Proračun nosive konstrukcije reklamnog panoa

Tutić, Katarina

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:157:614662

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-23**

Image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository

zir.nsk.hr

UNIRI DIGITALNA KNJIŽNICA

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE U RIJECI

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Katarina Tutić

Proračun nosive konstrukcije reklamnog panoa

Završni rad

Rijeka, 2020

SVEUČILIŠTE U RIJECI

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Preddiplomski sveučilišni studij

Osnove čeličnih konstrukcija

Katarina Tutić

JMBG: 0114030698

Proračun nosive konstrukcije reklamnog panoa

Završni rad

Rijeka, 2020

SVEUČILIŠTE U RIJECI GF GRAĐEVINSKI FAKULTET

51000 Rijeka, Radmile Matejčić 3, Tel.: 051/265-900, Fax: 265-998, žiro račun br. 2360000-1101407882, MB 3395855, OIB 92037849504

Naziv studija: **Sveučilišni preddiplomski studij Građevinarstvo**
Znanstveno područje: Tehničke znanosti
Znanstveno polje: Građevinarstvo
Znanstvena grana: Nosive konstrukcije

Tema završnog rada

PRORAČUN NOSIVE KONSTRUKCIJE REKLAMNOG PANOA

DESIGN OF THE LOAD-BEARING STRUCTURE OF A BILLBOARD

Kandidat: **KATARINA TUTIĆ**

Kolegij: **OSNOVE ČELIČNIH KONSTRUKCIJA**

Završni rad broj: **20-P-02**

Zadatak:

Napraviti pregled i prikaz izvedenih primjera reklamnih panoa, načine oblikovanja središnjeg stupa, te reklamnog dijela konstrukcije. Dati prijedlog konstrukcije reklamnog panoa s cilindričnim stupom kontinuiranog poprečnog presjeka, te jednostavnom rešetkastom konstrukcijom. Provesti analizu djelovanja koristeći se svim važećim propisima. Modelirati konstrukciju panoa i stupa u programskom paketu Robot Structural Analysis Professional u kojemu treba provesti statički proračun. Provesti dimenzioniranje karakterističnih konstrukcijskih elemenata (stup i dva kritična elemenata u rešetkastoj konstrukciji) za granično stanje nosivosti i granično stanje uporabivosti koristeći se propisima za projektiranje čeličnih konstrukcija. Dati prijedlog karakterističnog detalja spajanja stupa na armiranobetonski temelj, opisati način izvođenja detalja, te provesti proračun nosivosti vijaka i zavara.

Tema rada je uručena: 24. veljače 2020.

Mentorica:

doc. dr. sc. Paulina Krolo,
dipl. ing. građ.

IZJAVA

Završni rad sam izradila samostalno, u suradnji s mentoricom 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.

Katarina Tutić

U Rijeci, 26. kolovoza 2020.

SADRŽAJ

1.UVOD 1
2. REKLMANI PANOI 2
2.1. Konstrukcija reklamnog panoa 3
3. ANALIZA DJELOVANJA VJETRA NA REKLAMNI PANO 8
4. ANALIZA DJELOVANJA VJETRA NA STUP 16
5. MODELIRANJE KONSTRUKCIJE PANOA I STUPA 25
6. DIMENZIONIRANJE ELEMENATA 27
6.1. Dimenzioniranje stupa 27
6.2. Dimenzioniranje elemenata rešetkaste konstrukcije reklamnog panoa 34
6.2.1. Donji pojas reklamnog panoa 34
6.2.2. Rešetkasta ispuna reklamnog panoa 44
7. DETALJ SPAJANJA STUPA NA BETONSKI TEMELJ 49
7.1. Opis priključka 49
7.2. Način izvođenja priključka 50
7.3. Proračun priključka 54
8. ZAKLJUČAK 62
9. LITERATURA 63

SAŽETAK

U ovom završnom radu napravljen je pregled različitih konstrukcijskih sustava reklamnog panoa. Cilj završnog rada je dati prijedlog konstrukcije reklamnog panoa, analizirati njegovo ponašanje pod djelovanjem karakterističnih opterećenja, te provesti dimenzioniranje konstrukcijskih elemenata. Provedeno je dimenzioniranje čelične konstrukcije reklamnog panoa smještenog u industrijskoj zoni grada Kutine. Djelovanja na konstrukciju izračunata su u skladu sa propisima EC1 i prema Nacionalnom dodatku koja su temeljena na podacima o geografskom položaju. Statički proračun izrađen je u računalnom programu Robot Structural Analysis. Dimenzioniranje elemenata provedeno je za granično stanje nosivosti (GSN) i granično stanje uporabljivosti (GSU). Na kraju je proveden proračun spoja stupa s temeljem.

Ključne riječi: statički proračun, reklamni pano, čelična konstrukcija, granično stanje nosivosti (GSN), granično stanje uporabljivosti (GSU)

SUMMARY

In this final paper, an overview of various construction systems of billboards is given. The aim of the final work is to propose a billboard structure, to analyze its behavior under the action of characteristic loads, and to carry out the sizing of structural elements. The design of the steel billboard structure that is located in the industrial zone of the city of Kutina was carried out. The loads on the structure are calculated in accordance with the regulations of EC1 and according to the National Annex, which are based on data on geographical location. Static calculation was made in the computer program Robot Structural Analysis. The sizing of the elements was performed for the Ultimate Limit State (ULS) and the Serviceability Limit State (SLS). Finally, a calculation of column base connection was carried out.

Keywords: static calculation, billboard, steel structure, Ultimate Limit States (ULS), Serviceability Limit States (SLS)

Popis tablica

Tablica 1. Kategorije terena i parametri terena [22]

Tablica 2. Vrijednost faktora krajnjeg učinka

Tablica 3. Faktor hrapavosti

Tablica 4. Srednja brzina vjetra

Tablica 5. Intenzitet turbulencije

Tablica 6. Tlak vršne brzine

Tablica 7. Faktor izloženosti

Tablica 8. Brzina vjetra

Tablica 9. Reynoldsov broj

Tablica 10. Tipične vrijednosti krivulja sa slike 26. [23]

Tablica 12. Koeficijent vanjskog tlaka

Tablica 13. Koeficijent vanjskog tlaka c_{pe} za $0° \leq \alpha \leq \alpha_{min}$

Tablica 14. Faktor efekta ruba $\Psi\lambda\alpha$ za $\alpha_{min} \leq \alpha \leq \alpha_A$

Tablica 15. Koeficijent vanjskog tlaka cpe za $\alpha_{min} \leq \alpha \leq \alpha_A$

Tablica 16. Koeficijent vanjskog tlaka cpe za $\alpha_A \leq \alpha \leq 180$

Tablica 17. Pritisak vjetra we za $0° \leq \alpha \leq \alpha_{min}$

Tablica 18. Pritisak vjetra we za $\alpha_{min} \leq \alpha \leq \alpha_A$

Tablica 19. Pritisak vjetra za $\alpha_A \leq \alpha \leq 180°$

Tablica 20. Dimenzije i statičke veličine profila CHS 610 x 40 mm tipa S275 na stupu [28]

Tablica 21. Vrijednosti sila koje se uzimaju u proračun pri dimenzioniranju stupa

Tablica 22. Faktor imperfekcije α [27]

Tablica 23. Dimenzije i statičke veličine profila IPE 100 mm tipa S275 [28]

Tablica 24. Vrijednosti sila koje se uzimaju u proračun pri dimenzioniranju IPE profila

Tablica 25. Dimenzije i statičke veličine profila UPE 80 mm tipa S275 [28]

Tablica 26. Vrijednosti sila koje se uzimaju u proračun pri dimenzioniranju UPE profila

Tablica 27. Dimenzije i statičke veličine profila SHS 80x80x5 mm tipa S275 [28]

Tablica 28. Vrijednosti sila koje se uzimaju u proračun pri dimenzioniranju SHS 80x80x5 profila

Popis slika

Slika 1. Drveni reklamni pano

Slika 2. Komponente konstrukcije reklamnog panoa

Slika 3. Tlocrt paralelne izvedbe

Slika 4. Primjer paralelne izvedbe

Slika 5. Tlocrt V izvedbe

Slika 6. Primjer V izvedbe

Slika 7. Tlocrt trokutaste izvedbe

Slika 8. Primjer Trokutaste izvedbe

Slika 9. Izvedba stupa na sredini

Slika 10. Primjer izvedbe stupa na sredini

Slika 11. Izvedba „polu zastava“

Slika 12. Primjer izvedbe „polu zastava“

Slika 13. Izvedba „zastava“

Slika 14. Primjer izvedbe „zastava“

Slika 15. Izvedba „produžena zastava“

Slika 16. Primjer izvedbe „produžena zastava“

Slika 17 Rešetkasta reklamna površina

Slika 18 Punostijena drvena reklamna površina

Slika 19. Digitalni zaslon

Slika 20. Metalni okvir

Slika 21. Reklamni pano sa zadanim dimenzijama

Slika 22: Područje opterećenja vjetrom s obzirom na osnovnu brzinu vjetra $v_{b,0}$

Slika 23. Reklamni pano s potrebnim dimenzijama

Slika 24. Djelovanje vjetra na reklamni pano

Slika 25. Vrijednosti faktora krajnjeg učinka Ψ_λ kao funkcija omjera čvrstoće φ i vitkosti λ

Slika 26. Raspodjela tlaka na valjku pri različitim vrijednostima Reynoldsovih brojeva i beskonačnoj vitkosti

Slika 27. Reklamni pano u programu Robot

Slika 28. Dijagram uzdužnih sila

Slika 29. Dijagram poprečnih sila

Slika 30. Dijagram momenata u z smjeru

Slika 31. Poprečni presjek stupa CHS 508 x 25 mm [28]

Slika 32. Izvijanje stupa

Slika 33. Tlocrt donjeg pojasa reklamnog panoa

Slika 34. Profil IPE 100 [28]

Slika 35. Izvijanje elementa

Slika 36. Profil UPE 80 [28]

Slika 37. Izvijanje kosog elementa

Slika 38. Tlocrt gornjeg pojasa reklamnog panoa

Slika 39. Profil SHS 80x80x5 [28]

Slika 40. Izvijanje vertikalnog elementa

Slika 41. Primjer izvedbe spoja stupa i temelja [29]

Slika 42. Oplata za temelj i priprema sidrenih vijaka za betoniranje [30]

Slika 43. Betoniranje temelja [30]

Slika 44. Uklanjanje gornjeg reda matica i oplate [30]

Slika 45. Postavljanje stupa [32]

Slika 46. Podlijevanje morta ispod bazne ploče [32]

Slika 47. Izvedba stupa na temelj [31]

Slika 48. Nacrt izvedbe priključka stupa i temelja

Slika 49. Tlocrt izvedbe priključka stupa i temelja

Slika 50. Model priključka stupa i temelja

Slika 51. Vlačna sila na najopterećnijem vijku

Slika 52. Djelovanje sila N_2

1.UVOD

U današnje vrijeme reklame su prisutne svuda oko nas. Svrha reklame je da na razne načine prikaže i prezentira publici proizvod ili uslugu koja se prodaje, pri čemu je reklamni pano jedan od često odabranih načina reklamiranja. Reklamni panoi jedan su od najstarijih načina oglašavanja. Reklamni panoi ili češće zvani billboardi popularno su sredstvo oglašavanja koje se nalazi na otvorenom, često u blizini prometnice ili autoceste [1]. Iako su se reklamni panoi tijekom godina drastično promijenili, njihova je svrha ostala ista. Reklamne panoe i danas nalazimo svuda oko nas i to u raznim oblicima koji će se spomenuti u nastavku ovoga rada. Danas se uglavnom rade reklamni panoi velikih gabarita te će iz tog razloga fokus ovoga rada biti na njima.

Cilj ovog rada je prikazati ponašanje reklamnog panoa u zadanim uvjetima i dimenzionirati ga kako bi bio mehanički otporan i stabilan. U prvom dijelu ovoga rada napravljen je pregled konstrukcija reklamnih panoa. Drugi i treći dio vezani su uz analizu djelovanja vjetra na konstrukciju reklamnog panoa i stup. U četvrtom dijelu konstrukcija panoa i stupa modelira se u programskom paketu Robot structural analysis professional. Peti dio vezan je uz proračun otpornosti svih elemenata konstrukcije. Na kraju dan je prijedlog izvedbe spoja stupa i temelja uz pomoć programskog paketa Robot structural analysis professional.

2. REKLMANI PANOI

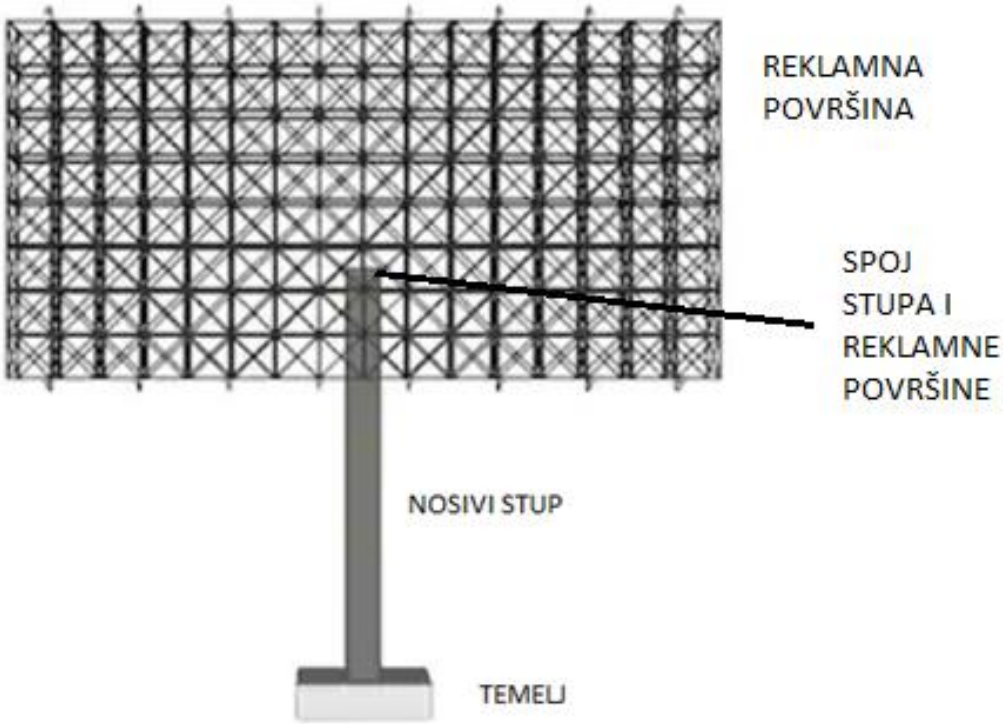
Reklamni pano je uobičajeni pojam koji se koristi za opisivanje vrste vanjskog oglašavanja na autocestama, cestama i u gradovima, tako da ih vidi veći broj pješaka i vozača. Reklamni panoi mogu biti samostojeći, montirani na zgrade ili pričvršćeni na druge građevine. Samostojeći reklamni panoi su oni čija se reklamna površina oslanja na nosive stupove. Na reklamnom panou nalazi se reklama koja je najčešće naslikana na platnu, ali može biti i u digitalnom obliku [1].

Najstariji poznati pano nalazio se u egipatskom gradu Tebi prije više od 3000 godina. Panoi u prošlosti nisu imali reklamnu ulogu. Reklamni panoi kakve danas poznajemo počeli su se koristiti 1790-tih razvojem litografije [2]. Nosiva konstrukcija reklamnog panoa do 20-tog stoljeća bila je drvena (Slika 1). Za konstrukciju reklamnih panoa još se uvijek koristi drvo ali i čelik koji se počeo primjenjivati od 1913. godine razvojem oglašavanja u Americi [3]. Zbog boljih svojstava i jednostavnosti izgradnje danas se više koristi čelik, dok su drveni reklamni panoi puno rjeđi. Čelik je jedan od najvažnijih materijala koji se koristi u gradnji panoa, jer čini potporni okvir i osigurava da je cijela konstrukcija čvrsta i sigurna. Čelik je idealan materijal jer ostaje uspravan pri jakim vjetrovima i dovoljno je lagan da se ne ruši pod vlastitom težinom.

Slika 1. Drveni reklamni pano [4]

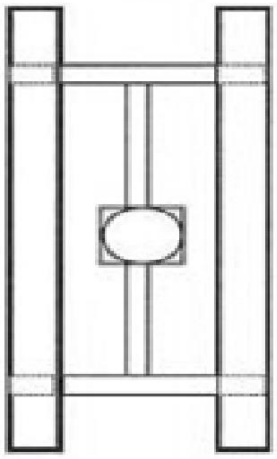
2.1. Konstrukcija reklamnog panoa

Osnovna konstrukcija reklamnog panoa kao što je prikazano na slici 2 sastoji se od nosivog stupa, reklamne površine, spoja stupa s reklamnom površinom i temelja. Kod samostojećih reklamnih panoa reklamna površina nalazi se na stupovima koji imaju visinu od 6 do 30 m. Nosivi stup koji nosi cijelu konstrukciju najvažnija je komponenta u cijeloj konstrukciji. Stupovi moraju biti dovoljno stabilni da izdrže pritisak vjetra. Stupovi reklamnog panoa danas se uglavnom izvode od čeličnih cijevi kružnog poprečnog presjeka. S obzirom na visoku koncentraciju naprezanja u području spoja stupa i reklamne površine, njihov se spoj uglavnom izvodi vijcima ili varenjem [5].

