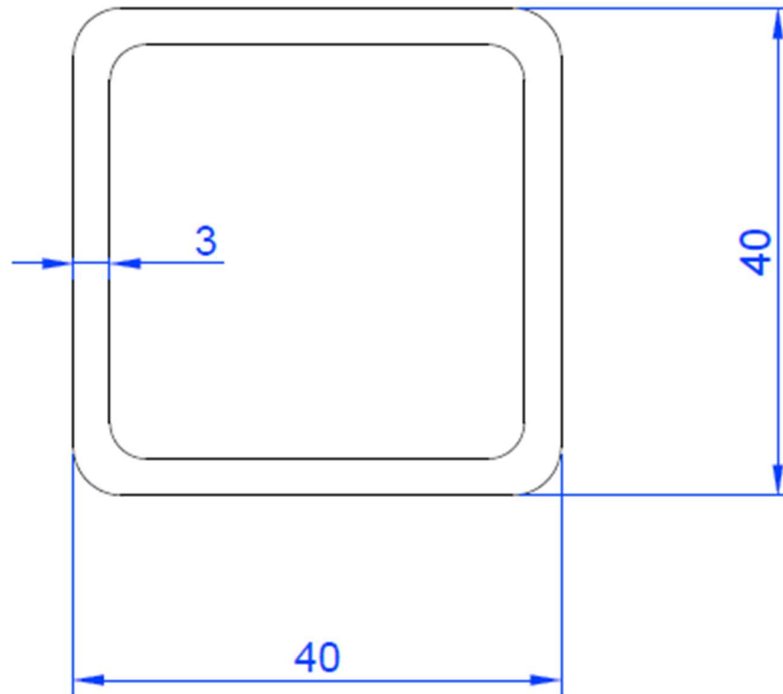
$$\rho \leq \rho_{2,dop}$$

$$117.09 \leq 118 \text{ mm}$$

-uvjet zadovoljava

5.3 Pozicija stup „3“

Šuplji kvadratni profil 40x40x3 mm



Slika 20. Slika kvadratnog čeličnog profila

Širina	40 mm
Visina	40 mm
Debljina stijenke	3 mm
Površina presjeka	4.23 mm ²
Wy	5.85 cm ³
Wz	5.85 cm ³

5.3.1 Klasifikacija poprečnog presjeka

Hrbat

$$c = h - 3t = 40 - 3 * 3 = 31 \text{ mm}$$

-Odnos visine i debljina hrpta:

$$\frac{c}{t} = \frac{31}{4} = 7,75$$

-uvjet za klasu 1:

$$\frac{c}{t} \leq 33\varepsilon \quad \varepsilon = 1 \text{ (čelik S 235)}$$

$$7,75 \leq 33$$

Hrbat → klasa 1

Pojasnica

$$c = b - 3t = 40 - 3 * 3 = 31 \text{ mm}$$

-Odnos visine i debljina hrpta:

$$\frac{c}{t} = \frac{31}{4} = 7,75$$

-uvjet za klasu 1:

$$\frac{c}{t} \leq 9\varepsilon \quad \varepsilon = 1 \text{ (čelik S 235)}$$

$$7,75 \leq 9$$

Pojasnica → klasa 1

Proračun čelične montažne tribine

5.3.2 Otpornost na tlak (stup „3“)

$$N_{cRd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{cRd} = \frac{4.23 * 23.5}{1} = 99.40 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} \leq N_{cRd}$$

$$5.68 \leq 99.40 \text{ kN}$$

-uvjet zadovoljen

5.3.3 Otpornost poprečnog presjeka na savijanje (stup „3“)

$$M_{CRd} = M_{plRd} = \frac{W_{ply} * f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$W_{ply} = W_{plz} = \frac{I_y}{z_{max}}$$

$$M_{CRd} = M_{plRd} = \frac{5.85 * 23.5}{1.0}$$

$$M_{CRd} = 137.48 \text{ kNcm} = 1.37 \text{ kNm}$$

$$M_{YEd} \leq M_{CRd}$$

$$1,15 \text{ kNm} \leq 1.37 \text{ kNm (y smjer)}$$

-uvjeti zadovoljen

Proračun čelične montažne tribine

5.3.4 Otpornost poprečnog presjeka na posmik (stup „3“)

Provjera izbočavanja:

