

Dimenzioniranje proizvodne hale s nadstrešnicom i uredima

Čaušević, Melisa

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:157:091156>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-02**



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**

Melisa Čaušević

Dimenzioniranje proizvodne hale s nadstrešnicom i uredima

Diplomski rad

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Sveučilišni diplomski studij Građevinarstvo
Konstrukcije
Čelične konstrukcije**

**Melisa Čaušević
JMBAG: 0114032421**

Dimenzioniranje proizvodne hale s nadstrešnicom i uredima

Diplomski rad

Rijeka, rujan 2023.

ZAHVALA

Želim ovom prigodom izraziti srdačno hvala na neizmjerne podršci, vodstvu i pomoći tijekom diplomskog rada izuzetnom mentoru izv. prof. dr. sc. Mladenu Buliću, dipl.ing.građ. Hvala na strpljenju, prilagodljivosti te posvećenosti mentorstvu koji su olakšali proces izrade diplomskog rada i otvorili nove spoznaje u području čeličnih konstrukcija.

Također, želim zahvaliti svojim dragim kolegama s fakulteta (M&M). Nakon pet godina zajedničkog studiranja, postali smo pravi prijatelji i podrška jedni drugima u izazovima koje donosi naredni period.

Zahvaljujem svojoj divnoj prijateljici i cimerici koja me je podržavala i pomogla da sve završim u skladu s rokovima, s entuzijazmom i bez stresa uz bezbroj dobrih kava.

Za kraj, ali ne manje važnima, hvala mojoj obitelji. Njihova neizmjerne podrška, razumijevanje i strpljenje tijekom ovih pet godina studiranja bili su neprocjenjivi. Bez vas, dragi, ovo ne bi bilo moguće!

IZJAVA

Diplomski rad izradila sam samostalno, u suradnji s mentorom izvan. prof. dr. sc. Mladenom Bulićem 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.

Melisa Čaušević

U Rijeci, 13.09.2023.

SAŽETAK

U građevinskoj industriji, pravilnost proračuna i koordinacija izuzetno su važni. Kako bi se osigurala kvaliteta izgradnje, koristi se računalni alat kao što je Autodesk Robot Structural Analysis, koji omogućuje precizno modeliranje i analizu konstrukcije. Tema ovog rada je dimenzioniranje čelične konstrukcije u slikovitom priobalnom području Hrvatske, uz poseban naglasak na snježno opterećenje i brzinu vjetra. Impozantni objekt s dvostrešnim krovom, nadstrešnicom i uredima pažljivo je projektiran u skladu s relevantnim normama i Nacionalnim dodacima Hrvatske. Dodatna komponenta je kranska staza s kranom nosivosti od 10 tona. Odabrani materijali su termoizolirani sendvič paneli koji pružaju visoku toplinsku izolaciju i karakteriziraju se niskom specifičnom težinom. Svi elementi konstrukcije dimenzionirani su za granično stanje nosivosti i uporabivosti, uz pažljivu analizu djelovanja na konstrukciju, uključujući vlastitu težinu, snijeg i vjetar. Različiti elementi imaju različite razine iskoristivosti, pri čemu je prosječna iskoristivost konstrukcije 80%. Posebna pažnja u detaljima posvećena je spojevima, uključujući spoj stupa s temeljem, spoj donjeg pojasa sa stupom, spoj donjeg pojasa sa stupom te spoj ispune i donjeg pojasa. Svi spojevi izvedeni su pomoću spojnih sredstava kao što su vijci i varovi, pri čemu je prosječna iskoristivost spojeva iznosila 80%. Cilj projekta je postići precizne rezultate, maksimizirati iskorištenost elemenata konstrukcije i osigurati sigurnu, funkcionalnu i ekonomičnu izvedbu.

Ključne riječi: čelične konstrukcije, rešetkasti nosač, kran, statički proračun, dimenzioniranje elemenata, dimenzioniranje spojeva

SUMMARY

In the construction industry, accuracy and coordination are of paramount importance. To ensure the quality of construction, computer tools such as Autodesk Robot Structural Analysis are utilized, enabling precise modeling and analysis of the structure. The focus of this work is the dimensioning of a steel structure in the picturesque coastal region of Croatia, with a particular emphasis on snow load and wind speed. An impressive structure with a dual – pitched roof, canopy, and offices has been carefully designed in accordance with relevant Croatian standards and National annexes. An additional component is a crane runway with a 10 – ton crane. The chosen materials are thermal insulator sandwich panels, known for their high thermal insulation properties and low specific weight. All structural elements have been dimensioned for the ultimate limit state and serviceability limit state, following a meticulous analysis of various loading conditions, including self – weight, snow and wind. Different elements exhibit varying degrees of utilization, with the average utilization rate of the structure being 70 %. Particular attention has been given to connection details, including the base connection of columns, upper chord – column connection, lower chord – column connection and the panel – lower chord connection. All connections have been executed using fasteners such as bolts and welds, with an average utilization rate of 80%. The project's objective is to achieve precise results, maximize the utilization of structural elements, and ensure a safe, functional and cost – effective construction.

Keywords: steel structures, truss beam, crane, static analysis, design of elements, design of connections

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEHNIČKI OPIS.....	3
2.1. OPIS KONSTRUKCIJE	3
2.1.1. Glavni okviri	4
2.1.2. Podrožnice.....	5
2.1.3. Fasadni nosači	5
2.1.4. Stabilizacijski vezovi.....	5
2.1.5. Jednogredni mosni kran	6
2.1.6. Otvori	6
2.2. OPTEREĆENJA NA KONSTRUKCIJU.....	7
2.3. PRORAČUN KONSTRUKCIJE	7
2.4. MATERIJALI ZA IZRADU KONSTRUKCIJE	8
2.5. PRIMIJENJENE NORME	8
2.6. ANTIKOROZIJSKA ZAŠTITA	8
2.7. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA.....	9
2.8. MONTAŽA I TRANSPORT	9
3. PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE	10
3.1. TEHNIČKI UVJETI ZA IZRADU I MONTAŽI ČELIČNE KONSTRUKCIJE	10
3.2. MATERIJALI ZA IZRADU ČELIČNE KONSTRUKCIJE	11
3.3. ZAVARI I VIJCI.....	12
3.4. IZVOĐENJE I MONTAŽA ČELIČNE KONSTRUKCIJE I UPRAVLJANJE KVALITETOM.....	12
3.5. PROPISI.....	19
3.6. OPĆE NAPOMENE ZA IZRADU ČELIČNE KONSTRUKCIJE U RADIONICI..	19
3.7. ELEMENTI KONSTRUKCIJE	19
3.8. ANTIKOROZIVNA ZAŠTITA	20
3.9. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA.....	20
3.10. PRIJEM ELEMENATA ČELIČNE KONSTRUKCIJE	20
4. LISTA PRISTANKA	22
5. ANALIZA DJELOVANJA	24

5.1. STALNA DJELOVANJA.....	24
5.1.1. Vlastita težina konstrukcijskih elemenata	24
5.1.2. Pokrov	24
5.1.3. Vlastita težina fasade.....	25
5.1.4. Instalacije	25
5.1.5. Ukupno djelovanje na krov i zidove	25
5.2. DJELOVANJE SNIJEGA	26
5.2.1. Djelovanje snijega na dvostrešni krov hale.....	28
5.2.2. Djelovanje snijega na jednostrešni krov ureda.....	30
5.2.3. Djelovanje snijega na nadstrešnicu	31
5.3. DJELOVANJE VJETRA.....	33
5.3.1. Proračun djelovanja vjetra na konstrukciju.....	38
5.3.1.1. SLUČAJ I – vanjski transverzalni pritisak, svi otvori zatvoreni $\theta = 0^\circ$	38
5.3.1.2. SLUČAJ II – vanjski transverzalni pritisak, svi otvori otvoreni $\theta = 0^\circ$	46
5.3.1.3. SLUČAJ III – vanjski longitudinalni pritisak, svi otvori zatvoreni $\theta = 90^\circ$	52
5.3.1.4. SLUČAJ IV – vanjski longitudinalni pritisak, svi otvori otvoreni $\theta = 90^\circ$	58
5.3.2. Djelovanje vjetra na krov ureda	62
5.3.2.1. Slučaj I. – vanjski longitudinalni pritisak $\theta = 90^\circ$	62
5.3.2.2. Slučaj II. – vanjski transverzalni pritisak $\theta = 0^\circ$	65
5.3.3. Djelovanje vjetra na nadstrešnicu	69
5.3.3.1. Slučaj I. – vanjski transverzalni pritisak ($\theta = 0^\circ$)	69
5.3.3.2. Slučaj II. – vanjski longitudinalni pritisak ($\theta = 90^\circ$).....	72
5.4. POKRETNOST DJELOVANJE OD DIZALICE	75
5.4.1. Karakteristični položaji dizalice.....	76
6. STATIČKI PRORAČUN, MEHANIČKA OTPORNOST I STABILNOST KONSTRUKCIJE	78
6.1. ANALIZA STATIČKOG SUSTAVA	78
6.2. OPTEREĆENJA NA KONSTRUKCIJU.....	81
6.2.1. Stalno djelovanje.....	81
6.2.2. Opterećenje snijegom – simetrično	83
6.2.3. Opterećenje vjetrom – Slučaj 1	84
6.3. KOMBINACIJE DJELOVANJA	88

6.4. PRIKAZ DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJU U PROGRAMU AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL 2022	117
6.5. REZULTATI REZNIH SILA, PROGIBA I POMAKA ELEMENATA	129
6.5.1. Maksimalne i minimalne vrijednosti sila i momenata	129
6.5.2. Reakcije oslonaca	138
6.5.3. Maksimalni pomaci i progibi sustava.....	138
6.6. DIMENZIONIRANJE ELEMENATA KONSTRUKCIJE	140
6.6.1. Glavni stupovi	140
6.6.2. Podrožnice - hala	157
6.6.3. Gornji pojas	160
6.6.4. Donji pojas	163
6.6.5. Podrožnice - nadstrešnica	166
6.6.6. Podrožnice - ured	169
6.6.7. Ispuna	172
6.6.8. Zabatni stupovi	175
6.6.9. Nosači ureda	178
6.6.10. Stupovi ureda.....	181
6.6.11. Nosač nadstrešnice	184
6.6.12. Krovni uzdužni vjetrovni vez	187
6.6.13. Krovni poprečni vjetrovni vez.....	189
6.6.14. Fasadni uzdužni vjetrovni vez.....	191
6.6.15. Fasadni poprečni vjetrovni vez	193
6.6.16. Uredski krovni vjetrovni vez.....	195
6.6.17. Uredski fasadni vjetrovni vez.....	197
6.6.18. Horizontalni nosači obloge.....	199
6.6.19. Zatega	202
6.6.20. Konzola	204
6.6.21. Kranska staza.....	206
6.7. KONTROLA POMAKA I PROGIBA ELEMENATA KONSTRUKCIJE	209
6.7.1. Podrožnice - hala	209
6.7.2. Vanjski stupovi	210
7. DIMENZIONIRANJE SPOJEVA	211
7.1. SPOJ VANJSKOG STUPA I TEMELJA (DETALJ A)	211

7.2. SPOJ STUPA I GREDNOG NOSAČA - GORNJI POJAS (DETALJ B)	227
7.3. SPOJ STUPA I GREDNOG NOSAČA - DONJI POJAS (DETALJ C).....	234
7.4. SPOJ DIJAGONALNIH ISPUNA S DONJIM POJASOM (DETALJ D).....	242
8. ISKAZ MATERIJALA.....	248
9. ZAKLJUČAK.....	249
LITERATURA	251
NACRTI.....	252

POPIS SLIKA

Slika 1. Krovni pokrov - Izoforma Euro 5 sendvič panel [1]	24
Slika 2. Fasadni pokrov - Izoforma Isopar elegant sendvič panel [1]	25
Slika 3. Karta snježnih područja Republike Hrvatske [2]	26
Slika 4. Slučajevi opterećenja snijegom na dvostrešni krov hale. Modificirano prema [3] 29	
Slika 5. Slučaj opterećenja snijegom na jednostrešni krov ureda. Modificirano prema [3] 30	
Slika 6. Slučaj opterećenja snijegom na nadstrešnicu. Modificirano prema [3]	32
Slika 7. Karta osnovne brzine vjetra za područje Republike Hrvatske [4].....	33
Slika 8. Tlocrt i pogled na vertikalne zidove izložene djelovanju transverzalnog vjetra $\theta = 0^\circ$. Modificirano prema [5].....	38
Slika 9. Tlocrt na krovnu plohu izloženu djelovanju transverzalnog vjetra $\theta = 0^\circ$. Modificirano prema [5]	40
Slika 10. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove izložene djelovanju transverzalnog vjetra $\theta = 0^\circ$ za Slučaj 1 - tlocrt. Modificirano prema [5]	44
Slika 11. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove i krovnu plohu izloženih djelovanju transverzalnog vjetra $\theta = 0^\circ$ za Slučaj 1 – presjek (I. slučaj). Modificirano prema [5]	44
Slika 12. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove i krovnu plohu izloženih djelovanju transverzalnog vjetra $\theta = 0^\circ$ za Slučaj 1 – presjek (II. slučaj). Modificirano prema [5]....	45
Slika 13. Tlocrt hale s označenim otvorima i opterećenje vjetrom transverzalnog smjera $\theta = 0^\circ$ [izradio autor]	46
Slika 14. Koeficijenti unutarnjeg pritiska za jednoliko raspodijeljene otvore [5].....	48
Slika 15. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove izložene djelovanju transverzalnog vjetra $\theta = 0^\circ$ za Slučaj 2 - tlocrt. Modificirano prema [5]	50
Slika 16. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove i krovnu plohu izloženih djelovanju transverzalnog vjetra $\theta = 0^\circ$ za Slučaj 2 - presjek (I. slučaj). Modificirano prema [5].....	51
Slika 17. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove i krovnu plohu izloženih djelovanju transverzalnog vjetra $\theta = 0^\circ$ za Slučaj 2 - presjek (II. slučaj). Modificirano prema [5]	51
Slika 18. Tlocrt i pogled na vertikalne zidove izložene djelovanju longitudinalnog vjetra $\theta = 90^\circ$. Modificirano prema [5].....	52
Slika 19. Tlocrt na krovnu plohu opterećenu longitudinalnim vjetrom $\theta = 90^\circ$. Modificirano prema [5]	54
Slika 20. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove izložene djelovanju longitudinalnog vjetra $\theta = 90^\circ$ za Slučaj 3 - tlocrt. Modificirano prema [3].....	57

Slika 21. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove i krovnu plohu izloženih djelovanju longitudinalnog vjetra $\theta = 90^\circ$ za Slučaj 3 - presjek. Modificirano prema [3]	57
Slika 22. Koeficijenti unutarnjeg pritiska za jednoliko raspodijeljene otvore [5].....	59
Slika 23. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove izložene djelovanju longitudinalnog vjetra $\theta = 90^\circ$ za Slučaj 4 - tlocrt Modificirano prema [5].....	61
Slika 24. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove i krovnu plohu izloženih djelovanju longitudinalnog vjetra $\theta = 90^\circ$ za Slučaj 4 – presjek. Modificirano prema [5]	61
Slika 25. Podjela jednostrešne krovne plohe ($\alpha = 5,0^\circ$) na zone za djelovanje longitudinalnog vjetra $\theta = 90^\circ$. Modificirano prema [5].....	62
Slika 26. Prikaz opterećenja na krovnu plohu izloženih djelovanju longitudinalnog vjetra $\theta = 90^\circ$ - presjeci. Modificirano prema [5]	64
Slika 27. Podjela jednostrešne krovne plohe ($\alpha = 5,0^\circ$) na zone za djelovanje transverznog vjetra $\theta = 0^\circ$. Modificirano prema [5]	65
Slika 28. Prikaz opterećenja na krovnu plohu izloženih djelovanju transverznog vjetra $\theta = 0^\circ$ - presjeci. Modificirano prema [5]	68
Slika 29. Podjela nadstrešnice na zone izložene djelovanju transverznog vjetra $\theta = 0^\circ$. Modificirano prema [5]	69
Slika 30. Prikaz opterećenja na nadstrešnicu izloženu djelovanju transverznog vjetra $\theta = 0^\circ$ – presjeci. Modificirano prema [5]	71
Slika 31. Podjela nadstrešnice na zone izložene djelovanju longitudinalnog vjetra $\theta = 90^\circ$. Modificirano prema [5]	72
Slika 32. Prikaz opterećenja na nadstrešnicu izloženu djelovanju longitudinalnog vjetra $\theta = 90^\circ$ – presjeci. Modificirano prema [5]	74
Slika 33. Položaj broj 1 i 2 (kotač kрана nalaze se u osi glavnog nosača) [izradio autor] ..	76
Slika 34. Položaj broj 3 i 4 (kotač kрана nalazi se između osi glavnih nosača) [izradio autor]	76
Slika 35. Položaj broj 5 i 6 (položaj kрана je na osi glavnog nosača) [izradio autor]	77
Slika 36. Prostorni model konstrukcije (pogled sa sjeverozapada) [izradio autor]	78
Slika 37. Prostorni model konstrukcije (pogled s jugoistoka) [izradio autor].....	79
Slika 38. Prikaz stalnog djelovanja na konstrukciju [izradio autor].....	117
Slika 39. Prikaz djelovanja simetričnog snijega na konstrukciju (dio hale) [izradio autor]	117

Slika 40. Prikaz djelovanja nesimetričnog snijega na konstrukciju (dio hale) [izradio autor]	118
Slika 41. Prikaz djelovanja snijega na krovnu plohu ureda [izradio autor]	118
Slika 42. Prikaz djelovanja simetričnog snijega na nadstrešnicu [izradio autor]	119
Slika 43. Prikaz djelovanja nesimetričnog snijega na nadstrešnicu [izradio autor]	119
Slika 44. Prikaz djelovanja vjetra 1_1 (zatvoreno) na konstrukciju [izradio autor]	120
Slika 45. Prikaz djelovanja vjetra 1_2 (zatvoreno) na konstrukciju [izradio autor]	120
Slika 46. Prikaz djelovanja vjetra 1_1 (otvoreno) na konstrukciju [izradio autor]	121
Slika 47. Prikaz djelovanja vjetra 1_2 (otvoreno) na konstrukciju [izradio autor]	121
Slika 48. Prikaz djelovanja vjetra 2 (zatvoreno) na konstrukciju [izradio autor]	122
Slika 49. Prikaz djelovanja vjetra 2 (otvoreno) na konstrukciju [izradio autor]	122
Slika 50. Prikaz djelovanja vjetra 3 (zatvoreno) na konstrukciju [izradio autor]	123
Slika 51. Prikaz djelovanja vjetra 3 (otvoreno) na konstrukciju [izradio autor]	123
Slika 52. Prikaz djelovanja vjetra 1 (pritisak) na nadstrešnicu [izradio autor]	124
Slika 53. Prikaz djelovanja vjetra 1 (usis) na nadstrešnicu [izradio autor]	124
Slika 54. Prikaz djelovanja vjetra 2 (pritisak) na nadstrešnicu [izradio autor]	125
Slika 55. Prikaz djelovanja vjetra 2 (usis) na nadstrešnicu [izradio autor]	125
Slika 56. Položaj kрана 1 – sile kotača nalaze se između dva glavna nosača – maksimalne sile desno, minimalne lijevo [izradio autor]	126
Slika 57. Položaj kрана 2 – sile kotača nalaze se između dva glavna nosača – minimalne sile desno, maksimalne lijevo [izradio autor]	126
Slika 58. Položaj kрана 3 – sila kotača nalazi se na osi glavnog nosača – maksimalne sile desno, minimalne lijevo [izradio autor]	127
Slika 59. Položaj kрана 4 – sila kotača nalazi se na osi glavnog nosača – minimalne sile desno, maksimalne lijevo [izradio autor]	127
Slika 60. Položaj kрана 5 – os glavnog nosača nalazi se između sila kрана – maksimalne sile desno, minimalne lijevo [izradio autor]	128
Slika 61. Položaj kрана 6 – os glavnog nosača nalazi se između sila kрана – minimalne sile desno, maksimalne lijevo [izradio autor]	128
Slika 62. Dijagram uzdužnih sila glavnog stupa relevantnog za dimenzioniranje [izradio autor]	140
Slika 63. Dijagram poprečnih sila glavnog stupa relevantnog za dimenzioniranje [izradio autor]	141

Slika 64. Momentni dijagram glavnog stupa relevantnog za dimenzioniranje [izradio autor]	141
Slika 65. Položaj podrožnice mjerodavne za dimenzioniranje - element 13 [izradio autor]	157
Slika 66. Položaj gornjeg pojasa mjerodavnog za dimenzioniranje - element 25 [izradio autor]	160
Slika 67. Položaj donjeg pojasa mjerodavnog za dimenzioniranje - element 26 [izradio autor]	163
Slika 68. Položaj podrožnice na nadstrešnici mjerodavne za dimenzioniranje - element 433 [izradio autor]	166
Slika 69. Položaj podrožnice na uredu mjerodavne za dimenzioniranje - element 280 [izradio autor]	169
Slika 70. Položaj ispune mjerodavne za dimenzioniranje - element 41 [izradio autor]	172
Slika 71. Položaj zabatnog stupa mjerodavnog za dimenzioniranje - element 396 [izradio autor]	175
Slika 72. Položaj nosača ureda mjerodavnog za dimenzioniranje - element 448 [izradio autor]	178
Slika 73. Položaj stupa ureda mjerodavnog za dimenzioniranje - element 445 [izradio autor]	181
Slika 74. Položaj nosača nadstrešnice mjerodavnog za dimenzioniranje - element 276 [izradio autor]	184
Slika 75. Položaj krovnog uzdužnog vjetrovnog veza mjerodavnog za dimenzioniranje - element 384 [izradio autor]	187
Slika 76. Krovni poprečni vjetrovni vez mjerodavan za dimenzioniranje - element 216 [izradio autor]	189
Slika 77. Fasadni uzdužni vjetrovni vez mjerodavan za dimenzioniranje - element 229 [izradio autor]	191
Slika 78. Fasadni poprečni vjetrovni vez mjerodavan za dimenzioniranje - element 107 [izradio autor]	193
Slika 79. Položaj uredskog krovnog vjetrovnog veza mjerodavnog za dimenzioniranje - element 499 [izradio autor]	195
Slika 80. Položaj uredskog fasadnog vjetrovnog veza mjerodavnog za dimenzioniranje - element 500 [izradio autor]	197

Slika 81. Položaj horizontalnog nosača obloge mjerodavnog za dimenzioniranje - element 341 [izradio autor]	199
Slika 82. Položaj zatege mjerodavne za dimenzioniranje - element 315 [izradio autor] ..	202
Slika 83. Položaj konzole mjerodavne za dimenzioniranje - element 328 [izradio autor]	204
Slika 84. Položaj konzole mjerodavne za dimenzioniranje - element 328 [izradio autor]	206
Slika 85. Prikaz spoja AB temelja i čeličnog stupa [izradio autor]	212

POPIS TABLICA

Tablica 1. Opterećenje snijegom za regije s različitim nadmorskim visinama. Modificirano prema [2].....	27
Tablica 2. Koeficijenti oblika opterećenja snijegom. Modificirano prema [3]	28
Tablica 3. Kategorije terena i parametri terena. Modificirano prema [5].....	35
Tablica 4. Vrijednosti koeficijenata vanjskog pritiska za vertikalne zidove tlocrtno pravokutnih zgrada izloženih djelovanju transverznog vjetrova $\theta = 0^\circ$. Modificirano prema [5]	39
Tablica 5. Vrijednosti koeficijenta vanjskog pritiska za dvostrešne krovove izložene djelovanju transverznog vjetrova $\theta = 0^\circ$ [5].....	41
Tablica 6. Veličine otvora na konstrukciji [izradio autor]	47
Tablica 7. Vrijednosti koeficijenata vanjskog pritiska za dvostrešne krovove izložene djelovanju longitudinalnog vjetrova $\theta = 90^\circ$ [5].....	55
Tablica 8. Vrijednosti koeficijenata vanjskog pritiska za jednostrešne krovove $\theta = 90^\circ$ [5]	63
Tablica 9. Vrijednosti koeficijenata vanjskog pritiska za jednostrešne krovove izložene djelovanju transverznog vjetrova $\theta = 0^\circ$ [5].....	66
Tablica 10. Vrijednosti djelovanja dizalice nosivosti 10 t po jednom kotaču [7].....	75
Tablica 11. Poprečni presjeci i materijal pojedinih elemenata hale [izradio autor].....	79
Tablica 12. Poprečni presjeci i materijal pojedinih elemenata nadstrešnice [izradio autor] 80	
Tablica 13. Poprečni presjeci i materijal pojedinih elemenata ureda [izradio autor]	80
Tablica 14. Koeficijenti kombinacije ψ [6]	88
Tablica 15. Zbroj reakcije na osloncima pojedinih okvira [izradio autor]	114
Tablica 16. Ekvivalentne horizontalne sile pojedinih okvira [izradio autor].....	116
Tablica 17. Rezultati reznih sila za gornji pojas profila HEA 140 [izradio autor]	129
Tablica 18. Rezultati reznih sila za donji pojas profila HEA 100 [izradio autor].....	129
Tablica 19. Rezultati reznih sila za podrošnice hale profila IPE 180 [izradio autor].....	130
Tablica 20. Rezultati reznih sila za podrošnice nadstrešnice profila IPE 220 [izradio autor]	130
Tablica 21. Rezultati reznih sila za podrošnice ureda profila IPE 180 [izradio autor].....	130
Tablica 22. Rezultati reznih sila za vanjske stupove hale profila HEA 300 [izradio autor]	131

Tablica 23. Rezultati reznih sila za ispunu rešetke kvadratnog profila 50 x 50 mm [izradio autor].....	131
Tablica 24. Rezultati reznih sila za zabatne stupove profila HEA 260 [izradio autor].....	131
Tablica 25. Rezultati reznih sila za nosače ureda profila HEA 160 [izradio autor]	132
Tablica 26. Rezultati reznih sila za stupove ureda profila HEA 200 [izradio autor].....	132
Tablica 27. Rezultati reznih sila za stupove ureda profila HEA 200 [izradio autor].....	132
Tablica 28. Rezultati reznih sila za krovni uzdužni vjetrovni vez okruglog punog profila $d = 14$ mm [izradio autor].....	133
Tablica 29. Rezultati reznih sila za krovni poprečni vjetrovni vez okruglog punog profila $d = 14$ mm [izradio autor].....	133
Tablica 30. Rezultati reznih sila za fasadni uzdužni vjetrovni vez okruglog punog profila $d = 14$ mm [izradio autor].....	134
Tablica 31. Rezultati reznih sila za fasadni poprečni vjetrovni vez okruglog punog profila $d = 14$ mm [izradio autor].....	134
Tablica 32. Rezultati reznih sila za uredski krovni vjetrovni vez okruglog punog profila $d = 12$ mm [izradio autor].....	135
Tablica 33. Rezultati reznih sila za uredski fasadni vjetrovni vez okruglog punog profila $d = 12$ mm [izradio autor].....	135
Tablica 34. Rezultati reznih sila za zategu okruglog punog profila $d = 18$ mm [izradio autor].....	136
Tablica 35. Rezultati reznih sila za horizontalne nosače obloge profila UPN 280 [izradio autor].....	136
Tablica 36. Rezultati reznih sila za konzole profila HEA 320 [izradio autor].....	137
Tablica 37. Rezultati reznih sila za kransku stazu profila HEA 240 [izradio autor]	137
Tablica 38. Maksimalne vrijednosti reakcija u osloncima [izradio autor]	138
Tablica 39. Maksimalne vrijednosti pomaka čvorova elemenata [izradio autor].....	138
Tablica 40. Maksimalne vrijednosti progiba elemenata [izradio autor]	139
Tablica 41. Rezultati proračuna za GSN i GSU glavnog stupa relevantnog za dimenzioniranje [izradio autor]	140
Tablica 42. Geometrijske i statičke veličine profila HEA 300. Modificirano prema [9] ..	142
Tablica 43. Geometrijske i statičke veličine profila HEA 300 mjerodavnog za dimenzioniranje spoja stupa s temeljem. Modificirano prema [9]	213
Tablica 44. Iskaz materijala (čelik S 275) [izradio autor]	248

1. UVOD

U graditeljskoj industriji često se susreće problem koji proizlazi iz nepreciznih proračuna, nepotpune analize ili loše koordinacije između različitih inženjerskih aspekata. Stoga je ključno koristiti dostupne računalne programe i alate kako bi se osiguralo da projekt bude kvalitetno izveden i osmišljen. U tom kontekstu, Autodesk Structural Analysis program izdvaja se kao izvrstan alat za dimenzioniranje čeličnih konstrukcija. Program omogućuje sveobuhvatno 3D modeliranje i analizu, što znači da se cijela konstrukcija može precizno vizualizirati. Osim toga, omogućuje jednostavno ispravljanje pogrešaka i promjenu materijala ili opterećenja u realnom vremenu. Rezultati se brzo generiraju i lako pregledavaju, a program nudi korisne smjernice za optimizaciju konstrukcije, ukazujući na potrebne promjene radi postizanja boljih rezultata.

Tema istraživanja ovog rada usmjerena je na dimenzioniranje čelične konstrukcije s nadstrešnicom i vanjskim uredima prema svim relevantnim normama i nacionalnim dodacima. Ovaj projekt zahtjeva pažljivo planiranje i projektiranje kako bi se osigurala funkcionalnost i sigurnost građevine, istovremeno pazeći na ekonomiju i estetiku.

Objekt se smješta u slikovitom priobalnom području Republike Hrvatske, točnije u Iki, unutar Primorsko – goranske županije. Prema karti snježnog opterećenja, područje Ika klasificira se u prvo područje, a to je bitan faktor pri dimenzioniranju krovnog sustava. S druge strane, teren je karakteriziran niskom vegetacijom i relativno otvorenim terenom, uz temeljnu vrijednost osnovne brzine vjetra od 20 m/s. Ovi podaci predstavljaju ključne čimbenike za detaljnu analizu i dimenzioniranje elemenata.

Glavni objekt koji se analizira ima impozantne tlocrtne dimenzije od 25,6 x 36,0 metara za glavnu halu, proširenu s nadstrešnicom širine 4 metara i pratećim uredima širine 6 metara, čime se ukupna površina širi na 29,6 x 42,0 metara. Odluka o smještaju ureda na južnu stranu objekta donesena je s pažnjom, uzimajući u obzir prednosti sunčevog osvjetljenja i prirodne termalne regulacije. Nadalje, nadstrešnica koja se nalazi na istočnoj strani, također je odabrana s promišljenošću, kako bi se osiguralo da jutarnje svjetlo ne ometa radnike i upravu dok borave na otvorenom.

Krovni sustav, ključan element ove konstrukcije, izveden je kao dvostrešni krov s nagibom od 6,2°, dok nadstrešnica i ured imaju blaži nagib od 5°.

Ovaj dizajn nije samo funkcionalan, već i estetski privlačniji u tom podneblju, doprinoseći ukupnom dojmu objekta.

Za smjer djelovanja vjetra od 270° koji nije prikazan u proračunu koristiti će se kombinacija proračuna, uključujući djelovanje vjetra na halu pod kutom 90° (simetrične zone) kao i djelovanje vjetra na ured pod kutem od 90, odnosno 270°.

U sklopu ovog konstrukcijskog projekta, dodatna važna komponenta koja će poboljšati funkcionalnost objekta jest kranska staza s kranom nosivosti od impresivnih 10 tona. Ova kranska staza omogućit će učinkovito podizanje i manipulaciju teretom unutar objekta, što je ključno za razne industrijske i logističke operacije. Kako bi se osiguralo da kranska staza i kran budu optimalno prilagođeni potrebama projekta, konzultirana je renomirana hrvatska tvrtka Hoistec d.o.o. , koja se specijalizirala za dizajn, proizvodnju i instalaciju kranskih sustava. Ova suradnja omogućila je pristup dodatnim podacima o dimenzijama kranske staze te omogućila precizno planiranje i integraciju kranskog sustava u konstrukciju.

Kada je riječ o materijalima, odabrani su Izoforma sendvič paneli kako bi se osiguralo lagano opterećenje na konstrukciju i ekonomičnost. Izbor materijala temelji se na pažljivim analizama i promišljenom inženjerskom pristupu. U kontaktu s navedenom firmom, napravljen je korak dalje kako bi se osiguralo precizno dimenzioniranje i optimalan odabir sendvič panela. Konzultirana firma, koja ima bogato iskustvo u području građevinskih materijala, pružila je nužne informacije o dostupnim panelima i njihovim karakteristikama. Termoizolirani sendvič paneli, kao ključni dio ovog odabira, predstavljaju gotove građevne elemente s vanjskom i unutarnjom oblogom te izolacijom. Paneli se ističu visokom toplinskom izolacijom i niskom specifičnom težinom čime se svrstavaju u red laganih konstrukcijskih elemenata i materijala. Zahvaljujući suradnji, osigurano je da su nosači obloge precizno postavljeni kako bi se postigla dugotrajnost materijala i najbolja izvedba.

Cilj ovog rada je postići što preciznije rezultate i optimalno iskoristiti sve elemente konstrukcije, uključujući manje profile s dobrim nosivostima, spojeve jednako dobro iskoristivi te pružiti uredno rješenje. Odnosno, svrha je stvaranje konstrukcije koja zadovoljava najviše standarde sigurnosti i funkcionalnosti, optimizirajući resurse i materijale.