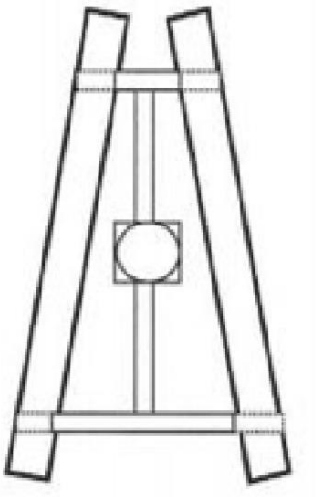


Slika 2. Komponente konstrukcije reklamnog panoa [6]

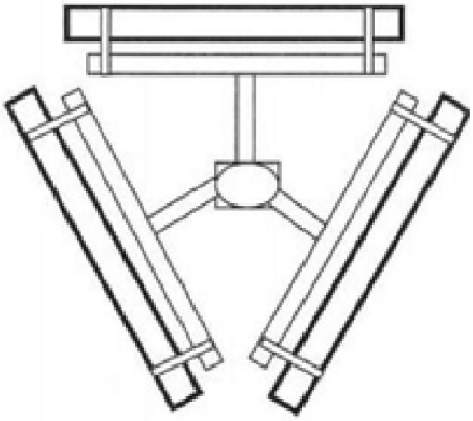
Konstrukcija reklamnog panoa može se sastojati od jednog ili više nosivih stupova. Ovisno o položaju reklamne površine kod konstrukcija s jednim stupom može se razmatrati paralelna izvedba (Slike 3. i 4.), V izvedba (Slike 5. i 6.) ili trokut izvedba (Slike 7 i 8) [7]. Reklamne površine na sebi osim reklame sadrže i rasvjetnu opremu. Najčešće dimenzije reklamne površine su: 3x12, 4x12, 5x12, 5x10, 5x15 (metara) [8].



Slika 3. i Slika 4. Tlocrt paralelne izvedbe (lijevo) [9] Primjer paralelne izvedbe (desno) [10]



Slika 5. i Slika 6. Tlocrt V izvedbe (lijevo) [9] Primjer V izvedbe (desno) [11]

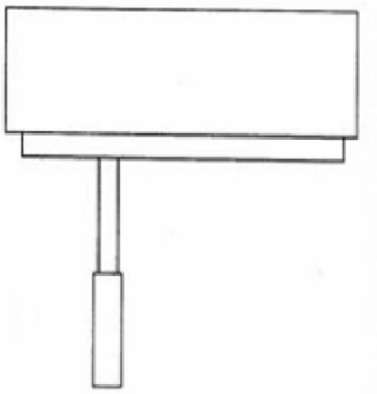


Slika 7. i Slika 8. Tlocrt trokutaste izvedbe (lijevo) [9] Primjer trokutaste izvedbe (desno) [12]

Paralelna izvedba reklamnih panoa omogućuje različite položaje nosivog stupa. S obzirom na njegov položaj razlikujemo: stup na sredini (Slika 9. i 10.), stup izmaknut na jednu stranu „polu zastava“ (Slika 11. i 12.), stup na rubu panoa „zastava“ (Slika 13.i 14.) i stup izvan gabarita reklamnog panoa „produžena zastava“ (Slika 15. i 16.) [13].

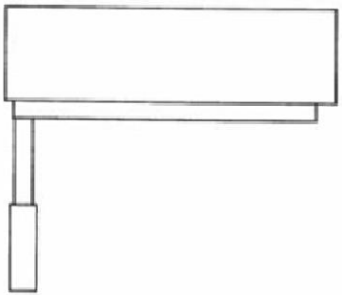
Slika 9. i Slika 10. Izvedba stupa na sredini (lijevo) [13] i

Primjer izvedbe stupa na sredini (desno) [14]



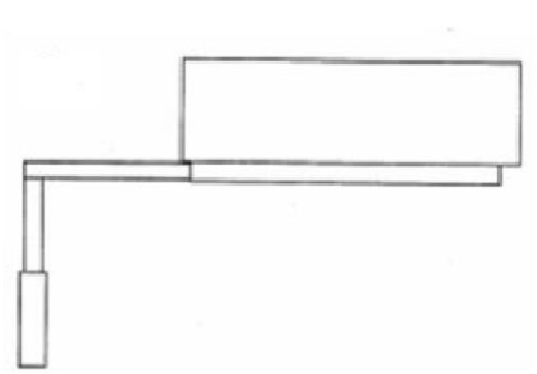
Slika 11. i Slika 12. Izvedba „polu zastava“ (lijevo) [13] i

Primjer izvedbe „polu zastava“ (desno) [15]



Slika 13. i Slika 14. Izvedba „zastava“ (lijevo) [13] i

Primjer izvedbe „zastava“ (desno) [16]



Slika 15. i Slika 16. Izvedba „produžena zastava“ (lijevo) [13] i

Primjer izvedbe „produžena zastava“ (desno) [17]

Postoje razni načini izvedbe reklamne površine. Najveći raspon imaju rešetkaste reklamne površine. One se izvode od čelika koji kao lagan materijal može osigurati postizanje velikih dimenzija (Slika 17.). Česta je izvedba punostijenih reklamnih površina koji se izvode od čelika ili sve rjeđe drveta (Slika 18.). Danas je sve popularnije korištenje digitalne reklamne površine čiji je digitalni zaslon pridržan metalnim okvirom koji je oslonjen na nosivi stup (Slika 19. i 20.) [7].

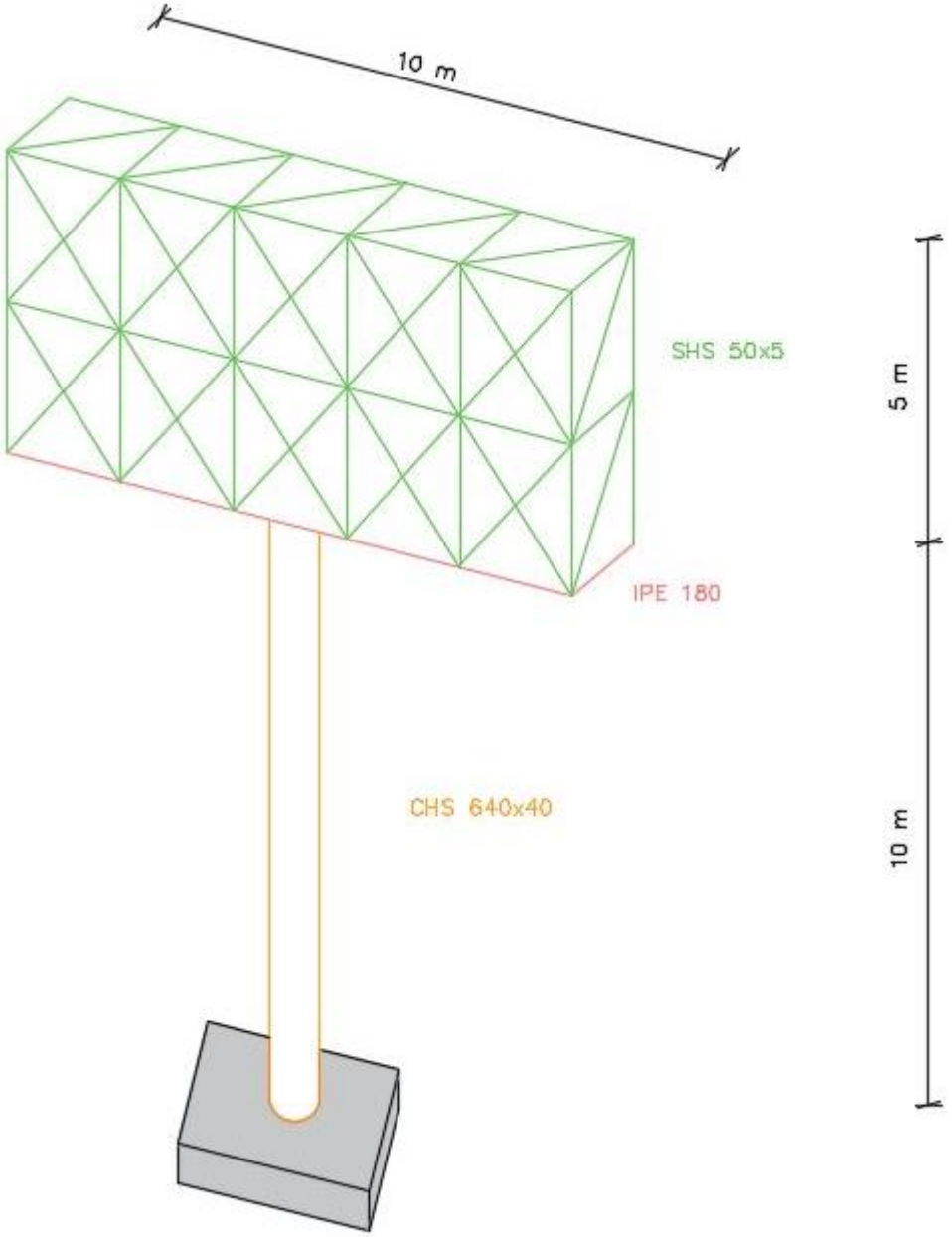
Slika 17. Rešetkasta reklamna površina [18]

Slika 18. Punostijena drvena reklamna površina [19]

Slika 19 i Slika 20. Digitalni zaslon (lijevo) [20] i Metalni okvir (desno) [21]

3. ANALIZA DJELOVANJA VJETRA NA REKLAMNI PANO

Analiza djelovanja vjetra provedena je za reklamni pano prikazan na slici 21. Reklamni pano nalazi se u industrijskoj zoni grada Kutine. Visina stupa do rešetke reklamnog panoa iznosi 10 m, dok reklamna površina ima dimenzije 10x5 m. Analiza vjetra provedena je prema HRN EN 1991-1-4:2012/NA, 2012.



Slika 21. Reklamni pano sa zadanim dimenzijama [6]

Osnovna brzina vjetra v_b računa se po formuli (1) preuzetoj iz [22]:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b.o} \tag{1}$$

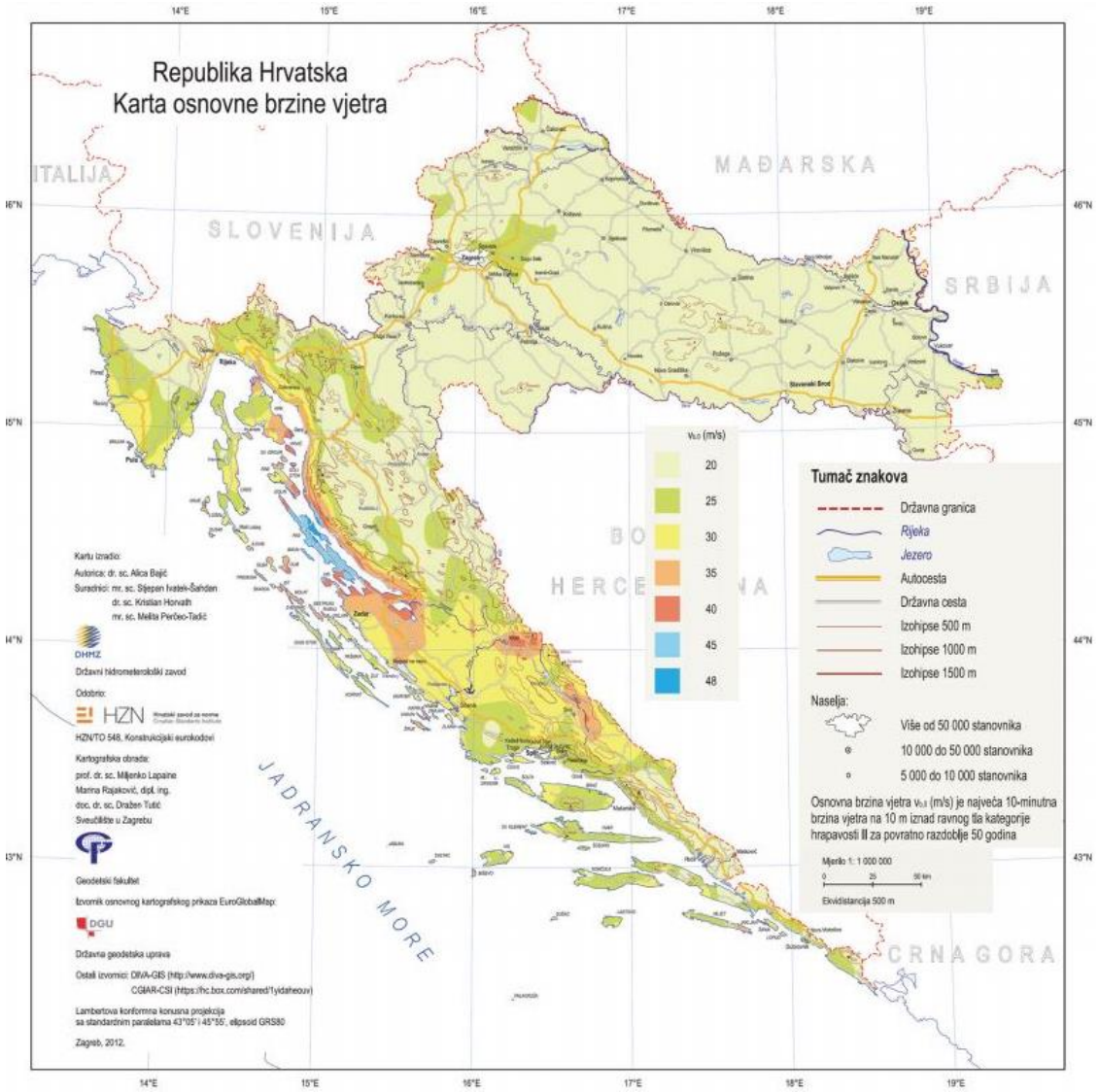
gdje je:

c_{dir} koeficijent smjera vjetra (c_{dir} = 1,00)

c_{season} koeficijent ovisan o godišnjem dobu (c_{season} = 1,00)

$v_{b,0}$ temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra

Temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra očitana na karti osnovne brzine vjetra (Slika 21) za lokaciju grada Kutine iznosi $v_{b,0}$ = 20 m/s.



Slika 22: Područje opterećenja vjetrom s obzirom na osnovnu brzinu vjetra $v_{b,0}$ [22]

Izračun osnovne brzine vjetra v_b :

$$v_b = 1 \cdot 1 \cdot 20\, m/s$$

$$v_b = 20\, m/s$$

Koeficijent izloženosti $c_{e(z)}$ određuje se s obzirom na zonu koja je ovisna o parametrima i kategorijama terena (Tablica 1) .

Tablica 1. Kategorije terena i parametri terena [22]

KATEGORIJA TERENA		z_o (m)	z_{min} (m)
0	More ili priobalna područja izložena otvorenom moru	0,003	1
I	Jezera ili ravna i horizontalno položena područja sa zanemarivom vegetacijom i bez prepreka	0,01	1
II	Područja s niskom vegetacijom, npr. travom, i izoliranim preprekama (drveće, zgrade) s razmakom najmanje 20 visina prepreka	0,05	2
III	Područja sa stalnim pokrovom od vegetacije ili zgrada ili područja s izoliranim preprekama s razmakom najviše 20 visina prepreka (npr. sela, predgrađa, stalna šuma)	0,3	5
IV	Područja s najmanje 15 % površine pokrivene zgradama čija prosječna visina premašuje 15 m	1,0	10

Industrijsko područje grada Kutine spada u III kategoriju terena (zonu) prema gornjoj tablici.

Referentna visina djelovanja vjetra z_e nalazi se na sredini reklamnog panoa, što se može vidjeti iz slike 23. Referentna visina računa se prema formulaciji (2) preuzetoj iz [23].

$$z_e = z_g + h / 2 \qquad (2)$$

gdje je:

z_e referentna visina djelovanja vjetra

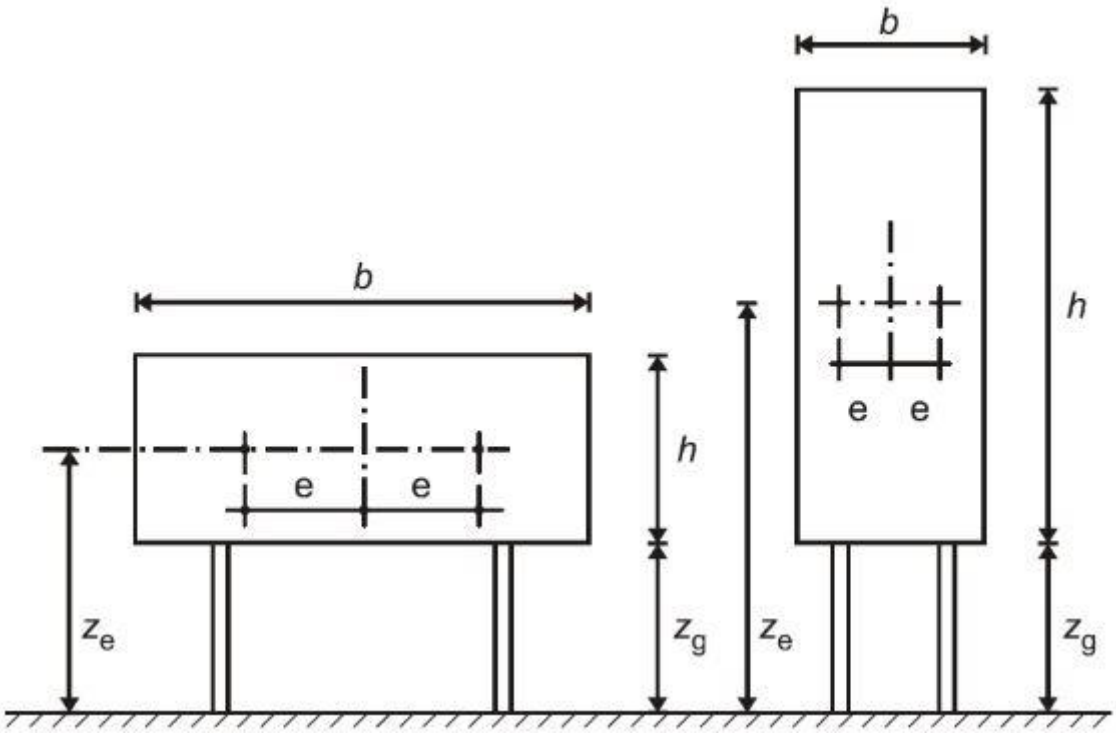
z_g visina stupa do reklamnog panoa

h visina reklamne površine

Izračun referentne visine djelovanja vjetra prema izrazu (2) iznosi:

$$z_e = 10\,m + \frac{5}{2}\,m$$

$$z_e = 12{,}50\,m$$



Slika 23. Reklamni pano s potrebnim dimenzijama [23]

Duljina hrapavosti z_0 i najmanja visina z_{min} ovise o kategoriji terena. Za kategoriju terena III, odgovarajuće vrijednosti su z_0 = 0,30 m i z_{min} = 5,00 m. Faktor trenja k_r ovisi o duljini hrapavosti i izračunava se prema sljedećem izrazu (3) preuzetom iz [22].

$$k_r = 0{,}19 \cdot (z_0 \,/\, z_{0,II})^{0{,}07} \qquad (3)$$

gdje je:

k_r faktor trenja

z_0 duljina hrapavosti

$z_{0,II}$ duljina hrapavosti za II kategoriju terena ($z_{0,II}$ = 0,05 m)

Izračun faktora trenja prema izrazu (3) iznosi:

$$k_r \;=\; 0{,}19 \;\cdot\; (0{,}30\; m \;/\; 0{,}05\; m) \cdot 0{,}07$$

$$k_r \;=\; 0{,}215$$

Faktor hrapavosti $c_r\,(z_e)$ ovisi o referentnoj visi terena z_e što vidimo u formuli (4) koja je preuzeta iz [22].

$$c_{r(ze)} \;=\; k_r \;\cdot\; ln(z_e \;/\; z_0) \qquad (4)$$

Izračun faktora hrapavosti:

$$c_{r(ze)} \;=\; 0{,}215 \;\cdot\; ln\,(12{,}50\; m \;/\; 0{,}30\; m)$$

$$c_{r(ze)} \;=\; 0{,}80$$

Srednja brzina vjetra $v_m(z_e)$ (5) proporcionalna je faktoru hrapavosti $c_r\,(z_e)$, faktoru vertikalne razvedenosti terena $c_0(z_e)$ i osnovnoj brzini vjetra v_b [22].

$$v_{m(ze)} = \; c_{r(ze)} \;\cdot\; c_{0(ze)} \;\cdot\; v_b \qquad (5)$$

U sljedećim proračunima faktor vertikalne razvedenosti terena smatra se $c_0(z_e)$= 1,00.