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

$$\frac{28}{4} \leq 72 \frac{1}{1.2}$$

$$7 \leq 60$$

Nema izbočavanja

A_v – površina očitana iz autocada = 2.26 cm²

$$V_{plRd} = \frac{A_v * \frac{fy}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{plRd} = \frac{2.26 * \frac{23.5}{\sqrt{3}}}{1} = 30.66 \text{ kN}$$

$$3.32 \text{ kN} \leq 30.66 \text{ kN}$$

-uvjet zadovoljen

5.3.5 Otpornost poprečnog presjeka na izvijanje (stup „3“)

-izvijanje oko osi y:

$$L_{CR} = 450 \text{ mm} = 45 \text{ cm}$$

$$N_{cRy} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{L_{CR,y}^2}$$

$$N_{cRy} = \frac{\pi^2 * 21000 * 9.66}{45^2} = 988.71 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{Cr}}} = \sqrt{\frac{4.23 * 23.5}{988.71}} = 0.31$$

$$\frac{h}{b} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

$$\alpha_{LT} = 0.34$$

$$\phi_y = 0.5 * [1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2]$$

$$\phi_y = 0.5 * [1 + 0.34(0.31 - 0.2) + 0.31^2] = 0.57$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0.954$$

$$N_{bRd} = \chi_y * \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = 0.954 * \frac{4.23 * 23.5}{1} = 94.83 \text{ kN}$$

Proračun čelične montažne tribine

$$N_{Ed} \leq N_{bRd}$$

$$7.23 \leq 94.83 \text{ kN}$$

-uvjet zadovoljava

5.3.6 Otpornost na vlak (stup „3“)

$$N_{cRd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{cRd} = \frac{4.23 * 23.5}{1} = 99.40 \text{ kN}$$