2. TEHNIČKI OPIS

2.1. OPIS KONSTRUKCIJE

Čelična hala smještena je u općini Ika, koja se nalazi unutar Primorsko – goranske županije, smještene na obalnom području Hrvatske. Ovaj objekt opisuje se tlocrtnim dimenzijama 29,6 x 42,0 metara, dok mu je visina sljemena na 11,40 metara. Krov objekta izveden je kao dvostrešni krov s nagibom od 6,2°. Temeljna konstrukcija sastoji se od 7 okvira postavljenih na razmaku od 6 metara.

Na južnom dijelu objekta planirana je izgradnja nadstrešnice s ciljem pružanja zaštite od sunca i kiše. Nadstrešnica će biti projektirana kako bi se estetski uklopila s postojećim izgledom građevine i pružila zaštitu posjetiteljima, vozilima ili opremi od nepovoljnih vremenskih uvjeta. S druge strane, na istočnom dijelu objekta biti će projektirani uredi za osoblje. Ovi uredi bit će projektirani s posebnom pažnjom kako bi se osigurala funkcionalnost i poticanje produktivnosti radnika. Uredski prostor bit će opremljen suvremenim namještajem, rasvjetom i tehničkom opremom kako bi se zadovoljile sve potrebe osoblja. Nadstrešnica na južnoj strani objekta i uredi za osoblje na istočnoj strani će pridonijeti ukupno funkcionalnosti, udobnosti i estetici građevine. Osigurati će prikladan prostor za rad osoblja i zaštitu od nepovoljnih uvjeta za sve korisnike objekta.

U svrhu oblaganja konstrukcije ovog objekta odabrani su Izoforma paneli, poznati kao i termoizolirani sendvič paneli. Ovi paneli su već pripremljeni građevni elementi sastavljeni od vanjske i unutarnje obloge, te sloja izolacije. Zahvaljujući njihovoj visokoj toplinskoj izolaciji i maloj specifičnoj težini, oni su iznimno popularan izbor za krovne konstrukcije. U ovom konkretnom objektu koristi se Izoforma Euro 5 krovni panel, koji je jedan od tipova sendvič panela posebno prilagođen za upotrebu u stambenim i industrijskim objektima. Izoforma Euro 5 sendvič paneli sastoje se od dvije čelične obloge koje su međusobno povezane izolacijskim slojem poliuretana. Vanjska i unutarnja obloga imaju debljinu od 0,4 milimetara, dok je sloj izolacije debljine 200 milimetara.

U pogledu fasade građevine, također se pristupilo korištenju Izoforma sendvič panela. Za oblaganje je odabran Izoforma Isopar® Elegant sendvič paneli debljine 100 milimetara. Ovi sendvič paneli karakteriziraju se čeličnom oblogom debljine 0,4 milimetara i to kako sa unutarnje, tako i sa vanjske strane. Paneli istovremeno pružaju izolacijska svojstva i estetski privlačan izgled fasade.

2.1.1. Glavni okviri

Glavna nosiva konstrukcija ovog objekta izrađena je s visokokvalitetnim čeličnim profilima koji su pažljivo odabrani kako bi se osigurala potrebna nosivost i stabilnost. Vanjski stupovi, koji su dimenzionirani kao HEA 300 profil visine 10 metara, igraju ključnu ulogu u podržavanju cijele konstrukcije. Ovi stupovi osiguravaju vertikalnu potporu i čvrstoću objekta.

Središnji element glavne nosive konstrukcije čini rešetka koja se sastoji od nekoliko komponenti. Gornji pojas rešetke izrađen je od HEA 140 profila, dok se donji pojas sastoji od HEA 120 profila. Ova kombinacija profila osigurava ravnotežu između čvrstoće i ekonomičnosti konstrukcije.

Važan aspekt rešetke su dijagonalne ispune koje čine stabilizacijski vez. Ove ispune izrađene su od punih kvadratnih profila dimenzija 50 x 50 mm i postavljene su u geometrijski pravilnom uzorku kako bi se osigurala otpornost rešetke na različita opterećenja.

Dodatna poboljšanja u čvrstoći i stabilnosti konstrukcije postignuta su postavljanjem četiri dodatna stupa na svakoj strani zabata profila HEA 260. Ovi stupovi pružaju dodatnu potporu i sprečavaju neželjeno pomicanje konstrukcije.

Konstrukcija nadstrešnice temelji se na pažljivo planiranom sustavu nosača i zatega. Nosači nadstrešnice, izrađeni od HEA 160 čeličnih profila, čvrsto su povezani s glavnim okvirima hale na jednakim razmacima od 6 metara. Ovaj sustav nosača pruža potrebnu horizontalnu potporu za cijelu nadstrešnicu. Zatega predstavlja ključni dio konstrukcije nadstrešnice. Ove zatege su izrađene od punih okruglih profila promjera 18 mm. Njihova uloga je pridržavanje nadstrešnice i osiguranje njihove stabilnosti. Zatege su postavljene u skladu s geometrijskim zahtjevima i spojene na glavni okvir hale kako bi se osigurala ravnoteža konstrukcije.

Kada je riječ o uredu, nosači i stupovi igraju ključnu ulogu u stvaranju funkcionalnog i udobnog radnog prostora. Nosači su dimenzionirani kao HEA 160 čelični profili, dok su stupovi HEA 200 profili. Nosači su čvrsto spojeni na zabatnu stranu glavne konstrukcije na razmacima 5 – 5,15 metara. Raspored osigurava potrebnu potporu za urede i stabilnost.

2.1.2. Podrožnice

Na krovu hale, koji ima nagib od $6,2^\circ$, postavljene su podrožnice ključne za ravnomjernu raspodjelu opterećenja i sigurnost konstrukcije. Podrožnice su izrađene od profila IPE 180 i prostiru se na rasponu od 6,0 metara. Nalaze se na međusobnom razmaku od 3,2 metra i dodatno su pridržane na četvrtinama raspona kako bi se osigurala potrebna stabilnost. Njihova važna uloga leži u prenošenju opterećenja duž krova te ravnomjernoj raspodjeli sila.

Slični profili podrožnica profila IPE 180, duljine 5,0 i 5,15 metara, s međusobnim razmakom od 2,0 metara, postavljeni su i na krovu uredskog dijela objekta. Ovi elementi igraju ključnu ulogu u održavanju stabilnosti i čvrstoće krova uredskog prostora, pridonoseći tako sigurnom radnom okolišu za osoblje.

Na nadstrešnici objekta, gdje je također važna ravnoteža opterećenja i stabilnost, postavljene su podrožnice s profilom IPE 220. Ove podrožnice prostiru se na rasponu od 6,0 metara i nalaze se na međusobnom razmaku od 2,0 metara. Njihova duljina i međusobni razmak pažljivo su odabrani kako bi se osigurala pouzdanost nadstrešnice.

2.1.3. Fasadni nosači

Duž svih pročelja objekta postavljeni su horizontalni nosači obloge izrađeni od profila UPN 280. Na svim stranama hale, ovi nosači se nalaze na međusobnom razmaku od 2,5 metra, dok su kod uredskih dijela objekta postavljeni na razmaku od 2,0 metra. Ovi nosači služe kao potpora za vanjsku oblogu objekta. Njihova pozicija na međusobnim razmacima omogućava ravnomjernu rasporedu opterećenja duž pročelja objekta, te također pružaju potrebnu potporu za vanjsku oblogu doprinoseći estetskom i funkcionalnom aspektu objekta.

2.1.4. Stabilizacijski vezovi

Da bi se osigurala potrebna stabilnost konstrukcije, implementirani su horizontalni i vertikalni stabilizacijski vezovi u obliku vlačnih dijagonala. Ovi vezovi su oblikovani s poprečnim presjekom $\phi 14$ mm za fasadne, zabatne i krovne vezove, dok vezovi ureda koriste poprečni presjek $\phi 12$ mm. Stabilizacijski vezovi pružaju dodatnu potporu u različitim smjerovima smanjujući moguće deformacije ili pomake.

2.1.5. Jednogredni mosni kran

Kran je uređaj koji se vrlo često koristi u građevinskoj industriji za podizanje i manipulaciju teškim teretima. U slučaju ovog projekta, postavljen je jednogredni mosni kran tvrtke Abus s impresivnom nosivošću od 10 tona. Kran je precizno pozicioniran tako da je udaljenost od kranske staze do poda 10 metara, uključujući minimalnu sigurnosnu udaljenost od poda. Kran ima sposobnost rada u širokom rasponu temperatura, što znači da može učinkovito obavljati svoje zadatke u uvjetima od -5 do 40 stupnjeva Celzijusa, bez posebnih zahtjeva za dodatnom klimatizacijom ili grijanjem.

2.1.6. Otvori

Da bi se omogućio ulaz transportnim vozilima, planirano je izvođenje glavnih vrata s dimenzijama 5,0 x 5,0 metara na prednjoj strani hale. Ova vrata osiguravaju dovoljno prostora za učinkovito kretanje vozila unutar objekta. Također, za osoblje su predviđena vrata sa obje uzdužne strane objekta, ukupno 4 vrata dimenzija 2,0 x 1,0 metar. Ova vrata pružaju pristup i mogućnost brze komunikacije između unutarnjih i vanjskih prostora. Osvjetljenje hale osigurano je s dvije horizontalne linije prozora visine 2,5 metara, koje se protežu duž obje uzdužne strane objekta po cijeloj duljini. Prozori omogućuju da prirodno svjetlo proдре unutar hale, što može smanjiti potrebu za umjetnim osvjetljenjem tijekom dana i stvoriti ugodniji radni ambijent. Na uredu su postavljena četiri prozora dimenzija 2,0 x 1,40 metara. Prozori doprinose dovođenju prirodnog svjetla u uredski prostor, poboljšavajući kvalitetu radnog okoliša i stvarajući svjetlije i otvorenije radno mjesto za osoblje.

2.2. OPTEREĆENJA NA KONSTRUKCIJU

Konstrukcija se izlaže raznim opterećenjima, koja se za ovu konstrukciju mogu podijeliti na tri osnovne kategorije: stalna, promjenjiva i pokretna opterećenja.

Stalna opterećenja obuhvaćaju težinu samih konstrukcijskih elemenata, kao i težinu materijala koji čine pokrov i instalacija unutar objekta. Ova opterećenja čine temeljnu osnovu za dimenzioniranje konstrukcije, budući da su uvijek prisutna i ne mijenjaju se tokom vremena.

Promjenjiva opterećenja uključuju snijeg i vjetar, čije intenzitete i učestalosti variraju o geografskom položaju i klimatskim uvjetima. Ova opterećenja se precizno analiziraju i uzimaju u obzir tijekom projektiranja kako bi se osigurala sigurnost i stabilnost konstrukcije pod različitim atmosferskim uvjetima.

Pokretna opterećenja, poput opterećenja od kрана, također su bitan faktor u dimenzioniranju konstrukcije. U ovom slučaju, precizno se razmatra nosivost konstrukcije kako bi se osiguralo sigurno podizanje i manipulacija teretom unutar objekta.

Svi oblici opterećenja pažljivo se analiziraju i uzimaju u obzir u skladu s normom HRN EN 1991-1-1:2014 i pripadnim Nacionalnim dodacima.

2.3. PRORAČUN KONSTRUKCIJE

Proračun konstrukcije, uključujući analizu unutarnjih sila, momenata savijanja i dimenzioniranje elemenata, provodi se primjenom programskog paketa Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022. Ovaj proces provodi se u skladu s Eurokodom. Konstrukcija je dizajnirana tako da zadovoljava zahtjeve graničnog stanja nosivosti i graničnog stanja uporabivosti.

2.4. MATERIJALI ZA IZRADU KONSTRUKCIJE

Svi elementi konstrukcije izrađeni su od čelika tipa S 275. Pri izradi priključaka na konstrukcije koriste se različite vrste vijaka za optimalno povezivanje. Za spajanje stupova s temeljem koriste se vijci M24, a beton u temeljima je razreda čvrstoće C 35/45. U temeljima se koristi armatura B500B radi dodatne čvrstoće i stabilnosti. Za spojeve između stupova i donjeg pojasa koriste vijci M14. Za spojeve između stupova i gornjeg pojasa koriste se vijci M12. Svi zavari na konstrukciji izrađeni su debljinom od 5 milimetara, osiguravajući čvrst i stabilan spoj između elemenata konstrukcije.

2.5. PRIMIJENJENE NORME

U proračunu konstrukcije primijenjene su sljedeće norme i nacionalni dodaci.

1. norma HRN EN 1990:2011 i nacionalni dodatak HRN EN 1990:2011/NA:2011 (osnove projektiranja)
2. norma HRN EN 1991-1-3:2012 i nacionalni dodatak HRN EN 1991-1-3:2012/NA:2012 (djelovanje snijega)
3. norma HRN EN 1991-1-4:2012 i nacionalni dodatak HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2012 (djelovanje vjetra)
4. norma HRN EN 1993-1-1:2014 i nacionalni dodatak HRN EN 1993-1-1:2014/NA:2015 (opća pravila za čelične konstrukcije)
5. norma HRN EN 1993-1-8:2014 i nacionalni dodatak HRN EN 1993-1-8:2012/NA:2019 (priključci čeličnih konstrukcija).

2.6. ANTIKOROZIJSKA ZAŠTITA

Komponente čelične konstrukcije nužno prolaze kroz postupak zaštite premazom prije njihove montaže. Prije nanošenja premaza, površina svih komponenti mora se pažljivo očistiti kako bi se postigla iznimna čistoća. Nakon toga, slijedi proces odmašćivanja kako bi se pripremila površina za nanos temeljnog premaza. Temeljni premaz nanosi se u dva sloja, svaki sa debljinom od 30 µm, osiguravajući tako adekvatnu zaštitu površine. Nakon montaže konstrukcije, važno je učinkovito sanirati svako oštećenje na premazu kako bi se očuvao njegov zaštitni integritet.

2.7 PROTUPOŽARNA ZAŠTITA

Zahtjevna vatrootpornost elemenata konstrukcije iznosi F60, što implicira da su obvezni izdržati požar tijekom 60 minuta. Nakon primjene dva osnovna premaza, čelične komponente se dodatno opremaju protupožarnim slojem koji također pruža F60 vatrootpornost i usklađen je s prethodno korištenim antikorozivnim premazima.

2.8 MONTAŽA I TRANSPORT

Dijelovi konstrukcije prolaze proces obrade u radionici prije nego se prevezu na skladište gdje se povezuju koristeći vijčane spojeve. Veći elementi konstrukcije transportiraju se uz pomoć velikih prijevoznih sredstva. Na gradilištu se pažljivo skladište i čuvaju kako bi se osigurao integritet prije montaže.

3. PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE

3.1. TEHNIČKI UVJETI ZA IZRADU I MONTAŽI ČELIČNE KONSTRUKCIJE

Izrada čelične konstrukcije mora se povjeriti onom izvođaču koji ima odgovarajuće reference već izvedenih sličnih objekata. U tehničkoj dokumentaciji (projektu) predviđena je vrsta i kvaliteta materijala od kojeg treba izraditi konstrukciju. Odstupanja u kvaliteti materijala može odobriti jedino projektant konstrukcije.

Izvođač radova dužan je prije početka radova predložiti nadzornom inženjeru sljedeću važeću dokumentaciju:

- uvjerenja o kvaliteti osnovnog i dodatnog materijala, sredstava za spajanje te sredstava za antikorozivnu zaštitu,
- uvjerenje o podobnosti pogona za izvođenje zavarivačkih radova
- uvjerenja zavarivača koji će raditi na izradi konstrukcije za vrstu zavarivačkih radova koja će se primjenjivati, za traženu debljinu, materijal i položaj zavarivanja,
- specifikacija postupaka zavarivanja i odobrenje o primjeni postupaka zavarivanja,
- uvjerenja o ispravnosti strojeva za izvođenje zavarivačkih radova
- plan izvođenja zavarivačkih radova
- uvjerenje o podobnosti izvođača za izvođenje antikorozivnu zaštite
- ovlaštenja svih odgovornih osoba u sustavu interne kontrole izvođača,
- plan rada interne kontrole izvođača.

Prije pristupanja radovima na montaži potrebno je predložiti odobreni Projekt montaže.

Navedena dokumentacija sastavni je dio dokumentacije za tehnički pregled konstrukcije. Tijekom izrade i montaže konstrukcije izvođač radova dužan je voditi zakonom propisane dnevnik, koje je uz internu kontrolu izvođača dužan ovjeriti i nadzorni inženjer. Ako se materijal za izradu konstrukcije nabavlja i tijekom izrade čelične konstrukcije, potrebno je nadzornom organu staviti na uvid odgovarajuća uvjerenja o kvaliteti.

Prije isporuke konstrukcije na gradilište vrši se prijem konstrukcije u radionici uz pribavljenu kompletnu dokumentaciju o kvaliteti.

O prijemu konstrukcije sastavlja se zapisnik koji ovjeravaju svi sudionici izgradnje: investitor, izvođač radova u radionici, nadzorni inženjer te predstavnik izvođača radova na montaži konstrukcije.

3.2. MATERIJALI ZA IZRADU ČELIČNE KONSTRUKCIJE

Materijali za izradu čelične konstrukcije definirani su u poglavlju 2 (Tehnički opis) i u poglavlju 6 (Statički proračun).

Dokaz kvalitete, dimenzije i tolerancije čeličnih proizvoda

Svi čelični proizvodi koji se koriste trebaju biti ispitani u skladu s odgovarajućom normom danom u dijelu Kvaliteta čeličnih proizvoda. Proizvođač čeličnih proizvoda treba deklarirati svoj proizvod na temelju ispitivanja koristeći inspekcijsku potvrdu tip 3.1 prema normi HRN EN 10204:2007. Izvođač čelične konstrukcije treba imati pristup inspekcijskom dokumentu prema HRN EN 10204:2007 od proizvođača za sve čelične proizvode korištene u izvedbi nosive konstrukcije i dostaviti ih na zahtjev nadzornom inženjeru ili građevinskoj inspekciji. Dimenzije i tolerancije čeličnih proizvoda trebaju biti u skladu s normama danim u dijelu

Površina čeličnih proizvoda

Površinske greške toplo valjanih čeličnih ploča, širokih traka i profila koje nisu u skladu sa zahtjevima norma niza HRN EN 10163:2007 moraju se ispraviti da budu u skladu s prethodno navedenom normom. Analogno vrijedi i za šuplje profile koji moraju biti u skladu s normama HRN EN 10210:2008 (toplo oblikovani šuplji profile od nelegiranih i sitnozrnastih konstrukcijskih čelika) i HRN EN 10219:2008 (hladno oblikovani šuplji profile za čelične konstrukcije od nelegiranih i sitnozrnatih čelika).

Zamjena materijala ili oblika

Kvaliteta materijala ili oblik čeličnog proizvoda, uz suglasnost projektanta čelične konstrukcije, može se zamijeniti ako se može dokazati da konstrukcijska svojstva nisu manja od proračunom odabranih proizvoda te da je zadržana kompatibilnost s proračunatom konstrukcijom.

3.3. ZAVARI I VIJCI

Zavari

Zavari na čeličnoj konstrukciji će se točno prikazati i specificirati na izvedbenim nacrtima (radionička dokumentacija) u skladu s normama navedenim u točki 2.3.5. Zahtijevana kvaliteta punila zavara kao što su granica popuštanja, vlačna čvrstoća, relativna deformacija pri slomu i minimalna energija loma, treba biti jednaka ili bolja od zahtijevane kvalitete osnovnog materijala.

Vijci

Vijci, matice i podloške koje će se primjenjivati pri montaži čeličnih konstrukcije biti će točno specificirane na izvedbenim nacrtima (radionička dokumentacija) u skladu s normama navedenim u točki 2.3.5.

3.4. IZVOĐENJE I MONTAŽA ČELIČNE KONSTRUKCIJE I UPRAVLJANJE KVALITETOM

Izvođenje - zavarivanje

Točni oblici i dimenzije zavara biti će dani u izvedbenom projektu. Ovdje će se navesti samo preporuke i zahtjevi kojih se potrebno pridržavati pri izradi izvedbene dokumentacije i izvođenja.

a/ Općenito

Postupci zavarivanja trebaju biti u skladu s preporukama danim u normi HRN EN 1011. Općenito zavarivanje treba biti elektrolučno u skladu s HRN EN 1011-1:2009, a prema potrebi i s HRN EN 1011-2:2002, te drugim zahtjevima prikazanim u ovom poglavlju. Izvođač mora imati sustav za upravljanje zavarivanjem koji zadovoljava uvjete kvalitete definirane u normi HRN EN ISO 3834-3:2007.

Sva dokumentacija zavarivanja (kvalifikacije zavarivača, zapisi kvalifikacija postupaka zavarivanja, specifikacije postupaka zavarivanja i povezane radne upute) za primjenu treba biti pregledana od strane osobe odgovorne za koordinaciju postupka zavarivanja.

Ako je zahtijevano, dokumentacija se mora staviti na raspolaganje nadzornom inženjeru i, ako je isto imenovano, inspeksijskom tijelu. Izvođač treba osigurati da su materijali koji se zavaraju kompatibilni s primijenjenim postupkom zavarivanja.

Spojevi trebaju biti pripremljeni u skladu s normama HRN EN ISO 9692-1:2013 i HRN EN ISO 9692-2:1999. Potrebno je poduzeti mjere opreza kako bi se osigurala čistoća spoja prije zavarivanja.

b/ Osposobljenost zavarivača

Provjera osposobljenosti zavarivača treba biti u skladu sa zahtjevima norme HRN EN ISO 9606-1:2017. Provjera osposobljenosti zavarivača treba biti posvjedočena i certifikatom potvrđenim od strane Ispitivača ili Ispitnog tijela. Certifikat vrijedi pod uvjetom da ispunjava uvjete za odobravanje certifikata koji se navode u normi HRN EN ISO 9606-1:2017.

c/ Postupak zavarivanja

Pismena specifikacija postupka zavarivanja treba biti dostupna u skladu s normom HRN EN ISO 15609-1:2008 i provjerena u skladu s normom HRN EN ISO 15614-1:2017 od strane izvođača čelične konstrukcije. One moraju biti u skladu s normom HRN EN 1011-2:2002 Prilog C, Postupak A kako bi se izbjeglo puknuće vodikom i Prilogom D da se osigura odgovarajuća čvrstoća u zoni utjecaja topline.

Ispitivač ili Ispitno tijelo mora provjeriti da su zapisi kvalifikacija postupka zavarivanja u skladu s normom HRN EN ISO 15614-1:2017.

Odgovarajuće radne upute trebaju biti izrađene iz zapisa kvalifikacija postupka zavarivanja pod nadzorom koordinatora postupka zavarivanja. Radne upute trebaju biti ili pismene specifikacije postupka zavarivanja ili moraju sadržavati sve relevantne informacije zahtijevane u pismenoj specifikaciji postupka zavarivanja u drugim formatima, koji odgovaraju sustavu izvođača čelične konstrukcije.

d/ Postupak montaže

Kratki privremeni zavari mogu se koristiti pod uvjetom:

- (i) da su položeni u područje koje se zavaruje te potom temeljito odstranjeni brušenjem tako da je sljedeće zavarivanje nepromijenjeno;
- (ii) da se obavljaju od strane zavarivača kvalificiranog kao u b/ Osposobljenost zavarivača kao kratka dužina normalnih zavara do dužine koja iznosi najmanje četiri debljine debljeg spojenog dijela dugog najmanje 50 mm, te da je postupak zavarivanja u skladu s točkom c/ Postupak zavarivanja.
- (iii) da su naknadno potpuno rastopljeni pomoću postupaka zavarivanja kao u c/ Postupak zavarivanja te da se dokaže da su potpuno rastopljeni tijekom naknadnog varenja;
- (iv) da se nalaze dalje od zone gdje će se odvijati naknadno zavarivanje i u zoni u kojoj se javljaju samo tlačne sile

Napomena: Korištenjem (iv) trebalo bi biti moguće osigurati ploču stupa tijekom prijevoza.

Redosljed zavarivanja spoja ili redosljed izvedbe spoja mora biti takav daje distorzija minimalna. Zavarivanje dijelova potrebnih za izradu ili montažu treba biti u skladu sa zahtjevima za stalne zavare. Ako je neophodno uklanjanje, dijelovi moraju biti izrezani ili uklonjeni plamenom na mjestima udaljenim ne manje od 3 mm od površine ishodnog materijala. Preostali materijal mora biti u ravnini, a područje vizualno pregledano.

Ako je debljina ishodnog materijala veća od 20 mm također se mora provjeriti testiranjem penetrantima. Dijelovi potrebni za izradu ili montažu ne smiju se uklanjati čekićanjem.

e/ Nerazorno ispitivanje zavara

Vizualni pregled treba biti proveden za sve zavare. Ako su sljedeći uvjeti ispunjeni nije obavezno dodatno nedestruktivno ispitivanje:

- "spoj" je kutno zavaren,
- duljina kutnog zavara nije veća od 10mm,
- najveća delijina ne iznosi više od 20mm.

Ako navedeni uvjeti nisu ispunjeni opseg pregleda mora biti u skladu s normom HRN EN 1090-2:2011. Ako su u radionici ispunjeni svi uvjeti tada mora biti pokrenut mjesečni program daljnjeg nedestruktivnog ispitivanja od strane osobe odgovorne za koordinaciju postupka zavarivanja na način da je reprezentativni uzorak svakog mjesečnog izlaza tretiran odgovarajućim nedestruktivnim testiranjem.

Zahtjevi pregleda mogu biti reducirani po nađenju inženjera na temelju zadovoljavajuće izvedbe u početnoj proizvodnji. Isto tako, ako testiranje pokazuje da postoje problemi s kvalitetom zavara (u sličnim materijalima, metodama montaže ili postupcima zavarivanja) zahtjevi nedestruktivnog testiranja trebaju se povećati i proširiti na neobavezne dijelove. Rezultati vizualnog pregleda, površinske detekcije pukotina i ultrazvučnog ispitivanja moraju biti zapisani i dostupni na uvid.

Potpuni vizualni pregled treba se obaviti tijekom zavarivanja te po završetku utvrditi kvalitetu proizvodnje. Ako nije navedeno u specifikaciji projekta, vizualni pregled treba biti proveden u skladu sa smjernicama navedenim u normi HRN EN 1090-2:2011 i ostalim odgovarajućim normama.

Odgovarajuće kvalificirana osoba za vizualni pregled zavara može biti inspektor za zavarivanje ili zavarivač koji može pružiti dokaz da je obučen i pripremljen za vizualni pregled relevantne vrste zavara tijekom i nakon zavarivanja.

Razina kvalitete treba biti u skladu s razinama danim u normi HRN EN 1090-2:2011 i odgovarajućem standardu te specifikaciji projekta. Svi utvrđeni nedostaci ocjenjivati će se u skladu sa zahtijevanom razinom kvalitete kako bi se utvrdila potreba za popravcima i mjerama zaštite. Svi zavari koji će nakon sljedećih radnji postati nedostupni trebaju biti ispitani u skladu s normom HRN EN 1090-2:2011 i odgovarajućim standardom prije gubitka pristupa.

Ako postoji opasnost od naknadnog pucanja rok treba biti prije konačnog pregleda. Bez obzira koji se vremenski period koristi, isti mora biti naveden u inspeksijskim zapisima.

Ako se može dokazati od strane izvođača kroz zapise da nema rizika od naknadnog pucanja, vrijeme odgode može se smanjiti ili ukinuti ovisno o nahodjenju inženjera.

Ako je potreban detaljniji pregled površine zavara u skladu s normom HRN EN 1090-2:2011 i odgovarajućim standardom, ispitivanje magnetskim česticama treba biti korišteno u skladu s preporukama danim u normi HRN EN ISO 17638:2016 prije čega treba prethoditi vizualni pregled prema normi HRN EN ISO 17637:2017.

Ako ispitivanje magnetskim česticama nije praktično, ispitivanje penetrantima treba se koristiti u skladu s preporukama danim u normi HRN EN ISO 3452.

Završno površinsko otkrivanje pukotina u zavarenom spoju obavlja se nakon završetka zavara u skladu s vremenom čekanja danim u normi HRN EN 1090-2:2011 i odgovarajućim standardima.

Prikladno kvalificirana osoba za površinsko otkrivanje pukotina zavara može biti inspektor za zavarivanje ili zavarivač koji ima nacionalno priznatu važeću svjedodžbu o sposobnosti u otkrivanju površinskih pukotina za odgovarajuće vrste posla.

Ako je potrebno ultrazvučno ispitivanje u skladu s normom HRN EN 1090-2:2011 i odgovarajućim standardima, to mora biti u skladu s normom HRN EN ISO 17640:2017 koristeći referentnu razinu prema metodi 1, procijenjenu referentnu razinu - 14dB (20% DAC) i razinu ispita B ukoliko nije drukčije dogovoreno od strane inženjera. Ultrazvučno ispitivanje zavarenog spoja obavlja se nakon završetka zavara u skladu s vremenima odgode danima u normi HRN EN 1090-2:2011 i odgovarajućim standardima. Osobe koje obavljaju završno ultrazvučno ispitivanje zavara trebaju posjedovati važeću nacionalno priznatu potvrdu o osposobljenosti.

Kriteriji prihvaćanja, korektivne mjere i ponovno ispitivanje moraju biti u skladu s normom HRN EN 1090-2:2011 i odgovarajućim normama. Ukoliko se utvrde nesukladni zavari opseg pregleda mora se povećati te utvrditi i ukloniti izvor nedostataka.

Izvođenje – zaštita od korozije

Zaštita čelične konstrukcije od korozije opisana je u poglavlju 2 (Tehnički opis).

Montaža čelične konstrukcije

a/ Općenito

Izvođač treba napraviti tehnološki plan montaže čelične konstrukcije. Sa montažom čelične konstrukcije može se započeti nakon što Plan montaže odobri nadzorni inženjer i projektant konstrukcije.

b/ Kontrole u toku izrade, transporta i montaže

Tijekom izrade konstrukcije u radionici i montaže izvoditelj je dužan voditi zakonom propisane dnevnik i provoditi unutarnju kontrolu u skladu s planom kontrole. Dužnost je nadzornog inženjera kontrolirati izvedbu u svim fazama izrade i montaže, tj. usklađenost s tehničkom dokumentacijom i važećim tehničkim normama i pravilima, ovjeravati navedene dokumente i ateste, te zapisnik o preuzimanju elemenata u radionici prije isporuke na montažu.

Izvedba čelične konstrukcije ima slijedeće faze:

- izrada elemenata u radionici
- transport od radionice na gradilište
- montaža čelične konstrukcije na gradilištu na prethodno pripremljenu sidrenu konstrukciju (temelje ili dijelove zgrade)

U pravilu se svaka faza mora pregledati i utvrditi da je izvedena prema tehničkoj dokumentaciji i prema važećim tehničkim propisima. Izvršenje fazne kontrole potvrđuju putem zapisnika odgovorne osobe projektanta, stručnog nadzora i izvoditelja. Dok se ne uklone nedostaci utvrđeni u nekoj fazi, ne može započeti iduća faza.

Fazni pregledi sa zapisnicima potpisanim od strane odgovornih imenovanih osoba su:

- kontrola dokaza kvalitete prije početka izrade konstrukcije
- prijem čelične konstrukcije po izradi u radionici
- prijem čelične konstrukcije po transportu na gradilište
- geodetska kontrola montirane čelične konstrukcije
- završni pregled čelične konstrukcije prije početka drugih radova na čeličnoj konstrukciji (pokrivanje, oblaganje, montaža instalacija ili opreme i drugo)

Prigodom prijema u radionici izvođač čelične konstrukcije dužan je staviti na uvid:

- potrebnu tehničku dokumentaciju.
- radioničke nacрте sa specifikacijama
- ateste osnovnog materijala
- ateste dodatnog materijala
- ateste zavarivača
- ateste priključnih elemenata
- dnevnik izrade materijala
- dnevnik zavarivanja
- podatke o tehnologiji zavarivanja
- izvješće interne tehničke kontrole
- uvjerenja o kvalifikacijama stručnih osoba koje sudjeluju u izradi konstrukcije

3.5. PROPISI

Potrebno je pridržavati se svih normi i propisa navedenih u projektu te poštovati pravila dobre izvedbe.

3.6. OPĆE NAPOMENE ZA IZRADU ČELIČNE KONSTRUKCIJE U RADIONICI

Prilikom rezanja materijala treba paziti na mogućnost pojave lokalnih zareza, naročito kod vlačno napregnutih elemenata, Svaki uočeni zarez potrebno je izbrusiti ili dovariti i izbrusiti.

Svi elementi trebaju biti izrađeni u granicama dopuštenih odstupanja. Premaše li odstupanja granične vrijednosti, potrebno je zatražiti suglasnost projektanta na izvedeno stanje.

Kod zavarivačkih radova potrebno je osigurati stalnu kontrolu prije, u toku i nakon izvedenih radova. Površine za zavarivanje moraju biti kvalitetno pripremljene i bez masnoće, rđe i druge prljavštine. Poslije izvedenih radova potrebno je obaviti dimenzionalnu i vizualnu kontrolu te kontrole predviđene projektom. Po potrebi, izvodi se i probno sklapanje o čemu se sastavlja zapisnik, kojega ovjerava nadzorni inženjer. Prilikom izvođenja zavarivačkih radova potrebno je voditi računa da konstrukcija nakon hlađenja ne poprimi neželjeni deformirani oblik. Ne dopušta se zavarivanje na temperaturi nižoj od 0°C.

Za radove koji nakon potpunog sklapanja konstrukcije neće biti vidljivi, radi se zapisnik o preuzimanju u trenutku dostupnosti svih dijelova konstrukcije pregledu.

Dijelovi konstrukcije moraju se prije transporta na gradilište označiti i osigurati od oštećenja prije i u toku transporta na gradilište

3.7 ELEMENTI KONSTRUKCIJE

Elemente konstrukcije potrebno je izraditi u svemu prema specifikacijama, crtežima i napucima iz ovog dijela projekta.