Izračun srednje brzine vjetra:

$$v_{m(ze)} = \; 0{,}80 \;\cdot\; 1{,}00 \;\cdot\; 20\; m/s$$

$$v_{m(ze)} = \; 16{,}07\; m/s$$

Intenzitet turbulencije na referentnoj visini $I_v(z_e)$ računa se prema izrazu (6) preuzetog iz [22].

$$I_{v(ze)} \;=\; k_I \;/\; [\; c_{0(ze)} \;\cdot\; ln(z_e \;/\; z_0)\;] \qquad (6)$$

Faktor turbulencije u proračunu se uzima kao k_I = 1,00.

Izračun intenziteta turbulencije:

$$I_{v(ze)} = 1{,}00 \ / \ [\ 1{,}00 \ \cdot \ ln\ (\ 12{,}50\ m \ / \ 0{,}30\ m)\ ]$$

$$I_{v(ze)} = 0{,}268$$

Osnovni tlak q_b izazvan osnovnom brzinom vjetra dobiva se prema sljedećoj formuli (7) preuzetoj iz [22]:

$$q_b = \frac{1}{2}\ \rho_{zrak} \ \cdot v_{b2} \tag{7}$$

Gustoća zraka poprima vrijednost ρ_{zrak} = 1,25 kg/m^3.

Izračun osnovnog tlaka zraka:

$$q_b = \frac{1}{2} \ \cdot 1{,}25 \ \cdot \ 202$$

$$q_b = 0{,}250\ kN/m^2$$

Tlak vršne brzine na referentnoj visini $q_p(z_e)$ računa se prema izrazu (8) preuzetog iz [22].

$$q_{p(ze)} = (1 + 7 \cdot I_{v(ze)}) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot {v_{m(ze)}}^2 \tag{8}$$

Izračun tlaka vršne brzine:

$$q_{p(ze)} = (1 + 7 \cdot 0{,}268) \cdot \frac{1}{2} \cdot 1{,}25\ kg/m^3 \cdot (16{,}07\ m/s)^2$$

$$q_{p(ze)} = 0{,}464\ kN/m^2$$

Faktor izloženosti $c_e(z_e)$ u izrazu (9) računa se kao odnos tlaka pri vršnoj brzini $q_p(z_e)$ i tlaka pri osnovnoj brzini q_b prema [22].

$$c_{e(ze)} = q_{p(ze)} \ / \ q_b \tag{9}$$

Izračun faktora izloženosti:

$$c_{e(ze)} = (0{,}464\ kN/m^2\ )/\ (0{,}25\ kN/m^2)$$

$$c_{e(ze)} = 1{,}86$$

Koeficijent sile c_f naveden je u [23] i ovisi o vrsti konstrukcije ili konstrukcijskog elementa na kojeg djeluje vjetar. Za reklamne panoe $z_g \geq h$ / 4 ili b / $h \leq 1$, koeficijent sile iznosi c_f = 1,80. Za promatrani reklamni pano ispunjen je prvi uvjet $z_g \geq h$ / 4, stoga se usvaja vrijednost c_f = 1,80.

Pritisak vjetra w_e računa se prema [22] prema izrazu (10). Na slici 24 prikazano je kako pritisak vjetra djeluje na zadani reklamni pano.

$$w_e = c_f \cdot q_p(ze) \tag{10}$$

Izračun pritiska vjetra:

$$w_e = 1{,}80 \cdot 0{,}464\ kN/m^2$$

$$w_e = 0{,}835\ kN/m^2$$

Referentno područje za djelovanje vjetra A_{ref} je područje opterećeno vjetrom na reklamnom panou koje se računa prema formuli (11).

$$A_{ref} = b \cdot h \tag{11}$$

Izračun površine reklamnog panoa:

$$A_{ref} = 10\ m \cdot 5\ m$$

$$A_{ref} = 50\ m^2$$

Ukupna sila vjetra na konstrukciju reklamnog panoa F_w (Slika 24) računa se po formuli (12) prema [23].

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(ze) \cdot A_{ref} \tag{12}$$

Faktor konstrukcije $c_s c_d$ određuje se u skladu s [23]. Za građevine niže od 15 m vrijednost $c_s c_d$ može se uzeti kao 1,00.

Izračun sile vjetra na reklamni pano:

$$F_w = 1{,}00 \cdot 1{,}80 \cdot 0{,}464\ kN/m^2 \cdot 50{,}00\ m^2$$

$$F_w = 41{,}77\ kN$$

Ukupni moment prevrtanja M_w koji djeluje na dnu konstrukcije jednak je momentu prevrtanja koji odgovara ukupnom učinku djelovanja vjetra (13) prema [23].

$$M_w = F_w \cdot (z_g + h / 2) \tag{13}$$

Izračun ukupnog momenta prevrtanja:

$$M_w = 41{,}77\ kN \cdot (10{,}00\ m + 5{,}00\ m / 2)$$

$$M_w = 522{,}16\ kNm$$

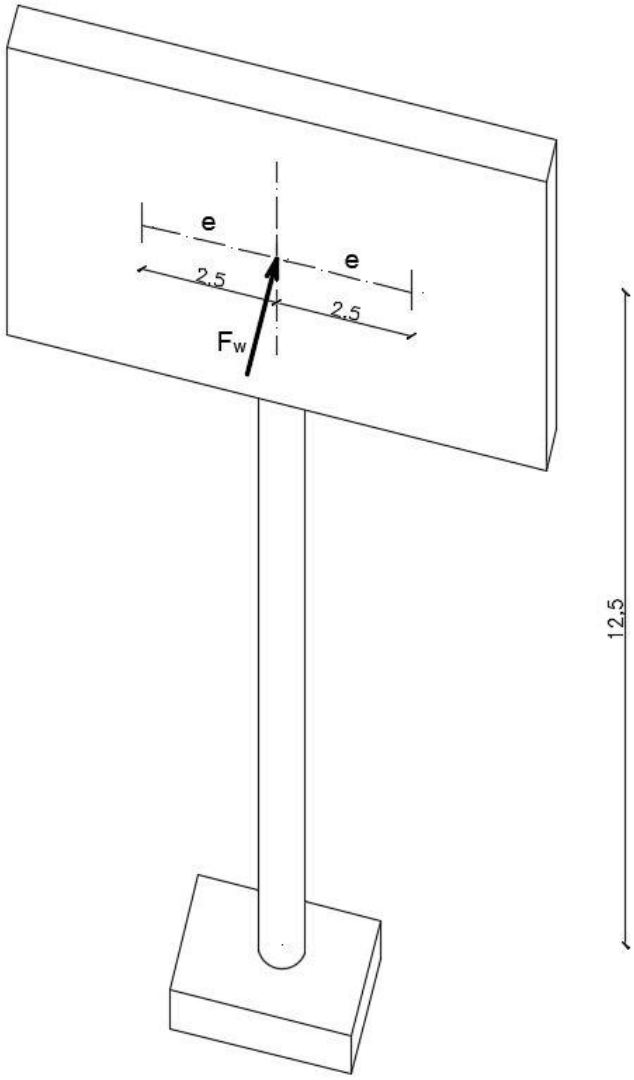
Prema[23], rezultantnu silu na reklamni pano treba uzeti na način da djeluje s vodoravnom ekscentričnošću $e = \pm\ 0{,}25\ b$. Ukupni torzijski moment T_w koji djeluje na dnu konstrukcije računa se prema izrazu (14).

$$T_w = \pm 0{,}25 \cdot b \cdot F_w \tag{14}$$

Izračun torzijskog momenta:

$$T_w = \pm 0{,}25 \cdot 10{,}00\ m \cdot 41{,}77\ kN$$

$$T_w = 104{,}43\ kNm$$



Slika 24. Djelovanje vjetra na reklamni pano

4. ANALIZA DJELOVANJA VJETRA NA STUP

Analiza djelovanja vjetra provedena je za konstrukciju stupa reklamnog panoa. Stup ima visinu 12 metara, od kojih su zadnja 2 metra spoj reklamnog panoa i stupa. Stup ima kružni poprečni presjek promjera 508 mm. Proračun stupa proveden je prema HRN EN 1991-1-4:2012/NA, 2012 [22] za visine z_1=2, z_2=4, z_3=6, z_4=8 i z_5=10 metara.

Koeficijent vanjskog tlaka c_{pe} za kružni poprečni presjek se računa prema izrazu (15).

$$c_{pe} = c_{p,0} * \Psi_{\lambda\alpha} \tag{15}$$

gdje je:

$c_{p,0}$ - koeficijent vanjskog tlaka (Slika 27) koji ovisi o Reynoldsovom broju

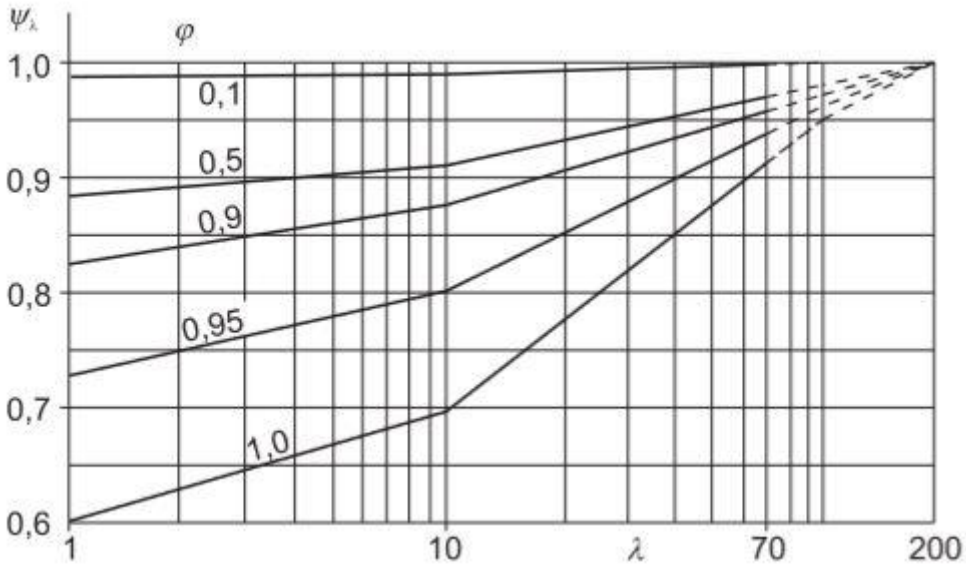
$\psi_{\lambda\alpha}$ - faktor efekta ruba, zadan sljedećim izrazima (16):

$$\psi_{\lambda\alpha} = 1 \qquad \text{za } 0^\circ \le \alpha \le \alpha_{\min}$$

$$\psi_{\lambda\alpha} = \psi_\lambda + (1-\psi_\lambda)\cdot\cos\left[\frac{\pi}{2}\cdot\left(\frac{\alpha-\alpha_{\min}}{\alpha_A-\alpha_{\min}}\right)\right] \qquad \text{za } \alpha_{\min} < \alpha < \alpha_A$$

$$\psi_{\lambda\alpha} = \psi_\lambda \qquad \text{za } \alpha_A < \alpha < 180^\circ$$

Faktor učinka ψ_λ uzima u obzir smanjeni otpor konstrukcije uslijed strujanja vjetra oko kraja (krajnji efekt). Vrijednost ψ_λ iščitava se prema slici 26. Za čvrste strukture (tj. omjer čvrstoće φ = 1,00) vrijednost faktora krajnjeg učinka za različite visine dana je u tablici 2.



Slika 25. Vrijednosti faktora krajnjeg učinka Ψ_λ
kao funkcija omjera čvrstoće φ i vitkosti λ [23]

Tablica 2. Vrijednost faktora krajnjeg učinka

referentna visina	Ψ_λ
z_1	0,660
z_2	0,690
z_3	0,718
z_4	0,749
z_5	0,773

Reynoldosv broj karakterizira strujanje zraka oko objekta. Za protok zraka oko cilindričnih objekta Raynoldsov broj se računa po formuli (17).

$$R_e = b \cdot v_{(ze)} / \nu \tag{17}$$

Kinematička viskoznost zraka iznosi ν = 15.0 ×10^{-6} m^2/s.

Za izračun Reynoldosvog broja potrebna je najveća brzina vjetra *v(ze)* (18) na referentnoj visini z_e za koju je potrebno provesti izračun tlaka vršne brzine $q_p(ze)$.

$$v_{(ze)} = [2 \cdot q_p(ze) / \rho]^{0,5} \tag{18}$$

Vrijednosti faktora hrapavosti izračunate su prema izrazu (4) za visine z_1-z_5 te su dane u Tablici 3.

Tablica 3. Faktor hrapavosti

Z [m]	Cr (z)
2	0,606
4	0,606
6	0,645
8	0,707
10	0,755

Izračun srednje brzine vjetra prema (5) za visine z_1-z_5 (Tablica 4):

Tablica 4. Srednja brzina vjetra

z[m]	Vm[m/s]
2	**12,12**
4	**12,12**
6	**12,90**
8	**14,14**
10	**15,11**

Izračun intenziteta turbulencije prema (6) za visine z_1-z_5 (Tablica 5):

Tablica 5. Intenzitet turbulencije

z[m]	Iv(z)
2	**0,355**
4	**0,355**
6	**0,334**
8	**0,305**
10	**0,285**

Izračun tlaka vršne brzine prema (8) za visine z_1-z_5 (Tablica 6):

Tablica 6. Tlak vršne brzine

z[m]	qp[N/m^2]
2	**320,21**
4	**320,21**
6	**347,30**
8	**391,61**
10	**427,30**

Izračun faktora izloženosti prema (9) za visine z_1-z_5 (Tablica 7):

Tablica 7. Faktor izloženosti

z[m]	ce(z)
2	**1,28**
4	**1,28**
6	**1,39**
8	**1,57**
10	**1,71**

Izračun brzine vjetra (18) za visine z_1-z_5 (Tablica 8):

Tablica 8. Brzina vjetra

z[m]	v[m/s]
2	**22,64**
4	**22,64**
6	**23,57**
8	**25,03**
10	**26,15**

Izračun Reynoldosvog broja prema (17) za visine z_1-z_5 (Tablica 9):

Tablica 9. Reynoldsov broj

z(m)	Re(ze)
2	**766572,427**
4	**766572,427**
6	**798335,505**
8	**847731,167**
10	**885517,959**

Uz pomoć dijagrama sa slike 27 i tablice 10, na temelju izračunatog Reynoldsovog broja određene su sljedeće vrijednosti (Tablica 11):

α_{min} - mjesto najmanjeg tlaka

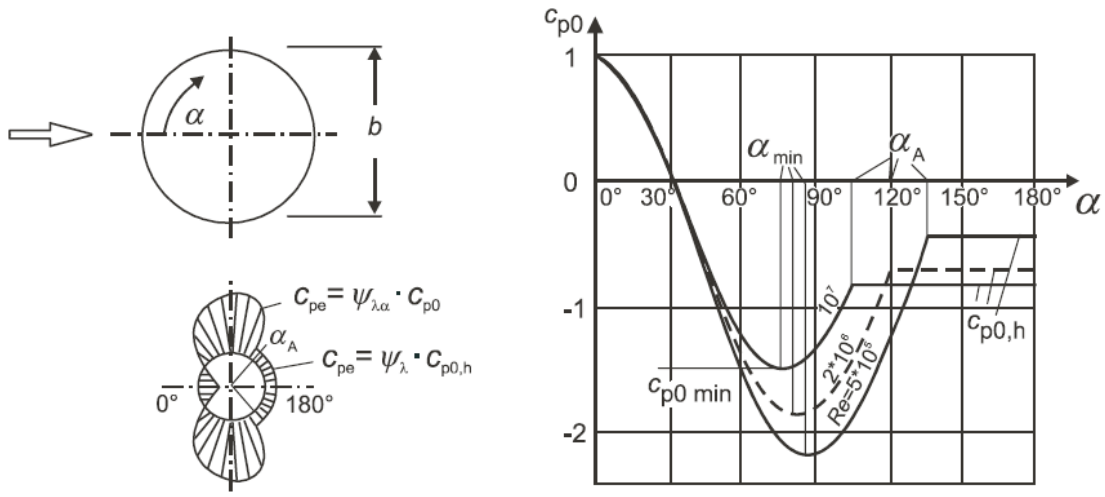
$c_{p,o,min}$ - vrijednost najmanjeg koeficijenta tlaka

α_A - mjesto odvajanja strujanja

$c_{p,o,h}$ - koeficijent zatvorenog dijela valjka

Tablica 10. Tipične vrijednosti krivulja sa slike 26. [23]

Re	α_{min}	$c_{p,0,min}$	α_A	$c_{p,0,h}$
5×10^5	85	-2,2	135	-0,4
2×10^6	80	-1,9	120	-0,7
10^7	75	-1,5	105	-0,8



Slika 26. Raspodjela tlaka na valjku pri različitim vrijednostima Reynoldsovih brojeva i beskonačnoj vitkosti [23]

Tablica 11. Linearna interpolacija Tablice 10.