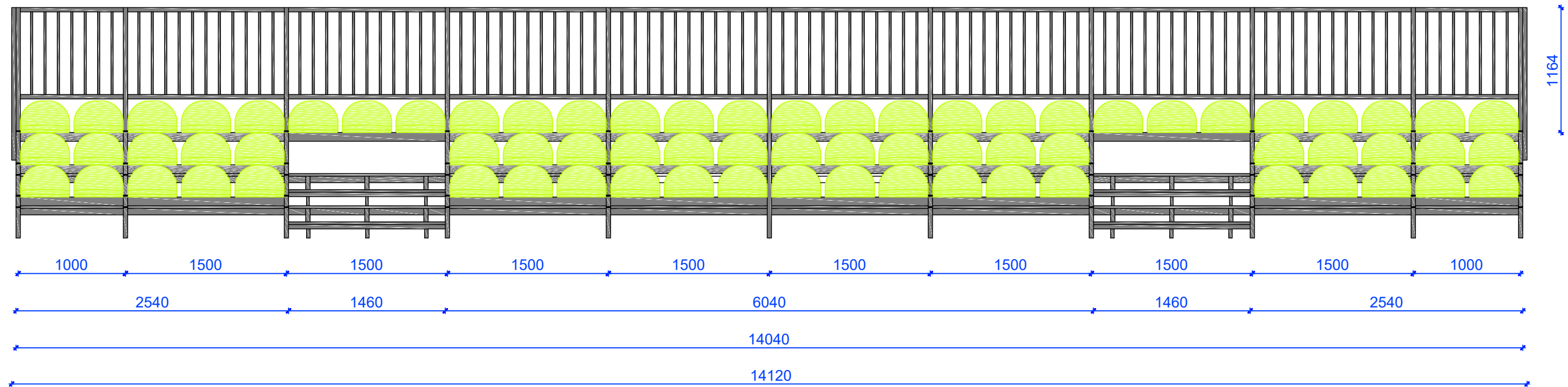
$$N_{Ed} \leq N_{cRd}$$

$$2.09 \leq 99.40 \text{ kN}$$

-uvjet zadovoljen

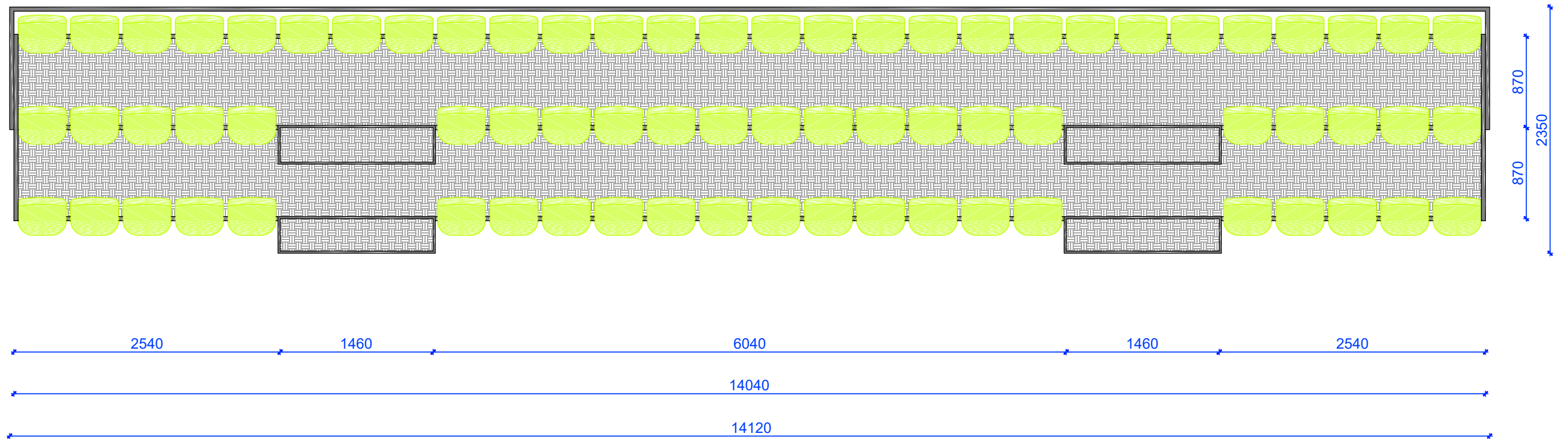
6.Nacrti

UZDUŽNI POGLED



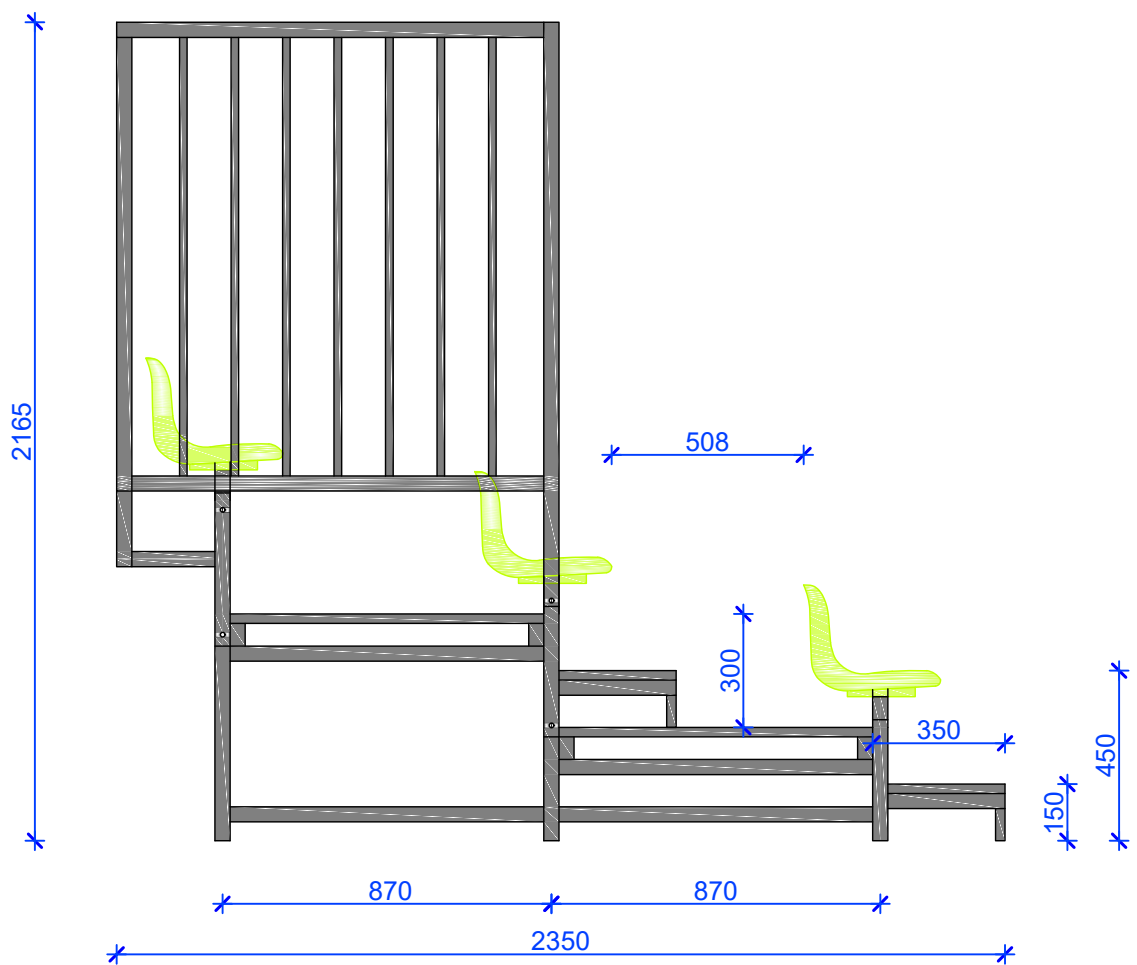
GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI	
PROJEKT ČELIČNE KONSTRUKCIJE	
Student: MARKO ŠTEFANČIĆ	PROJEKT ČELIČNE MONTAŽNE TRIBINE
Kolegij: ZAVRŠNI RAD	
Ak. god.: 2018/2019	
MJERILO: M 1:400	LIST BROJ: 1