3.8 ANTIKOROZIVNA ZAŠTITA

Antikorozivnu zaštitu smije se nanositi strogo prema zahtjevima projekta i propisa. Posebnu pažnju treba obratiti na vlažnost zraka i temperaturu. Nakon završene izvedbe svakog sloja potrebno je provjeriti debljinu i prionjivost premaza.

3.9 PROTUPOŽARNA ZAŠTITA

Protupožarnu zaštitu smije se nanositi strogo prema zahtjevima projekta, propisa i uputa proizvođača. Posebnu pažnju treba obratiti na čistoću i suhoću površine. Nakon završene izvedbe svakog sloja potrebno je provjeriti debljinu i prionjivost nanesene zaštite.

3.10. PRIJEM ELEMENATA ČELIČNE KONSTRUKCIJE

Prijem elemenata čelične konstrukcije u radionici obavlja se prije isporuke na gradilište na temelju radioničkih crteža i specifikacije. Prilikom prijema radova potrebno je uz dokumentaciju navedenu u točki 3.1 staviti na uvid i sljedeće:

- radioničke nacрте sa specifikacijama
- dnevnik izrade u radionici
- dnevnik zavarivačkih radova u radionici
- dnevnik izvođenja antikorozivne zaštite
- izvješće interne kontrole o kvaliteti izvedenih radova

Prijem montirane čelične konstrukcije na gradilištu obavlja se na temelju radioničkih crteža i projekta montaže. Prilikom prijema izvedene konstrukcije potrebno je staviti na uvid i sljedeće dokumente:

- kompletnu dokumentaciju sa primopredaje konstrukcije u radionici
- projekt montaže
- radioničke nacрте sa specifikacijama
- dnevnik izvođenja radova na montaži
- dnevnik zavarivačkih radova na montaži

- dnevnik izvođenja antikorozivne zaštite
- izvješće interne kontrole o kvaliteti izvedenih radova
- uvjerenja o kvaliteti dodatnog materijala, sredstava za spajanje te sredstava za antikorozivne i protupožarnu zaštitu
- uvjerenje o podobnosti izvođača za izvođenje radova na montaži
- uvjerenja zavarivača koji će raditi na izradi i montaži konstrukcije za vrstu zavarivačkih radova koja će se primjenjivati, za traženu debljinu, materijal i položaj zavarivanja
- specifikacija postupaka zavarivanja i odobrenje o primjeni postupaka zavarivanja
- uvjerenja o ispravnosti strojeva za izvođenje zavarivačkih radova
- plan izvođenja zavarivačkih radova
- uvjerenje o podobnosti izvođača za izvođenje antikorozivne zaštite
- uvjerenje o podobnosti izvođača za izvođenje protupožarne zaštite
- ovlaštenja svih odgovornih osoba u sustavu interne kontrole izvođača
- plan rada interne kontrole izvođača

4. LISTA PRISTANKA

		LISTA PRISTANKA		Odobrenje za:		Potpis
				Tehnički dio		
				Kvaliteta		
				Tržište		
		Investitor				
		Projekt				
		Oznaka				
		Broj				
		Datum				
Br.	Metoda ili vrsta aktivnosti/ispitivanja	Kriterij pristanka	Način pristanka	Znak	Napomene	
0.0.	JEZIK - OPCENITO	Hrvatski		0		
1.0	PRORAČUN KONSTRUKCIJE					
1.1	Eurocode 3	EN 1993 - 1 - 1		0		
1.2	Eurocode 2	EN 1992 - 1 - 1		0		
1.3	Eurocode 3	EN 1993 - 1 - 2		0		
2.0	DJELOVANJA					
2.1	Vjetra	Brzina vjetra 108 km/h	Po cijeloj visini	Y		
2.2	Snijeg	100 m n. M. I zona		Y		
2.3	Promjena temperaute	+/- 35 °C		Y		
3.0	OSNOVNI MATERIJAL					
3.1	Konstruktivski čelik	EN 10025		0		
3.2	Kvalitetna grupa	S 355 JR G2		0		
4.0	VIJČANI PRIKLJUČCI					
4.1	Kvaliteta materijala za vijke	8.8 ISO 898 - 1		0		
4.2	Matica za vijak	8 ISO 898 - 2		0		
4.3	Podložna pločica			0		
4.4	AKZ - vruća galvanizacija	DIN 267 - Part 10		0		
Ref.				Y	pristanak naručioca	
				N	bez pristanka	
				P	djelomična sugl.	
				0	podrazumjeva se ali bez navoda nar.	

		LISTA PRISTANKA		Odobrenje za:		Potpis
				Tehnički dio		
				Kvaliteta		
				Tržište		
		Investitor				
		Projekt				
		Oznaka				
		Broj				
		Datum				
Br.	Metoda ili vrsta aktivnosti/ispitivanja	Kriterij pristanka	Način pristanka	Znak	Napomene	
5.0	ZAVARENI PRIKLJUČCI					
5.1	Osiguranje kvalitete	EN 729 - 2	uvjerenje/izvještaj	0		
5.2	Kvaliteta - kriterij prihvaćanja	EN 25 817		0		
5.3	Kvaliteta za NDE/UT	EN 1 714	uvjerenje 10%	0		
5.4	Kvaliteta za NDE/MT	EN 1 290	uvjerenje 5%	0		
5.5	Kvaliteta - vizualni pregled	EN 970	100%	0		
5.6	Uvjerenje zavarivača	EN 287 - 1		0		
5.7	Kvaliteta za ispitivanje NDE/PT	EN 1 289		0		
5.8	Kvaliteta za NDE/RK	EN 1 435		0		
6.0	DIMENZIONALNA KONTROLA					
7.0	AKZ - GALVANIZACIJA					
7.1	Priprema površine	ISO 8501		0		
7.2	Metoda ispitivanja	KSB 10/5 - 2.0		0		
7.3	Način kontrole	KSB 10/5 - 2.1		0		
8.0	AKZ - VRUĆE CINČANJE	DIN 267		0		
9.0	DOKUMENTACIJA ZA					
9.1	Općenito	ISO 9001	izvještaj	0		
9.2	Zavarivanje	EN 729 - 2		0		
9.3	Odgovornost za zavarivanje	EN 719	ovlaštenje	0		
10.0	IZRADA I MONTAŽA	ENV 1090 - 1		0		
Ref.				Y	pristanak naručioca	
				N	bez pristanka	
				P	djelomična sugl.	
				0	podrazumjeva se ali bez navoda nar.	

5. ANALIZA DJELOVANJA

Pri provođenju analize djelovanja, koriste se odredbe norme HRN EN 1991 zajedno s odgovarajućim Nacionalnim dodacima. Razmatraju se različita djelovanja na konstrukciju, uključujući stalna djelovanja, promjenjiva te pokretno opterećenje od kрана.

5.1. Stalna djelovanja

5.1.1. Vlastita težina konstrukcijskih elemenata

Primjenjuje se program Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022 kako bi se uključila vlastita težina konstrukcije i konstruktivnih elemenata u proračun.

5.1.2. Pokrov

Vlastita težina pokrova računa se na temelju odabranog materijala i konstrukcijskih elemenata. U ovom projektu, korišteni su Izoforma Euro 5 sendvič paneli debljine 200 milimetara s čeličnom oblogom debljine 0,4 milimetara s unutarnje i vanjske strane čiji je izgled prikazan na Slici 1. Vanjska čelična obloga osigurava trajnost i otpornost na vanjske uvjete dok sloj poliuretanske izolacije pomaže u održavanju željenih termalnih svojstava i energetske učinkovitosti zgrade.

Prema izračunima, vlastita težina pokrova iznosi: $g_p = 0,1408 \text{ kN/m}^2$.

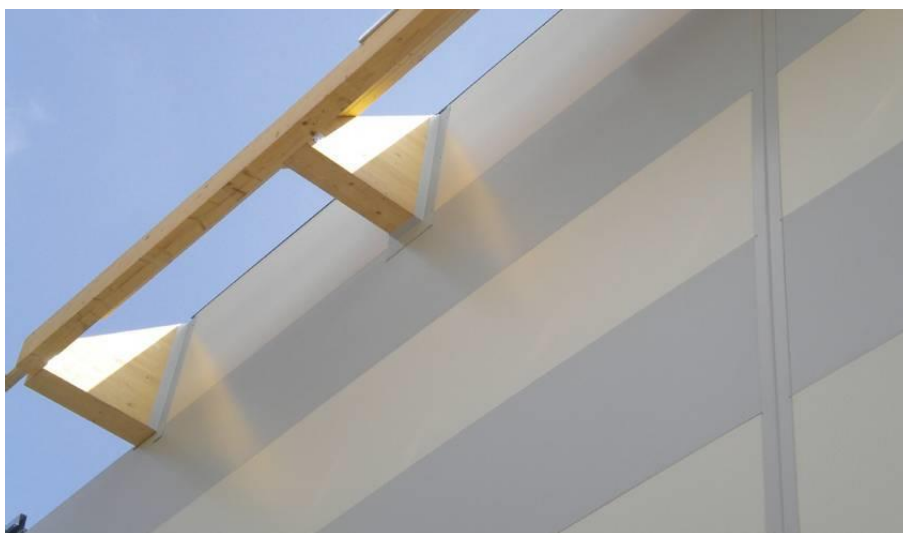


Slika 1. Krovni pokrov - Izoforma Euro 5 sendvič panel [1]

5.1.3. Vlastita težina fasade

- Fasade su konstruirane koristeći specifične Izoforma Isopar® elegant sendvič panele sa debljinom od 100 mm, koji sadrže unutarnju i vanjsku čeličnu oblogu debljine 0,4 mm, a čiji je izgled prikazan na Slici 2. Paneli su dizajnirani kako bi pružili visoku razinu otpornosti na vatru. Vijci koji se koriste za montažu panela su skriveni, što rezultira čistim i estetskim privlačnim izgledom fasade.

Prema izračunima, vlastita težina fasade iznosi: $g_f = 0,0976 \text{ kN/m}^2$.



Slika 2. Fasadni pokrov - Izoforma Isopar elegant sendvič panel [1]

5.1.4. Instalacije

Prilikom analize, uzima se u obzir i težina instalacija koje su obješene na krov i fasade. Ova težina iznosi: $g_i = 0,50 \text{ kN/m}^2$.

5.1.5. Ukupno djelovanje na krov i zidove

Ukupna karakteristična vrijednost djelovanja od stalnog opterećenja na krov:
 $g_k = \sum g = g_p + g_i = 0,1408 + 0,50 \cong 0,64 \text{ kN/m}^2$.

Ukupna karakteristična vrijednost djelovanja od stalnog opterećenja na zidove:
 $g_z = \sum g = g_f = 0,0976 + 0,5976 \cong 0,60 \text{ kN/m}^2$.

5.2. DJELOVANJE SNIJEGA

Provodi se analiza djelovanja snijega prema normi HRN EN 1991 – 1 – 3:2012 i Nacionalnom dodatku HRN EN 1991 – 1 – 3:2012/NA:2012. Proračun snježnih opterećenja se temelji na karakterističnom opterećenju s_k , koje predstavlja ravnomjerno raspoređen snijeg koji pada u mirnim vremenskim uvjetima na ravnini. Ova vrijednost se prilagođava uzimajući u obzir faktore kao što su oblika krova, toplinskih uvjeta, površinske hrapavosti, okolnog terena i drugih sličnih čimbenika.

Lokacija građevine: Ika, Primorsko – goranska županija, RH

- Izbor snježnih područja za analizu i proračune temelji se na karti snježnih područja Republike Hrvatske prikazane na Slici 3.

Snježno područje: priobalje i otoci → područje 1

Nadmorska visina na lokaciji građevine: 24 m.n m



Slika 3. Karta snježnih područja Republike Hrvatske [2]

Karakteristična vrijednost snježnog opterećenja prema Tablici 1 iznosi: $s_k = 0,50 \text{ kN/m}^2$.

Snježno opterećenje na krovu građevine: $s = s_k \cdot \mu_i \cdot c_e \cdot c_t$

Tablica 1. Opterećenje snijegom za regije s različitim nadmorskim visinama.

Modificirano prema [2]

Nadmorska visina do [m]	1. područje - priobalje i otoci [kN/m ²]	2. područje - zaleđe Dalmacije, Primorja i Istre [kN/m ²]	3. područje - kontinentalna Hrvatska [kN/m ²]	4. područje - gorska Hrvatska [kN/m ²]
100	0,50	0,75	1,00	1,25
200	0,50	0,75	1,25	1,50
300	0,50	0,75	1,50	1,75
400	0,50	1,00	1,75	2,00
500	0,50	1,25	2,00	2,50
600	0,50	1,50	2,25	3,00
700	0,50	2,00	2,50	3,50
800	0,50	2,50	2,75	4,00
900	1,00	3,00	3,00	4,50
1000	2,00	4,00	3,50	5,00
1100	3,00	5,00	4,00	5,50
1200	4,00	6,00	4,50	6,00
1300	5,00	7,00		7,00
1400	6,00	8,00		8,00
1500		9,00		9,00
1600		10,00		10,00
1700		11,00		11,00
1800		12,00		

Sljedeći koeficijenti su važeći prema hrvatskom nacionalnom dodatku HRN EN 1991 – 1 – 3: 2012/NA:2012:

$C_e = 1,0$ – koeficijent izloženosti koji uzima u obzir nošenje snijega djelovanjem vjetra

$C_t = 1,0$ – toplinski koeficijent

Kada se razmatra utjecaj jakog vjetra, primjenjuje se koeficijent izloženosti C_e s vrijednosti manjom od 1,0. Kada se razmatra gubitak topline kroz krov, koristi se toplinski koeficijent C_t s vrijednosti manjom od 1,0.

5.2.1. Djelovanje snijega na dvostrešni krov hale

U proračunu opterećenja snijegom na krovu dvostrešne hale, nagib krova igra ključnu ulogu. U ovom slučaju, oba nagiba krova su jednaka i iznose $\alpha = 6,20^\circ$. Ovaj aspekt je od suštinskog značaja jer utječe na način na koji se snijeg nakuplja i raspoređuje na krovu.

Za proračun koeficijenta oblika opterećenja snijegom, koristi se Tablica 2, koja povezuje nagib zadanog krova s potrebnim koeficijentom oblika opterećenja snijegom.

Tablica 2. Koeficijenti oblika opterećenja snijegom. Modificirano prema [3]

Kut nagiba krova α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{60 - \alpha}{30}$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8 \cdot \frac{\alpha}{30}$	1,6	-

Simetričan krov s nagibom od $\alpha = 6,20^\circ$.

$$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ \quad ; \quad \mu_1(6,20^\circ) = 0,8$$

$$\mu_2(6,20^\circ) = 0,8 + 0,8 \cdot \frac{\alpha}{30} = 0,8 + 0,8 \cdot \frac{6,20}{30} = 0,965$$

Opterećenje snijegom na krovu:

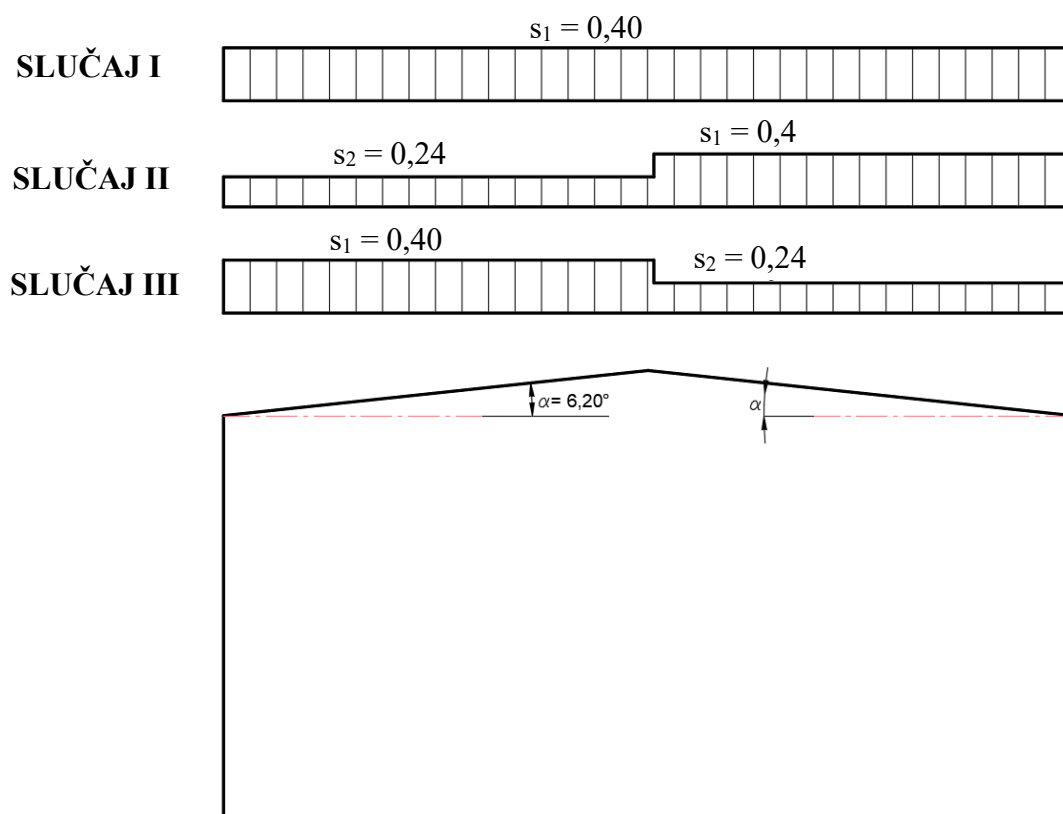
$$s_1 = s_k \cdot \mu_1(6,20^\circ) \cdot C_e \cdot C_t$$

$$s_1 = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \mathbf{0,40 \text{ kN/m}^2}.$$

$$s_2 = s_k \cdot 0,5 \cdot \mu_2(6,20^\circ) \cdot C_e \cdot C_t$$

$$s_2 = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,97 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \mathbf{0,2425 \text{ kN/m}^2}.$$

Na Slici 4 prikazana su tri različita slučaja opterećenja snijegom na dvostrešnom krovu hale. Prvi slučaj, koji je simetričan, pokazuje ravnomjerno raspoređeno snježno opterećenje na krovu. Drugi i treći slučaj prikazuju nesimetrična opterećenja snijegom. Ovdje se snijeg nakuplja na jednoj strani krova više nego na drugoj, što stvara nejednoliki raspored opterećenja.



Slika 4. Slučajevi opterećenja snijegom na dvostrešni krov hale. Modificirano prema [3]

5.2.2. Djelovanje snijega na jednostrešni krov ureda

Krov je s nagibom od $\alpha = 5,0^\circ$.

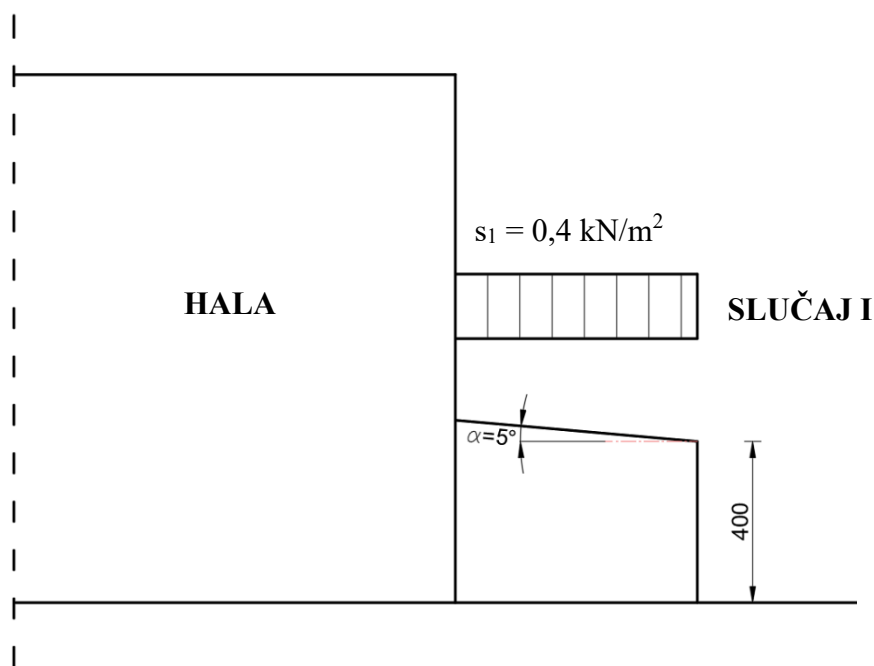
$$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ \quad ; \quad \mu_1(5,0^\circ) = 0,8$$

Opterećenje snijegom na krovu:

$$s_1 = s_k \cdot \mu_1(5,0^\circ) \cdot C_e \cdot C_t$$

$$s_1 = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,4 \text{ kN/m}^2.$$

- Na jednostrešnom krovu, poput onog na zgradi ureda prikazanom Slikom 5, često se susreće jednostavniji scenarij glede oblika snijega. U ovom slučaju, oblik snijega je simetričan po cijeloj duljini krova, što znači da snijeg ima tendenciju ravnomjerno se rasporediti duž krova.



Slika 5. Slučaj opterećenja snijegom na jednostrešni krov ureda. Modificirano prema [3]

5.2.3. Djelovanje snijega na nadstrešnicu

Nadstrešnica, koja je spojena na čeličnu halu, oblikovana je s nagibom od $\alpha = 5,0^\circ$, dok je zatega nad nadstrešnicom postavljena pod kutom od $\alpha = 45,0^\circ$ u odnosu na horizontalu. Ova konfiguracija nagiba omogućava učinkovito otjecanje snijega s površine hale prema nadstrešnici. Proračuni su provedeni kako bi se precizno odredilo klizanje snijega s hale na nadstrešnicu, uzimajući u obzir ove nagibe u odnosu na horizontalnu ravninu.

$$\mu_1 = \mathbf{0,8}$$

$$\mu_2 = \mu_S + \mu_W$$

$$\mu_S = 0 \Rightarrow \text{ukoliko je nagib krova s kojeg klizi snijeg } \alpha \leq 15^\circ$$

$$\mu_W = \frac{(b_1 + b_2)}{2 \cdot h} \leq \gamma \cdot \frac{h}{s_k}$$

$$l_s = 2 \cdot h = 2 \cdot 6,0 = \mathbf{12,0 \text{ m}}$$

$$\mathbf{5 \text{ m} \leq l_s \leq 15 \text{ m} \Rightarrow 5 \text{ m} \leq 12,0 \text{ m} \leq 15 \text{ m}}$$

$$\mu_W = \frac{(25,6 + 4,0)}{2 \cdot 6,0} \leq 2,0 \cdot \frac{6,0}{0,50}$$

$$\mu_W = \mathbf{2,47 \leq 28,0}$$

gdje su simboli: $\mu_S = 0$ je koeficijent oblika opterećenja snijegom zbog klizanja snijega s gornjeg krova, $\mu_W = 2,47$ je koeficijent oblika opterećenja snijegom zbog vjetra, $\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$ je gustoća težine snijega, $b_1 = 25,60 \text{ m}$ je širina hale, $b_2 = 4,0 \text{ m}$ je širina nadstrešnice, $h = 6,0 \text{ m}$ je visinska razlika vrha krova i vrha nadstrešnice, $l_s = 12,0 \text{ m}$ je duljina zanošenja.

Opterećenje snijegom na nadstrešnicu:

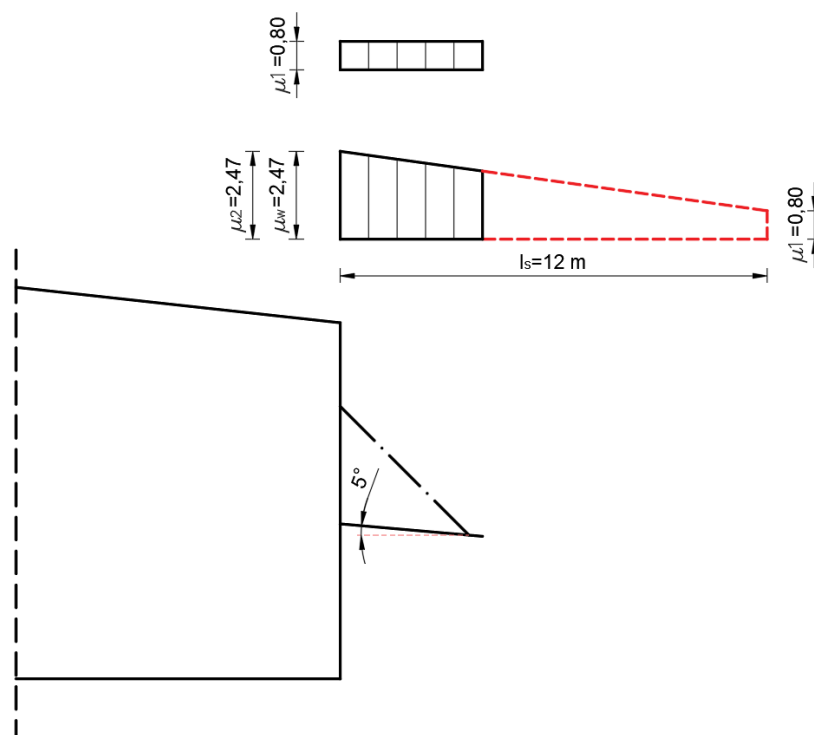
$$s_1 = s_k \cdot \mu_1(5,0^\circ) \cdot C_e \cdot C_t$$

$$s_1 = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \mathbf{0,4 \text{ kN/m}^2}.$$

$$s_2 = s_k \cdot \mu_2(5,0^\circ) \cdot C_e \cdot C_t$$

$$s_2 = 0,5 \cdot 2,47 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \mathbf{1,24 \text{ kN/m}^2}.$$

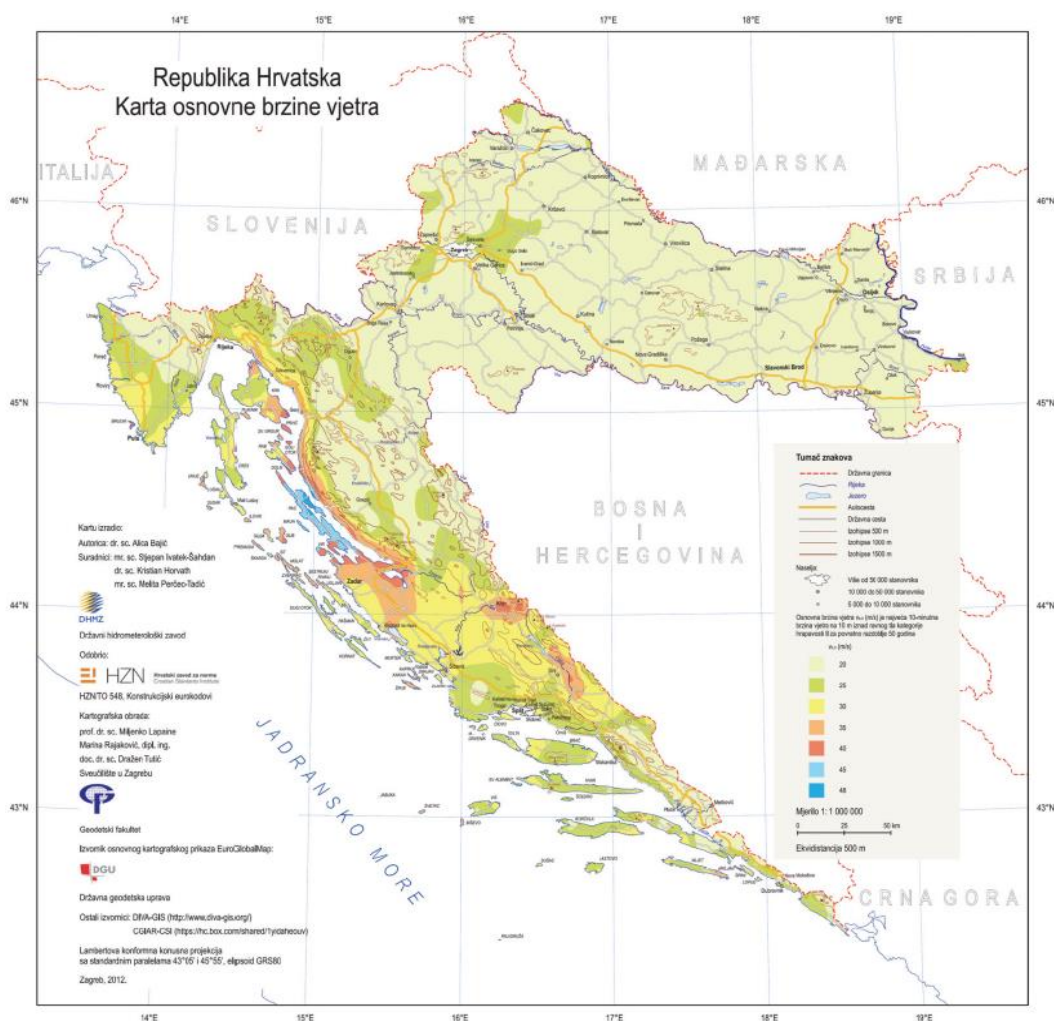
Na Slici 6 prikazana su dva različita slučaja opterećenja snijegom na krovu nadstrešnice. Prvi slučaj je simetričan i pokazuje ravnomjerno raspoređeno snježno opterećenje. Drugi slučaj je nesimetričan, s visokim opterećenjem od 1,24 kN/m² s jedne strane i znatno manjim opterećenjem od 0,4 kN/m² s druge strane.



Slika 6. Slučaj opterećenja snijegom na nadstrešnicu. Modificirano prema [3]

5.3. DJELOVANJE VJETRA

Vjetar ima značajan utjecaj na građevinske strukture i infrastrukture te stoga igra ključnu ulogu u građevinarstvu. Ovisno o brzini i smjeru vjetra, struktura može biti podvrgnuta različitim silama. Analiza djelovanja vjetra se provodi u skladu s normom HRN EN 1991 – 1 – 4:2012 i Nacionalnim dodatku HRN EN 1991 – 1 – 4:2012/NA:2012. Prema karti osnovne brzine vjetra prikazanoj na Slici 7, u Republici Hrvatskoj, na lokaciji građevine u Iki, Primorsko – goranskoj županiji, utvrđena je vrijednost osnovne brzine vjetra od 20 m/s.



Slika 7. Karta osnovne brzine vjetra za područje Republike Hrvatske [4]

Osnovni parametri za proračun opterećenja vjetrom

Lokacija građevine: Ika, Primorsko – goranska županija, RH

Kategorija terena: II (područja s niskom vegetacijom)

Temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra: $v_{b,0} = 20 \text{ m/s}$

Osnovna brzina vjetra:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$$

$$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 20 = 20 \text{ m/s}$$

Osnovni pritisak vjetra uslijed brzine:

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

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 20^2 = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

Srednja brzina vjetra:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$$

$$c_0(z) = 1,0 \text{ (ravan teren)}$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right), z_{min} \leq z \leq z_{max} \quad \text{ili} \quad c_r(z) = c_r(z_{min}), z < z_{min}$$

gdje su: $c_{dir} = 1,0$ – faktor smjera vjetra preporučen Nacionalnim dodatkom, $c_{season} = 1,0$ – faktor godišnjeg doba preporučen Nacionalnim dodatkom, $\rho_{air} = 1,25 \text{ kg/m}^3$ – gustoća zraka, $c_r(z) = 1,0$ – koeficijent hrapavosti terena, $c_0(z)$ – koeficijent orografije

Građevina je smještena u neposrednu blizinu mora, okružena niskom vegetacijom i obližnjim građevinama. Prema tome, teren se na temelju Tablice 3, procjenjuje kao kategorija II.