Re		$\alpha_{min[°]}$	$C_{p,0,min}$	$\alpha_{A[°]}$	$C_{p,0,h}$
Re(ze1)	**766572,4268**	**80,89**	**-1,95**	**122,67**	**-0,65**
Re(ze2)	**766572,4268**	**80,89**	**-1,95**	**122,67**	**-0,65**
Re(ze3)	**798335,5046**	**84,01**	**-2,14**	**132,02**	**-0,46**
Re(ze4)	**847731,1674**	**83,84**	**-2,13**	**131,52**	**-0,47**
Re(ze5)	**885517,9589**	**83,71**	**-2,12**	**131,14**	**-0,48**

Izračun c_{pe} za 0° ≤ α ≤ α_{min} (Tablica 13) prema izrazu 15:

Vrijednost faktora efekta ruba: $\psi_{\lambda\alpha}$ = 1,00.

Koeficijent vanjskog tlaka $c_{p,0}$ približno je određen u tablici 12. prema slici 27.

Tablica 12. Koeficijent vanjskog tlaka $c_{p,0}$

α	c_{po}
0	1,00
30	0,00
60	-1,50
75	-2,05
90	-2,10
100	-2,00
110	-1,60
120	-1,30

Tablica 13. Koeficijent vanjskog tlaka c_{pe} za 0° ≤ α ≤ α_{min}

Koeficijent vanjskog tlaka c_{pe} za 0° ≤ α ≤ α_{min}				
α=	0	30	60	75
z_1	1,00	0,00	-1,50	-2,05
z_2	1,00	0,00	-1,50	-2,05
z_3	1,00	0,00	-1,50	-2,05
z_4	1,00	0,00	-1,50	-2,05
z_5	1,00	0,00	-1,50	-2,05
z_6	1,00	0,00	-1,50	-2,05

Izračun faktora efekta ruba $\Psi_{\lambda\alpha}$ za $\alpha_{min} \leq \alpha \leq \alpha_A$ (Tablica 14) prema izrazu 16:

Tablica 14. Faktor efekta ruba $\Psi_{\lambda\alpha}$ za $\alpha_{min} \leq \alpha \leq \alpha_A$

$\Psi_{\lambda\alpha}$ - faktor efekta rubaza $\alpha_{min} \leq \alpha \leq \alpha_A$				
α=	90	100	110	120
z1	0,980	0,916	0,816	0,694
z2	0,982	0,923	0,832	0,721
z3	0,995	0,962	0,904	0,826
z4	0,995	0,965	0,912	0,842
z5	0,995	0,968	0,919	0,855

Izračun c_{pe} za $\alpha_{min} \leq \alpha \leq \alpha_A$ (Tablica 15) prema izrazu 15:

Tablica 15. Koeficijent vanjskog tlaka c_{pe} za $\alpha_{min} \leq \alpha \leq \alpha_A$

Koeficijent vanjskog tlaka c_{pe} za $\alpha_{min} \leq \alpha \leq \alpha_A$				
α=	90	100	110	120
z1	-2,06	-1,83	-1,31	-0,90
z2	-2,06	-1,85	-1,33	-0,94
z3	-2,09	-1,92	-1,45	-1,07
z4	-2,09	-1,93	-1,46	-1,09
z5	-2,09	-1,94	-1,47	-1,11

Izračun c_{pe} za $\alpha_A \leq \alpha \leq 180$ (Tablica 16) prema izrazu 15:

Tablica 16. Koeficijent vanjskog tlaka c_{pe} za $\alpha_A \leq \alpha \leq 180$

c_{pe} za $\alpha_A \leq \alpha \leq 180$	
z1	-0,43
z2	-0,45
z3	-0,33
z4	-0,35
z5	-0,37

Pritisak vjetra w_e računa se po formuli (19).

$$w_e = c_{pe} \cdot q_{p(ze)} \tag{19}$$

Izračun pritiska vjetra w_e za 0° ≤ α ≤ α_{min} (Tablica 17) prema izrazu 19:

Tablica 17. Pritisak vjetra w_e za 0° ≤ α ≤ α_{min}

Pritisak vjetra we za 0° ≤ α ≤ α_{min}				
α=	0	30	60	75
Z1	0,32	0,00	-0,48	-0,66
Z2	0,32	0,00	-0,48	-0,66
Z3	0,32	0,00	-0,48	-0,66
Z4	0,32	0,00	-0,48	-0,66
Z5	0,32	0,00	-0,48	-0,66

Izračun pritiska vjetra za α_{min} ≤ α ≤ α_A (Tablica 18) prema izrazu 19:

Tablica 18. Pritisak vjetra w_e za α_{min} ≤ α ≤ α_A

pritisak vjetra we za α_{min} ≤ α ≤ α_A				
α=	90	100	110	120
Z1	-0,66	-0,59	-0,42	-0,29
Z2	-0,66	-0,59	-0,43	-0,30
Z3	-0,67	-0,62	-0,46	-0,34
Z4	-0,67	-0,62	-0,47	-0,35
Z5	-0,67	-0,62	-0,47	-0,36

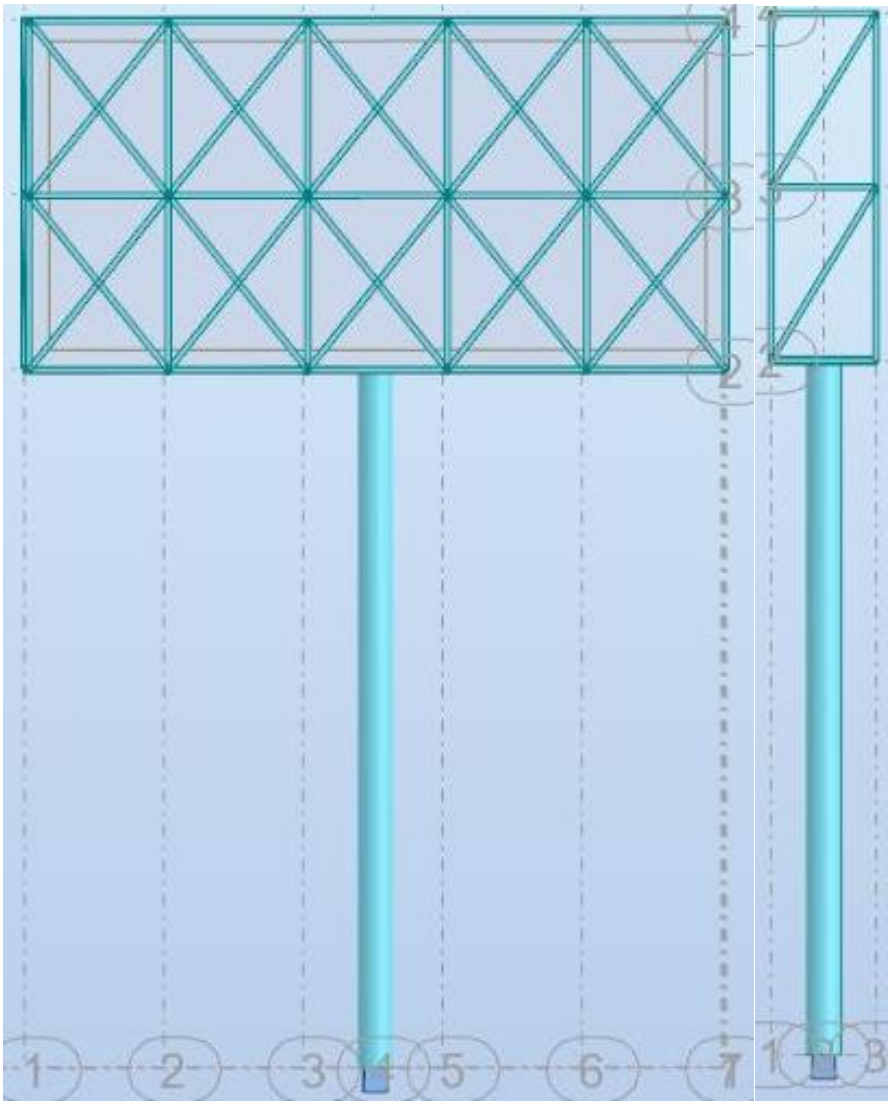
Izračun pritiska vjetra za α_A ≤ α ≤ 180° (Tablica 19) prema izrazu 19:

Tablica 19. Pritisak vjetra za α_A ≤ α ≤ 180°

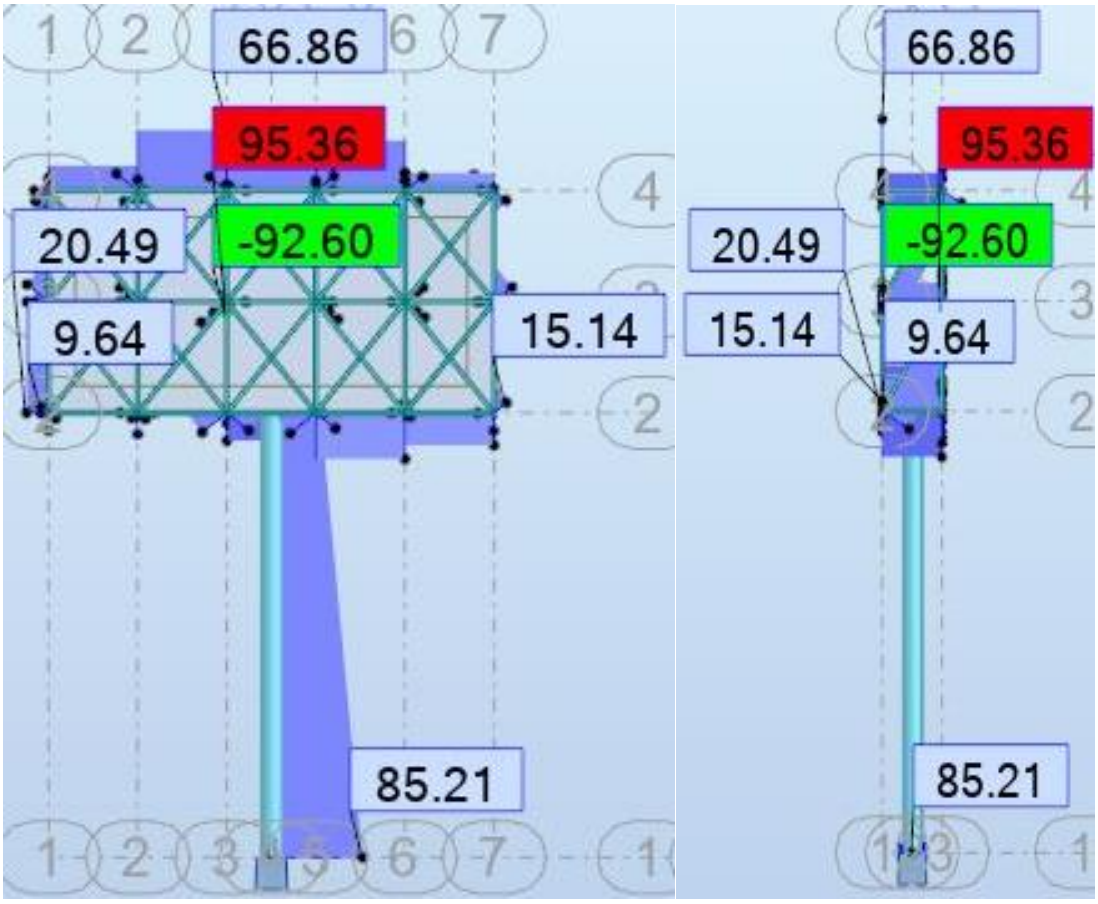
we za αA ≤ α ≤ 180°	
Z1	-0,14
Z2	-0,14
Z3	-0,11
Z4	-0,11
Z5	-0,12

5. MODELIRANJE KONSTRUKCIJE PANOA I STUPA

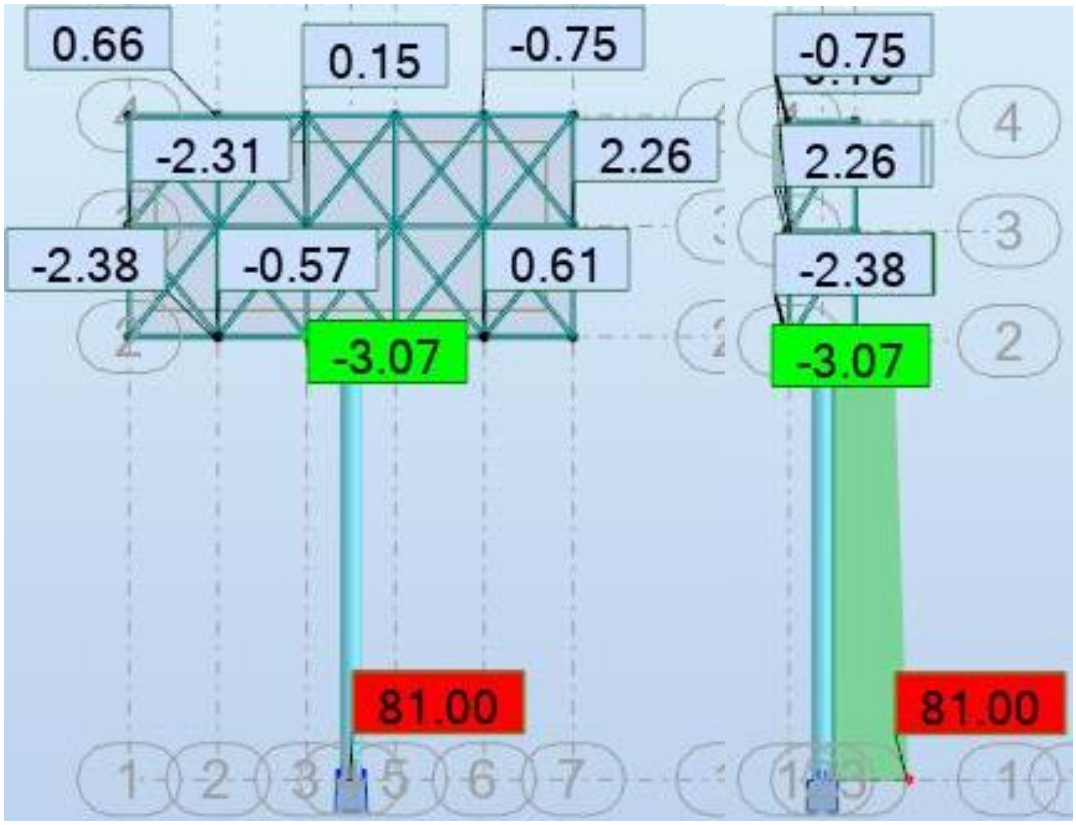
Modeliranje konstrukcije panoa i stupa provedeno je u programskom paketu Robot (Slika 27). Statički proračun proveden je za stalno djelovanje, djelovanje vjetra i njihovu kombinaciju. Dijagrami na slikama 28-30 dobiveni su kombinacijom vjetra i stalnog djelovanja. Na temelju dobivenih unutarnjih sila i momenata savijanja provedeno je dimenzioniranje elemenata reklmanog panoa.