TLOCRTNA DISPOZICIJA



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI	
PROJEKT ČELIČNE KONSTRUKCIJE	
Student: MARKO ŠTEFANČIĆ	PROJEKT ČELIČNE MONTAŽNE TRIBINE
Kolegij: ZAVRŠNI RAD	
Ak. god.: 2018/2019	
MJERILO: M 1:400	LIST BROJ: 2

POPREČNI PRESJEK



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI

PROJEKT ČELIČNE KONSTRUKCIJE

Student: MARKO ŠTEFANČIĆ

Kolegij: ZAVRŠNI RAD

Ak. god.: 2018/2019

MJERILO: M 1:200

PROJEKT ČELIČNE
MONTAŽNE TRIBINE

LIST BROJ: 3

7. Zaključak

U ovom završnom radu provedeno je određivanje nosivosti elemenata montažne čelične tribine dobivene iz nacrtu već postojećeg projekta. Provedbom analize mehaničke otpornosti i stabilnosti potvrđena je otpornost svih presjeka i stabilnost štapova konstrukcije. Dodatnu sigurnost nam daje činjenica da je stvarno opterećenje daleko manje nego ono standardno na koje se dimenzioniraju presjeci.

Statički proračun je proveden pomoću software-a Tower 7, a dimenzioniranje je provedeno ručnim proračunom.

Objekt je projektiran tako da se može sastaviti na bilo kojem području Republike Hrvatske.

Krajnji zaključak je da je tribina sigurna za korištenje prema svim normama te zadovoljava pravila struke, te se kao takva može koristiti na događanjima u Republici Hrvatskoj.

8. Literatura

[1] HRN EN 1991-1-1:2012, Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-1: Opća djelovanja -- Obujamske težine, vlastite težine i uporabna opterećenja zgrada (EN 1991-1-1:2002+AC:2009)

[2] HRN EN 13200-6:2013, Gledališta -- 6. dio: Rasklopive (privremene) tribine (EN 13200-6:2012)

[3] HRN EN 13200-5_2008, Spectator facilities -- Part 5: Telescopic stands (EN 13200-5:2006)

[4] Radimpex Tower 7

[5] Androić, B., Dujmović, D., Džeba, I., Čelične konstrukcije 1, IA projektiranje, Zagreb, 2009.

[6] Androić, B., Dujmović, D., Džeba, I., Čelične konstrukcije 2, IA projektiranje, Zagreb, 2007.

[7] Androić, B., Dujmović, D., Džeba, I., Metalne konstrukcije 3, IA projektiranje, Zagreb, 1998.