Tablica 3. Kategorije terena i parametri terena. Modificirano prema [5]

KATEGORIJA TERENA		z_0 (m)	z_{min} (m)
0	More ili priobalna područja izložena otvorenom moru	0,003	1,0
I	Jezera ili ravna i horizontalno položena područja sa zanemarivom vegetacijom i bez prepreka	0,01	1,0
II	Područja s niskom vegetacijom, npr. travom i izoliranim preprekama (drveće, zgrade) s razmakom najmanje 20 visina prepreka	0,05	2,0
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	5,0
IV	Područja s najmanje 15% površine pokrivena zgradama čija prosječna visina premašuje 15 m	1,0	10,0

Za teren II kategorije vrijedi:

$$z_0 = 0,05 \text{ m}$$

$$z_{min} = 2,0 \text{ m}$$

$$z_{max} = 200 \text{ m}$$

$$z = 11,40 \text{ m (visina sljemena)}$$

gdje su: $z_0 = 0,05 \text{ m}$ - visina za teren druge kategorije prema Tablici 3, $z_{min} = 2,0 \text{ m}$ – najmanja visina prema Tablici 3, $z_{max} = 200 \text{ m}$ – maksimalna dopuštena visina, $z = 11,40 \text{ m}$ – visina konstrukcije ili konstrukcijskog elementa

Uvjet koji mora biti zadovoljen:

$$z_{min} < z < z_{max} \quad ; \quad \mathbf{2,0\ m < 11,40\ m < 200\ m}$$

Koeficijent terena k_r :

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_0, II} \right)^{0,07}$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = \mathbf{0,19}$$

Koeficijent hrapavosti terena:

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)$$

$$c_r(z) = 0,19 \cdot \ln \left(\frac{11,40}{0,05} \right) = \mathbf{1,03}$$

Srednja brzina vjetra na visini $z = 11,40\ m$:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 1,03 \cdot 1,0 \cdot 20,0 = \mathbf{20,60\ m/s}$$

Intenzitet turbulencije:

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)}, \quad z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$I_v(z) = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln \left(\frac{11,40}{0,05} \right)} = \mathbf{0,184}$$

Vršni tlak vjetra $q_p(z)$ na visini z iznad terena:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m(z)^2$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,184] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 20,60^2 = \mathbf{0,6068 \text{ kN/m}^2}$$

Koeficijent izloženosti $c_e(z)$ na visini z iznad terena:

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{0,6068}{0,25} = \mathbf{2,427}$$

Potrebno je analizirati:

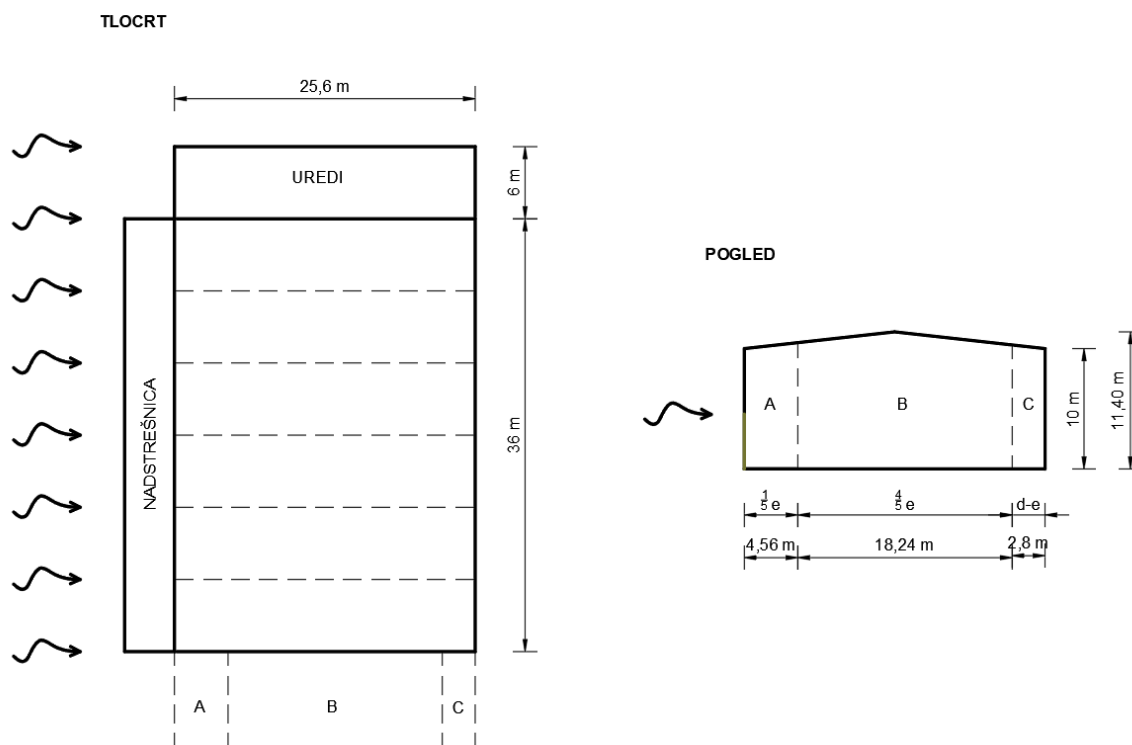
- 1) Uzdužno djelovanje vjetra na zidove i krovove konstrukcije ($\theta = 0^\circ$)
- 2) Poprečno djelovanje vjetra na zidove i krovove konstrukcije ($\theta = 90^\circ$)
- 3) Poprečno djelovanje vjetra na zidove i krovove konstrukcije ($\theta = 270^\circ$)

5.3.1. Proračun djelovanja vjetra na konstrukciju

5.3.1.1. SLUČAJ I – vanjski transverzalni pritisak, svi otvori zatvoreni ($\theta = 0^\circ$)

a) Vanjski pritisak na vertikalne stijene

Slika 8 prikazuje tlocrt i presjek konstrukcije pod utjecajem transverznog vjetra. Zone su prilagođene sukladno HRN EN 1991 – 1 – 4:2012.



Slika 8. Tlocrt i pogled na vertikalne zidove izložene djelovanju transverznog vjetra ($\theta = 0^\circ$).

Modificirano prema [5]

Osnovni podaci:

Referentna visina: $h = 11,40 \text{ m}$

Širina na koju puše vjetar: $b = 36,0 + 6,0 = 42,0 \text{ m}$

Parametar e : $e = \min(b ; 2 \cdot h) = \min(42,0 ; 2 \cdot 11,40 = 22,80) = 22,80 \text{ m}$

Dubina hale: $d = 25,6 \text{ m}$

$\rightarrow e < d \Rightarrow$ podjela na A,B i C zonu

Omjer h/d:

$$\frac{h}{d} = \frac{11,40}{25,6} = 0,445 > 0,25$$

→ Za zone A, B i C nije potrebna linearna interpolacija između različitih omjera h/d navedenih u Tablici 4. Kako bi se dobila vrijednost vanjskog pritiska za zone D i E potrebno je provesti linearnu interpolaciju.

Koeficijenti vanjskog pritiska za vertikalne zidove određuju se za svaku zonu prema omjeru visine i horizontalne dimenzije konstrukcije, a vrijednosti su dane Tablicom 4.

Tablica 4. Vrijednosti koeficijenata vanjskog pritiska za vertikalne zidove tlocrtno pravokutnih zgrada izloženih djelovanju transversalnog vjetra ($\theta = 0^\circ$). Modificirano prema [5]

Područje	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
≤ 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Površina (A) = $46,737 \text{ m}^2 \Rightarrow c_{pe} = c_{pe,10} = -1,20$

Površina (B) = $198,754 \text{ m}^2 \Rightarrow c_{pe} = c_{pe,10} = -0,80$

Površina (C) = $29,429 \text{ m}^2 \Rightarrow c_{pe} = c_{pe,10} = -0,50$

Površina (D) = $387,00 \text{ m}^2 \Rightarrow c_{pe} = c_{pe,10} = +0,73$

Površina (E) = $387,00 \text{ m}^2 \Rightarrow c_{pe} = c_{pe,10} = -0,35$

→ Sve površine su veće od 10 m^2

Pritisak vjetra na vertikalne stijene:

$$w_e^A = 0,61 \cdot (-1,20) = - 0,73 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^B = 0,61 \cdot (-0,80) = - 0,49 \text{ kN/m}^2$$

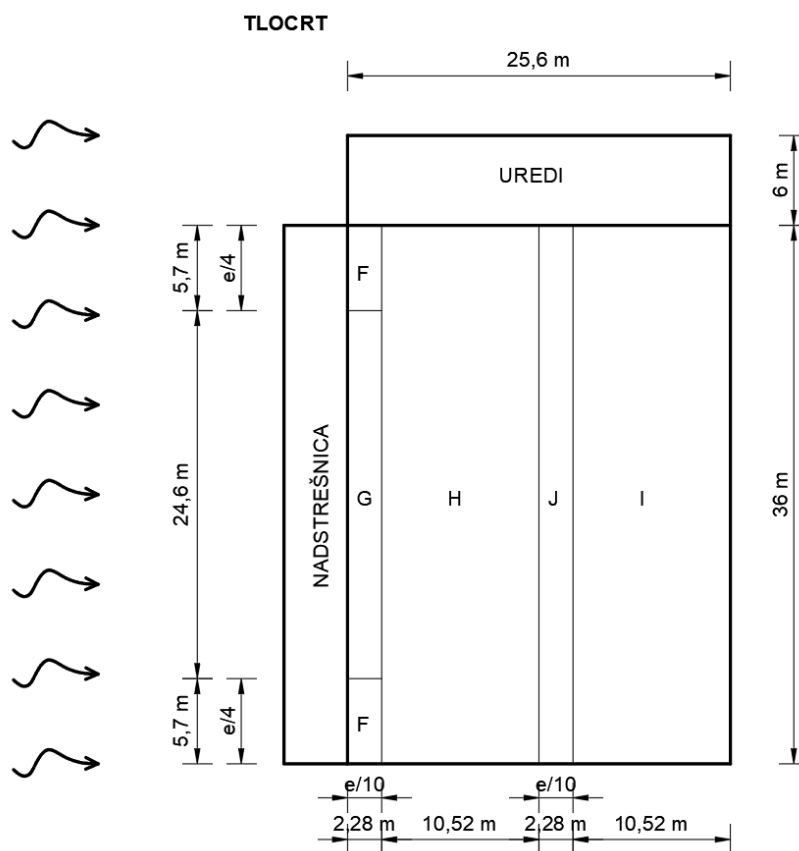
$$w_e^C = 0,61 \cdot (-0,50) = - 0,31 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^D = 0,61 \cdot (-0,73) = + 0,45 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^E = 0,61 \cdot (-0,35) = - 0,21 \text{ kN/m}^2$$

b) Vanjski pritisak na krovnu plohu

Slika 9 prikazuje tlocrt krovne plohe pod utjecajem transverzalnog vjetra. Zone su prilagođene sukladno HRN EN 1991 – 1 – 4:2012.



Slika 9. Tlocrt na krovnu plohu izloženu djelovanju transverzalnog vjetra ($\theta = 0^\circ$).

Modificirano prema [5]

Osnovni podaci:

Referentna visina: $h = 11,40 \text{ m}$

Širina na koju puše vjetar: $b = 36,0 \text{ m}$

Parametar e : $e = \min(b ; 2 \cdot h) = \min(36,0 ; 2 \cdot 11,40 = 22,80) = 22,80 \text{ m}$

→ $\vartheta = 0^\circ \Rightarrow$ krovna ploha se dijeli na F, G, H, I i J zonu

Koeficijenti vanjskog pritiska za dvostrešne krovove određuju se za svaku zonu na temelju kuta nagiba konstrukcije krova. Vrijednosti tih koeficijenata, za transverzalni smjer vjetra, detaljno su prikazane Tablicom 5.

Tablica 5. Vrijednosti koeficijenta vanjskog pritiska za dvostrešne krovove izložene djelovanju transverzalnog vjetra ($\theta = 0^\circ$) [5]

Nagib α	Područje za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	- 1,7	- 2,5	- 1,2	- 2,0	- 0,6	- 1,2	-0,6		+ 0,2	
	+ 0,0		+ 0,0		+ 0,0				- 0,6	
15°	- 0,9	- 2,0	- 0,8	- 1,5	- 0,3		- 0,4		- 1,0	- 1,5
	+ 0,2		+ 0,2		+ 0,2		+ 0,0		+ 0,0	

→ Kut krovnih ploha hale jednak je $6,2^\circ$

→ Sve površine su veće od 10 m^2

→ potrebna linearna interpolacija između kutova 5° i 15°

$$\text{Površina (F)} = 13,072 \text{ m}^2 \Rightarrow 1. c_{pe} = c_{pe,10} = -\mathbf{1,604}$$

$$2. c_{pe} = c_{pe,10} = +\mathbf{0,024}$$

$$\text{Površina (G)} = 56,418 \text{ m}^2 \Rightarrow 1. c_{pe} = c_{pe,10} = -\mathbf{1,152}$$

$$2. c_{pe} = c_{pe,10} = +\mathbf{0,024}$$

$$\text{Površina (H)} = 380,948 \text{ m}^2 \Rightarrow 1. c_{pe} = c_{pe,10} = -\mathbf{0,564}$$

$$2. c_{pe} = c_{pe,10} = +\mathbf{0,024}$$

$$\text{Površina (J)} = 82,563 \text{ m}^2 \Rightarrow 1. c_{pe} = c_{pe,10} = -\mathbf{0,648}$$

$$2. c_{pe} = c_{pe,10} = -\mathbf{0,176}$$

$$\text{Površina (I)} = 380,948 \text{ m}^2 \Rightarrow 1. c_{pe} = c_{pe,10} = -\mathbf{0,576}$$

$$2. c_{pe} = c_{pe,10} = -\mathbf{0,528}$$

Pritisak vjetra na krovnu plohu:

1. SLUČAJ

$$w_e^F = 0,61 \cdot (-1,60) = -\mathbf{0,98 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_e^G = 0,61 \cdot (-1,15) = -\mathbf{0,70 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_e^H = 0,61 \cdot (-0,56) = -\mathbf{0,34 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_e^J = 0,61 \cdot (-0,648) = -\mathbf{0,40 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_e^I = 0,61 \cdot (-0,576) = -\mathbf{0,35 \text{ kN/m}^2}$$

2. SLUČAJ

$$w_e^F = 0,61 \cdot (+0,02) = + \mathbf{0,02 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_e^G = 0,61 \cdot (+0,02) = + \mathbf{0,02 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_e^H = 0,61 \cdot (+0,02) = + \mathbf{0,02 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_e^J = 0,61 \cdot (-0,176) = - \mathbf{0,11 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_e^I = 0,61 \cdot (-0,53) = - \mathbf{0,32 \text{ kN/m}^2}$$

PRITISAK VJETRA NA UNUTARNJE POVRŠINE w_i

Koeficijent unutarnjeg pritiska:

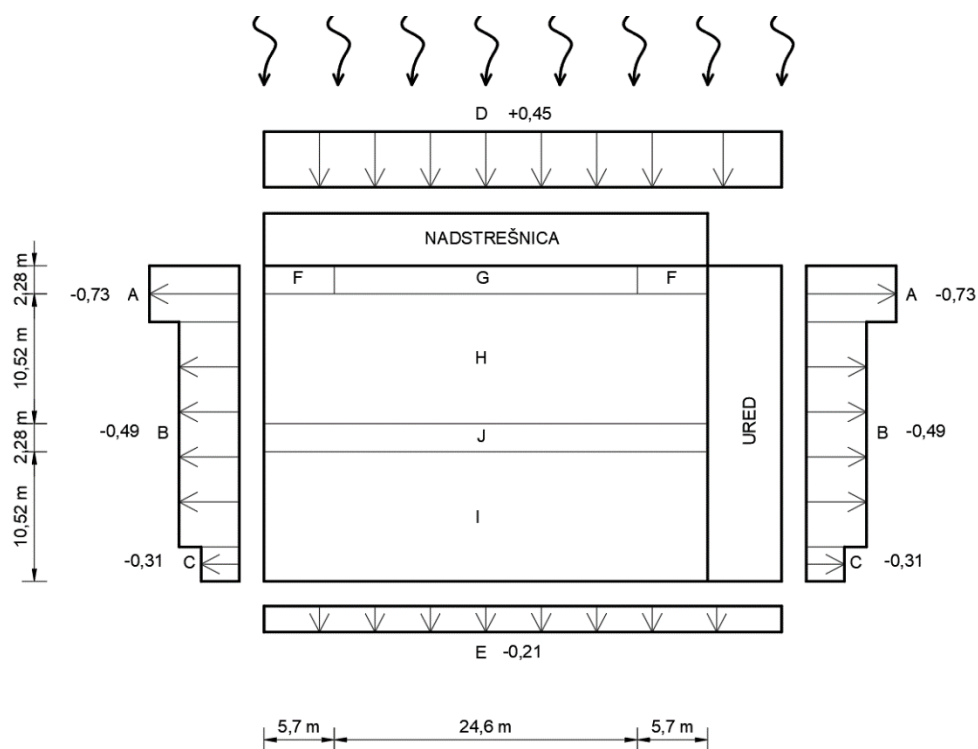
$$c_{pi} = \mathbf{0 \text{ (zatvorena građevina)}}$$

Pritisak vjetra:

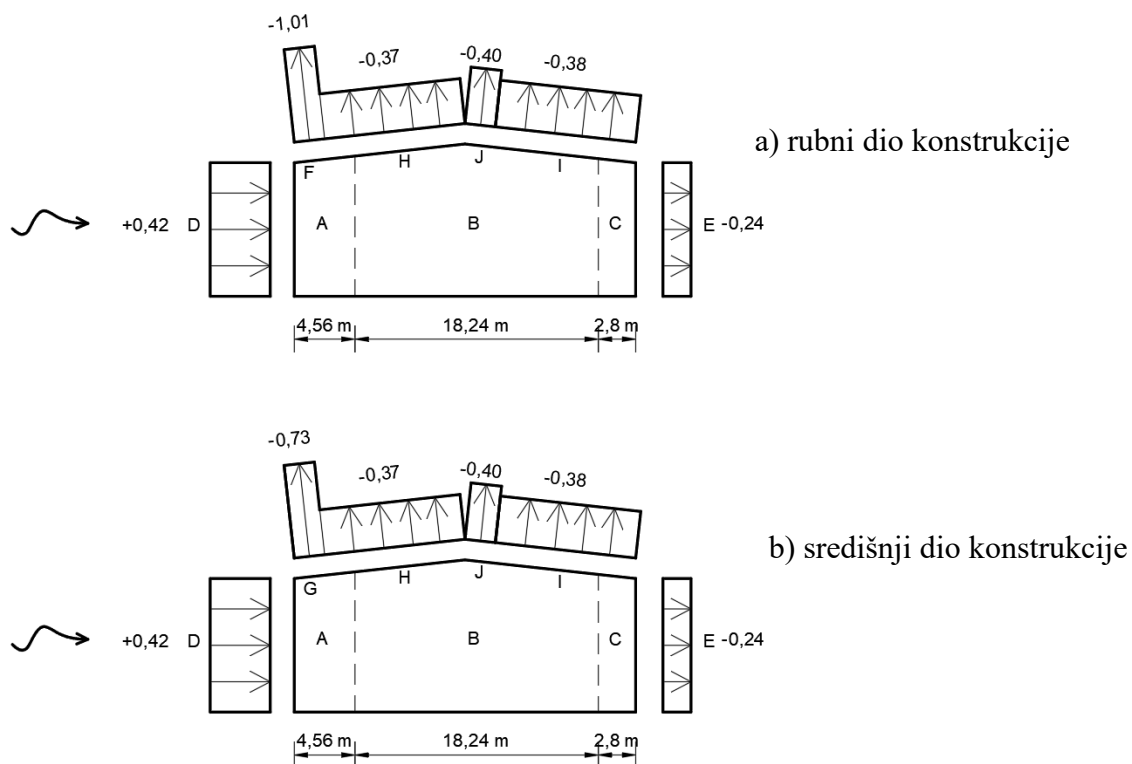
$$w_i = \mathbf{0 \text{ kN/m}^2}$$

KARAKTERISTIČNE VELIČINE DJELOVANJA VJETROM U (kN/m^2) za **SLUČAJ 1:**

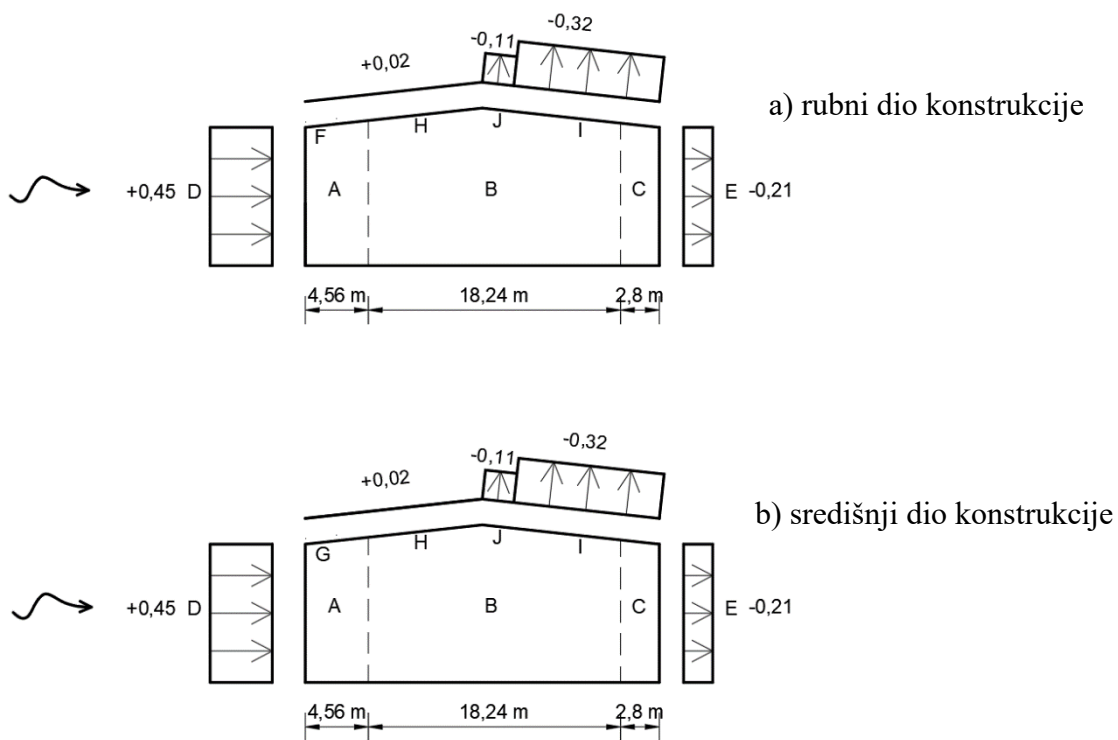
Na Slici 10 prikazan je tlocrt s jasno označenim smjerom vjetra te veličinama na pojedinu zonu fasade. Slike 11 i 12 prikazuju rubni i središnji dio građevine te utjecaj vjetra na pojedine zone.



Slika 10. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove izložene djelovanju transverzalnog vjetra ($\theta = 0^\circ$) za Slučaj 1 - tlocrt. Modificirano prema [5]



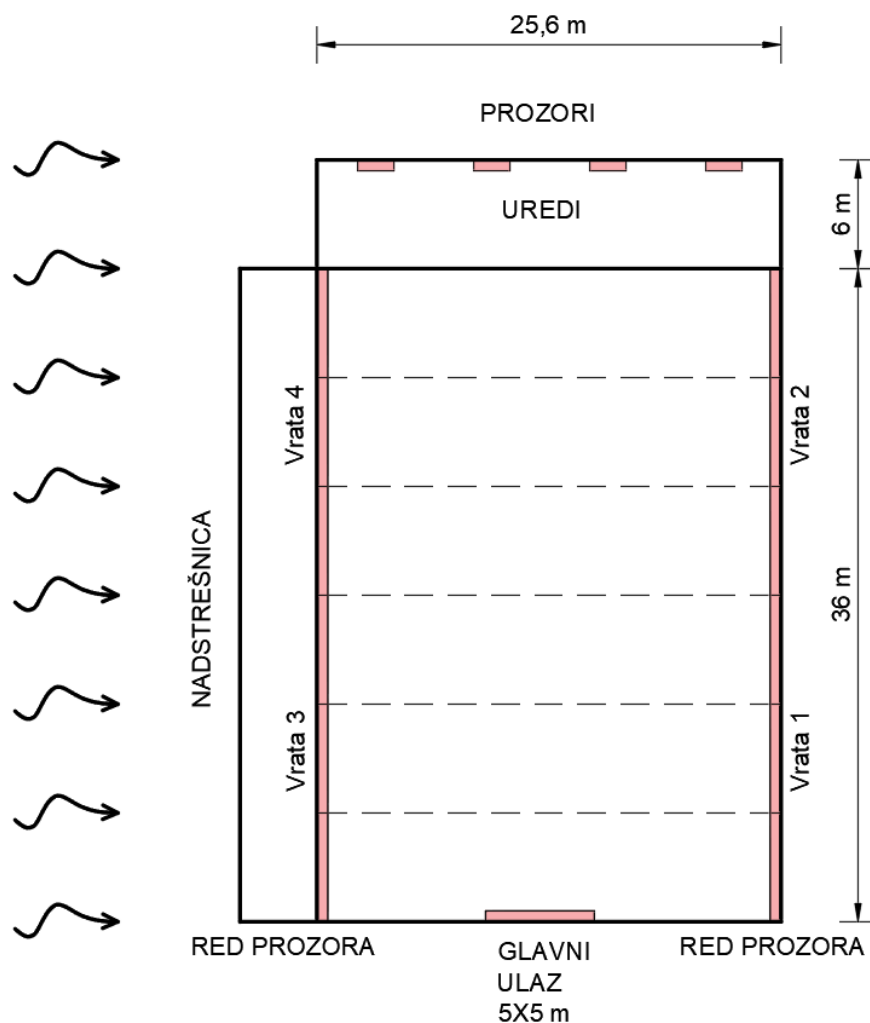
Slika 11. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove i krovnu plohu izloženih djelovanju transverzalnog vjetra ($\theta = 0^\circ$) za Slučaj 1 – presjek (I. slučaj). Modificirano prema [5]



Slika 12. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove i krovnu plohu izloženih djelovanju transverzalnog vjetra ($\theta = 0^\circ$) za Slučaj 1 – presjek (II. slučaj). Modificirano prema [5]

5.3.1.2. SLUČAJ II – vanjski transverzalni pritisak, svi otvori otvoreni ($\theta = 0^\circ$)

Slika 13 ilustrira tlocrt hale s precizno označenim otvorima, te prikazuje opterećenje vjetrom transverzalnog smjera. Oznake i dimenzije otvore su ključne jer omogućuju precizno izračunavanje unutarnjeg pritiska vjetra.



Slika 13. Tlocrt hale s označenim otvorima i opterećenje vjetrom transverzalnog smjera ($\theta = 0^\circ$) [izradio autor]

PRITISAK VJETRA NA VANJSKE POVRŠINE w_e

Proračun je ekvivalentan Slučaju 1.

PRITISAK VJETRA NA UNUTARNJE POVRŠINE w_i

U Tablici 6 navedene su različite vrste otvora, broj otvora i njihove dimenzije, koje su potrebne za izračun koeficijenta unutarnjeg pritiska.

Tablica 6. Veličine otvora na konstrukciji [izradio autor]

Vrsta otvora	Broj otvora	Dimenzije jednog otvora
Vrata	1,0	5,0 x 5,0 m
Red prozora duž cijele hale	2,0	2,5 x 36,0 m
Vrata za osoblje	4,0	2,0 x 1,0 m
Prozori ureda	4,0	2,0 x 1,4 m

Koeficijent pritiska varira ovisno o veličini i rasporedu otvora na fasadi i krovu zgrade, a proizlazi iz protoka zraka kroz te otvore. U slučaju kada nema dostupnih podataka o dimenzijama i rasporedu otvora, uzima se u obzir najnepovoljniji scenarij za negativan i pozitivan tlak. U ovom slučaju dostupne su informacije o veličinama i rasporedu otvora na sve četiri strane fasade. Pomoću dimenzija hale, odnosno otvora gdje je c_{pe} negativan i površinom svih otvora, lako se može dobiti unutarnji pritisak vjetra prema onome što je prikazano na Slici 14. [6]

Prema normi vrijedi:

„Kada je na najmanje dvije strane zgrade (pročelja ili krova) ukupna površina otvora na svakoj strani veća od 30% površine te strane, utjecaji na konstrukciju izračunavaju se prema pravilu 7.3. iz norme:“ [5]

$$\mu = \frac{\sum \text{površina otvora gdje je } c_{pe} \text{ negativan}}{\sum \text{površina svih otvora}}$$

Površina svih otvora:

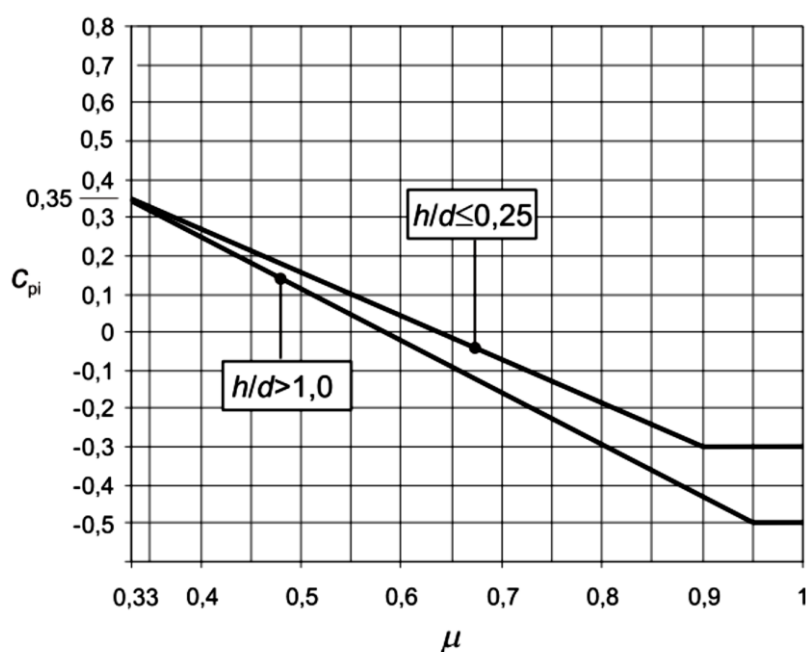
$$A = 1 \cdot 5,0 \cdot 5,0 + 4 \cdot 2,0 \cdot 1,0 + 2 \cdot 2,5 \cdot 36,0 + 4 \cdot 2,0 \cdot 1,40 = 224,20 \text{ m}^2$$

Površina otvora gdje je c_{pe} negativan:

$$A_1 = 1 \cdot 5,0 \cdot 5,0 + 2 \cdot 2,0 \cdot 1,0 + 1 \cdot 2,5 \cdot 36,0 + 4 \cdot 2,0 \cdot 1,40 = 130,20 \text{ m}^2$$

$$\mu = \frac{130,20}{224,20} = 0,58$$

$$\frac{h}{d} = \frac{11,40}{25,6} = 0,45$$



Slika 14. Koeficijenti unutarnjeg pritiska za jednoliko raspodijeljene otvore [5]

Koeficijent unutarnjeg pritiska:

$$\text{Očitano : } c_{pi} = + 0,05$$

Pritisak vjetra na unutarnje površine:

$$w_i = 0,61 \cdot (+0,05) = + 0,031 \text{ kN/m}^2 \text{ (napuhavanje)}$$

Rezultantni pritisak vjetra:

$$w = w_e - w_i$$

a) Na vertikalne stijene hale:

$$w^A = -0,73 - (+0,031) = -\mathbf{0,76 \text{ kN/m}^2}$$

$$w^B = -0,49 - (+0,031) = -\mathbf{0,52 \text{ kN/m}^2}$$

$$w^C = -0,31 - (+0,031) = -\mathbf{0,34 \text{ kN/m}^2}$$

$$w^D = +0,45 - (+0,031) = +\mathbf{0,42 \text{ kN/m}^2}$$

$$w^E = -0,21 - (+0,031) = -\mathbf{0,24 \text{ kN/m}^2}$$

b) Na krovnu plohu:1. SLUČAJ

$$w^F = -0,98 - (+0,031) = -\mathbf{1,01 \text{ kN/m}^2}$$

$$w^G = -0,70 - (+0,031) = -\mathbf{0,73 \text{ kN/m}^2}$$

$$w^H = -0,34 - (+0,031) = -\mathbf{0,37 \text{ kN/m}^2}$$

$$w^J = -0,40 - (+0,031) = -\mathbf{0,43 \text{ kN/m}^2}$$

$$w^I = -0,35 - (+0,031) = -\mathbf{0,38 \text{ kN/m}^2}$$

2. SLUČAJ

$$w^F = +0,02 - (+0,031) = -\mathbf{0,01 \text{ kN/m}^2}$$

$$w^G = +0,02 - (+0,031) = -\mathbf{0,01 \text{ kN/m}^2}$$

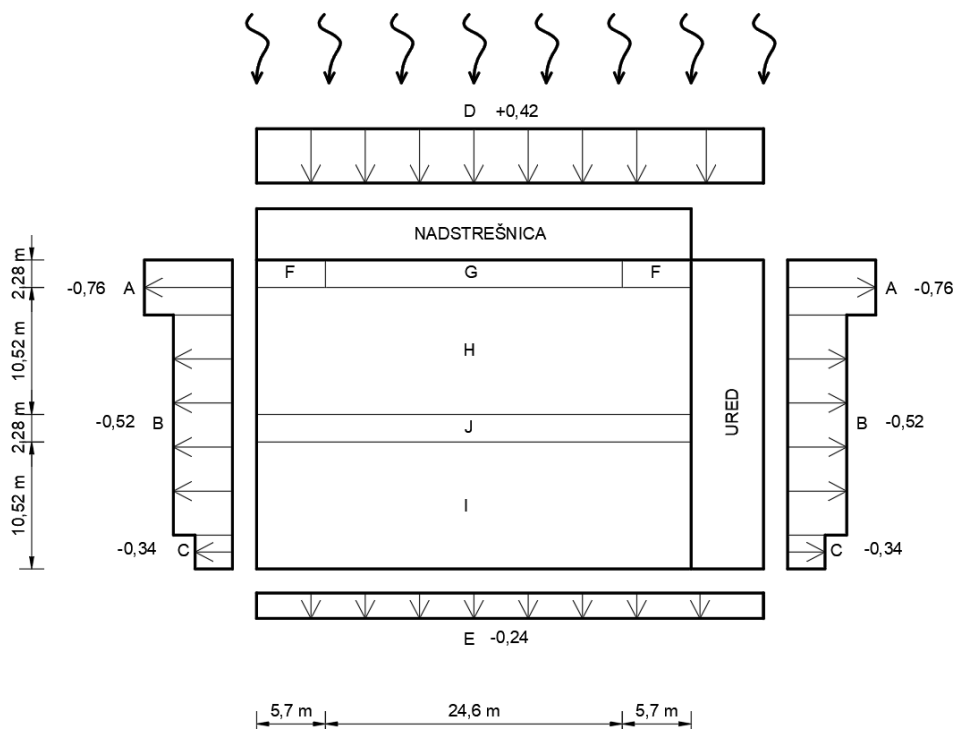
$$w^H = +0,02 - (+0,031) = -\mathbf{0,01 \text{ kN/m}^2}$$

$$w^J = -0,11 - (+0,031) = -\mathbf{0,14 \text{ kN/m}^2}$$

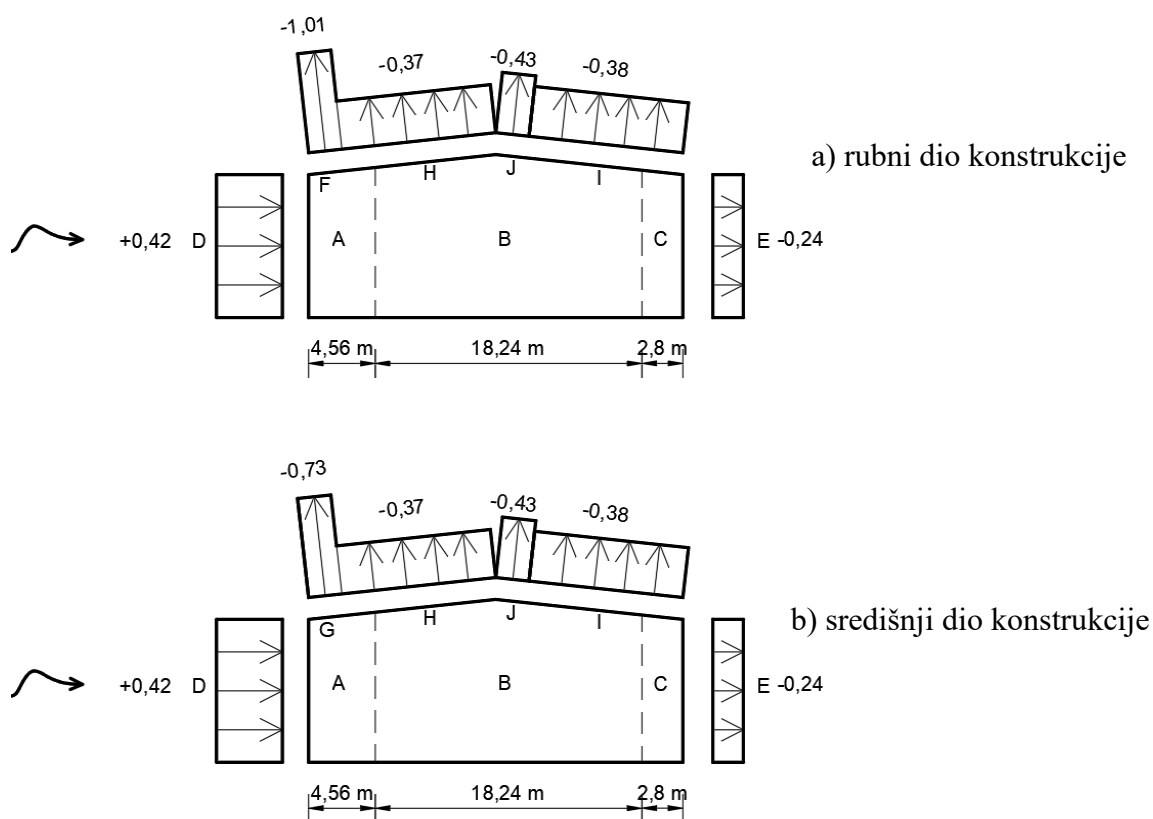
$$w^I = -0,32 - (+0,031) = -\mathbf{0,35 \text{ kN/m}^2}$$