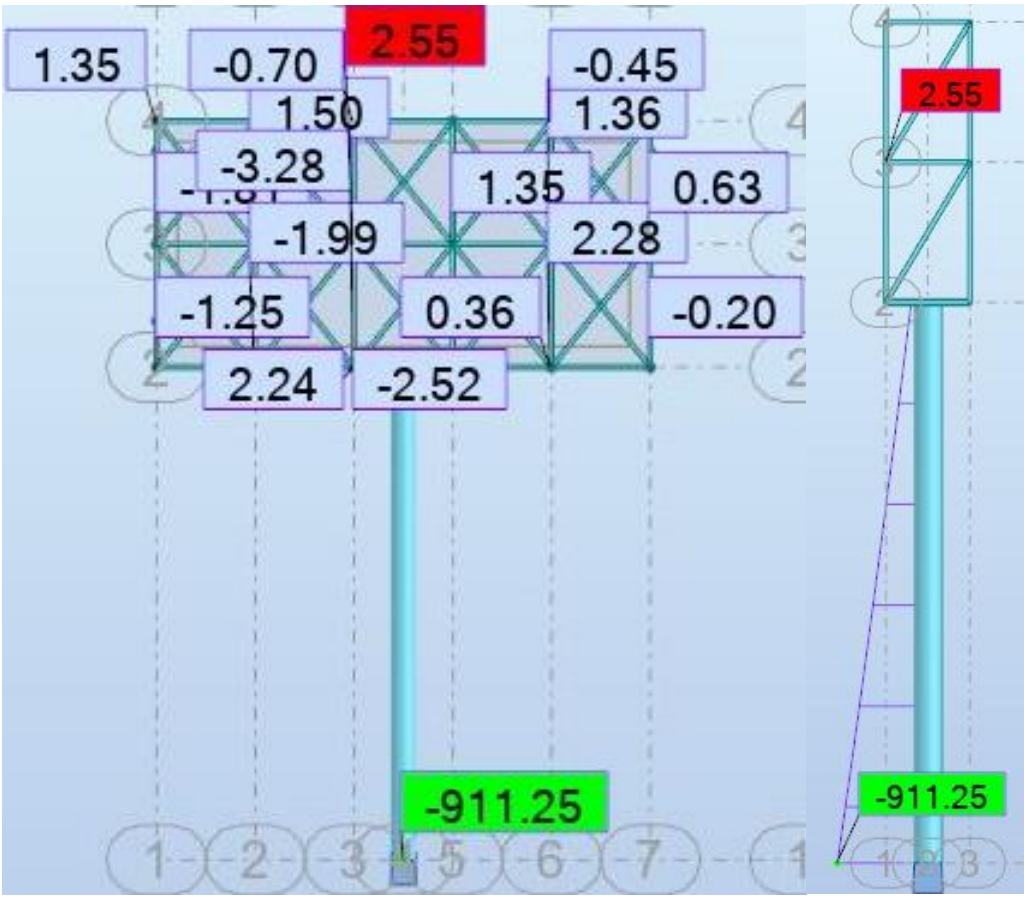
Slika 27. Reklamni pano u programu Robot structural analysis professional



Slika 28. Dijagrami uzdužnih sila



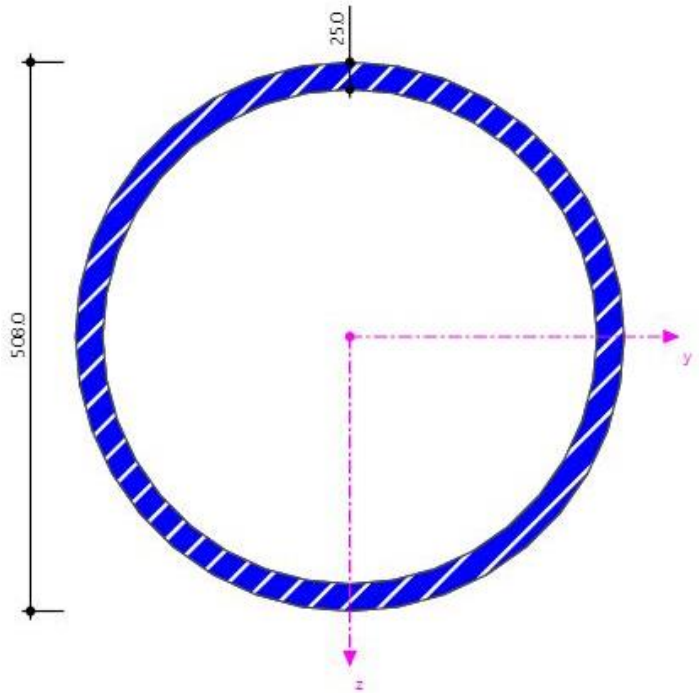
Slika 29. Dijagrami poprečnih sila



Slika 30. Dijagrami momenata oko osi z

6. DIMENZIONIRANJE ELEMENATA

6.1. Dimenzioniranje stupa



Slika 31. Poprečni presjek stupa CHS 508 x 25 mm [28]

Tablica 20. Dimenzije i statičke veličine profila CHS 508 x 25 mm tipa S275 na stupu [28]

Promjer	**d**	508	mm
Debljina	**t**	25	mm
Površina poprečnog presjeka	**A**	379,35	cm^2
Moment tromosti	**Iy**	110918,31	cm^4
Polumjer tromosti	**iy**	171	mm
Moment otpora	**Wy**	4366,86	cm^3
Youngov modul elastičnosti	**E**	210000	N/mm^2
Modul posmika	**G**	81000	N/mm^2
Poissonov koeficijent	**v**	0,3	
Granica popuštanja	**fy**	275	N/mm^2

Tablica 21. Vrijednosti sila koje djeluju na stup

Uzdužna tlačna sila	85,21	kN
Poprečna sila	81,00	kN
Moment savijanja	911,25	kNm

Klasifikacija poprečnog presjeka – GSN

Formula za bezdimenzionalni faktor ε računa se prema izrazu [24]:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{fy}} \tag{20}$$

Prema izrazu (20) vrijedi:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{275}}$$

$$\varepsilon = 0{,}92$$

Poprečni presjek je klasa I ako zadovolji uvjet [24]:

$$\frac{d}{t} \leq 50\ \varepsilon^2 \tag{21}$$

Prema izrazu (21) vrijedi:

$$\frac{508}{25} \leq 50 * 0{,}92^2$$

$$20{,}32 < 42{,}32$$

Uvjet je zadovoljio pa je poprečni presjek klasificiran u Klasu I.

Otpornost poprečnog presjeka – GSN

Za izračun otpornosti poprečnog presjeka potrebni su površina presjeka A, granica popuštanja f_y, faktor sigurnosti za otpornost poprečnog presjeka γ_{M0} i moment otpora poprečnog presjeka W_y.

Otpornost poprečnog presjeka izloženog tlaku računa se prema [25]:

$$N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{MO}} \qquad N_{c,Ed} \leq N_{c,Rd} \tag{22}$$

gdje je:

γ_{MO} koeficijent sigurnosti za otpornost elementa

A površina poprečnog presjeka

Prema izrazu (22) vrijedi:

$$N_{c,Rd} = \frac{379{,}35 * 27{,}5}{1{,}00}$$

$$N_{c,Rd} = 10432{,}13\ kN$$

$$85{,}21\ kN < 10432{,}13\ kN$$

(iskoristivost 0,8 %)

Uvjet je zadovoljio.

Otpornost poprečnog presjeka na savijanje preuzet iz [25]:

$$M_{y,Rd} = \frac{W_y * f_y}{\gamma_{MO}} \qquad M_{y,Ed} \leq M_{y,Rd} \tag{23}$$

Prema izrazu (23) vrijedi:

$$M_{y,Rd} = \frac{4366{,}86 * 27{,}5}{1{,}00}$$

$$M_{y,Rd} = 1200{,}89\ \mathrm{kNm}$$

$$911{,}25\ kNm\ < 1200{,}89\ kNm$$

(iskoristivost 76 %)

Uvjet je zadovoljio.

Otpornost poprečnog presjeka na posmik preuzet iz [25]:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_V * f_y}{\gamma_{MO} * \sqrt{3}} \qquad V_{Ed} \leq V_{pl,Rd} \tag{24}$$

gdje je:

A_V posmična površina presjeka

Prema izrazu (24) vrijedi:

$$V_{pl,Rd} = \frac{379{,}35 * 27{,}5}{1{,}00 * \sqrt{3}}$$

$$V_{pl,Rd} = 6022{,}99\ \text{kN}$$

$$81\ \text{kN}\ < 6022{,}99\ \text{kN}$$

(iskoristivost 1,3 %)

Uvjet je zadovoljio.

Otpornost poprečnog presjeka na savijanje i tlak preuzet iz [25]:

$$N_{Ed} \leq 0{,}25 * N_{Pl,Rd} \tag{25}$$

Prema izrazu (25) vrijedi:

$$85{,}21\ \leq 0{,}25 * 10432{,}13$$

$$85{,}21\ kN < 62608{,}03\ kN$$

(iskoristivost 0,14 %)

Otpornost poprečnog presjeka na savijanje i posmik preuzet iz [25]:

$$V_{Ed} \leq 0{,}5 * V_{Pl,Rd} \tag{26}$$

Prema izrazu (26) vrijedi:

$$65{,}03 \leq 0{,}5 * 6022{,}99$$

$$65{,}03\ kN < 3011{,}50\ kN$$

(iskoristivost 2,16 %)

Uvijeti (25) i (26) su zadovoljili pa nema redukcije poprečnog presjeka.

Otpornost elementa na čisto izvijanje [26] računa se prema izrazu (27):

$$N_{b,Rd} = \chi * \frac{A * f_y}{\gamma_{MO}} \qquad N_{Ed} \leq N_{b,Rd} \tag{27}$$

Formule koje se koriste u proračunu:

$$N_{cr} = \frac{\pi\ E\ I}{{L_{cr}}^2} \tag{28}$$

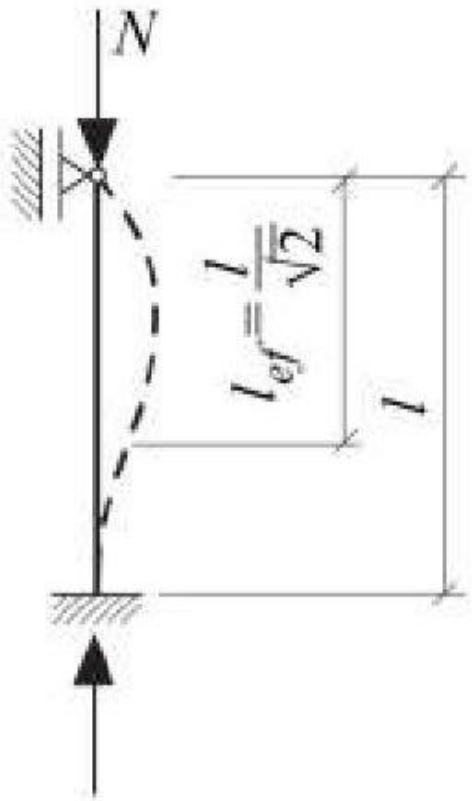
$$\lambda = \sqrt{\frac{A x f_y}{N_{cr}}} \tag{29}$$

$$\phi = 0{,}5[1 + \alpha(\lambda - 0{,}2) + \lambda^2] \tag{30}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} \leq 1 \tag{31}$$

Efektivna duljina izvijanja stupa (Slika 30.) određuje se prema formuli (32) preuzetoj iz [27]:

$$l_{ef} = \frac{l}{\sqrt{2}} \tag{32}$$



Slika 32. Izvijanje stupa

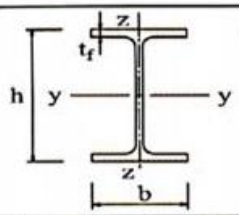
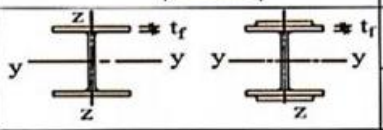
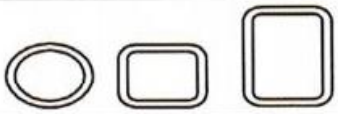
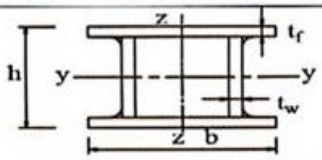
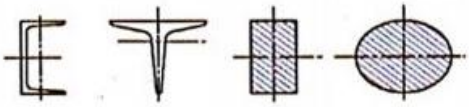
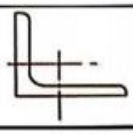
Prema izrazu (32) vrijedi:

$$l_{ef} = \frac{10}{\sqrt{2}} m$$

$$l_{ef} = 7{,}07\ m$$

Faktor imperfekcije α ovisi o obliku poprečnog presjeka i on se određuje prema tablici (22) preuzetoj iz [27]. Za prstenasti hladno oblikovani poprečni presjek $\alpha = 0{,}49$.

Tablica 22. Faktor imperfekcije α [27]

Poprečni presjeci		Ograničenja		Izvijanje oko osi	Linija izvijanja: S 235, S 275, S 355, S 420	Linija izvijanja: S 460
Valjani presjeci		$h/b > 1{,}2$	$t_f \leq 40$ mm	y-y z-z	a b	a_0 a_0
			40 mm $< t_f \leq$ 100	y-y z-z	b c	a a
		$h/b \leq 1{,}2$	$t_f \leq 100$ mm	y-y z-z	b c	a a
			$t_f > 100$ mm	y-y z-z	d d	c c
Zavareni I profili		$t_f \leq 40$ mm		y-y z-z	b c	b c
		$t_f > 40$ mm		y-y z-z	c d	c d
Šuplji presjeci		vruće dogotovljeni		bilo koje	a	a_0
		hladno oblikovani		bilo koje	c	c
Zavareni sandu-časti presjeci		općenito (osim kao ispod)		bilo koje	b	b
		debljina vara: $a > 0{,}5t_f$, $b/t_f < 30$, $b/t_w < 30$		bilo koje	c	c
U-, T- i puni presjeci				bilo koje	c	c
L - presjeci				bilo koje	b	b

Krivulja izvijanja	a_0	a	b	c	d
Faktor imperfekcije α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

Prema izrazu (28) vrijedi:

$$N_{cr} = \frac{\pi * 21000 * 110918{,}31}{707^2}$$

$$N_{cr} = 114639{,}75\ kN$$

Prema izrazu (29) vrijedi:

$$\lambda = \sqrt{\frac{379{,}35x27{,}5}{114639{,}75}}$$

$$\lambda_{LT} = 0{,}84$$

Prema izrazu (30) vrijedi:

$$\phi = 0{,}5[1 + 0{,}49(0{,}84 - 0{,}2) + 0{,}84^2]$$

$$\phi = 1{,}01$$

Prema izrazu (31) vrijedi:

$$\chi = \frac{1}{1{,}01+\sqrt{1{,}01^2-0{,}84^2}} \leq 1$$

$$\chi = 0{,}63 < 1$$

Prema izrazu (27) vrijedi:

$$N_{b,Rd} = 0{,}63 * \frac{379{,}35*27{,}5}{1{,}00}$$

$$85{,}21\ kN\ < 6618{,}94\ kN$$

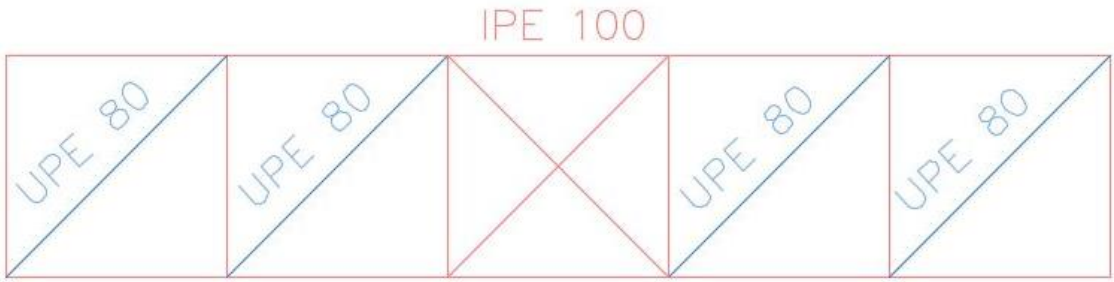
(iskoristivost 1,3 %)

Uvjet je zadovoljio.

6.2. Dimenzioniranje elemenata rešetkaste konstrukcije reklamnog panoa

6.2.1. Donji pojas reklamnog panoa

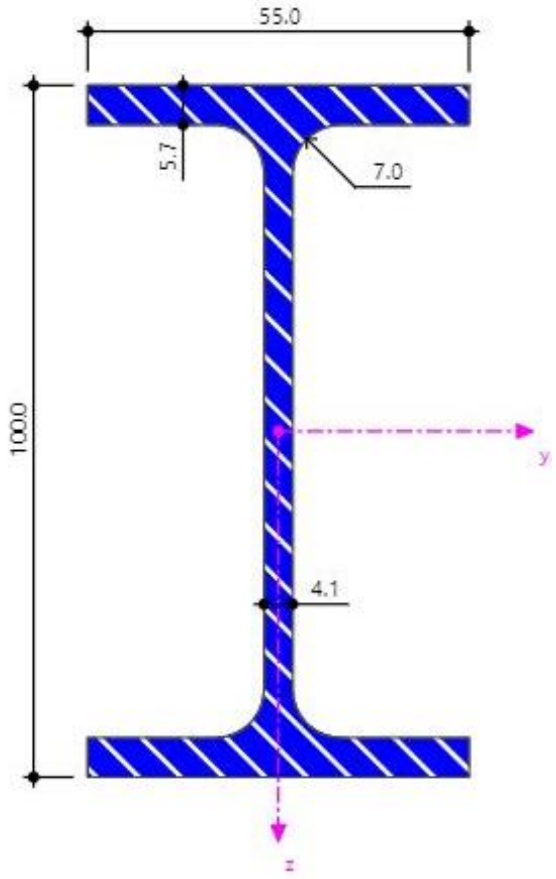
Na slici 34. su prikazani poprečni presjeci u donjem pojasu reklamnog panoa. Hozontalni, vertikalni i kosi elementi u srednjem polju izrađeni su od valjanih profila IPE 100, dok su ostali kosi elementi napravljeni od profila UPE 80.



Slika 33. Tlocrt donjeg pojasa reklamnog panoa

Provjera horizontalnog elementa donjeg pojasa

Profil IPE 100:



Slika 34. Profil IPE 100 [28]

Tablica 23. Dimenzije i statičke veličine profila IPE 100 mm tipa S275 [28]

Visina	**h**	100,00	mm
Širina	**b**	55,00	mm
Debljina hrpta	**tw**	4,10	mm
Debljina pojasnice	**tf**	5,70	mm
Radijus zaobljenja	**r**	7,00	mm
Površina	**A**	10,32	cm^2
Moment tromosti	**Iy**	171,00	cm^4
Polumjer tromosti	**iy**	40,70	mm
Moment otpora	**Wy**	34,20	cm^3
Youngov modul elastičnosti	**E**	210000,00	N/mm^2
Modul smicanja	**G**	81000,00	N/mm^2
Poissonov koeficijent	**v**	0,30	
Granica popuštanja	**fy**	275,00	N/mm^2

Tablica 24. Vrijednosti sila koje djeluju na IPE 100 profil

Uzdužna sila	95,36	kN
Poprečna sila	3,07	kN
Moment savijanja	3,28	kNm

Kako su poprečna sila i moment savijanja male vrijednosti, provjera otpornosti presjeka napravljena je samo za uzdužnu silu.

Hrbat (u tlaku):

Hrbat je klasa I ako zadovolji uvjet [24]:

$$\frac{c}{t} \leq 33\ \varepsilon \tag{33}$$

Prema izrazu (33) vrijedi:

$$\frac{74,6}{4,1} \leq 33 * 0,92$$

$$18,20\ < 30,36$$

Uvjet je zadovoljio pa je hrbat klasificiran u Klasu I.

Pojasnice (u tlaku):

Pojasnica je klasa I ako zadovolji uvjet [24]:

$$\frac{c}{t} \leq 9\ \varepsilon \tag{34}$$

Prema izrazu (34) vrijedi:

$$\frac{18,45}{5,7} \leq 9 * 0,92$$

$$3,24\ < 8,28$$

Uvjet je zadovoljio pa su pojasnice klasificirane u Klasu I.

Poprečni presjek IPE 100 je klasa I.

Otpornost poprečnog presjeka – GSN

Prema izrazu (22) otpornost poprečnog presjeka izloženog tlaku računa se:

$$N_{c,Rd} = \frac{10{,}32*27{,}5}{1{,}00}$$

$$N_{c,Rd} = 283{,}80\ kN$$

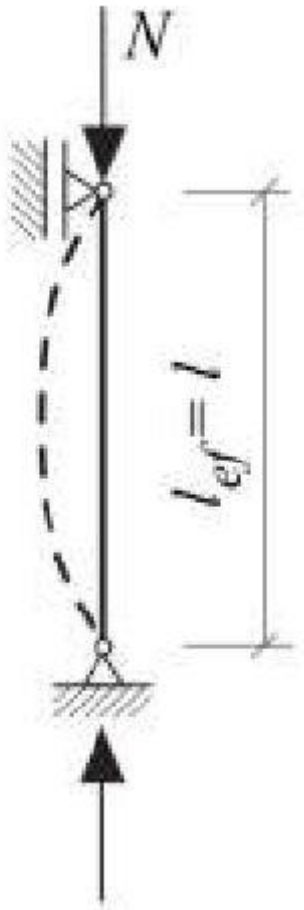
$$95{,}36\ kN < 283{,}80\ kN$$

(iskoristivost 34 %)

Uvjet je zadovoljio.

Efektivna duljina izvijanja horizontalnog elementa (Slika 34.) određuje se prema formuli (35) preuzetoj iz [27]:

$$l_{ef} = l \tag{35}$$



Slika 35. Izvijanje elementa

Prema izrazu (32) vrijedi:

$$l_{ef} = 2\,m$$

Faktor imperfekcije α ovisi o obliku poprečnog presjeka i on se određuje prema tablici (22) preuzetoj iz [27]. Za poprečni presjek IPE 100 faktor imperfekcije za izvijanje oko y osi iznosi $\alpha = 0{,}21$, dok je za izvijanje oko z osi $\alpha = 0{,}34$.

Izvijanje oko y osi:

Prema izrazu (28) vrijedi:

$$N_{cr} = \frac{\pi * 21000 * 171}{200^2}$$

$$N_{cr} = 282{,}04\ kN$$

Prema izrazu (29) vrijedi:

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{10{,}32x27{,}5}{282{,}04}}$$

$$\lambda_{LT} = 1{,}00$$

Prema izrazu (30) vrijedi:

$$\phi = 0{,}5[1 + 0{,}21(1{,}00 - 0{,}2) + 1{,}00^2]$$

$$\phi = 1{,}09$$

Prema izrazu (31) vrijedi:

$$\chi = \frac{1}{1{,}09 + \sqrt{1{,}00^2 - 1{,}09^2}} \leq 1$$

$$\chi = 0{,}66 < 1$$

Izvijanje oko z osi:

Prema izrazu (30) vrijedi:

$$\phi = 0{,}5[1 + 0{,}34(1{,}00 - 0{,}2) + 1{,}00^2]$$

$$\phi = 1{,}14$$

Prema izrazu (31) vrijedi:

$$\chi = \frac{1}{1{,}14 + \sqrt{1{,}00^2 - 1{,}14^2}} \leq 1$$

$$\chi = 0{,}60 < 1$$

Prema izrazu (27) vrijedi:

$$N_{b,Rd} = 0{,}60 * \frac{10{,}32 * 27{,}5}{1{,}00}$$

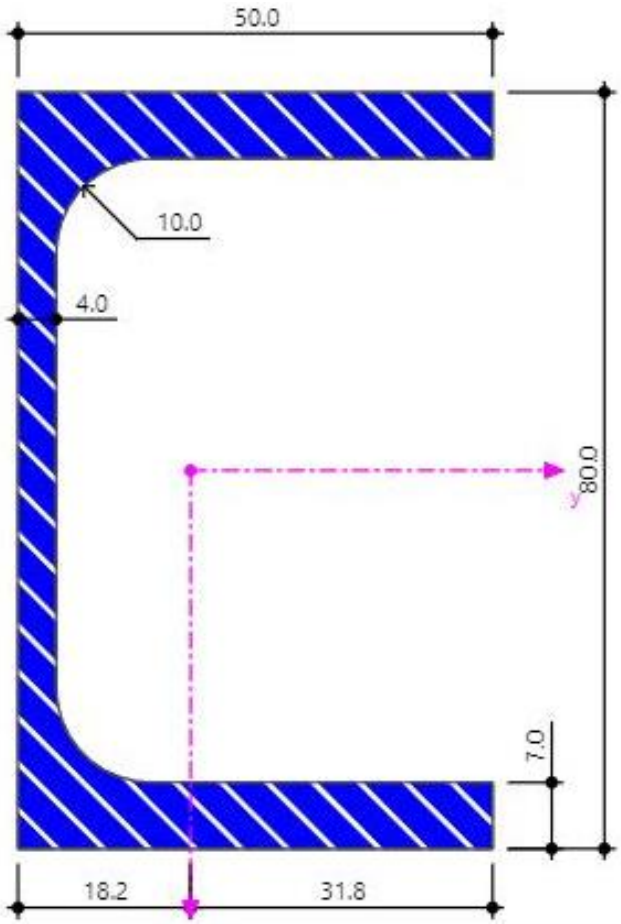
$$95{,}36\ kN\ < 168{,}87\ kN$$

(iskoristivost 56 %)

Uvjet je zadovoljio.

Provjera kosog elementa donjeg pojasa

Profil UPE 80:



Slika 36. Profil UPE 80 [28]

Tablica 25. Dimenzije i statičke veličine profila UPE 80 mm tipa S275 [28]

Visina	**h**	80,00	mm
Širina	**b**	50,00	mm
Debljina hrpta	**tw**	4,00	mm
Debljina pojasnice	**tf**	7,00	mm
Radijus zaobljenja	**r**	10,00	mm
Površina	**A**	10,10	cm^2
Moment tromosti	**Iy**	107,00	cm^4
Polumjer tromosti	**iy**	32,60	mm
Moment otpora	**Wy**	26,80	cm^3
Youngov modul elastičnosti	**E**	210000,00	N/mm^2
Modul smicanja	**G**	81000,00	N/mm^2
Poissonov koeficijent	**v**	0,30	
Granica popuštanja	**fy**	275,00	N/mm^2

Tablica 26. Vrijednosti sila koje se uzimaju u proračun pri dimenzioniranju UPE profila

Uzdužna sila	23,26	kN
Poprečna sila	1,29	kN
Moment savijanja	2,52	kNm

Kako su poprečna sila i moment savijanja male vrijednosti, provjera otpornosti presjeka napravljena je samo za uzdužnu silu.

Hrbat (u tlaku):

Hrbat je klasa I ako zadovolji uvjet (33) preuzet iz [24]:

$$\frac{46}{4} \leq 33 * 0{,}92$$

$$11{,}50 \ < 30{,}36$$

Uvjet je zadovoljio pa je hrbat klasificiran u Klasu I.

Pojasnice (u tlaku):

Pojasnica je klasa I ako zadovolji uvjet (34) preuzet iz [24]:

$$\frac{38}{7} \leq 9 * 0{,}92$$

$$5{,}43 < 8{,}28$$

Uvjet je zadovoljio pa su pojasnice klasificirane u Klasu I.

Poprečni presjek UPE 80 je klasa I.

Otpornost poprečnog presjeka – GSN

Prema izrazu (22) otpornost poprečnog presjeka izloženog tlaku računa se:

$$N_{c,Rd} \ = \frac{10{,}10*27{,}5}{1{,}00}$$

$$N_{c,Rd} \ = 277{,}75 \ kN$$

$23{,}26\ kN\ < 277{,}75\ kN$

(iskoristivost 8,4 %)

Uvjet je zadovoljio.

Efektivna duljina izvijanja kosog elementa (Slika 36.) određuje se prema formuli (35) preuzetoj iz [27].

Slika 37. Izvijanje kosog elementa

Prema izrazu (32) vrijedi:

$l_{ef} = 2{,}83\ m$

Faktor imperfekcije α ovisi o obliku poprečnog presjeka i on se određuje prema tablici (22) preuzetoj iz [27]. Za poprečni presjek UPE 80 faktor imperfekcije za izvijanje oko y osi iznosi $\alpha = 0{,}21$, dok je za izvijanje oko z osi $\alpha = 0{,}34$.

Izvijanje oko y osi:

Prema izrazu (28) vrijedi:

$$N_{cr} = \frac{\pi * 21000 * 107}{282{,}84^2}$$

$$N_{cr} = 88{,}24\ kN$$

Prema izrazu (29) vrijedi:

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{10{,}10x27{,}5}{88{,}24}}$$

$$\lambda_{LT} = 1{,}77$$

Prema izrazu (30) vrijedi:

$$\phi = 0{,}5[1 + 0{,}21(1{,}77 - 0{,}2) + 1{,}77^2]$$

$$\phi = 2{,}24$$

Prema izrazu (31) vrijedi:

$$\chi = \frac{1}{2{,}24 + \sqrt{1{,}77^2 - 2{,}24^2}} \leq 1$$

$$\chi = 0{,}28 < 1$$

Izvijanje oko z osi:

Prema izrazu (30) vrijedi:

$$\phi = 0{,}5[1 + 0{,}34(1{,}77 - 0{,}2) + 1{,}77^2]$$

$$\phi = 2{,}34$$

Prema izrazu (31) vrijedi:

$$\chi = \frac{1}{2{,}34+\sqrt{1{,}77^2-2{,}34^2}} \leq 1$$

$$\chi = 0{,}26 < 1$$

Prema izrazu (27) vrijedi:

$$N_{b,Rd} = 0{,}26 * \frac{10{,}10*27{,}5}{1{,}00}$$

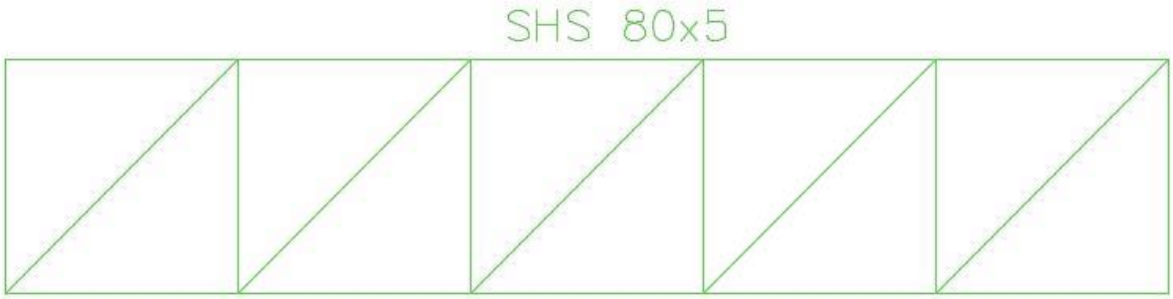
$$23{,}26\ kN\ <\ 71{,}78\ kN$$

(iskoristivost 32%)

Uvjet je zadovoljio.

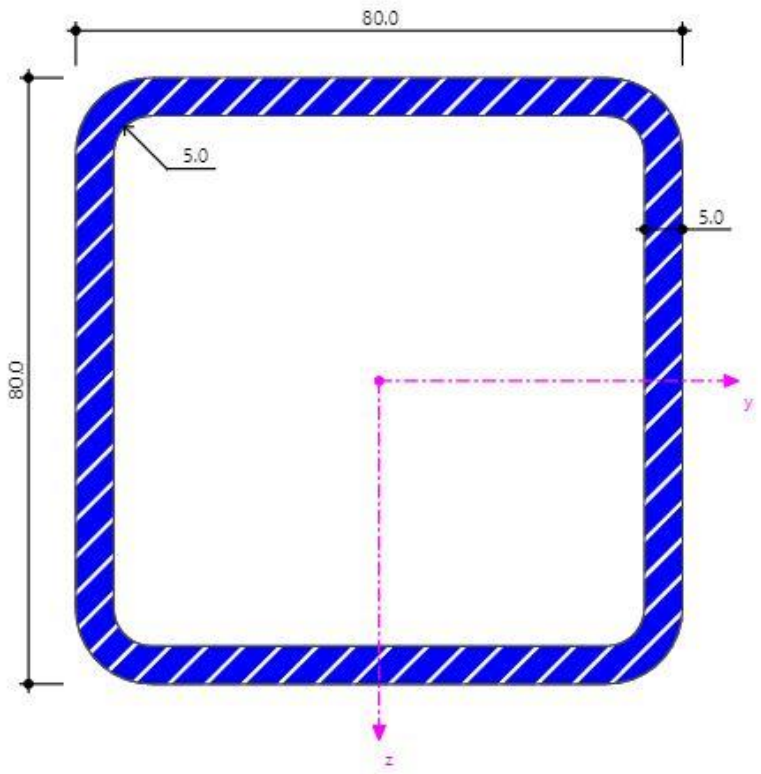
6.2.2. Rešetkasta ispuna reklamnog panoa

Gornji pojas rešetke ima pravokutni poprečni presjek SHS 80x5 mm (Slika 37).



Slika 38. Tlocrt gornjeg pojasa reklamnog panoa

Profil SHS 80x80x5:



Slika 39. Profil SHS 80x80x5 [28]

Tablica 27. Dimenzije i statičke veličine profila SHS 50x50x5 mm tipa S275 [28]

Visina	**h**	80,00	mm
Širina	**b**	80,00	mm
Debljina	**t**	5,00	mm
Radijus zaobljenja	**r**	5,00	mm
Površina	**A**	14,36	cm^2
Moment tromosti	**I_y**	131,43	cm^4
Polumjer tromosti	**i_y**	30,30	cm
Polumjer tromosti	**i_z**	25,50	mm
Moment otpora	**W_y**	32,86	cm^3
Youngov modul elastičnosti	**E**	210000,00	N/mm^2
Modul smicanja	**G**	81000,00	N/mm^2
Poissonov koeficijent	**v**	0,30	
Granica popuštanja	**f_y**	275,00	N/mm^2

Tablica 28. Vrijednosti sila koje se uzimaju u proračun pri dimenzioniranju SHS 50x50x5 profila

Uzdužna sila	76,35	kN
Poprečna sila	2,31	kN
Moment	2,55	kNm

Kako su poprečna sila i moment savijanja male vrijednosti, provjera otpornosti presjeka napravljena je samo za uzdužnu silu.

Hrbat (u tlaku):

Hrbat je klasa I ako zadovolji uvjet (33) preuzet iz [24]:

$$\frac{60}{5} \leq 33 * 0{,}92$$

$$12{,}00 \ < 30{,}36$$

Uvjet je zadovoljio pa je hrbat klasificiran u Klasu I.

Pojasnice (u tlaku):

Pojasnica je klasa I ako zadovolji uvjet (35) preuzet iz [24]:

$$\frac{60}{5} \leq 33 * 0{,}92$$

$$12{,}00 < 30{,}36$$

Uvjet je zadovoljio pa su pojasnice klasificirane u Klasu I.

Poprečni presjek SHS 80x80x5 je klasa I.

Otpornost poprečnog presjeka – GSN

Prema izrazu (22) otpornost poprečnog presjeka izloženog tlaku računa se:

$$N_{c,Rd} = \frac{14{,}36*27{,}5}{1{,}00}$$

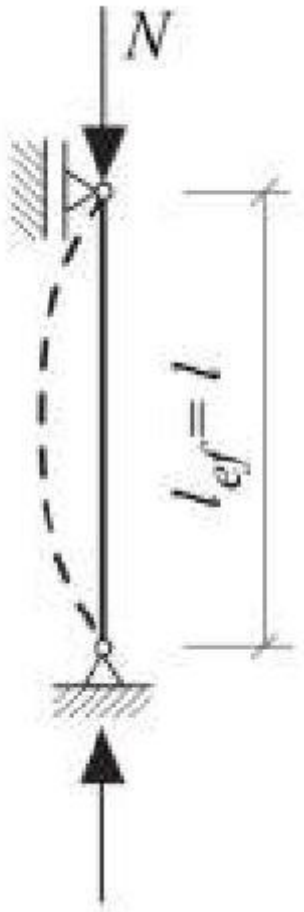
$$N_{c,Rd} = 394{,}90\ kN$$

$$76{,}35\ kN < 394{,}90\ kN$$

(iskoristivost 19%)

Uvjet je zadovoljio.

Efektivna duljina izvijanja vertikalnog elementa (Slika 39.) određuje se prema formuli (35) preuzetoj iz [27].



Slika 40. Izvijanje vertikalnog elementa

Prema izrazu (32) vrijedi:

$$l_{ef} = 2{,}5\ m$$

Faktor imperfekcije α ovisi o obliku poprečnog presjeka i on se određuje prema tablici (22) preuzetoj iz [27]. Za pravokutni hladno oblikovani poprečni presjek $\alpha = 0{,}49$.