KARAKTERISTIČNE VELIČINE DJELOVANJA VJETROM U (kN/m²) za SLUČAJ 2:

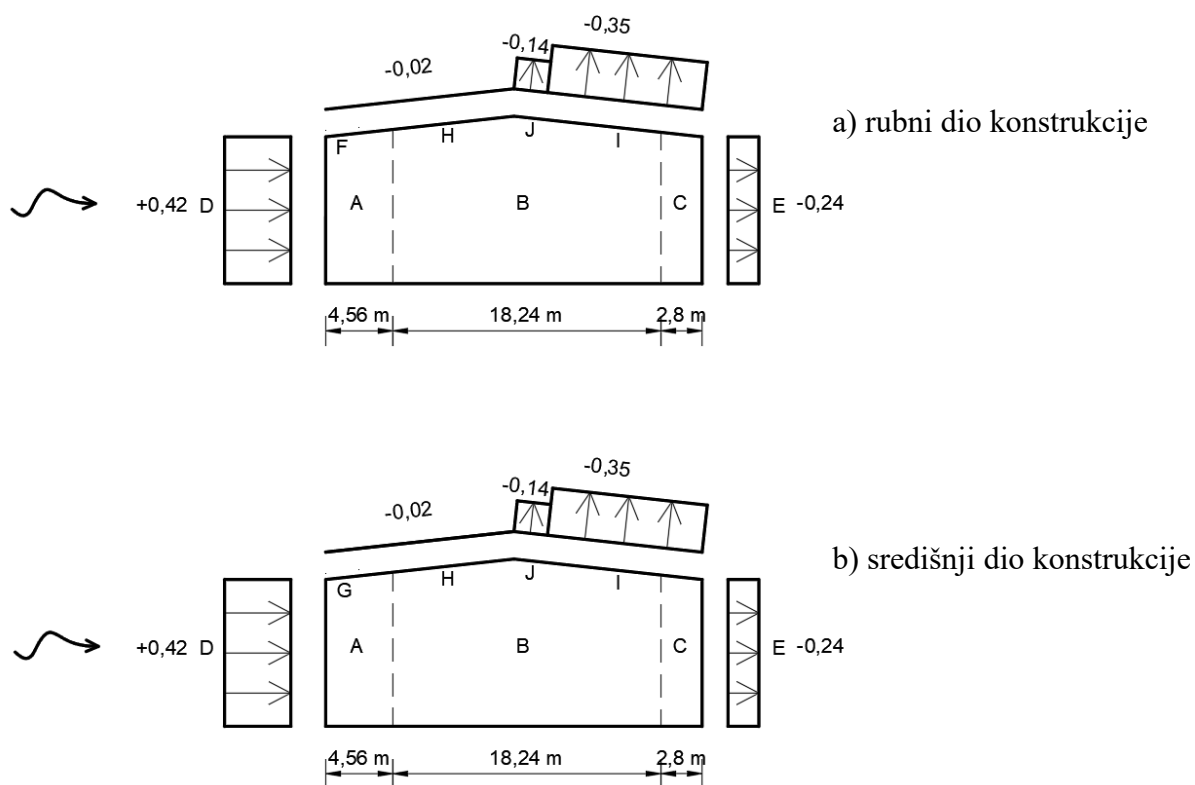
Na Slici 15 prikazan je tlocrt s jasno označenim smjerom vjetra te veličinama na pojedinu zonu fasade. Slike 16 i 17 prikazuju rubni i središnji dio građevine te utjecaj vjetra na pojedine zone.



Slika 15. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove izložene djelovanju transverznog vjetra ($\theta = 0^\circ$) za Slučaj 2 - tlocrt. Modificirano prema [5]



Slika 16. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove i krovnu plohu izloženih djelovanju transverzalnog vjetrova ($\theta = 0^\circ$) za Slučaj 2 - presjek (I. slučaj). Modificirano prema [5]

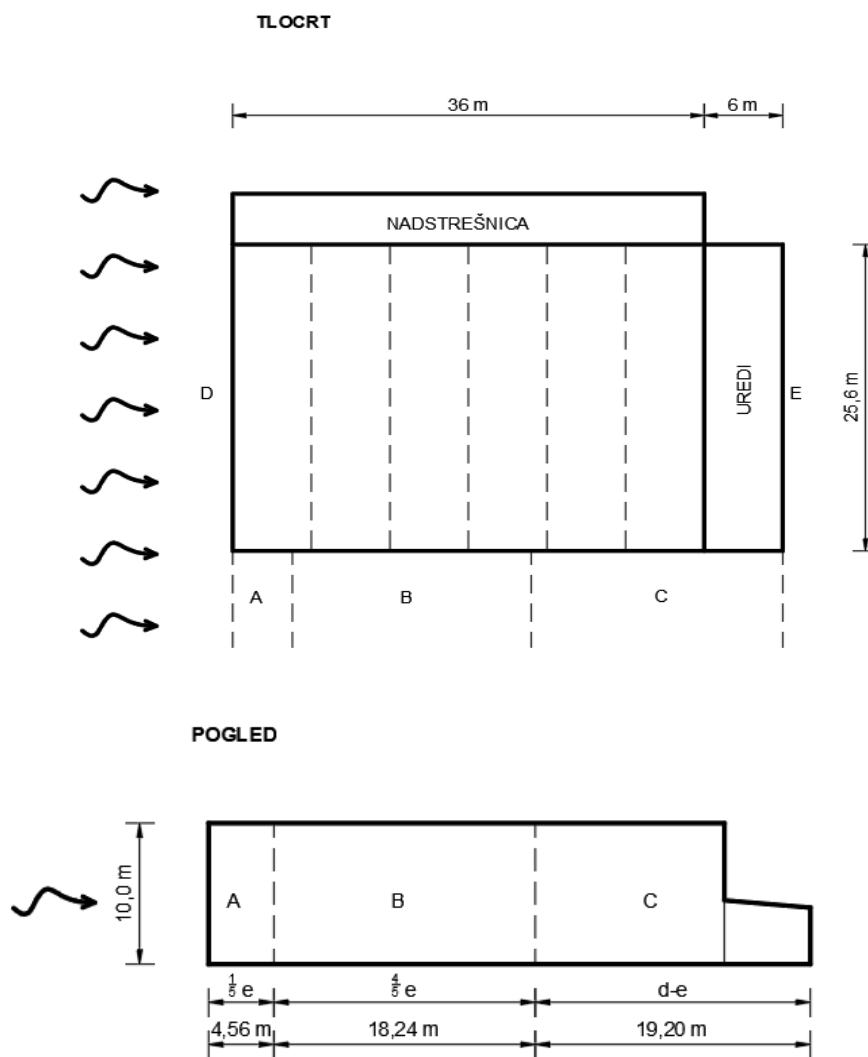


Slika 17. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove i krovnu plohu izloženih djelovanju transverzalnog vjetrova ($\theta = 0^\circ$) za Slučaj 2 - presjek (II. slučaj). Modificirano prema [5]

5.3.1.3. SLUČAJ III – vanjski longitudinalni pritisak, svi otvori zatvoreni ($\theta = 90^\circ$)

a) Vanjski pritisak na vertikalne stijene

Slika 18 prikazuje tlocrt i presjek konstrukcije pod utjecajem longitudinalnog vjetrova. Zone su prilagođene sukladno HRN EN 1991 – 1 – 4:2012.



Slika 18. Tlocrt i pogled na vertikalne zidove izložene djelovanju longitudinalnog vjetrova ($\theta = 90^\circ$). Modificirano prema [5]

Osnovni podaci:

Referentna visina: $h = 11,40 \text{ m}$

Širina na koju puše vjetar: $b = 25,6 \text{ m}$

Parametar e : $e = \min(b ; 2 \cdot h) = \min(25,60 ; 2 \cdot 11,40 = 22,80) = 22,80 \text{ m}$

Dubina hale: $d = 36,0 + 6,0 = 42,0 \text{ m}$

Omjer h/d :

$$\frac{h}{d} = \frac{11,40}{42,0} = \mathbf{0,27} > \mathbf{0,25}$$

→ $e < d \Rightarrow$ podjela na zone A, B, C, D i E

Koeficijenti vanjskog pritiska za vertikalne zidove određuju se za svaku zonu prema omjeru visine i horizontalne dimenzije konstrukcije, a vrijednosti su dane Tablicom 4.

→ Sve površine su veće od 10 m^2

$$\text{Površina (A)} = 45,60 \text{ m}^2 \Rightarrow c_{pe} = c_{pe,10} = \mathbf{-1,20}$$

$$\text{Površina (B)} = 182,40 \text{ m}^2 \Rightarrow c_{pe} = c_{pe,10} = \mathbf{-0,80}$$

$$\text{Površina (C)} = 144,38 \text{ m}^2 \Rightarrow c_{pe} = c_{pe,10} = \mathbf{-0,50}$$

$$\text{Površina (D)} = 274,92 \text{ m}^2 \Rightarrow c_{pe} = c_{pe,10} = \mathbf{+0,71}$$

$$\text{Površina (E)} = 274,92 \text{ m}^2 \Rightarrow c_{pe} = c_{pe,10} = \mathbf{-0,32}$$

Pritisak vjetra na vertikalne stijene:

$$w_e^A = 0,61 \cdot (-1,20) = -0,73 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^B = 0,61 \cdot (-0,80) = -0,49 \text{ kN/m}^2$$

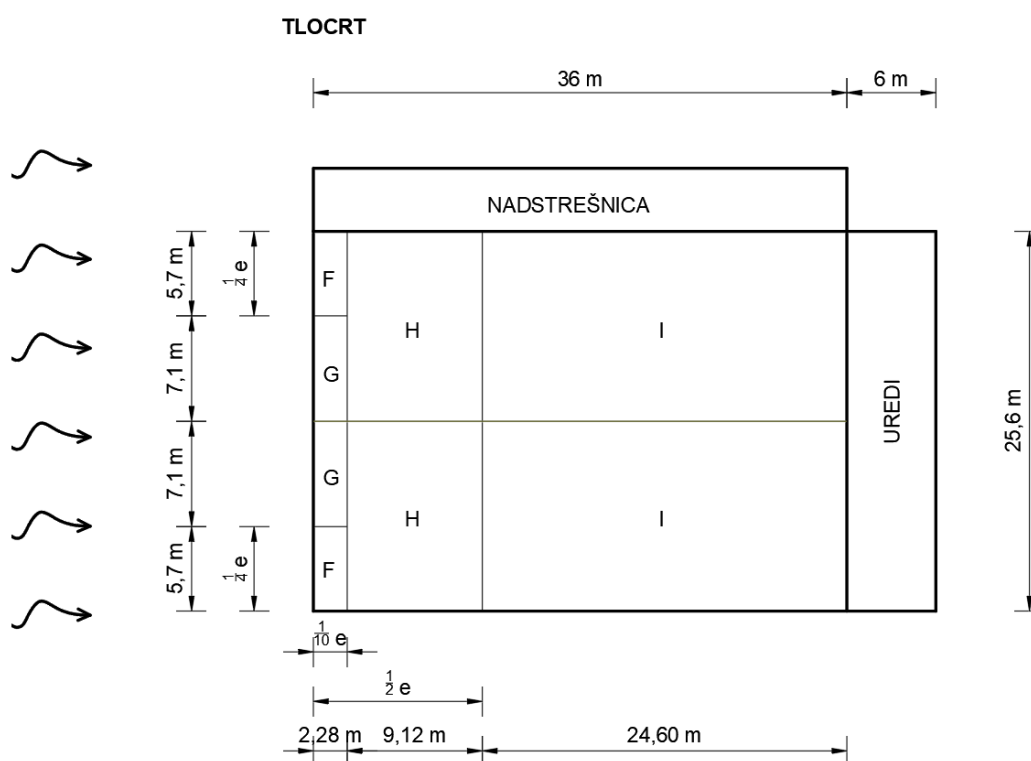
$$w_e^C = 0,61 \cdot (-0,50) = -0,31 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^D = 0,61 \cdot (+0,71) = +0,43 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^E = 0,61 \cdot (-0,32) = -0,20 \text{ kN/m}^2$$

b) Vanjski pritisak na krovnu plohu:

Slika 19 prikazuje tlocrt krovne konstrukcije pod utjecajem longitudinalnog vjetra. Zone su prilagođene sukladno HRN EN 1991 – 1 – 4:2012.



Slika 19. Tlocrt na krovnu plohu opterećenu longitudinalnim vjetrom ($\theta = 90^\circ$).

Modificirano prema [5]

Osnovni podaci:Referentna visina: $h = 11,40 \text{ m}$ Širina na koju puše vjetar: $b = 25,60 \text{ m}$ Parametar e : $e = \min(b ; 2 \cdot h) = \min(25,6 ; 2 \cdot 11,40 = 22,80) = 22,80 \text{ m}$ → $\vartheta = 90^\circ \Rightarrow$ podjela na F, G, H i I zonu→ potrebna linearna interpolacija između kutova 5° i 15°

Koeficijenti vanjskog pritiska za dvostrešne krovove određuju se za svaku zonu na temelju kuta nagiba konstrukcije krova. Vrijednosti tih koeficijenata, za longitudinalni smjer vjetra, detaljno su prikazane Tablicom 7.

Tablica 7. Vrijednosti koeficijenata vanjskog pritiska za dvostrešne krovove izložene djelovanju longitudinalnog vjetra ($\theta = 90^\circ$) [5]

Nagib α	Područje za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	- 1,6	- 2,2	- 1,3	- 2,0	- 0,7	- 1,2	- 0,6	
15°	- 1,3	- 2,0	- 1,3	- 2,0	- 0,6	- 1,2	- 0,5	

Površina (F) = $13,072 \text{ m}^2 \Rightarrow c_{pe} = c_{pe,10} = -1,56$ Površina (G) = $16,283 \text{ m}^2 \Rightarrow c_{pe} = c_{pe,10} = -1,30$ Površina (H) = $117,422 \text{ m}^2 \Rightarrow c_{pe} = c_{pe,10} = -0,69$ Površina (I) = $316,733 \text{ m}^2 \Rightarrow c_{pe} = c_{pe,10} = -0,59$ → Kut krovnih ploha hale jednak je $6,2^\circ$ → Sve površine su veće od 10 m^2

Pritisak vjetra na krovnu plohu:

$$w_e^F = 0,61 \cdot (-1,56) = - \mathbf{0,95 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_e^G = 0,61 \cdot (-1,30) = - \mathbf{0,79 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_e^H = 0,61 \cdot (-0,69) = - \mathbf{0,42 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_e^I = 0,61 \cdot (-0,59) = - \mathbf{0,36 \text{ kN/m}^2}$$

PRITISAK VJETRA NA UNUTARNJE POVRŠINE w_i

Koeficijent unutarnjeg pritiska:

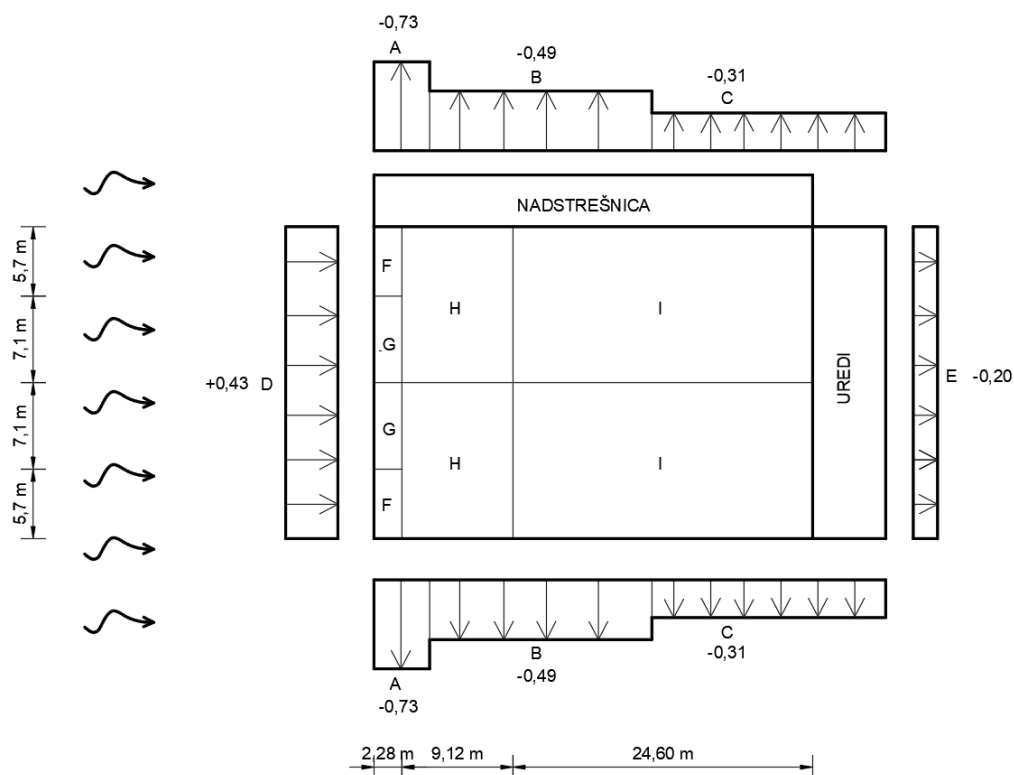
$$c_{pi} = \mathbf{0 \text{ (zatvorena građevina)}}$$

Pritisak vjetra:

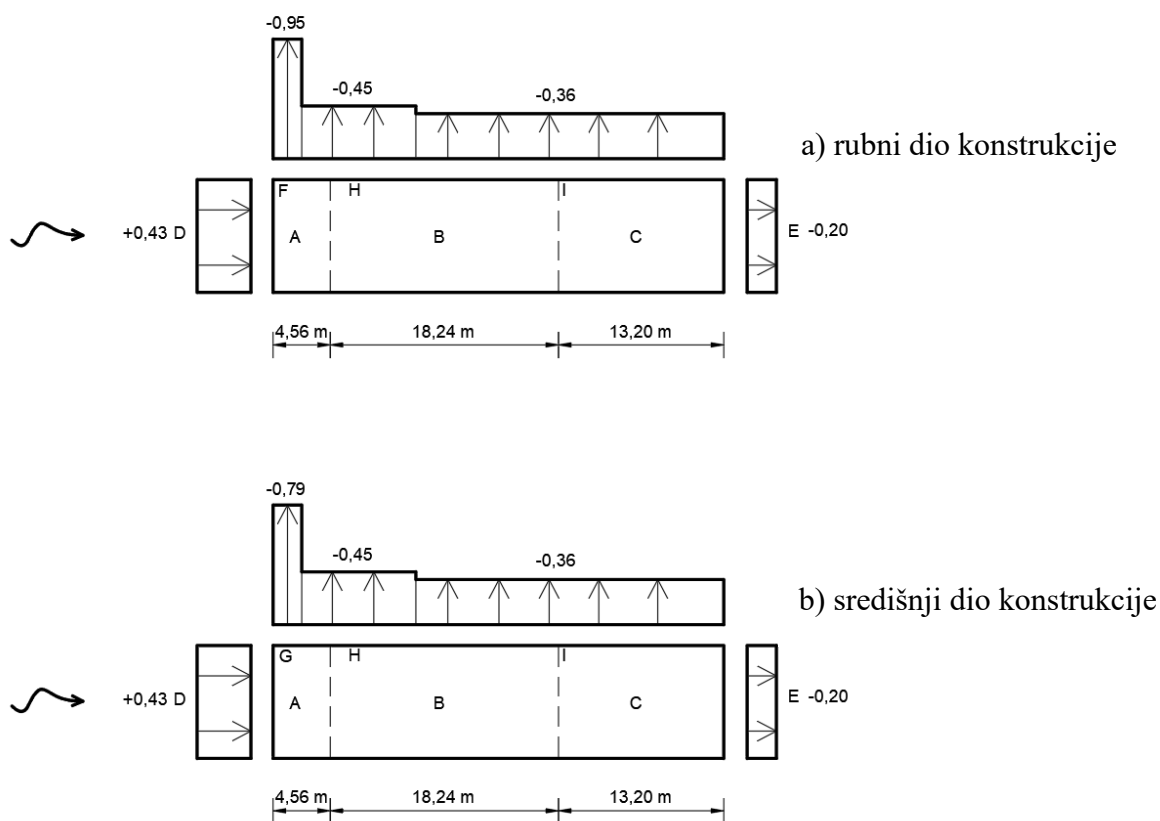
$$w_i = \mathbf{0 \text{ kN/m}^2}$$

KARAKTERISTIČNE VELIČINE DJELOVANJA VJETROM U (kN/m^2) za **SLUČAJ 3:**

Na Slici 20 prikazan je tlocrt s jasno označenim smjerom vjetra te veličinama na pojedinu zonu fasade. Slike 21 i 22 prikazuju rubni i središnji dio građevine te utjecaj vjetra na pojedine zone.



Slika 20. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove izložene djelovanju longitudinalnog vjetra ($\theta = 90^\circ$) za Slučaj 3 - tlocrt. Modificirano prema [3]



Slika 21. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove i krovnu plohu izloženih djelovanju longitudinalnog vjetra ($\theta = 90^\circ$) za Slučaj 3 - presjek. Modificirano prema [3]

5.3.1.4. SLUČAJ IV – vanjski longitudinalni pritisak, svi otvori otvoreni ($\theta = 90^\circ$)

PRITISAK VJETRA NA VANJSKE POVRŠINE w_e

Proračun je ekvivalentan Slučaju 3.

PRITISAK VJETRA NA UNUTARNJE POVRŠINE w_i

U Tablici 6 navedene su različite vrste otvora, broj otvora i njihove dimenzije, koje su potrebne za izračun koeficijenta unutarnjeg pritiska.

Prema normi vrijedi:

„Kada je na najmanje dvije strane zgrade (pročelja ili krova) ukupna površina otvora na svakoj strani veća od 30% površine te strane, utjecaji na konstrukciju izračunavaju se prema pravilu 7.3. iz norme:“ [3]

$$\mu = \frac{\sum \text{površina otvora gdje je } c_{pe} \text{ negativan}}{\sum \text{površina svih otvora}}$$

Površina svih otvora:

$$A = 1 \cdot 5,0 \cdot 5,0 + 4 \cdot 2,0 \cdot 1,0 + 2 \cdot 2,5 \cdot 36,0 + 4 \cdot 2,0 \cdot 1,40 = 224,20 \text{ m}^2$$

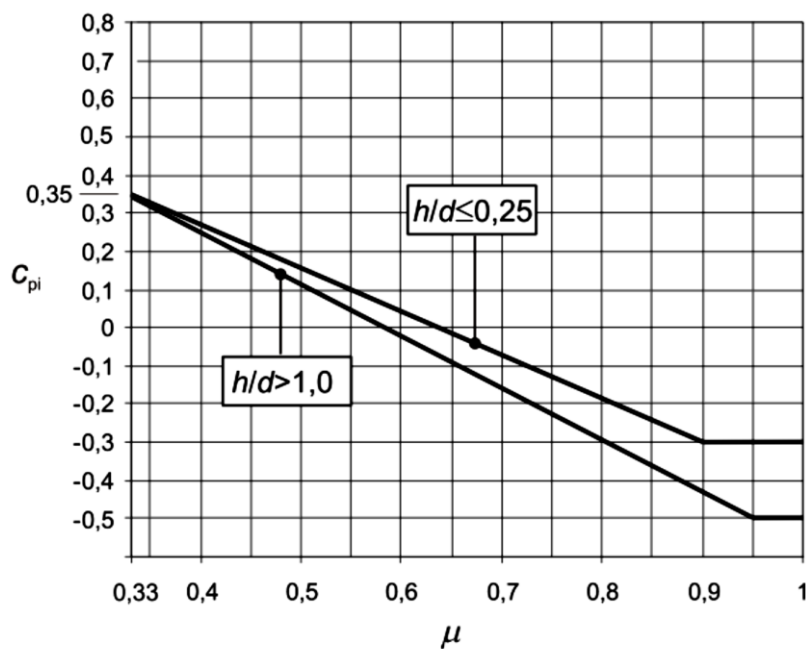
Površina otvora gdje je c_{pe} negativan:

$$A_1 = 4 \cdot 2,0 \cdot 1,0 + 2 \cdot 2,5 \cdot 36,0 + 4 \cdot 2,0 \cdot 1,40 = 199,20 \text{ m}^2$$

$$\mu = \frac{199,20}{224,20} = 0,89$$

$$\frac{h}{d} = \frac{11,40}{42,0} = 0,27$$

Pomoću dimenzija hale, odnosno otvora gdje je c_{pe} negativan i površinom svih otvora, lako se može dobiti unutarnji pritisak vjetra prema onome što je prikazano na Slici 22.



Slika 22. Koeficijenti unutarnjeg pritiska za jednoliko raspodijeljene otvore [5]

Koeficijent unutarnjeg pritiska:

$$\text{Očitano: } c_{pi} = -0,3$$

Pritisak vjetra na unutarnje površine:

$$w_i = 0,61 \cdot (-0,3) = -0,18 \text{ kN/m}^2 \text{ (usis)}$$

Rezultantni pritisak vjetra:

$$w = w_e - w_i$$

1. Na vertikalne stijene hale:

$$w^A = -0,73 - (-0,18) = -0,55 \text{ kN/m}^2$$

$$w^B = -0,49 - (-0,18) = -0,31 \text{ kN/m}^2$$

$$w^C = -0,31 - (-0,18) = -0,13 \text{ kN/m}^2$$

$$w^D = +0,43 - (-0,18) = +0,61 \text{ kN/m}^2$$

$$w^E = -0,20 - (-0,18) = -0,02 \cong 0,00 \text{ kN/m}^2$$

2. Na krovnu plohu:

$$w^F = -0,95 - (-0,18) = -0,77 \text{ kN/m}^2$$

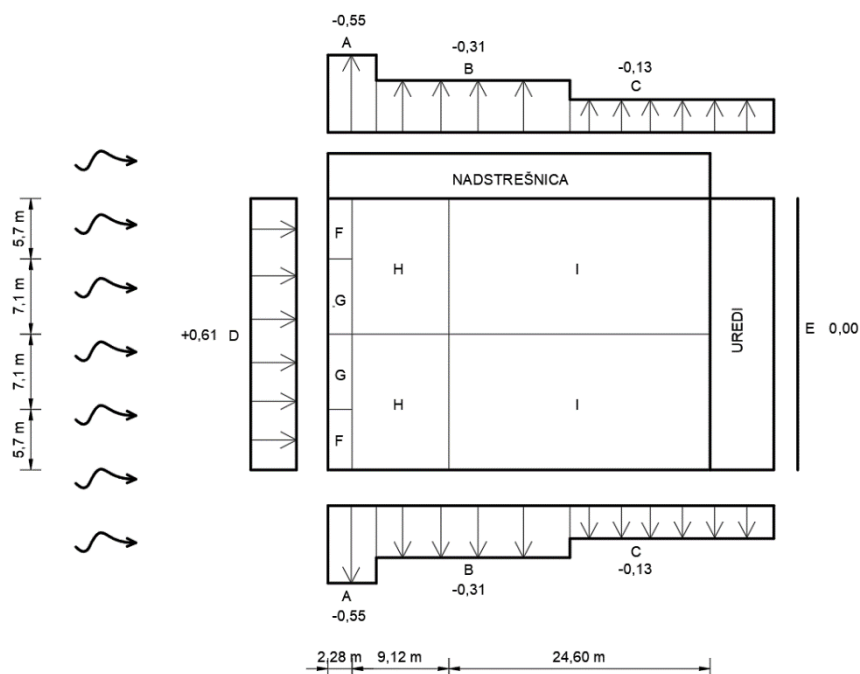
$$w^G = -0,79 - (-0,18) = -0,61 \text{ kN/m}^2$$

$$w^H = -0,42 - (-0,18) = -0,24 \text{ kN/m}^2$$

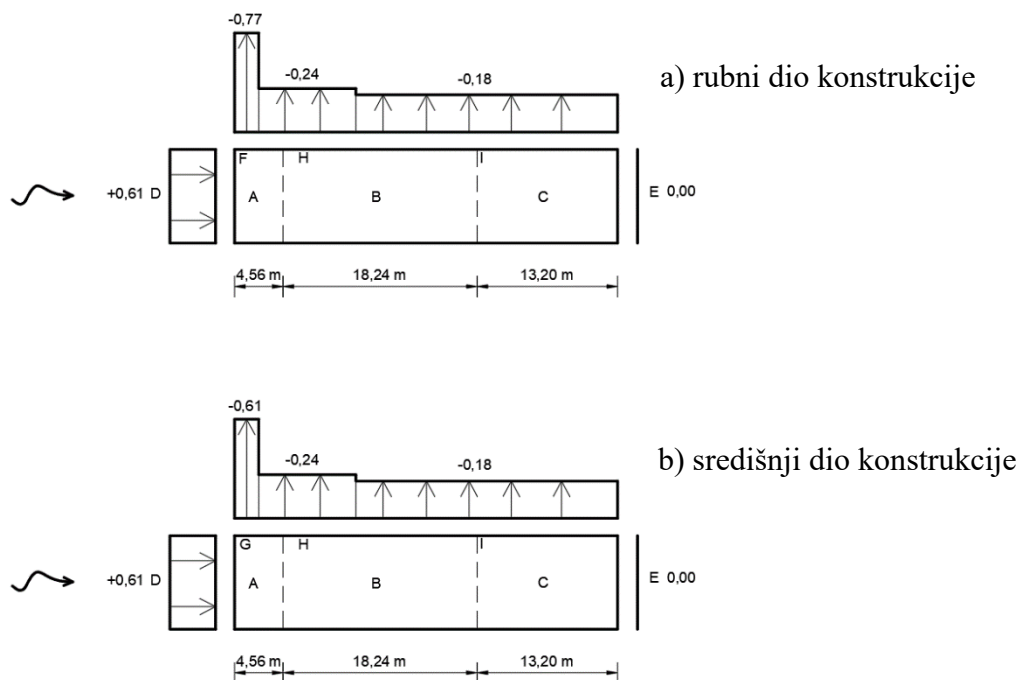
$$w^I = -0,36 - (-0,18) = -0,18 \text{ kN/m}^2$$

KARAKTERISTIČNE VELIČINE DJELOVANJA VJETROM U (kN/m²) za SLUČAJ 4:

Na Slici 23 prikazan je tlocrt s jasno označenim smjerom vjetra te veličinama na pojedinu zonu fasade. Slika 24 prikazuju rubni i središnji dio građevine te utjecaj vjetra na pojedine zone.