Prema izrazu (28) vrijedi:

$$N_{cr} = \frac{\pi * 21000 * 131{,}43}{250^2}$$

$$N_{cr} = 138{,}73\ kN$$

Prema izrazu (29) vrijedi:

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{14{,}36x27{,}5}{138{,}73}}$$

$$\lambda_{LT} = 1{,}69$$

Prema izrazu (30) vrijedi:

$$\phi = 0{,}5[1 + 0{,}49(1{,}69 - 0{,}2) + 1{,}69^2]$$

$$\phi = 2{,}29$$

Prema izrazu (31) vrijedi:

$$\chi = \frac{1}{2{,}29 + \sqrt{1{,}69^2 - 2{,}29^2}} \leq 1$$

$$\chi = 0{,}26 < 1$$

Prema izrazu (27) vrijedi:

$$N_{b,Rd} = 0{,}26 * \frac{14{,}36*27{,}5}{1{,}00}$$

$$76{,}35\ kN\ <\ 103{,}04\ kN$$

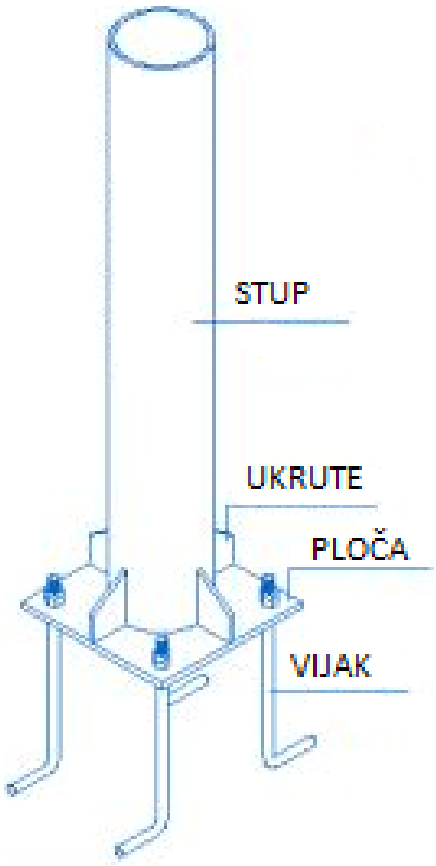
(iskoristivost 74 %)

Uvjet je zadovoljio.

7. DETALJ SPAJANJA STUPA NA BETONSKI TEMELJ

7.1. Opis priključka

Spoj stupa CHS 508x25 mm i AB temelja izvodi se na način da se bazna ploča zavari na kraju stupa koja se potom pričvrsti na temelj s četiri sidrenih (anker) vijaka M36 k.v. 10.9. Na spoju se nalaze četiri zakošene ukrute koje su zasječene na krajevima i zavarom spojene na stup i batnu ploču. Na slici 40. prikazan je primjer spajanja stupa i temelja s četiri sidrena vijka.



Slika 41. Primjer izvedbe spoja cilindričnog stupa na AB temelj [29]

Vijci M36:

Osnovni materijal: S355

Kvaliteta vijka 10.9.

Površina jezgre vijka A = 817 mm^2

Promjer vijka d = 36 mm

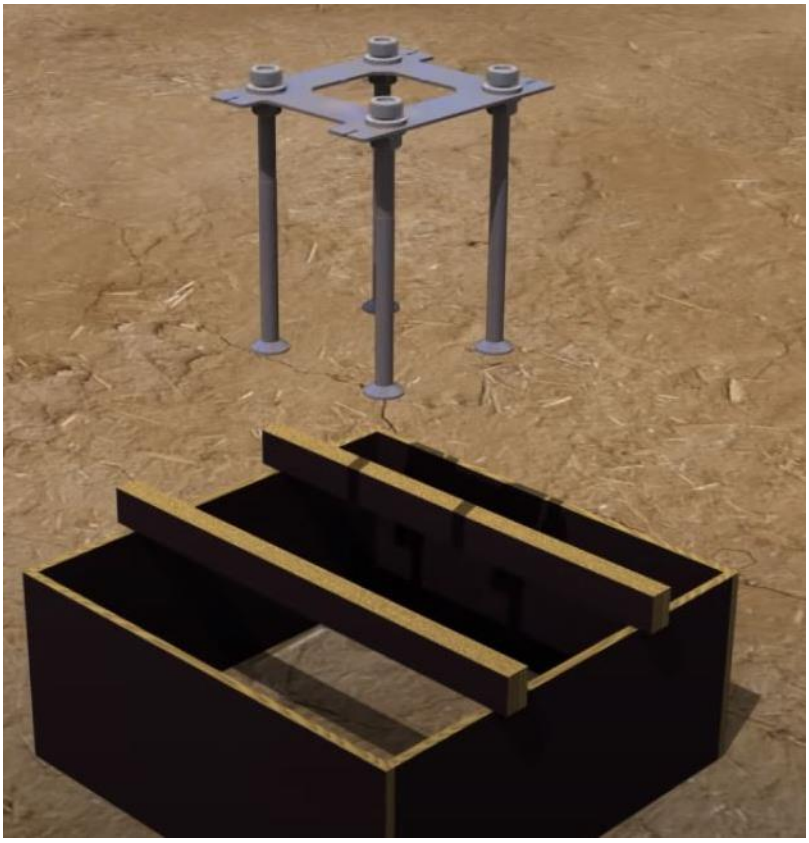
Promjer rupe d_0 = 39 mm

Ležajna ploča:

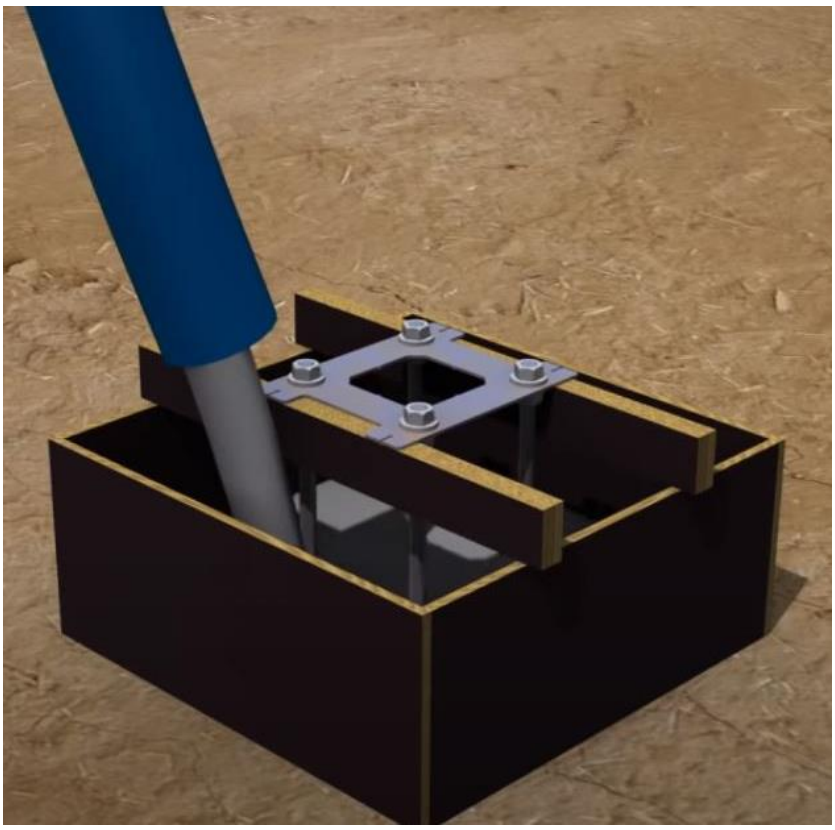
čelik S355

7.2. Način izvođenja priključka

Prvi korak izvedbe priključka stupa na AB temelj je betoniranje temeljne stope. Prilikom betoniranja temeljne stope potrebno je postaviti sidrene vijke na projektiranim razmacima (Slike 42 i 43). Čelična ploča služi za distanciranje sidrenih vijaka i ona se uklanja nakon očvršćivanja betona (Slika 44). Kod spajanjanja bazne ploče koriste se po dvije matice na sidrenom vijku, donji red matica služi za niveliranje stupa, a gornji red za spajanje. Stup na kojem je bazna ploča s utorima i ukrutama se dizalicom postavlja na vijke, tako da svaki vijak prođe kroz utor na ploči. Gornji red matica se zatim stavljaja i pričvršćava na vijke (Slika 45). Nakon učvršćivanja matica, ispod bazne ploče se podlijeva mort (Slika 46). Na slici 47 prikazan je gotova izvedba priključka stupa na temelj.



Slika 42. Oplata za temelj i priprema sidrenih vijaka za betoniranje [30]



Slika 43. Betoniranje temelja [30]

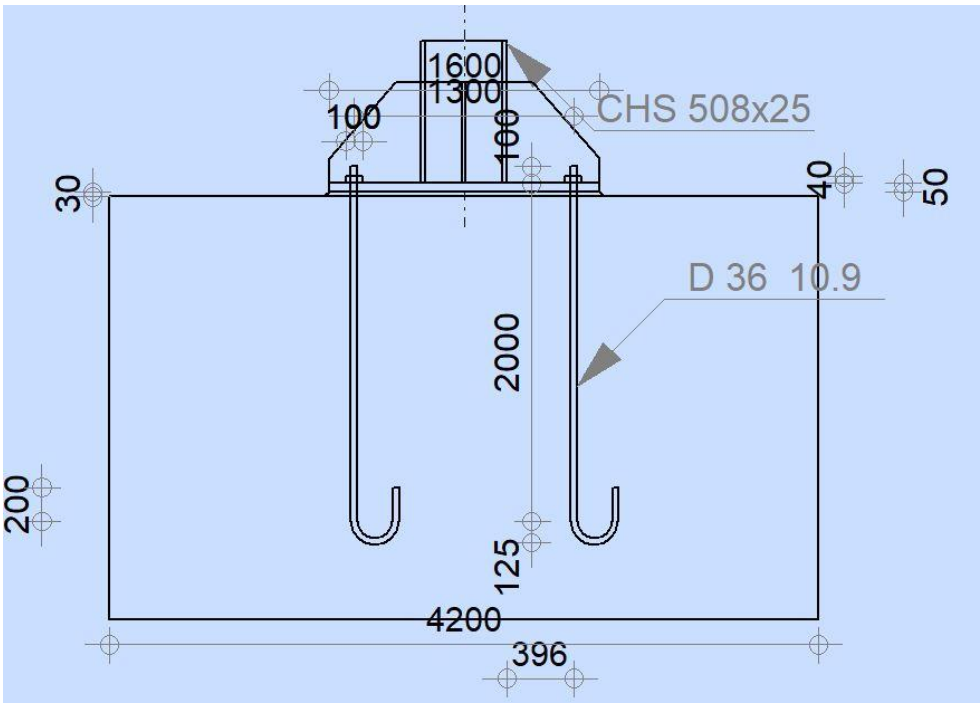
Slika 44. Uklanjanje gornjeg reda matica i oplate [30]

Slika 45. Postavljanje stupa [31]

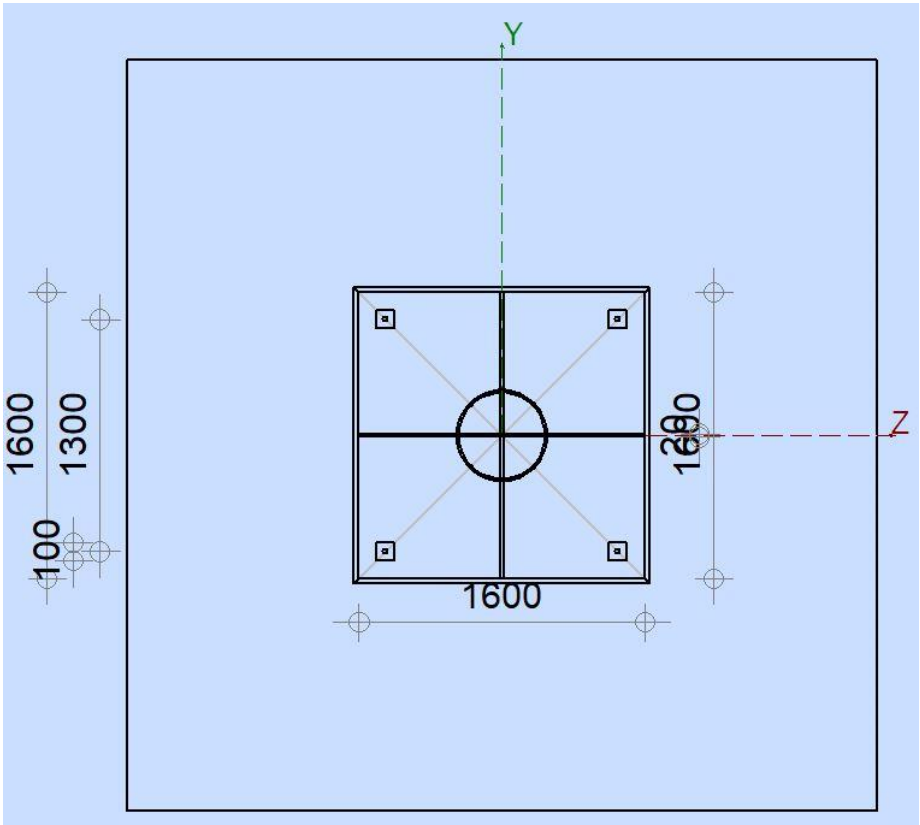
Slika 46. Podlijevanje morta ispod bazne ploče [31]

Slika 47. Izvedba stupa na temelj [32]

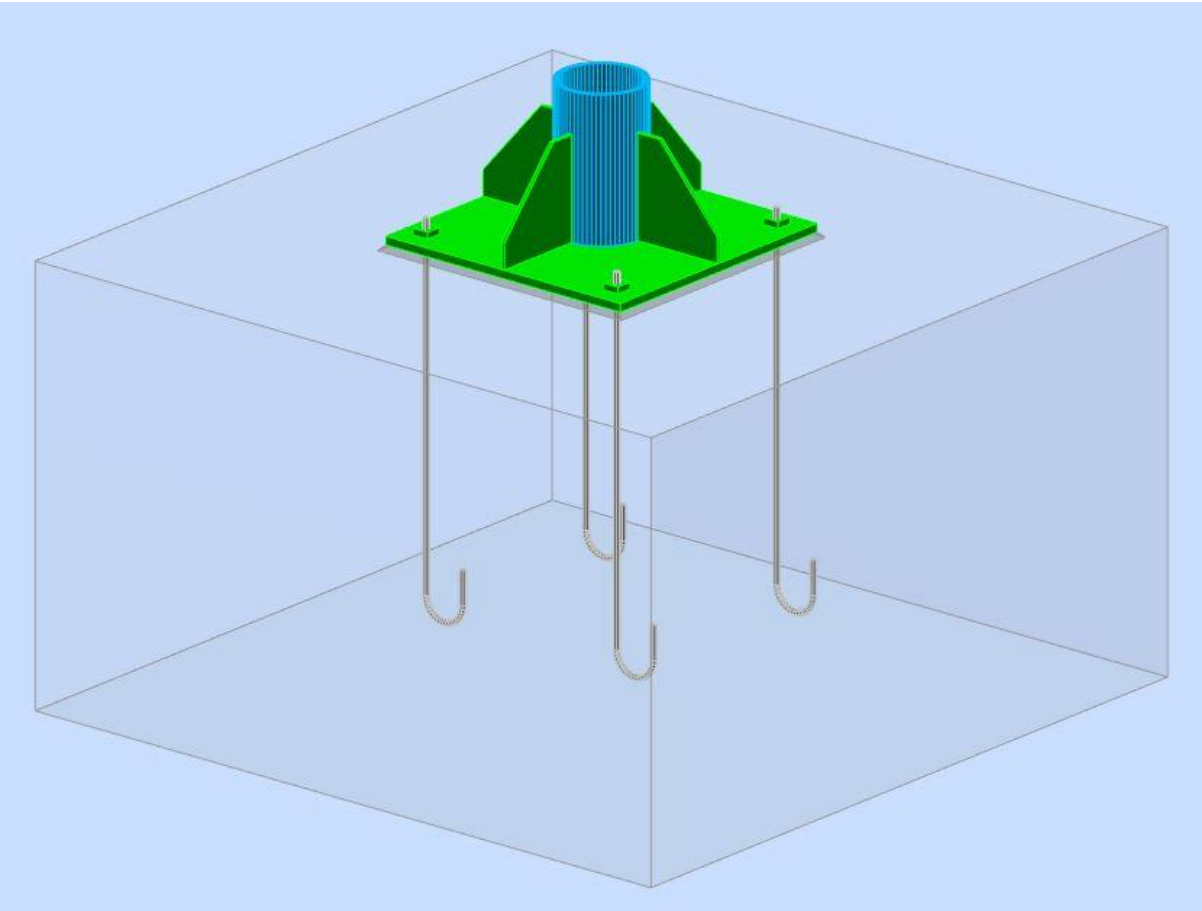
7.3. Proračun priključka



Slika 48. Nacrt izvedbe priključka stupa i temelja



Slika 49. Tlocrt izvedbe priključka stupa i temelja



Slika 50. Model priključka stupa i temelja

Opterećenja koja djeluju na ležaju:

$M_{z,Ed} = 911{,}25\ kNm$

$F_{v,Ed} = F_{b,Ed} = 85{,}21\ kN$

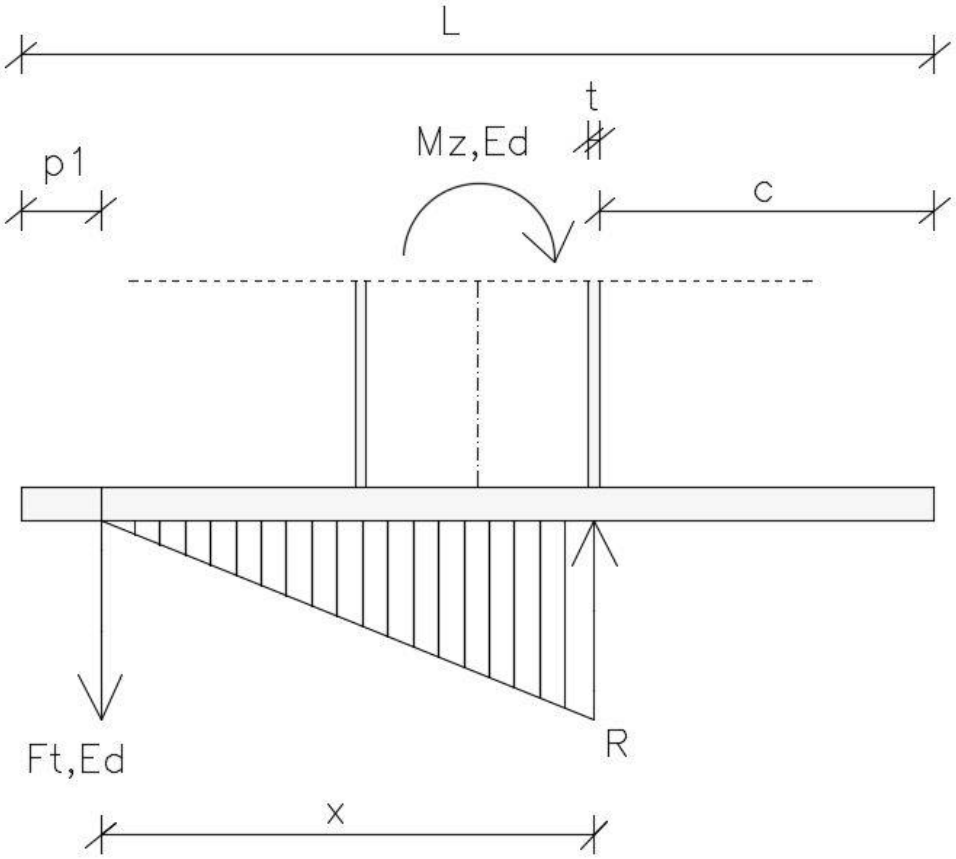
Vlačna sila koja djeluje na vijke određuje se pomoću slike 51:

$F_{t,Ed} \times X = M_{z,Ed}$

$F_{t,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{X}$

$X = L - p_1 - c - \frac{t}{2} = 1600 - 150 - 546 - \frac{25}{2} = 891{,}5\ mm = 0{,}892\ m$

$F_{t,Ed} = \frac{911{,}25}{0{,}892} = 1021{,}58\ kN$



Slika 51. Vlačna sila na vijcima

Određivanje računske otpornosti vijaka prema [33]:

Otpornost vijka na posmik:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \times f_{ub} \times A}{\gamma_{M2}} \tag{36}$$

Prema izrazu (36) vrijedi:

$$F_{v,Rd} = \frac{0{,}5 \times 100 \times 8{,}17}{1{,}25}$$

$$F_{v,Rd} = 326{,}8\ kN$$

$$\sum F_{v,Rd} = 4 \times 326{,}8 kN$$

$$\sum F_{v,Rd} = 1307{,}2\ \mathrm{kN}$$

Uvijet nosivosti za posmik:

$$F_{v,Ed} \leq \sum F_{v,Rd} \tag{37}$$

Prema izrazu (37) vrijedi:

$$85{,}21 \text{ kN} < 1307{,}2\text{kN}$$

(iskoristivost 6,5 %)

Otpornost na pritisak po omotaču rupe osnovnog materijala:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_I \times \alpha_b \times f_u \times d \times t}{\gamma_{M2}} \tag{38}$$

gdje su koeficijenti:

$$\alpha_b = \min(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1) \tag{39}$$

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0} \tag{40}$$

$$k_I = \min(2{,}8 \times \frac{e_2}{d_0} - 1{,}7; 2{,}5) \tag{41}$$

Prema izrazu (41) vrijedi:

$$k_I = \min(2{,}8 \times \frac{1300}{39} - 1{,}7; 2{,}5)$$

$$k_I = \min(91{,}63; 2{,}5)$$

$$k_I = 2{,}5$$

Prema izrazu (40) vrijedi:

$$\alpha_d = \frac{1300}{3 \times 39}$$

$$\alpha_d = 11{,}11$$

Prema izrazu (39) vrijedi:

$$\alpha_b = \min(11{,}11; \frac{1000}{510}; 1)$$

$$\alpha_b = \min(11{,}11; 1{,}96; 1)$$

$$\alpha_b = 1$$

Prema izrazu (38) vrijedi:

$$F_{b,Rd} = \frac{1 \times 2{,}5 \times 51 \times 3{,}6 \times 5}{1{,}25}$$

$$F_{b,Rd} = 1836\ kN$$

$$\sum F_{b,Rd} = 4 \times 1836\ kN$$

$$\sum F_{b,Rd} = 7344\ \text{kN}$$

Uvijet nosivosti za pritisak po omotaču rupe osnovnog materijala:

$$F_{b,Ed} \leq \sum F_{b,Rd} \tag{42}$$

Prema izrazu (42) vrijedi:

$$85{,}21\ \text{kN} < 7344\ \text{kN}$$

(iskoristivost 1,16 %)

Otpornost vijka na vlak:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} \tag{43}$$

gdje je:

$$k_2 = 0{,}9$$

Prema izrazu (43) vrijedi:

$$F_{t,Rd} = \frac{0{,}9 \times 100 \times 8{,}17}{1{,}25}$$

$$F_{t,Rd} = 588{,}24\ kN$$

$$\sum F_{t,Rd} = 2 \times 588{,}24\ \ kN$$

$$\sum F_{t,Rd} = 1176{,}48\ \mathrm{kN}$$

Uvijet nosivosti za vlak:

$$F_{t,Ed} \leq \sum F_{t,Rd} \tag{44}$$

Prema izrazu (44) vrijedi:

$$1021{,}58\ \mathrm{kN} < 1176{,}48\ \mathrm{kN}$$

(iskoristivost 87%)

Interakcija posmika i vlaka:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4 \times F_{t,Rd}} \leq 1 \tag{45}$$

Prema izrazu (45) vrijedi:

$$\frac{\frac{85{,}21}{4}}{326{,}8} + \frac{\frac{1021{,}58}{2}}{1{,}4 \times 588{,}24} \leq 1$$

$$\frac{21{,}30}{326{,}8} + \frac{510{,}79}{1{,}4 \times 588{,}24} \leq 1$$

$$0{,}69 \leq 1$$

Izabrani vijci M36 zadovoljavaju uvjete nosivosti.

Opterećenje koje djeluje na zavar:

$$F_{w,Ed} = \sqrt{\frac{1}{2} \times {V_{z,Rd}}^2 + {N_2}^2} \tag{46}$$

$V_{z,Rd} = 85{,}21\ kN$

Sila N_2 se određuje prema slici 52:

$M_{z,Ed} = N_2 \times x_2$

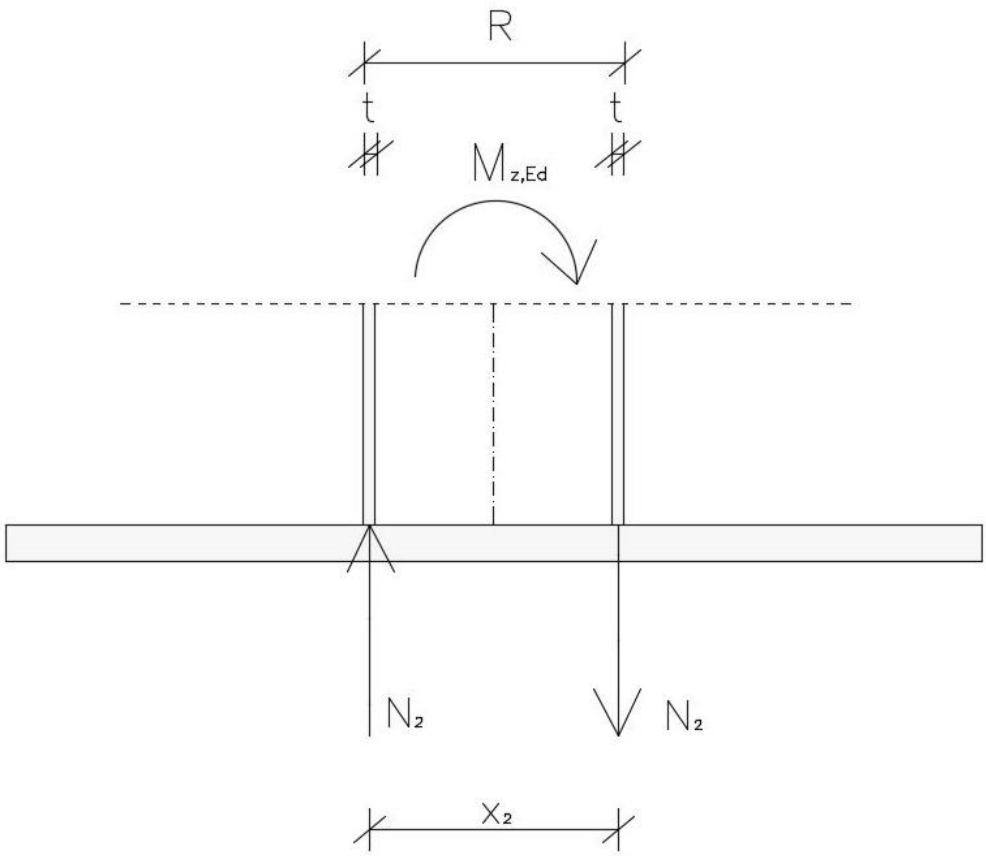
$N_2 = \frac{M_{z,Ed}}{x_2}$

$x_2 = R - 2 \times \frac{t}{2}$

$x_2 = 508 - 25$

$x_2 = 483\ mm = 0{,}483\ m$

$N_2 = \frac{911{,}25}{0{,}483} = 1886{,}65\ \mathrm{kN}$



Slika 52. Djelovanje sila N_2

Prema izrazu (46) vrijedi:

$$F_{w,Ed} = \sqrt{\frac{1}{2} \times 85{,}21^2 + 1886{,}65^2}$$

$$F_{w,Ed} = 1887{,}61\ kN$$

Računska otpornost zavara:

$$F_{W,Rd} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w} \times a \times \sum L}{\gamma_{M2}} \tag{47}$$

gdje je:

$$\beta_w = 0{,}90 \text{ za S355}$$

$$\sum L = 2 \times r \times \Pi + l_{ukrute} \times n \times 2$$

$$\sum L = 2 \times \frac{50{,}8}{2} \times \Pi + 54{,}6 \times 4 \times 2$$

$$\sum L = 596{,}39\ cm$$

Prema izrazu (47) vrijedi:

$$F_{W,Rd} = \frac{\frac{51}{\sqrt{3} \times 0{,}90} \times 0{,}8 \times 596{,}39}{1{,}25}$$

$$F_{W,Rd} = 12487{,}55\ kN$$

Uvijet nosivosti zavara:

$$F_{w,Ed} \leq \sum F_{w,Rd} \tag{48}$$

Prema izrazu (48) vrijedi:

$$1887{,}61 \text{ kN} < 12487{,}55 \text{ kN}$$

(iskoristivost 15%)

Zavar zadovoljava nosivost.

8. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu dan je prijedlog konstrukcije reklamnog panoa. Kao uvod u rad detaljnije su analizirani elementi konstrukcije reklamnog panoa. Reklamne panoe osim po materijalu od kojeg su građeni, razlikujemo po položaju i broju stupova kao i prema izvedbi reklamne površine. Reklamni pano koji je analiziran u ovom radu je izveden od čelika sa stupom na sredini čija je visina 10 m i čija je reklamna povšina dimenzija 10x5 m. Prema normi HRN EN 1991-1-4, 2012,određeno je djelovanje vjetra na reklamni pano i na stup, s obzirom da se konstrukcija nalazi u industrijskoj zoni grada Kutine. Statički proračun konstrukcije proveden je u računalnom programu Robot Structural Analysis Professional. Elementi reklamnog panoa dimenzionirani su na unutarnje sile koje su dobivene za djelovanje kombinacije stalnog opterećenja i vjetra. Stup je provjeren na tlak, savijanje, posmik i izvijanje, dok su kod elemenata rešetkaste konstrukcije provjere na savijanje i posmik bile zanemarene zbog dominantnih uzdužnih sila. Poprečni presjeci koji su usvojeni nakon provjera otpornosti su: IPE 100 mm i UPE 80 mm za donji pojas reklamnog panoa, SHS 50x50x5 mm za sve elemente reklamnog panoa osim elemente donjeg pojasa i CHS 508x25 mm za stup. Na kraju je dan prijedlog detalja spoja stupa CHS 508x25 mm i AB temelja 4,2x4,2x2,5 m te su provedene provjere nosivosti sidrenih vijaka i zavara. Stup je spojen kutnim zavarom debljine 8 mm na ležajnu ploču od čelika S355 dimenzija 1600x1600 mm i debljine 50 mm. Četiri sidrena vijaka M36 k.v. 10.9. postavljena su na međusobnim razmacima 1300 mm i s dubinom sidrenja od 2 m. Četiri zakošene ukrute duljine 546 mm, visine 600 mm i debljine 20 mm pričvšćene su zavarom na stup i temelj. Stup bi zadovoljio nosivost i pri manjem poprečnom presjeku, ali se zbog vizualnog dojma predlaže izvesti robusniji poprečni presjek, te je odabran CHS 508x25 mm.

9. LITERATURA

[1] Johnson,J. Billboard Advertising and Traditional Billboards, https://smallbusiness.chron.com/billboard-advertising-traditional-billboards-17832.html?fbclid=IwAR23Cn75N7a5KwCVQoXlUhRi7QJPdEZtqtS7oE9kKFC-VHgUWkEZ0ToZsYg (5.5.2020.)

[2] https://www.macmillandictionaryblog.com/billboard (5.5.2020.)

[3] Billboard Connection (2015), The History of Billboard Advertising

https://www.billboardconnectionadvertising.com/history billboard-advertising/ (5.5.2020.)

[4] https://i.dailymail.co.uk/i/pix/2014/03/11/article-2578190-1C2FB4A900000578-843_964x620.jpg(6.5.2020.)

[5]http://www.madehow.com/Volume-5/Billboard.html?fbclid=IwAR0wpHpUSsQ8zfSBEEpnfLSwkDMRGl_j8jCm18jwOxOzyajOJBzTJMkO5j8 (6.5.2020.)

[6] https://www.shutterstock.com/image-illustration/many-view-3d-rendering-blank-advertising-1172989405(6.5.2020.)

[7] North Carolina Department of Revenue (2015), Billboard Structures Valuation Guide, https://files.nc.gov/ncdor/documents/manuals/billboard_valuation_15.pdf?fbclid=IwAR3cqOpRvJkBXRrthFJv2B8F1e3WcaFZF_4ofGfl5dgTJotQGi0npduuO9w (6.5.2020.)

[8]https://metaloobrada.hr/en/product/urban-equipment/billboards-17?fbclid=IwAR1R4BYbkuESqWg-oE67rD-3aVZ78nszmIWIh52ODkjod9Sv_R73N_2mD0E (6.5.2020.)

[9] Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje (2015): Proračun čvrstoće nosivog stupa reklamnog panoa, Krajinović, M., Zagreb

[10] https://www.freemockupworld.com/free-billboards-mockup-psd/(6.5.2020.)

[11] https://www.chasepagers.com/project/billboards/(7.5.2020.)

[12] https://goodmockups.com/free-triangular-billboard-mockup-psd-set/(7.5.2020.)

[13] http://www.allsteelinc.com/sign-configurations.html (7.5.2020.)

[14] https://www.pinterest.com/pin/322711129546080668/(7.5.2020.)

[15] https://www.pinterest.com/pin/830562356268146895/(7.5.2020.)

[16] https://www.pinterest.com/pin/542120873896453355/(7.5.2020.)

[17] https://selectivestructures.com/billboards/(7.5.2020.)

[18] https://www.123rf.com/photo_69783467_steel-frame-for-large-billboard-ready-for-rent.html(7.5.2020.)

[19] https://www.turbosquid.com/3d-models/old-wood-billboard-max/662400(7.5.2020.)

[20] https://cnyeroo.en.made-in-china.com/productimage/QsfnAJOYslcy-2f1j00rfMRAvhyAaoS/China-Outdoor-Advertising-LED-Screen-Billboard.html(7.5.2020.)

[21] https://visualled.com/en/advertising-led-billboard/ (7.5.2020.)

[22] HZN: Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-4: Opća djelovanja – Djelovanja vjetra – Nacionalni dodatak, HRN EN 1991-1-4:2012/NA, 2012. https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/HRN_EN_1991-1-4_2012_NA_2012.pdf (14.5.2020.)

[23] European standard, Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4: General actions - Wind actions, HRN EN 1991-1-4, 2005.

[24] https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3179771/mod_resource/content/1/3_Klasifikacija%20popre%C4%8Dnog%20presjeka%2020192020.pdf (15.7.2020.)

[25] https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3230818/mod_resource/content/1/5_Otpornost%20popre%C4%8Dnog%20presjeka_2019_2020.pdf (15.7.2020.)

[26] https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3307512/mod_resource/content/2/Numeri%C4%8Dki%20primjer_otpornost%20elementa%20na%20BT%20izvijanje.pdf (15.7.2020.)

[27] https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3308588/mod_resource/content/2/Tablice%20za%201.kolokvij.pdf (15.7.2020.)

[28] https://www.dlubal.com/en/ (15.7.2020.)

[29] https://www.pinterest.com/pin/621496817301299125/ (24.7.2020.)

[30] https://www.youtube.com/watch?v=C4Mm3mvN1P0 (24.7.2020.)

[31]file:///C:/Users/Filip%20Lenart/Desktop/ZAVR%C5%A0NI/9_Priklju%C4%8Dak%20stupa%20na%20betonski%20temelj.pdf (17.8.2020.)

[32] https://www.engineersdaily.com/2014/02/spreadsheet-analysis-of-steel-column-basepaltes-aisc9th.html (24.7.2020.)

[33] https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3341821/mod_resource/content/1/Tablice%20i%20formule%20za%202.%20kolovij.pdf (18.8.2020.)