Slika 23. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove izložene djelovanju longitudinalnog vjetra ($\theta = 90^\circ$) za Slučaj 4 - tlocrt Modificirano prema [5]

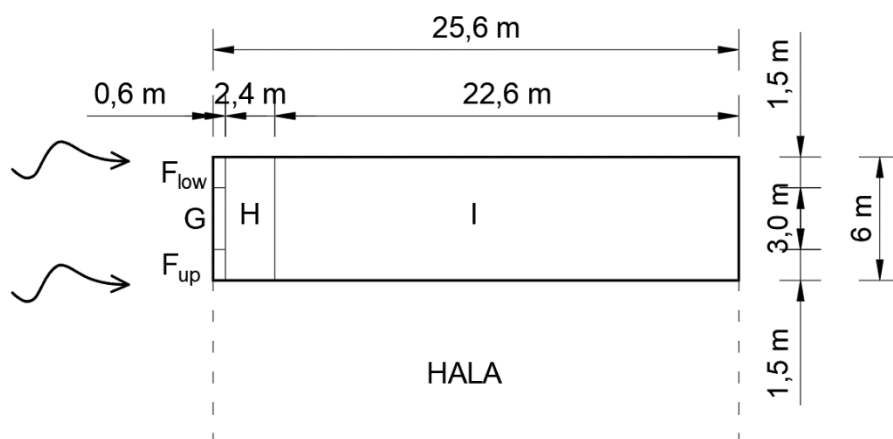


Slika 24. Prikaz opterećenja na vertikalne zidove i krovnu plohu izloženih djelovanju longitudinalnog vjetra ($\theta = 90^\circ$) za Slučaj 4 – presjek. Modificirano prema [5]

5.3.2. Djelovanje vjetra na krov ureda

5.3.2.1. Slučaj I. – vanjski longitudinalni pritisak ($\theta = 90^\circ$)

Slika 25 prikazuje tlocrt krovne konstrukcije pod utjecajem longitudinalnog vjetra. Zone su prilagođene sukladno HRN EN 1991 – 1 – 4:2012.



Slika 25. Podjela jednostrešne krovne plohe ($\alpha = 5,0^\circ$) na zone za djelovanje longitudinalnog vjetra ($\theta = 90^\circ$). Modificirano prema [5]

→ Vjetar koji djeluje transverzalno na halu je isti onaj koji se može percipirati kao longitudinalni vjetar na krov ureda, i obratno.

Osnovni podaci:

Visina ureda: $h = 4,54 \text{ m}$

Širina na koju puše vjetar: $b = 6,0 \text{ m}$

Parametar e : $e = \min(b ; 2 \cdot h) = \min(6,0 ; 2 \cdot 4,54 = 9,08) = 6,0 \text{ m}$

Koeficijenti vanjskog pritiska za jednostrešne krovove određuju se za svaku zonu na temelju kuta nagiba konstrukcije krova. Vrijednosti tih koeficijenata, za longitudinalni smjer vjetra, detaljno su prikazane Tablicom 8 .

Tablica 8. Vrijednosti koeficijenta vanjskog pritiska za jednostrešne krovove ($\theta = 90^\circ$) [5]

Nagib α	Područje za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$									
	F_{up}		F_{low}		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2

→ Kut krovne plohe ureda jednak je 5°

→ potrebna linearna interpolacija za površinu između 1 i 10 m²

$$\text{Površina (F}_{up}\text{)} = 0,903 \text{ m}^2 \Rightarrow 1. c_{pe} = c_{pe,1} = -2,6$$

$$\text{Površina (F}_{low}\text{)} = 0,903 \text{ m}^2 \Rightarrow 1. c_{pe} = c_{pe,1} = -2,4$$

$$\text{Površina (G)} = 1,807 \text{ m}^2 \Rightarrow 1. c_{pe,1} = -2,0$$

$$2. c_{pe,10} = -1,8$$

$$c_{pe} = -1,98$$

$$\text{Površina (H)} = 14,455 \text{ m}^2 \Rightarrow 1. c_{pe} = c_{pe,10} = -0,6$$

$$\text{Površina (I)} = 136,118 \text{ m}^2 \Rightarrow 1. c_{pe} = c_{pe,10} = -0,5$$

Pritisak vjetra na krovnu plohu:

$$w_e^{F_{up}} = 0,61 \cdot (-2,6) = -1,59 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^{F_{low}} = 0,61 \cdot (-2,4) = -1,46 \text{ kN/m}^2$$

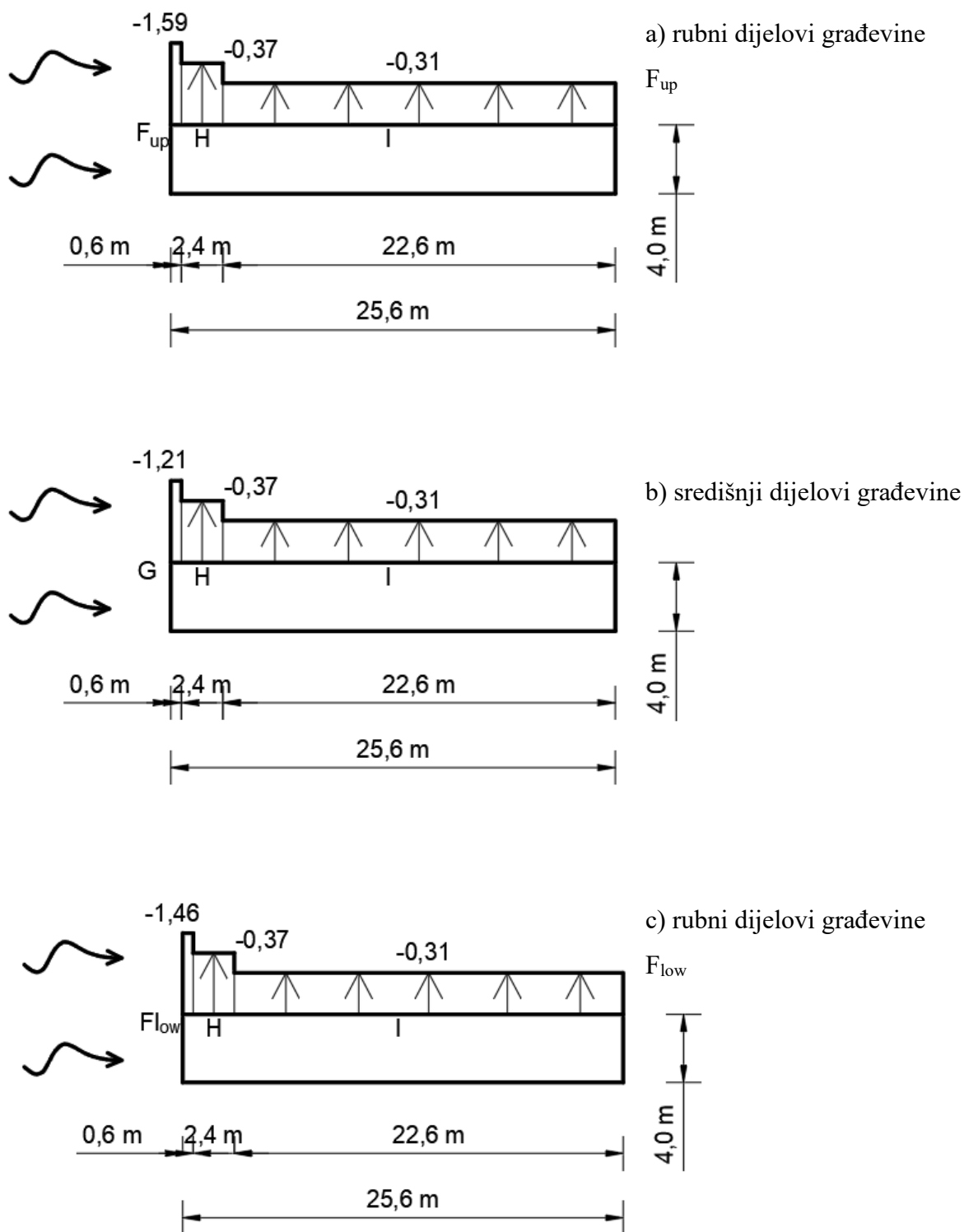
$$w_e^G = 0,61 \cdot (-1,98) = -1,21 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^H = 0,61 \cdot (-0,6) = -0,37 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^I = 0,61 \cdot (-0,5) = -0,31 \text{ kN/m}^2$$

KARAKTERISTIČNE VELIČINE DJELOVANJA VJETROM U (kN/m²) ZA KROV UREDA:

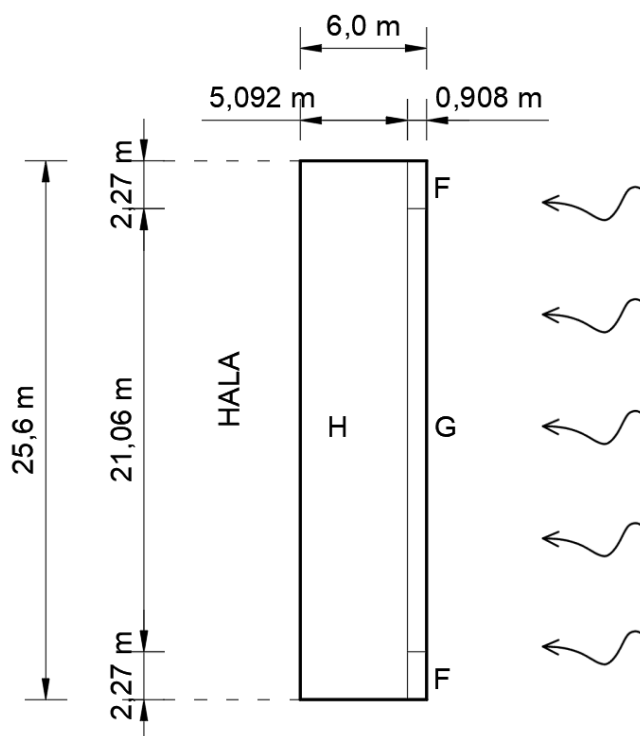
- Slike 26 prikazuje rubne i središnji dijelove građevine te utjecaj vjetra na pojedine zone.



Slika 26. Prikaz opterećenja na krovnu plohu izloženih djelovanju longitudinalnog vjetra ($\theta = 90^\circ$) - presjeci. Modificirano prema [5]

5.3.2.2. *Slučaj II. – vanjski transverzalni pritisak ($\theta = 0^\circ$)*

Slika 27 prikazuje tlocrt krovne konstrukcije pod utjecajem longitudinalnog vjetra. Zone su prilagođene sukladno HRN EN 1991 – 1 – 4:2012.



Slika 27. Podjela jednostrešne krovne plohe ($\alpha = 5,0^\circ$) na zone za djelovanje transverzalnog vjetra ($\theta = 0^\circ$). Modificirano prema [5]

Osnovni podaci:

Visina ureda: $h = 4,54 \text{ m}$

Širina na koju puše vjetar: $b = 25,60 \text{ m}$

Parametar e : $e = \min(b ; 2 \cdot h) = \min(25,60 ; 2 \cdot 4,54 = 9,08) = \mathbf{9,08 \text{ m}}$

Koeficijenti vanjskog pritiska za jednostrešne krovove određuju se za svaku zonu na temelju kuta nagiba konstrukcije krova. Vrijednosti tih koeficijenata, za transverzalni smjer vjetra, detaljno su prikazane Tablicom 9.

Tablica 9. Vrijednosti koeficijenata vanjskog pritiska za jednostrešne krovove izložene djelovanju transversalnog vjetra ($\theta = 0^\circ$) [5]

Nagib α	Područje za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$					
	F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	- 1,7	- 2,5	- 1,2	- 2,0	- 0,6	- 1,2
	+ 0,0		+ 0,0		+ 0,0	

→ Kut krovne plohe ureda jednak je 5°

→ potrebna linearna interpolacija za površine manje od 10 m²

Površina (F) = 2,07 m² ⇒ 1. c_{pe} = interpolacija = **-2,40**

2. c_{pe} = interpolacija = **+0,00**

Površina (G) = 19,20 m² ⇒ 1. $c_{pe} = c_{pe,10} =$ **-1,20**

2. $c_{pe} = c_{pe,10} =$ **+0,00**

Površina (H) = 130,85 m² ⇒ 1. $c_{pe} = c_{pe,10} =$ **-0,60**

2. $c_{pe} = c_{pe,10} =$ **+0,00**

Pritisak vjetra na krovnu plohu:1. SLUČAJ

$$w_e^F = 0,61 \cdot (-2,4) = -1,46 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^G = 0,61 \cdot (-1,2) = -0,73 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^H = 0,61 \cdot (-0,6) = -0,37 \text{ kN/m}^2$$

2. SLUČAJ

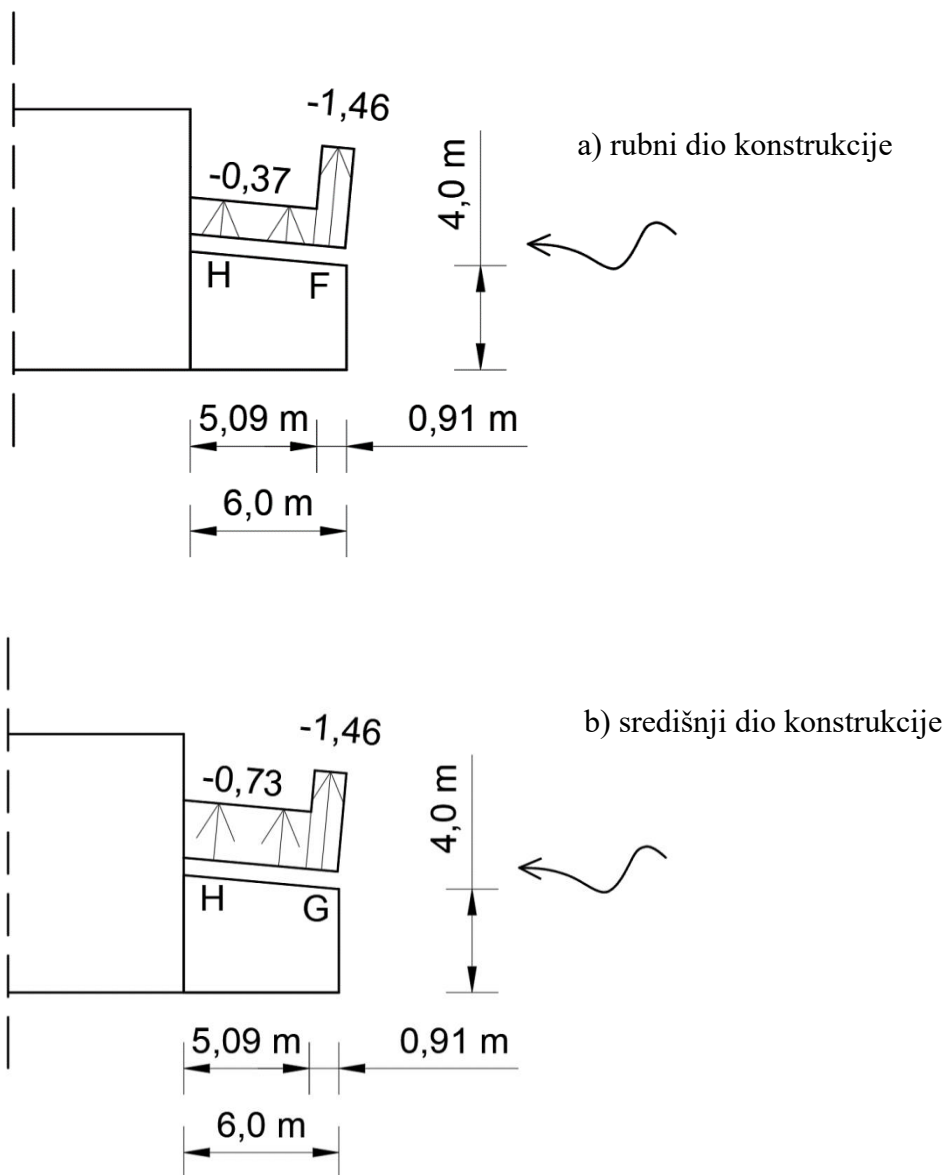
$$w_e^F = 0,61 \cdot (+0,00) = +0,00 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^G = 0,61 \cdot (+0,00) = +0,00 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^H = 0,61 \cdot (+0,00) = +0,00 \text{ kN/m}^2$$

KARAKTERISTIČNE VELIČINE DJELOVANJA VJETROM U (kN/m²) ZA KROVNU PLOHU UREDA:

Slike 28 prikazuje rubni i središnji dio građevine te utjecaj vjetra na pojedine zone.



Slika 28. Prikaz opterećenja na krovnu plohu izloženih djelovanju transverzalnog vjetra ($\theta = 0^\circ$) - presjeci. Modificirano prema [5]

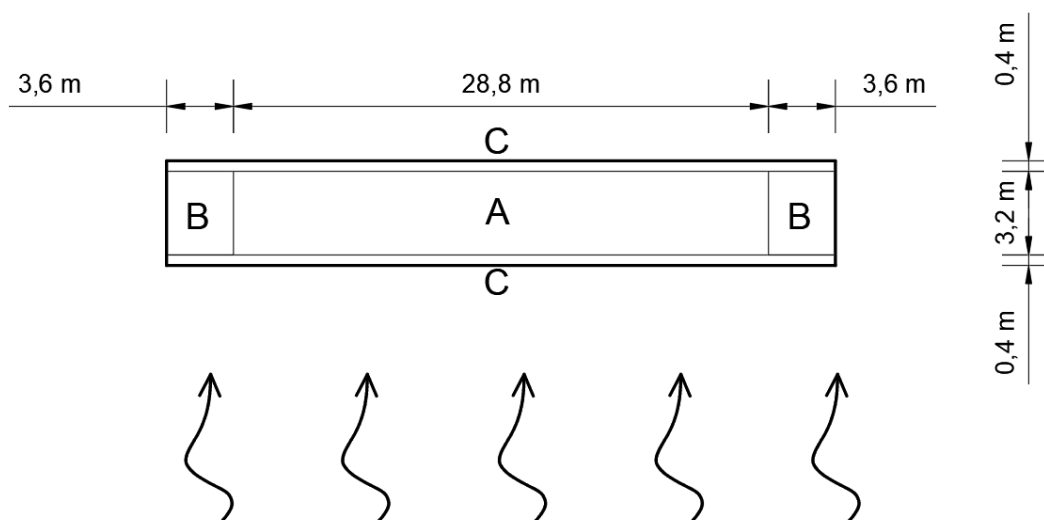
5.3.3. Djelovanje vjetra na nadstrešnicu

5.3.3.1. Slučaj I. – vanjski transverzalni pritisak ($\theta = 0^\circ$)

Vjetar koji djeluje longitudinalno na halu je isti onaj koji se može percipirati kao transverzalni vjetar na nadstrešnicu, i obratno. Slika 29 prikazuje tlocrt nadstrešnice pod utjecajem transverzalnog vjetra. Zone su prilagođene sukladno HRN EN 1991 – 1 – 4:2012.

Stupanj blokade pod nadstrešnicom $\varphi = 1$

Nagib krova nadstrešnice $\alpha = 5^\circ$



Slika 29. Podjela nadstrešnice na zone izložene djelovanju transverzalnog vjetra ($\theta = 0^\circ$). Modificirano prema [5]

$$d = 4,0 \text{ m}$$

$$b = 36,0 \text{ m}$$

gdje su: $d = 4,0 \text{ m}$ – duljina konstrukcije paralelna sa smjerom djelovanjem vjetra, $b = 36,0 \text{ m}$ – duljina konstrukcije okomita na smjer djelovanja vjetra

Određivanje koeficijenta $c_{p,net}$:

- Pritisak (prema dolje)

$$\text{Zona A: } c_{p,net,A} = +\mathbf{0,8}$$

$$\text{Zona B: } c_{p,net,C} = +\mathbf{2,1}$$

$$\text{Zona C: } c_{p,net,B} = +\mathbf{1,3}$$

- Usis (prema gore)

$$\text{Zona A: } c_{p,net,A} = -\mathbf{1,6}$$

$$\text{Zona B: } c_{p,net,C} = -\mathbf{2,2}$$

$$\text{Zona C: } c_{p,net,B} = -\mathbf{2,5}$$

Opterećenje uslijed djelovanja vjetra, w :

$$w_{A,pritisak} = 0.61 \cdot (+0,8) = +\mathbf{0,49 kN/m^2}$$

$$w_{B,pritisak} = 0.61 \cdot (+2,1) = +\mathbf{1,28 kN/m^2}$$

$$w_{C,pritisak} = 0.61 \cdot (+1,3) = +\mathbf{0,79 kN/m^2}$$

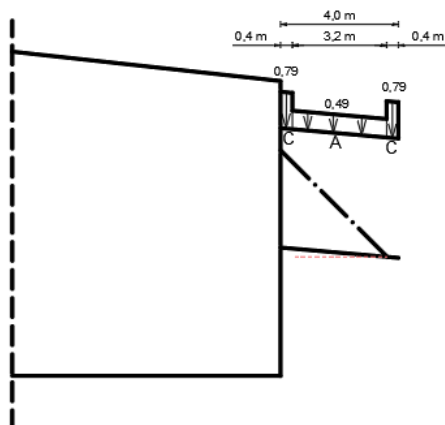
$$w_{A,usis} = 0.61 \cdot (-1,6) = -\mathbf{0,98 kN/m^2}$$

$$w_{B,usis} = 0.61 \cdot (-2,2) = -\mathbf{1,34 kN/m^2}$$

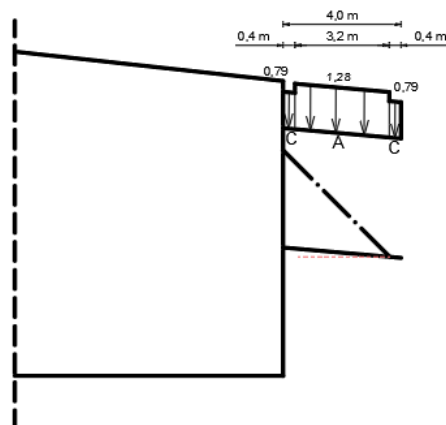
$$w_{C,usis} = 0.61 \cdot (-2,5) = -\mathbf{1,53 kN/m^2}$$

KARAKTERISTIČNE VELIČINE DJELOVANJA VJETROM U (kN/m²) ZA NADSTREŠNICU:

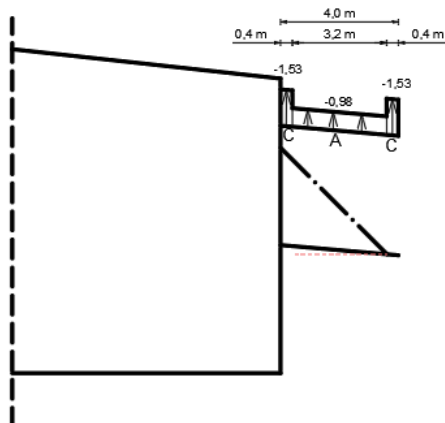
Slike 30 prikazuje rubni i središnji dio građevine te utjecaj vjetra na pojedine zone.



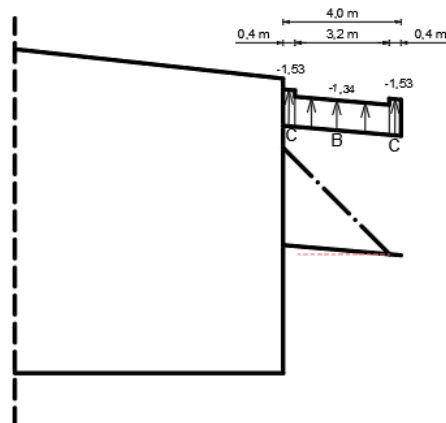
a) srednji dio konstrukcije – pritisak



b) rubni dio konstrukcije – pritisak



c) srednji dio konstrukcije – usis



d) rubni dio konstrukcije – usis

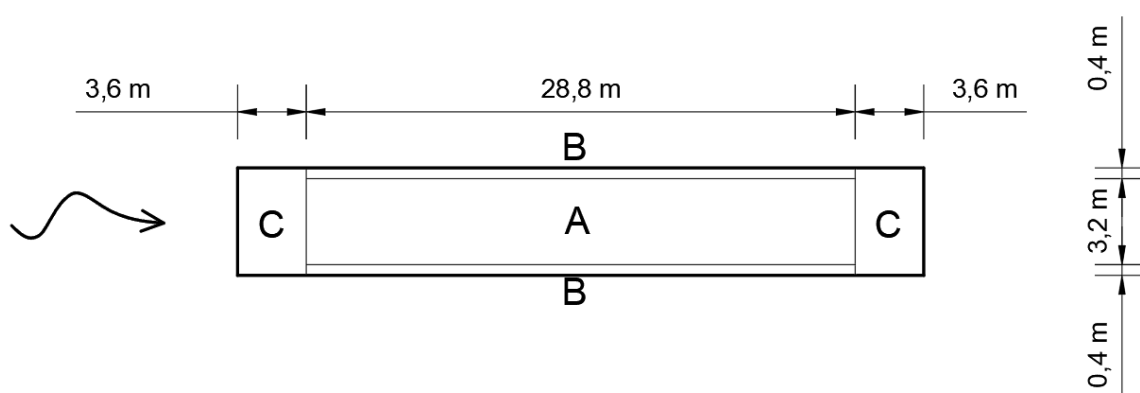
Slika 30. Prikaz opterećenja na nadstrešnicu izloženu djelovanju transversalnog vjetra ($\theta = 0^\circ$) – presjeci. Modificirano prema [5]

5.3.3.2. Slučaj II. – vanjski longitudinalni pritisak ($\theta = 90^\circ$)

Slika 31 prikazuje tlocrt nadstrešnice pod utjecajem transversalnog vjetra. Zone su prilagođene sukladno HRN EN 1991 – 1 – 4:2012.

Stupanj blokade pod nadstrešnicom $\varphi = 1$

Nagib krova nadstrešnice $\alpha = 5^\circ$



Slika 31. Podjela nadstrešnice na zone izložene djelovanju longitudinalnog vjetra ($\theta = 90^\circ$). Modificirano prema [5]

$$d = 36,0 \text{ m}$$

$$b = 4,0 \text{ m}$$

gdje su: $d = 36,0 \text{ m}$ – duljina konstrukcije paralelna sa smjerom djelovanjem vjetra, $b = 4,0 \text{ m}$ – duljina konstrukcije okomita na smjer djelovanja vjetra

Određivanje koeficijenta $c_{p,net}$:

- Pritisak (prema dolje)

$$\text{Zona A: } c_{p,net,A} = +\mathbf{0,8}$$

$$\text{Zona B: } c_{p,net,C} = +\mathbf{2,1}$$

$$\text{Zona C: } c_{p,net,B} = +\mathbf{1,3}$$

- Usis (prema gore)

$$\text{Zona A: } c_{p,net,A} = -\mathbf{1,1}$$

$$\text{Zona B: } c_{p,net,C} = -\mathbf{1,7}$$

$$\text{Zona C: } c_{p,net,B} = -\mathbf{1,8}$$

Opterećenje uslijed djelovanja vjetra, w :

$$w_{A,pritisak} = 0.61 \cdot (+0,8) = +\mathbf{0,49 kN/m^2}$$

$$w_{B,pritisak} = 0.61 \cdot (+2,1) = +\mathbf{1,28 kN/m^2}$$

$$w_{C,pritisak} = 0.61 \cdot (+1,3) = +\mathbf{0,79 kN/m^2}$$

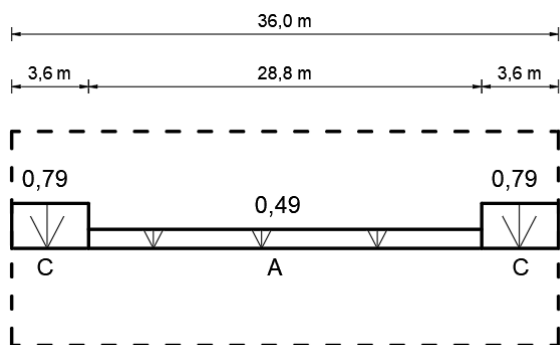
$$w_{A,usis} = 0.61 \cdot (-1,1) = -\mathbf{0,67 kN/m^2}$$

$$w_{B,usis} = 0.61 \cdot (-1,7) = -\mathbf{1,04 kN/m^2}$$

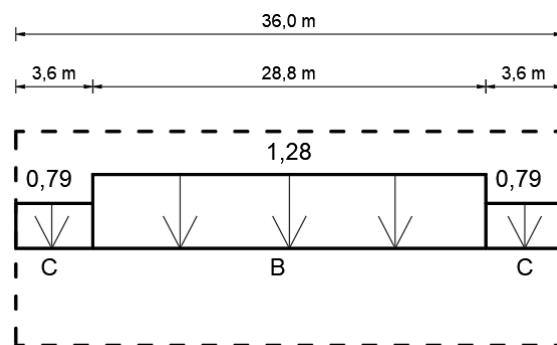
$$w_{C,usis} = 0.61 \cdot (-1,8) = -\mathbf{1,10 kN/m^2}$$

KARAKTERISTIČNE VELIČINE DJELOVANJA VJETROM U (kN/m²) ZA NADSTREŠNICU:

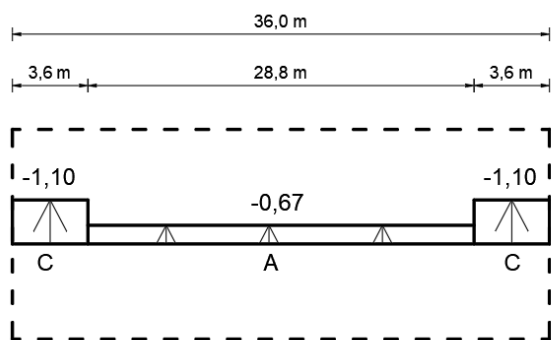
- Slike 32 prikazuje rubni i središnji dio građevine te utjecaj vjetra na pojedine zone.



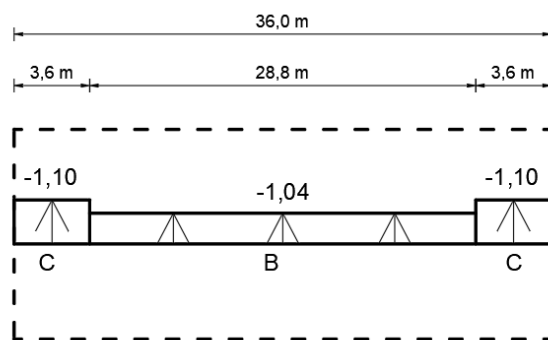
a) srednji dio konstrukcije – pritisak



b) rubni dio konstrukcije – pritisak



c) srednji dio konstrukcije – usis



d) rubni dio konstrukcije – usis

Slika 32. Prikaz opterećenja na nadstrešnicu izloženu djelovanju longitudinalnog vjetra ($\theta = 90^\circ$) – presjeci. Modificirano prema [5]

5.4. POKRETNO DJELOVANJE OD DIZALICE

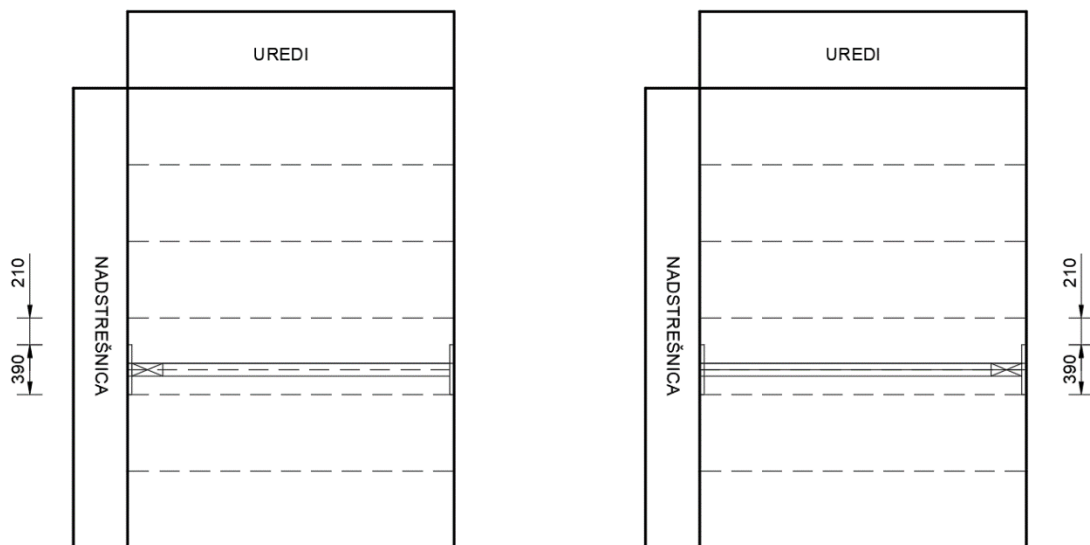
U okviru istraživanja za diplomski rad, analizirana je prisutnost dizalice unutar industrijske hale, posebno istražujući konstrukciju kranske staze koja podržava ovu dizalicu. Dizalica ima nosivost od 10 tona, a odabir odgovarajuće kranske opreme bio je ključan korak u procesu projektiranja. U konačnici, odabrani su Abus kranovi kao idealno rješenje za postavljanje u proizvodnu halu. Za precizno definiranje dimenzija i funkcionalnosti dizalice, kontaktirana je tvrtka Hoistec sa sjedištem u Zagrebu. Prema dostupnim informacijama, formirana je Tablica 10 koje predstavlja vrijednosti sila u pojedinom kotaču kрана.

Tablica 10. Vrijednosti djelovanja dizalice nosivosti 10 t po jednom kotaču [7]

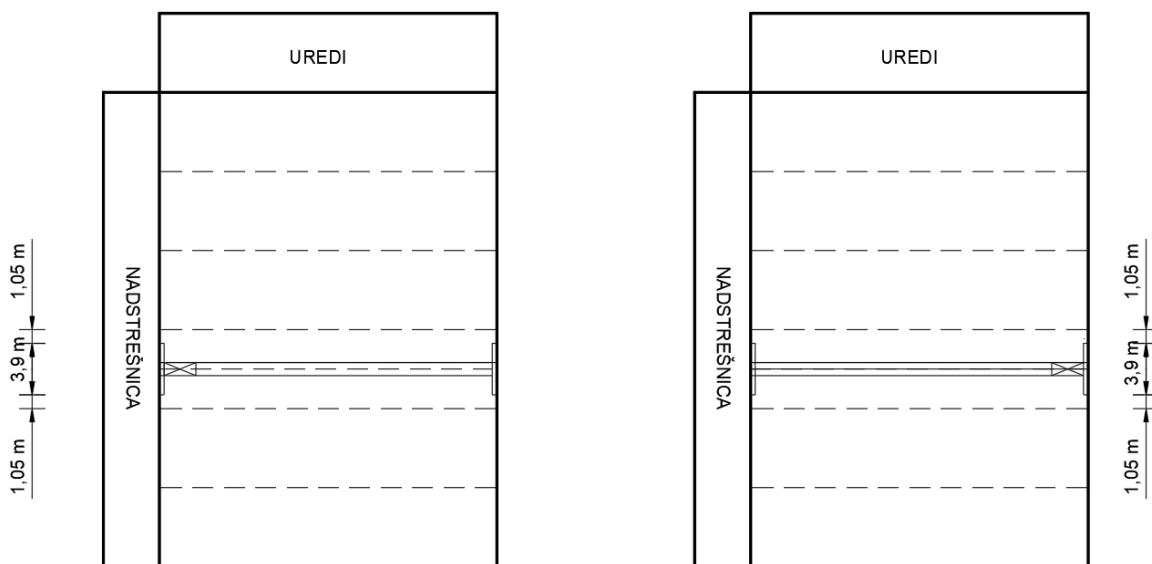
POKRETNO DJELOVANJE DIZALICE NOSIVOSTI 10 t PO JEDNOM KOTAČU		
Max. vertikalna sila	$R_{\max 1}$	75,20
	$R_{\max 2}$	74,90
Max. bočna sila	H_{s1}	4,2
	H_{s2}	20,0
Min. vertikalna sila	$R_{\min 1}$	25,60
	$R_{\min 2}$	25,60
Min. bočna sila	H_{m1}	1,4
	H_{m2}	6,80
Sila uzduž kranske staze	P_{u1}	1,,9
	P_{u2}	22,6

Kranska oprema može biti postavljena u šest različitih pozicija unutar proizvodne hale, no u proračunskoj analizi će se fokusirati samo na dva ključna scenarija koji će biti relevantniji i mjerodavniji za daljnje istraživanje. To uključuje slučajeve s kranom postavljenim na osi glavnog nosača i s kotačima kрана smještenim duž osi nosača (Slika 33 i 35). Ova selektivna analiza osigurava preciznost i fokusiranost u proračunima efikasno i bez suvišnih iteracija.

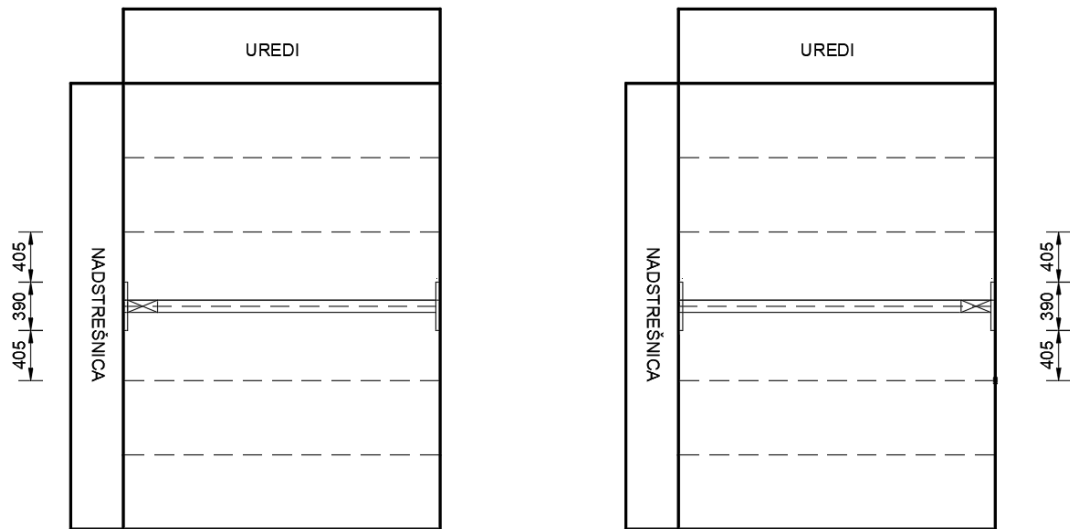
5.4.1. Karakteristični položaji dizalice



Slika 33. Položaj broj 1 i 2 (kotač kрана nalaze se u osi glavnog nosača) [izradio autor]



Slika 34. Položaj broj 3 i 4 (kotač kрана nalazi se između osi glavnih nosača) [izradio autor]



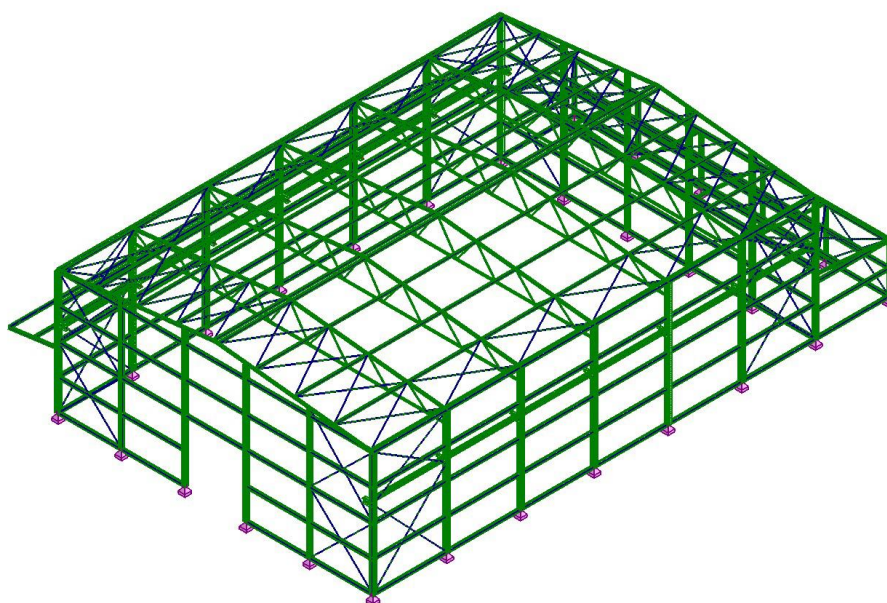
Slika 35. Položaj broj 5 i 6 (položaj kрана je na osi glavnog nosača) [izradio autor]

6. STATIČKI PRORAČUN, MEHANIČKA OTPORNOST I STABILNOST KONSTRUKCIJE

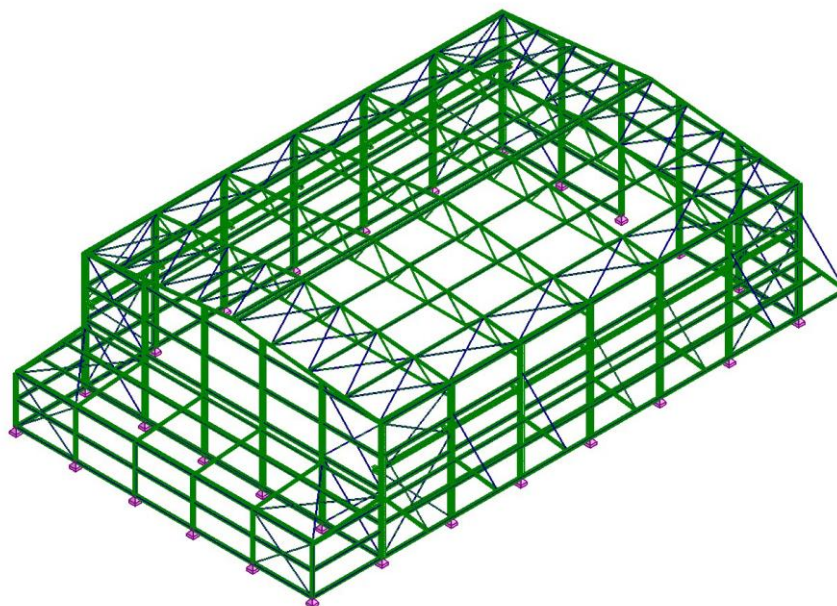
6.1 Analiza statičkog sustava

Analitički postupci za evaluaciju konstrukcije obavljani su koristeći Autodesk Robot Structural Analysis programski paket. Ovaj obuhvatni analitički proces uključivao je statički proračun konstrukcije, proračun stabilnosti konstrukcije i analizu mehaničke otpornosti. U samom Robot modelu konstrukcije precizno su definirani svi elementi pomoću čvorova i štapova. Dodatno, kako bi se osigurala stabilnost i sigurnost konstrukcije, u model su uvedeni nepomični oslonci (*pinned* oslonci) na adekvatnim pozicijama.

Ključni aspekt ovog analitičkog pristupa bio je rukovanje zategama i vezovima unutar konstrukcije. Kako bi se precizno modelirale ove komponente, koristile su se opcije „member truss“. Ova opcija omogućava da se u tim elementima pojavi samo uzdužna sila. Nakon što su opterećenja primijenjena na konstrukciju, vršene su iteracije kako bi se optimizirali elementi i profili. Navedena konstrukcija predstavlja složeni inženjerski projekt koji je pažljivo osmišljen kako bi udovoljio specifičnim potrebama i funkcionalnosti. Izgled modela u softveru Robot Structural Analysis ilustriran je Slikama 36 i 37, dok su detalji o odabiru elemenata i profila dostupni u Tablicama 11, 12 i 13.



Slika 36. Prostorni model konstrukcije (pogled sa sjeverozapada) [izradio autor]



Slika 37. Prostorni model konstrukcije (pogled s jugoistoka) [izradio autor]

Tablica 11. Poprečni presjeci i materijal pojedinih elemenata hale [izradio autor]

	ELEMENT	PROFIL	MATERIJAL
1.	Glavni nosači – gornji pojas	HEA 140	S 275
2.	Glavni nosači – donji pojas	HEA 100	S 275
3.	Ispuna rešetke	Kvadratni puni profil 50 x 50 mm	S 275
4.	Podrožnice	IPE 180	S 275
5.	Vanjski stupovi	HEA 300	S 275
6.	Zabatni stupovi	HEA 260	S 275
7.	Krovni uzdužni vjetrovni vezovi	Okrugli puni profil d = 14 mm	S 275
8.	Krovni poprečni vjetrovni vezovi	Okrugli puni profil d = 14 mm	S 275
9.	Fasadni uzdužni vjetrovni vezovi	Okrugli puni profil d = 14 mm	S 275
10.	Fasadni poprečni vjetrovni vezovi	Okrugli puni profil d = 14 mm	S 275
11.	Horizontalni nosači obloge	UPN 280	S 275
12.	Konzole	HEA 320	S 275
13.	Kranska staza	HEA 240	S 275

Tablica 12. Poprečni presjeci i materijal pojedinih elemenata nadstrešnice [izradio autor]

	ELEMENT	PROFIL	MATERIJAL
1.	Glavni nosači	HEA 140	S 275
2.	Podrožnice	IPE 220	S 275
3.	Zatega	Okrugli puni profil d = 18 mm	S 275

Tablica 13. Poprečni presjeci i materijal pojedinih elemenata ureda [izradio autor]

	ELEMENT	PROFIL	MATERIJAL
1.	Glavni nosači	HEA 160	S 275
2.	Vanjski stupovi	HEA 200	S 275
3.	Podrožnice	IPE 180	S 275
4.	Krovni vjetrovni vezovi	Okrugli puni profil d = 12 mm	S 275
5.	Fasadni uzdužni vjetrovni vezovi	Okrugli puni profil d = 12 mm	S 275
6.	Horizontalni nosači obloge	UPN 280	S 275

6.2. Opterećenja na konstrukciju

Karakteristične vrijednosti opterećenja distribuirane su na konstrukcije elemente u obliku linijskih opterećenja. Ove vrijednosti opterećenja izražene su u jedinici sile po površini i pomnožene su s rasponom koji svaki element podupire. Opterećenja koja djeluju vertikalno na krovne plohe prenesena su na podrožnice na horizontalnim razmacima od 3,2 metra za halu te 2 metra za ured i nadstrešnicu. S druge strane, opterećenja koja djeluju na vertikalno na zidove prenesena su na horizontalne fasadne nosače obloge postavljeni na razmaku od 2,5 metra za halu te 2 metra za ured i nadstrešnicu.

U nastavku će biti prikazan proračun za nosivost elemenata konstrukcije hale. Važno je napomenuti da se isti metodološki pristup primjenjuje i na konstrukciju nadstrešnice i ureda, iako se detalji tog postupka neće detaljno prikazivati.

6.2.1. Stalno djelovanje

Opterećenje na podrožnice:

→ Ukupno opterećenje:

$$\text{Izoforma Euro 5 sendvič paneli} \dots\dots\dots g_p = 0,1408 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Krovne instalacije} \dots\dots\dots g_i = 0,50 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{UKUPNO} = \mathbf{0,6408 \text{ kN/m}^2}$$

→ Razmak podrožnica:

$$e = 3,20 \text{ m}$$

→ Opterećenje po dužnom metru:

$$G = g \cdot e = 0,6408 \cdot 3,20 = \mathbf{2,05 \text{ kN/m}'}$$

*→ Podrožnice postavljene na sljemenu i spoju glavnih nosača i stupova

$$G = g \cdot e \cdot 1/2 = 0,6408 \cdot 1,60 = \mathbf{1,025 \text{ kN/m}'}$$

Opterećenje na vertikalne stijene:

→ Ukupno opterećenje:

$$\text{Izoforma Isopar® elegant sendvič panele...} g_p = 0,0976 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Fasadne instalacije} g_i = 0,50 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{UKUPNO} = 0,5976 \text{ kN/m}^2$$

→ Razmak horizontalnih nosača obloge:

$$e = 2,50 \text{ m}$$

→ Opterećenje po dužnom metru:

$$G = g \cdot e = 0,5976 \cdot 2,50 = 1,494 \text{ kN/m'}$$

*→Horizontalni nosači obloge na vrhu i dnu stupova:

$$G = g \cdot e \cdot 1/2 = 0,5976 \cdot 1,25 = 0,747 \text{ kN/m'}$$

*→Horizontalni nosači obloge na vrhu zabatne fasade:

$$G = g \cdot (e/2 + 1,40) = 0,5976 \cdot 2,65 = 1,58 \text{ kN/m'}$$

6.2.2. Opterećenje snijegom – simetrično

Opterećenje snijegom na podrožnice:

→ Opterećenje snijegom:

$$s_1 = 0,40 \text{ kN/m}^2$$

→ Razmak podrožnica:

$$e = 3,20 \text{ m}$$

→ Opterećenje po dužnom metru:

$$S_1 = s_1 \cdot e = 0,40 \cdot 3,20 = \mathbf{1,28 \text{ kN/m}'}$$

*→ Podrožnice u sljemenu i na spoju glavnih nosača i stupova

$$S_1 = s_1 \cdot e \cdot 1/2 = 0,40 \cdot 1,60 = \mathbf{0,64 \text{ kN/m}'}$$

6.2.3. Opterećenje vjetrom – Slučaj 1

Opterećenje vjetrom na podrožnice:

$$w_e^F = 0,61 \cdot (-1,60) = -0,98 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^G = 0,61 \cdot (-1,15) = -0,70 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^H = 0,61 \cdot (-0,56) = -0,34 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^J = 0,61 \cdot (+0,06) = -0,40 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^I = 0,61 \cdot (-0,576) = -0,35 \text{ kN/m}^2$$

→ Razmak podrožnica:

$$e = 3,20 \text{ m}$$

→ Opterećenje po dužnom metru:

$$W = w \cdot e$$

→ Na spoju stupova i glavnih nosača u zoni F

$$W = w_e^F \cdot \frac{1}{2} \cdot e = (-0,98) \cdot \frac{1}{2} \cdot 3,20 = -1,57 \text{ kN/m'}$$

→ Na spoju stupova i glavnih nosača u zoni G

$$W = w_e^G \cdot \frac{1}{2} \cdot e = (-0,70) \cdot \frac{1}{2} \cdot 3,20 = -1,12 \text{ kN/m'}$$

→ U zoni H:

$$W = w_e^H \cdot e = (-0,34) \cdot 3,20 = -1,09 \text{ kN/m'}$$

→ U sljemenu u zoni H:

$$W = w_e^H \cdot \frac{1}{2} \cdot e = (-0,34) \cdot \frac{1}{2} \cdot 3,20 = -0,544 \text{ kN/m'}$$

→ U sljemenu u zoni J:

$$W = w_e^J \cdot \frac{1}{2} \cdot e = (-0,40) \cdot \frac{1}{2} \cdot 3,20 = -0,64 \text{ kN/m'}$$

→ U zoni I:

$$W = w_e^I \cdot e = (-0,35) \cdot 3,20 = -1,12 \text{ kN/m'}$$

→ Na spoju stupova i glavnih nosača u zoni I:

$$W = w_e^I \cdot \frac{1}{2} \cdot e = (-0,35) \cdot \frac{1}{2} \cdot 3,20 = -0,56 \text{ kN/m'}$$

Opterećenje vjetrom na vertikalne stijene:

$$w_e^A = 0,61 \cdot (-1,20) = -0,73 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^B = 0,61 \cdot (-0,80) = -0,49 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^C = 0,61 \cdot (-0,50) = -0,31 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^D = 0,61 \cdot (-0,73) = +0,45 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e^E = 0,61 \cdot (-0,35) = -0,21 \text{ kN/m}^2$$

→ Razmak horizontalnih nosača obloge:

$$e = 2,50 \text{ m}$$

→ Opterećenje po dužnom metru:

$$W = w \cdot e$$

Zona A

$$W = w_e^A \cdot e = (-0,73) \cdot 2,50 = -1,825 \text{ kN/m'}$$

* Na dnu i vrhu stupova:

$$W = w_e^A \cdot \frac{1}{2} \cdot e = (-0,73) \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,50 = -0,9125 \text{ kN/m'}$$

*→Horizontalni nosači obloge na vrhu zabatne fasade:

$$W = w_e^A \cdot (e/2 + 1,40) = (-0,73) \cdot (1,4 + 2,5/2) = 1,935 \text{ kN/m'}$$

Zona B

$$W = w_e^B \cdot e = (-0,49) \cdot 2,50 = -1,225 \text{ kN/m'}$$

* Na dnu i vrhu stupova:

$$W = w_e^B \cdot \frac{1}{2} \cdot e = (-0,49) \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,50 = -0,6125 \text{ kN/m'}$$

*→Horizontalni nosači obloge na vrhu zabatne fasade:

$$W = w_e^B \cdot (e/2 + 1,40) = (-0,49) \cdot (1,4 + 2,5/2) = 1,2985 \text{ kN/m'}$$

Zona C

$$W = w_e^C \cdot e = (-0,31) \cdot 2,50 = -0,775 \text{ kN/m'}$$

* Na dnu i vrhu stupova:

$$W = w_e^C \cdot \frac{1}{2} \cdot e = (-0,31) \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,50 = -0,3875 \text{ kN/m'}$$

*→Horizontalni nosači obloge na vrhu zabatne fasade:

$$W = w_e^C \cdot \left(\frac{e}{2} + 1,40\right) = (-0,31) \cdot (1,4 + 2,5/2) = 0,822 \text{ kN/m'}$$

Zona D

$$W = w_e^D \cdot e = (+0,45) \cdot 2,50 = +1,125 \text{ kN/m'}$$

* Na dnu i vrhu stupova:

$$W = w_e^D \cdot \frac{1}{2} \cdot e = (+0,45) \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,50 = +0,5625 \text{ kN/m'}$$

Zona E

$$W = w_e^E \cdot e = (-0,21) \cdot 2,50 = -\mathbf{0,525 \text{ kN/m'}}$$

* Na dnu i vrhu stupova:

$$W = w_e^E \cdot \frac{1}{2} \cdot e = (-0,21) \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,50 = -\mathbf{0,2625 \text{ kN/m'}}$$

6.3. Kombinacije djelovanja

→ Za granično stanje nosivosti (ULS)

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

gdje su: $G_{k,j}$ – karakteristična vrijednost stalnog djelovanja, P_k – karakteristična vrijednost djelovanja prednapinjanja, $Q_{k,1}$ – karakteristična vrijednost vodećeg promjenjivog djelovanja, $Q_{k,i}$ – karakteristična vrijednost ostalih promjenjivih djelovanja, $\gamma_{G,j}$ – parcijalni koeficijent sigurnosti stalnih djelovanja j, γ_p – parcijalni koeficijent sigurnosti za djelovanja od prednapinjanja, $\gamma_{Q,1}$ – parcijalni koeficijent sigurnosti vodećeg promjenjivog djelovanja, $\gamma_{Q,i}$ – parcijalni koeficijent sigurnosti ostalih promjenjivih djelovanja i, $\psi_{0,i}$ – koeficijent kombinacije

Tablica 14. Koeficijenti kombinacije ψ [6]

Djelovanje	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Snijeg	0,5	0,2	0,0
Vjetar	0,6	0,2	0,0

DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJU

Razlikujemo sljedeća djelovanja

a) Snijeg

- Snijeg simetrično (Ured slučaj 1, Hala slučaj 1, Nadstrešnica slučaj 1)
- Snijeg nesimetrično (Ured 0, Hala slučaj 2, Nadstrešnica slučaj 2)

b) Vjetar

1. Za $\theta = 0^\circ$ postoje 2x2 slučaja (otvoreno x2 i zatvoreno x2)
2. Za $\theta = 90^\circ$ postoje 2 slučaja (otvoreno i zatvoreno)
3. Za $\theta = 270^\circ$ postoje 2 slučaja (otvoreno i zatvoreno)
4. Nadstrešnica može biti pod pritiskom i pod usisom

*Sljedeće kombinacije biti će napisane fontom 10 kako bi se smanjio obujam stranica te omogućilo lakše čitanje.

Kombinacija sve stalno + sve moguće kombinacije snijega:

1. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično
2. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično

Kombinacija sve stalno + sve moguće kombinacije vjetra:

3. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
4. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)
5. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak)
6. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis)
7. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak)
8. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis)
9. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak)
10. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis)
11. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak)
12. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis)
13. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak)
14. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis)
15. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak)
16. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis)
17. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak)
18. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis)

Kombinacija za stalno + snijeg + vjetar za sve moguće kombinacije:

19. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
20. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)
21. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
22. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)
23. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
24. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)
25. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
26. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)
27. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak)
28. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis)
29. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak)

30. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis)
31. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak)
32. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis)
33. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak)
34. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak)
35. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
36. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)
37. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
38. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)
39. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
40. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)
41. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
42. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)
43. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak)
44. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis)
45. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak)
46. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis)
47. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak)
48. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis)
49. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak)
50. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak)

Kombinacija za stalno + vjetar + snijeg za sve moguće kombinacije:

51. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
52. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
53. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
54. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
55. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
56. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
57. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
58. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
59. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
60. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
61. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
62. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
63. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
64. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
65. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
66. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
67. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
68. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
69. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
70. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
71. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
72. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
73. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
74. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično

75. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
76. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
77. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
78. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
79. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
80. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
81. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
82. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično

Prethodne kombinacije + kran

83. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x kran 1
84. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x kran 2
85. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x kran 3
86. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x kran 4
87. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x kran 1
88. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x kran 2
89. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x kran 3
90. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x kran 4
91. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
92. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
93. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
94. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
95. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
96. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
97. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
98. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
99. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
100. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
101. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
102. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
103. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
104. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
105. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
106. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
107. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
108. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
109. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
110. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
111. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
112. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
113. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
114. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
115. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
116. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
117. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
118. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
119. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
120. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
121. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3

122. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
123. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
124. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
125. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
126. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
127. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
128. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
129. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
130. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
131. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
132. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
133. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
134. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
135. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
136. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
137. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
138. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
139. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
140. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
141. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
142. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
143. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
144. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
145. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
146. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
147. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
148. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
149. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
150. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
151. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
152. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
153. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
154. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
155. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
156. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
157. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
158. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
159. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
160. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
161. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
162. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
163. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1

164. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
165. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
166. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
167. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
168. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
169. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
170. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
171. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
172. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
173. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
174. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
175. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
176. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
177. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
178. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
179. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
180. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
181. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
182. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
183. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
184. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
185. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
186. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
187. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
188. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2

189. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
190. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak)+ 1,5 x kran 4
197. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
192. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
193. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
194. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
195. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
196. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
197. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
198. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
199. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
200. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
201. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
202. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
203. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
204. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
205. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
206. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
207. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
208. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
209. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
210. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis)+ 1,5 x kran 4
211. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
212. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
213. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3

214. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
215. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
216. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
217. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
218. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg simetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
219. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
220. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
221. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
222. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
223. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
224. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
225. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
226. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
227. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
228. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
229. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
230. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
231. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
232. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
233. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
234. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
235. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
236. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
237. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
238. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4

239. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
240. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
241. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
242. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
243. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
244. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
245. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
246. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
247. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
248. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
249. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
250. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
251. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
252. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
253. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
254. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
255. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
256. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
257. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
258. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
259. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
260. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
261. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
262. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
263. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1

264. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
265. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
266. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
267. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
268. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
269. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
270. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
271. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 1
272. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 2
273. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 3
274. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,5 x kran 4
275. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
276. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
277. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
278. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
279. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 1
280. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 2
281. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 3
282. 1,35 x stalno + 1,5 x snijeg nesimetrično + 1,5 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,5 x kran 4
283. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
284. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
285. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
286. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
287. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
288. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
289. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
290. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
291. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
292. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
293. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
294. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično
295. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg simetrično

381. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
382. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
383. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
384. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
385. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
386. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
387. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
388. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
389. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
390. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
391. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
392. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
393. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
394. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 4 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
395. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
396. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
397. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
398. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
399. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
400. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
401. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
402. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
403. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
404. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
405. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
406. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
407. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
408. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
409. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično
410. 1,35 x stalno + 1,5 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,5 x 0,5 x snijeg nesimetrično

→ Za granično stanje uporabivosti (SLS)

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

gdje su: $G_{k,j}$ – karakteristična vrijednost stalnog djelovanja, $Q_{k,1}$ – karakteristična vrijednost vodećeg promjenjivog djelovanja, $Q_{k,i}$ – karakteristična vrijednost ostalih promjenjivih djelovanja, $\psi_{0,i}$ – koeficijent kombinacije

Kombinacija sve stalno + sve moguće kombinacije snijega:

1. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično
2. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično

Kombinacija sve stalno + sve moguće kombinacije vjetra:

3. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
4. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)
5. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak)
6. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis)
7. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak)
8. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis)
9. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak)
10. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis)
11. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak)
12. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis)
13. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak)
14. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis)
15. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak)
16. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis)
17. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak)
18. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis)

Kombinacija za stalno + snijeg + vjetar za sve moguće kombinacije:

19. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
20. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)
21. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
22. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)
23. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
24. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)
25. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
26. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)
27. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak)
28. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis)
29. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak)
30. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis)
31. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak)
32. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis)
33. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak)
34. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak)
35. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
36. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)
37. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
38. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)
39. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
40. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)
41. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak)
42. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis)

43. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak)
44. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis)
45. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak)
46. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis)
47. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak)
48. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis)
49. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak)
50. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak)

Kombinacija za stalno + vjetar + snijeg za sve moguće kombinacije:

51. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg simetrično
52. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg simetrično
53. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg simetrično
54. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg simetrično
55. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg simetrično
56. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg simetrično
57. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg simetrično
58. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg simetrično
59. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg simetrično
60. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg simetrično
61. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 4 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg simetrično
62. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 4 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg simetrično
63. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg simetrično
64. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg simetrično
65. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg simetrično
66. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg simetrično
67. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
68. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
69. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
70. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
71. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
72. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
73. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
74. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
75. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
76. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
77. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 4 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
78. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 4 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
79. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
80. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
81. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
82. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično

Prethodne kombinacije + kran

83. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x kran 1
84. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x kran 2
85. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x kran 3
86. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x kran 4
87. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x kran 1
88. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x kran 2
89. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x kran 3
90. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x kran 4
91. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
92. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
93. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
94. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
95. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
96. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
97. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
98. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_1(zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
99. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
100. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
101. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
102. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
103. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
104. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
105. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
106. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 1_2(zatvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
107. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
108. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
109. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
110. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
111. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
112. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
113. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
114. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_1(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
115. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
116. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
117. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
118. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
119. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
120. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
121. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
122. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 2_2(otvoreno, kut 0+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
123. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
124. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
125. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
126. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
127. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
128. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
129. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
130. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
131. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1

132. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
133. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
134. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
135. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
136. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
137. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
138. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
139. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
140. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
141. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
142. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
143. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
144. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
145. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
146. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
147. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
148. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
149. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
150. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
151. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
152. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
153. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
154. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
155. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
156. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
157. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
158. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
159. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
160. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
161. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
162. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
163. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
164. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
165. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
166. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
167. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
168. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2

169. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
170. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
171. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
172. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
173. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
174. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
175. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
176. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
177. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
178. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
179. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
180. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
181. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
182. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
183. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
184. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
185. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
186. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
187. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
188. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
189. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
190. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak)+ 1,0 x kran 4
197. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
192. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
193. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3

194. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
195. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
196. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
197. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
198. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
199. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
200. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
201. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
202. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
203. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
204. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
205. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
206. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
207. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
208. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
209. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
210. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
211. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
212. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
213. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
214. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
215. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
216. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
217. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
218. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg simetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 6 (otvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4

219. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
220. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
221. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
222. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
223. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
224. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
225. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
226. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_1 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
227. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
228. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
229. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
230. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
231. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
232. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
233. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
234. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 1_2 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
235. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
236. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
237. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
238. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
239. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
240. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
241. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
242. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_1 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
243. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1

244. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
245. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
246. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
247. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
248. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
249. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
250. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 2_2 (otvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
251. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
252. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
253. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
254. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
255. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
256. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
257. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
258. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 3 (zatvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
259. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
260. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2
261. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 3
262. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 4
263. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 1
264. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 2
265. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 3
266. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 4 (otvoreno, kut 90+ nadstrešnica usis) + 1,0 x kran 4
267. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 1
268. 1,0 x stalno + 1,0 x snijeg nesimetrično + 1,0 x 0,6 x vjetar 5 (zatvoreno, kut 180+ nadstrešnica pritisak) + 1,0 x kran 2

403. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
404. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
405. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
406. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica pritisak) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
407. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
408. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
409. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično
410. 1,0 x stalno + 1,0 x vjetar 6 (zatvoreno, kut 0 + nadstrešnica usis) + 1,0 x 0,5 x snijeg nesimetrično

6.4. Imperfekcije okvira

Imperfekcije se odnose na nesavršenosti u obliku i geometriji konstrukcije koje se neizbježno javljaju u stvarnom svijetu. One mogu proizvesti dodatne sile i momente unutar struktura pod utjecajem opterećenja, što je važno uzeti u obzir prilikom analize i dimenzioniranja kako bi se osigurala sigurnost i pouzdanost konstrukcije. Sve formule za proračun imperfekcija temelje se na literaturi [6] i [8].

Za izračun imperfekcija ključno je uzeti u obzir reakcije koje proizlaze iz različitih stalnih djelovanja, uključujući vlastitu težinu konstrukcije i stalna opterećenja, snijeg u oba simetrična i nesimetrična slučaja, te horizontalne sile uzrokovane vjetrom u svim smjerovima. Nakon što se reakcije izračunaju za potrebne oslonce, dalje je potrebno sumirati te reakcije duž vertikalnih osi (u ovom slučaju je ključan smjer z) kako bi se dobila na kraju pomoću korištenih formula mogla dobiti ekvivalentna horizontalna sila koja će se primijeniti na čvorove na vrhu stupova. Tablica 15 sadrži sve vrijednosti tih sila, koje su rezultat zbrajanja reakcija na osloncima.

Ekvivalentna horizontalna sila zbog imperfekcija:

$$\Delta H_d = \phi \cdot V_d$$

Kut rotacije stupa:

$$\phi = k_c \cdot k_s \cdot \phi_0$$

$$\phi_0 = \frac{1}{200}$$

$$k_c = \left(\sqrt{0,5 + \frac{1}{n_c}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$k_s = \left(\sqrt{0,2 + \frac{1}{n_s}} \right)^2 \leq 1,0$$

gdje su: n_c – broj stupova koji idu kroz sve katove, n_s – broj katova

Broj katova → 1,0

Broj stupova → prvi, sedmi i uredski okvir imaju 6 stupova

→ ostali okviri imaju 2 stupa

Tablica 15. Zbroj reakcije na osloncima pojedinih okvira [izradio autor]

DJELOVANJE	OKVIR 1	OKVIR 2	OKVIR 3	OKVIR 4	OKVIR 5	OKVIR 6	OKVIR 7	OKVIR URED
Stalno	350,13	218,92	213,5	213,15	213,23	217,81	163,90	185,66
Snijeg sim.	28,93	68,10	65,07	64,90	65,06	67,72	16,32	29,90
Snijeg nes.	24,04	58,99	54,96	55,30	54,96	59,04	15,47	0,09
Vjetar 1_1 (z)	0,02	-11,04	-11,31	-11,09	-11,15	-7,28	-2,29	-20,59
Vjetar 1_2 (z)	-24,29	-64,25	-55,65	-56,80	-55,49	-60,50	-26,13	-20,47
Vjetar 1_1 (o)	-0,99	-13,57	-13,66	-13,44	-13,50	-9,75	-1,47	-34,96
Vjetar 1_2 (o)	-25,30	-66,79	-58,00	-59,14	-57,84	-62,97	-25,30	-34,97
Vjetar 2 (z)	-66,43	-19,82	-9,10	-10,40	-10,39	-48,11	33,81	-23,87
Vjetar 2 (o)	-81,9	-24,52	-50,57	-52,19	-51,86	-92,45	18,61	-23,87
Vjetar 3 (z)	47,37	-46,88	-13,26	-12,15	-14,18	17,44	-37,44	-58,12
Vjetar 3 (o)	23,05	-100,1	-57,60	-57,85	-58,52	-35,78	-61,28	-58,13

Za 6 stupova:

$$k_c = \left(\sqrt{0,5 + \frac{1}{n_c}} \right)^2 \leq 1,0 \rightarrow \left(\sqrt{0,5 + \frac{1}{6}} \right)^2 = \frac{2}{3}$$

$$k_s = \left(\sqrt{0,2 + \frac{1}{n_s}} \right)^2 \leq 1,0 \rightarrow \left(\sqrt{0,2 + \frac{1}{1}} \right)^2 = \frac{6}{5} \rightarrow \text{usvaja se } 1,0$$

Za 2 stupa:

$$k_c = \left(\sqrt{0,5 + \frac{1}{n_c}} \right)^2 \leq 1,0 \rightarrow \left(\sqrt{0,5 + \frac{1}{2}} \right)^2 = 1,0$$

$$k_s = \left(\sqrt{0,2 + \frac{1}{n_s}} \right)^2 \leq 1,0 \rightarrow \left(\sqrt{0,2 + \frac{1}{1}} \right)^2 = \frac{6}{5} \text{ usvaja se } 1,0$$

Kut rotacije stupa (6 stupova):

$$\phi = k_c \cdot k_s \cdot \phi_0 = \frac{2}{3} \cdot 1,0 \cdot \frac{1}{200} = \frac{1}{300} = 0,003$$

Kut rotacije stupa (2 stupa):

$$\phi = k_c \cdot k_s \cdot \phi_0 = 1 \cdot 1,0 \cdot \frac{1}{200} = \frac{1}{200} = 0,005$$

Ekvivalente horizontalne sile

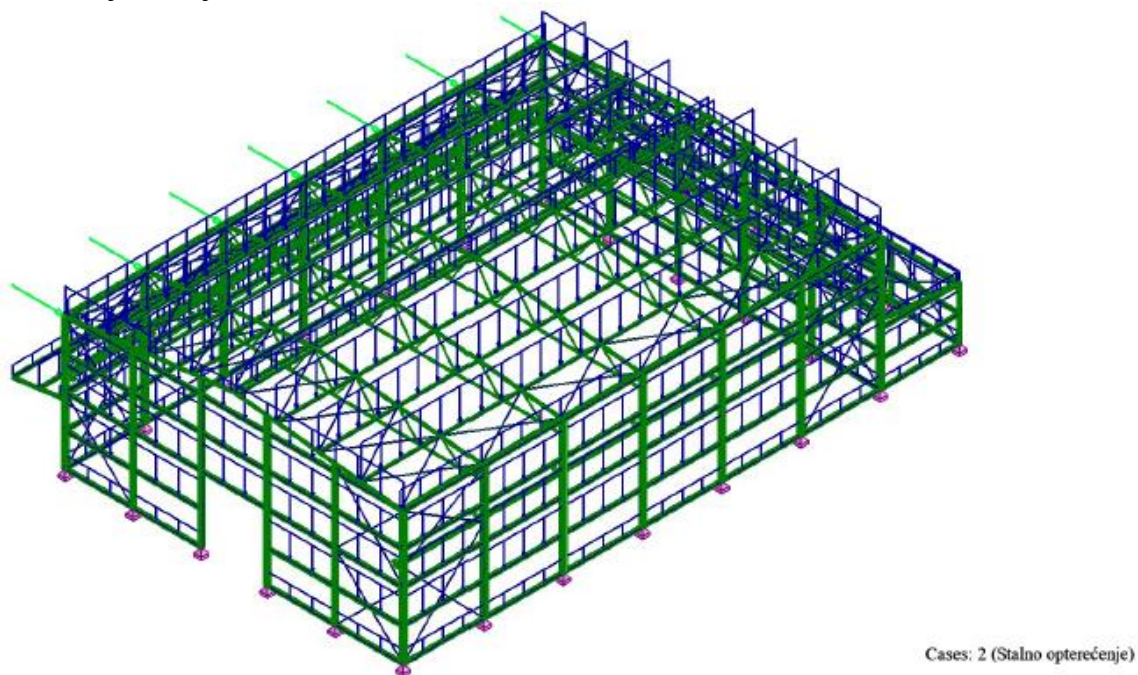
Pomoću formula navedenih na prethodnoj stranici, moguće je izračunati ekvivalentne horizontalne sile za svaki okvir unutar konstrukcije. Te izračunate sile naknadno se primjenjuju na čvorove, odnosno vrhove stupova, a vrijednosti sila dane su Tablicom 16.

Tablica 16. Ekvivalentne horizontalne sile pojedinih okvira [izradio autor]

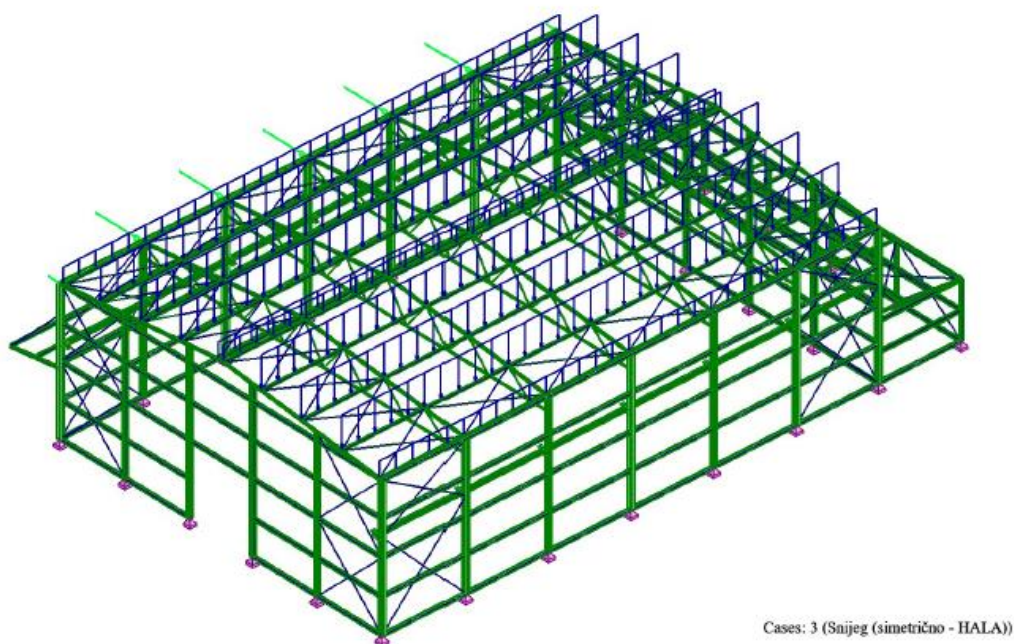
DJELOVANJE	OKVIR1	OKVIR2	OKVIR3	OKVIR4	OKVIR5	OKVIR6	OKVIR7	OKVIR URED
Stalno	1,05	1,09	1,07	1,07	1,07	1,09	0,82	0,56
Snijeg sim.	0,09	0,34	0,33	0,32	0,33	0,34	0,08	0,09
Snijeg nes.	0,07	0,29	0,27	0,28	0,27	0,30	0,08	0,00
Vjetar 1_1 (z)	0,00	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,04	-0,01	-0,06
Vjetar 1_2 (z)	-0,07	-0,32	-0,28	-0,28	-0,28	-0,30	-0,13	-0,06
Vjetar 1_1 (o)	0,00	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,05	-0,01	-0,10
Vjetar 1_2 (o)	-0,08	-0,33	-0,29	-0,30	-0,29	-0,31	-0,13	-0,10
Vjetar 2 (z)	-0,20	-0,10	-0,05	-0,05	-0,05	-0,24	0,17	-0,07
Vjetar 2 (o)	-0,25	-0,12	-0,25	-0,26	-0,26	-0,46	0,09	-0,07
Vjetar 3 (z)	0,14	-0,23	-0,07	-0,06	-0,07	0,09	-0,19	-0,17
Vjetar 3 (o)	0,07	-0,50	-0,29	-0,29	-0,29	-0,18	-0,31	-0,17

6.4. Prikaz djelovanja na konstrukciju u programu Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022

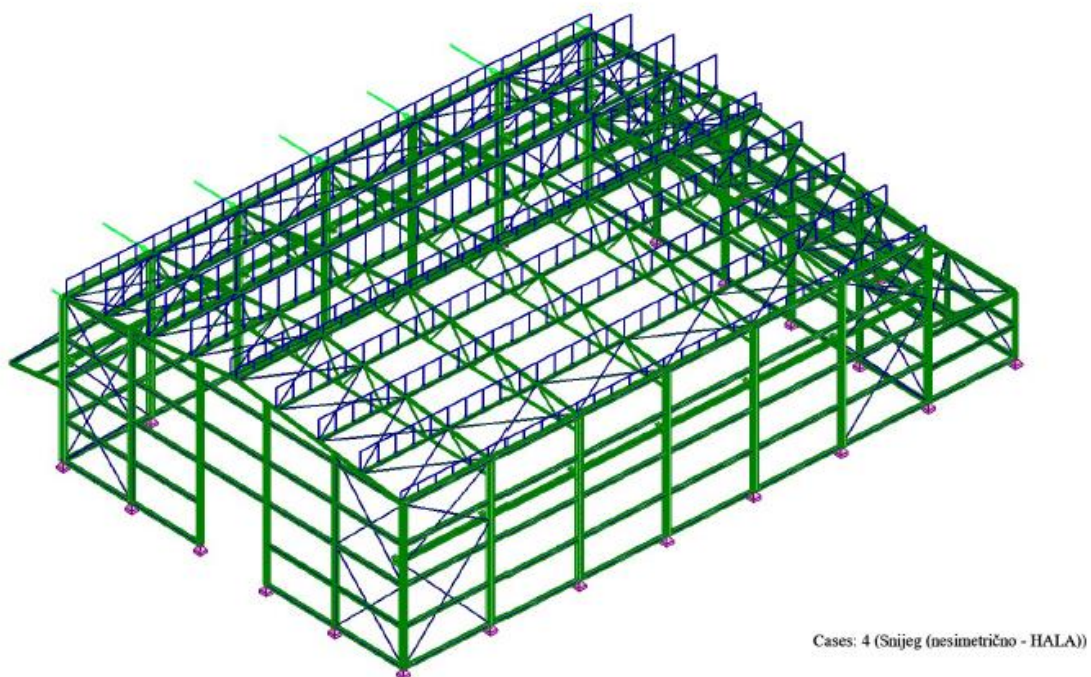
Naredne slike (Slika 38 – Slika 61) prikazati će raspodjelu nanijetog opterećenja na konstrukciju za različite vrste djelovanja, kao što su stalno djelovanje, snijeg i vjetar te pokretno djelovanje od kрана.



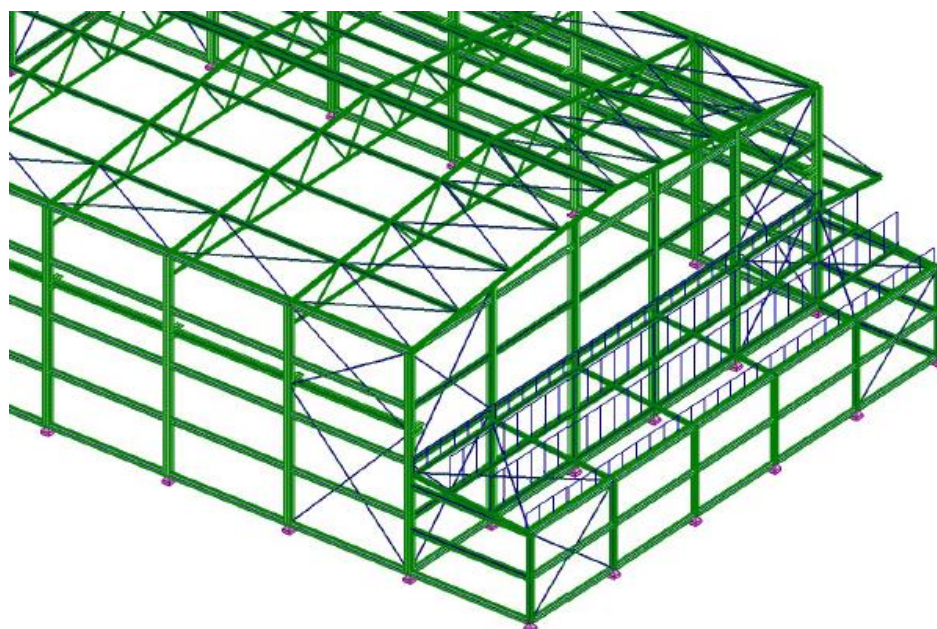
Slika 38. Prikaz stalnog djelovanja na konstrukciju [izradio autor]



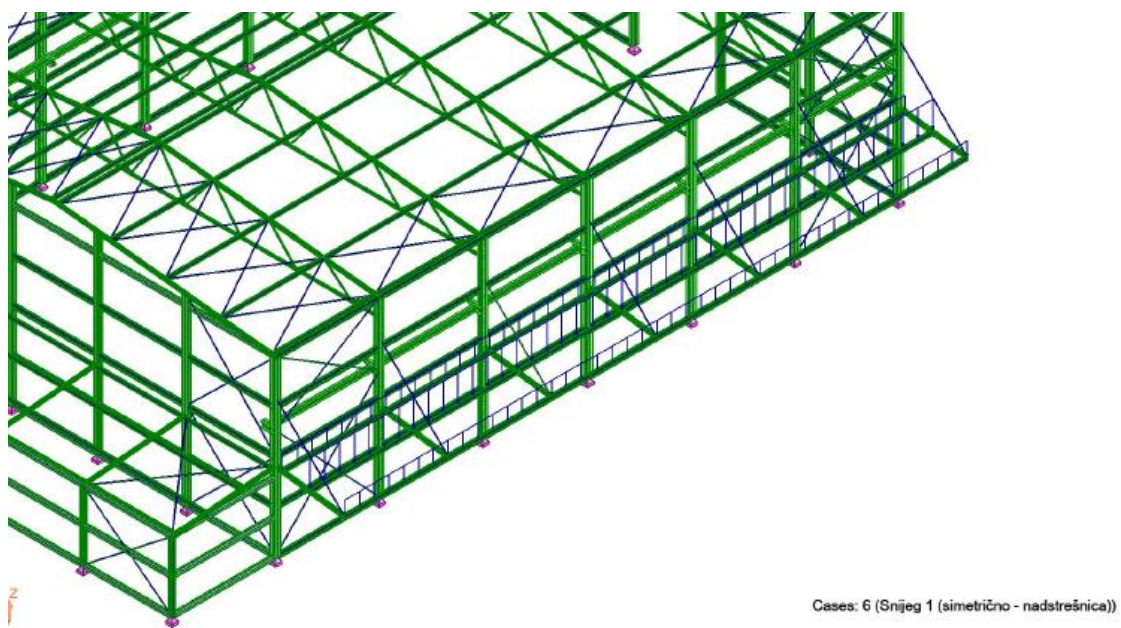
Slika 39. Prikaz djelovanja simetričnog snijega na konstrukciju (dio hale) [izradio autor]



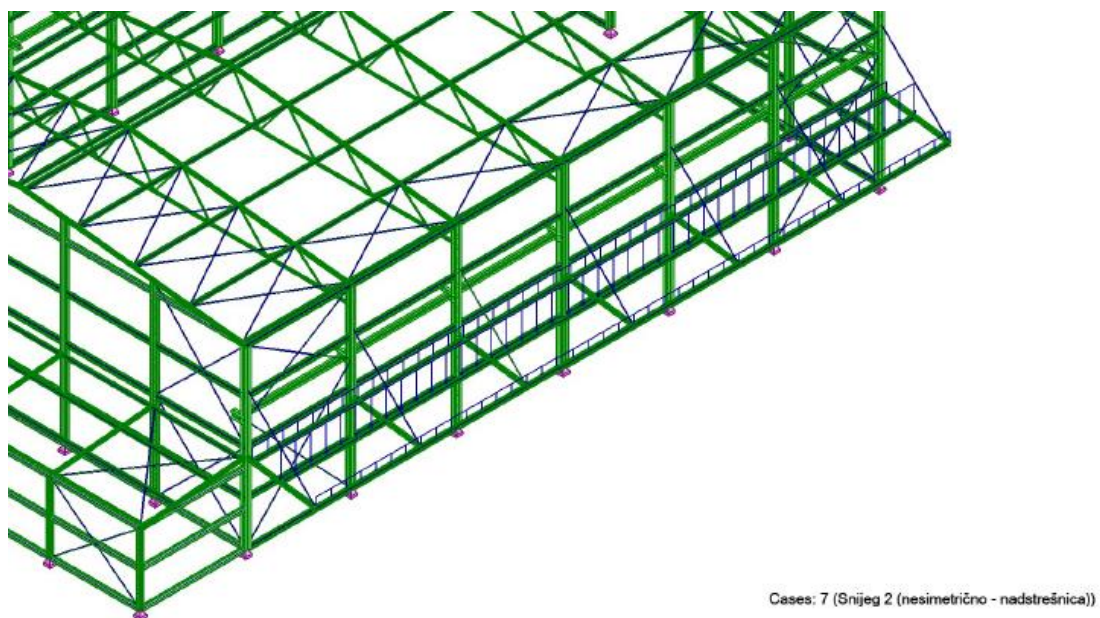
Slika 40. Prikaz djelovanja nesimetričnog snijega na konstrukciju (dio hale) [izradio autor]



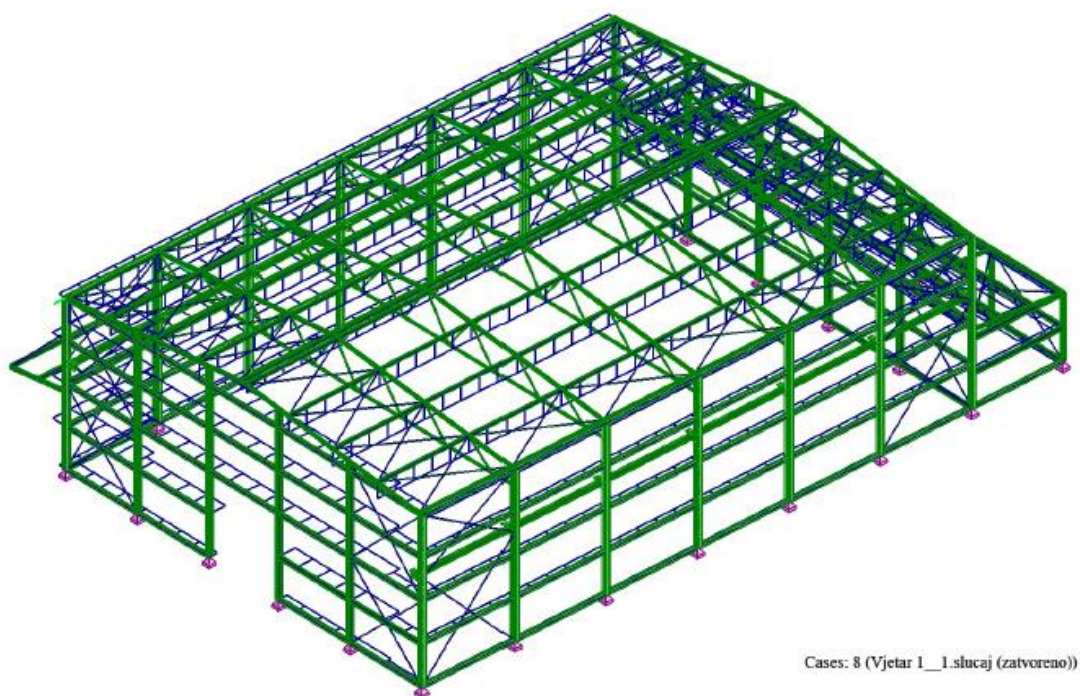
Slika 41. Prikaz djelovanja snijega na krovnu plohu ureda [izradio autor]



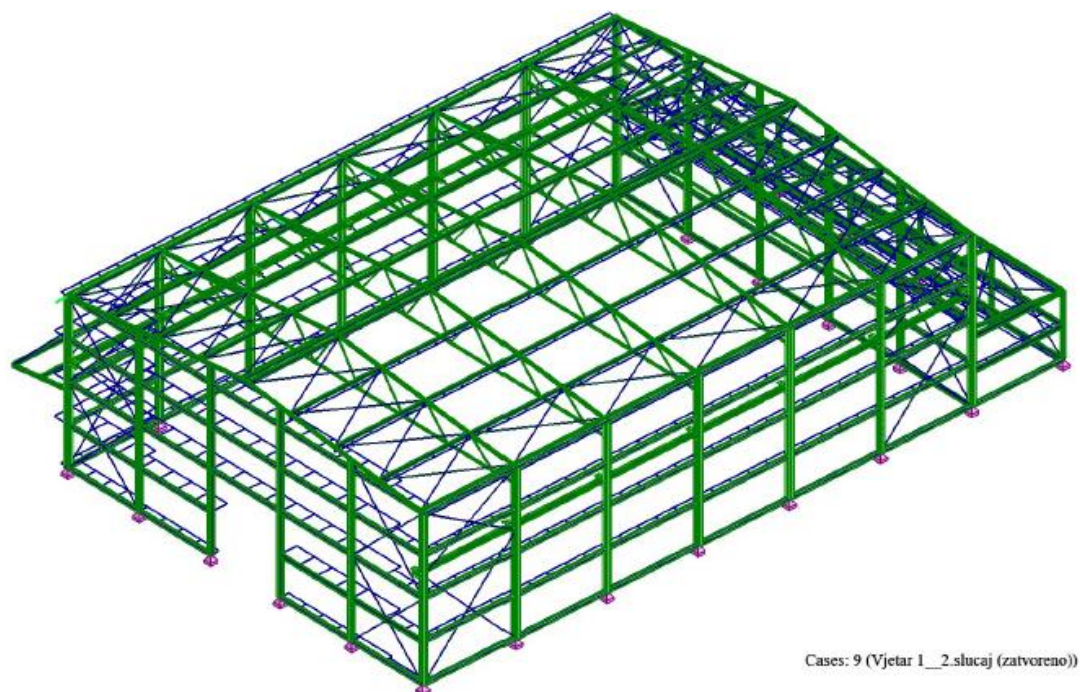
Slika 42. Prikaz djelovanja simetričnog snijega na nadstrešnicu [izradio autor]



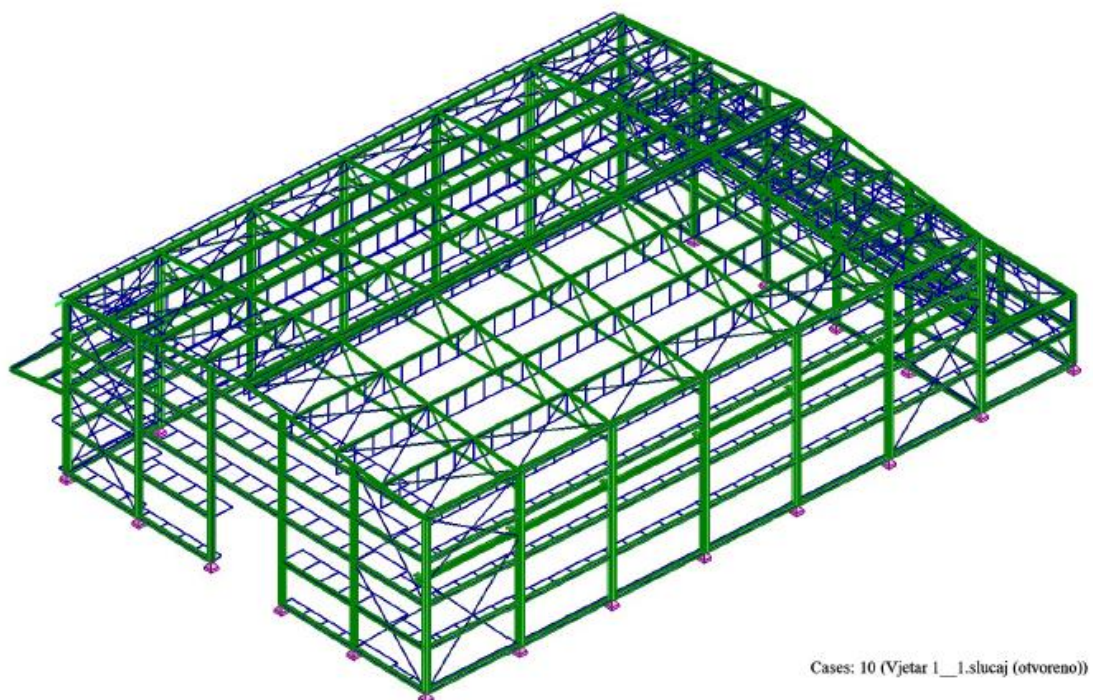
Slika 43. Prikaz djelovanja nesimetričnog snijega na nadstrešnicu [izradio autor]



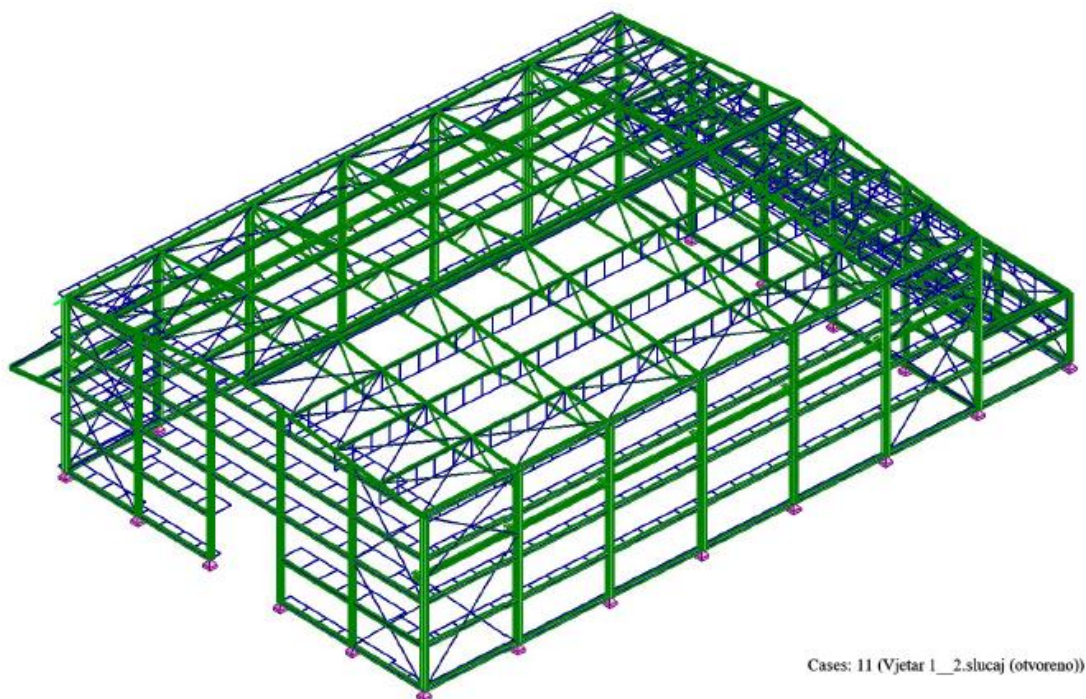
Slika 44. Prikaz djelovanja vjetra 1_1 (zatvoreno) na konstrukciju [izradio autor]



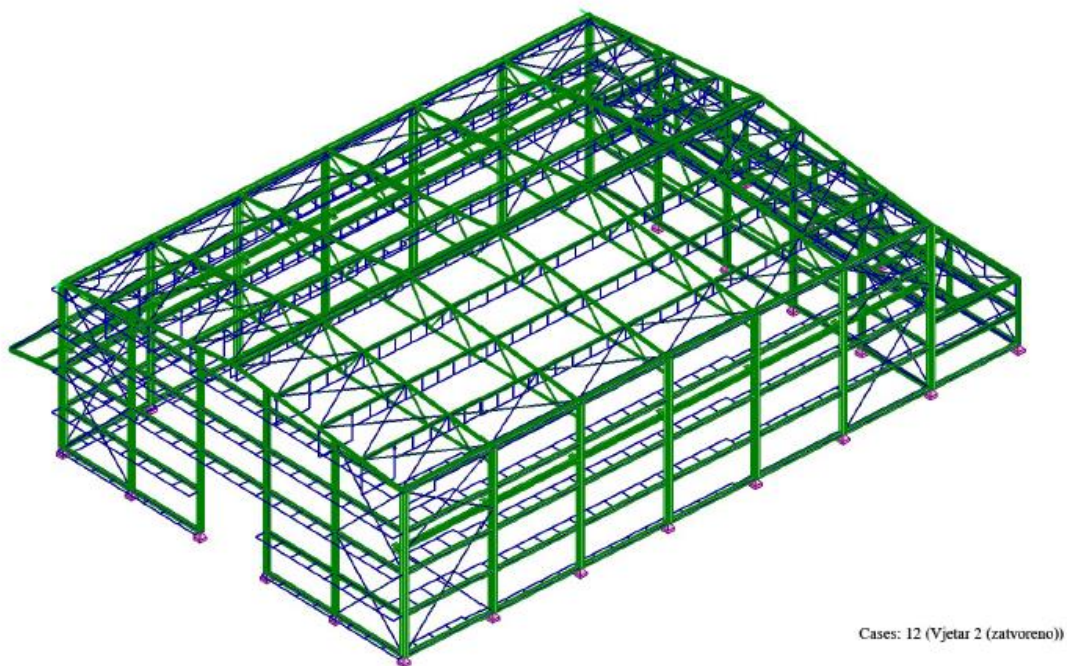
Slika 45. Prikaz djelovanja vjetra 1_2 (zatvoreno) na konstrukciju [izradio autor]



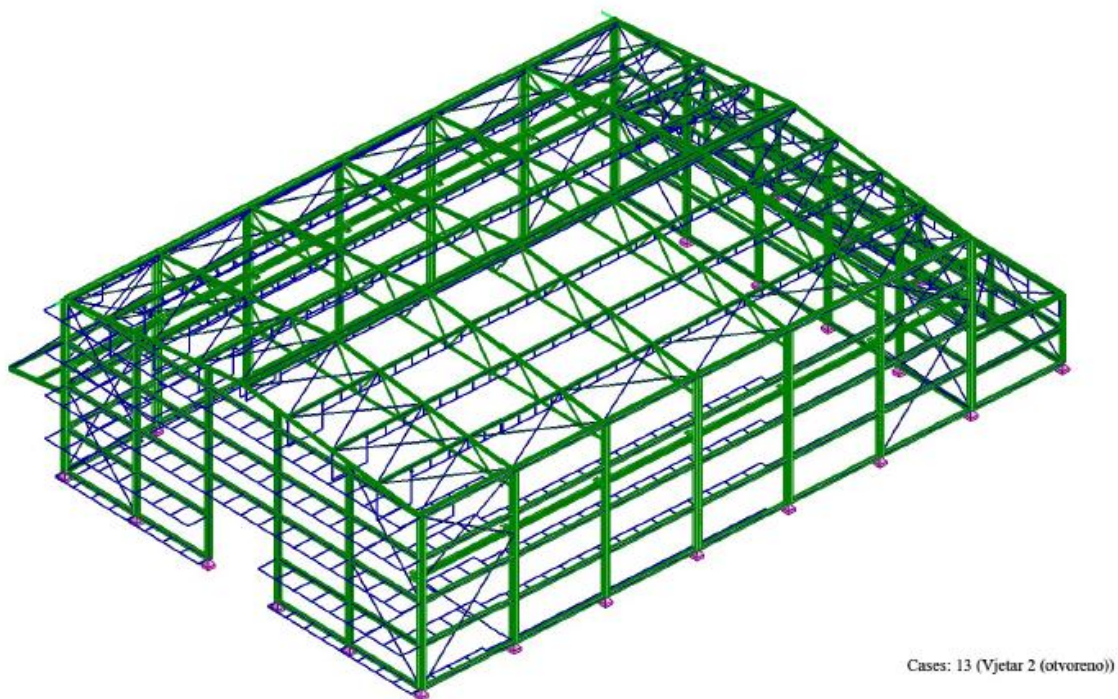
Slika 46. Prikaz djelovanja vjetra 1_1 (otvoreno) na konstrukciju [izradio autor]



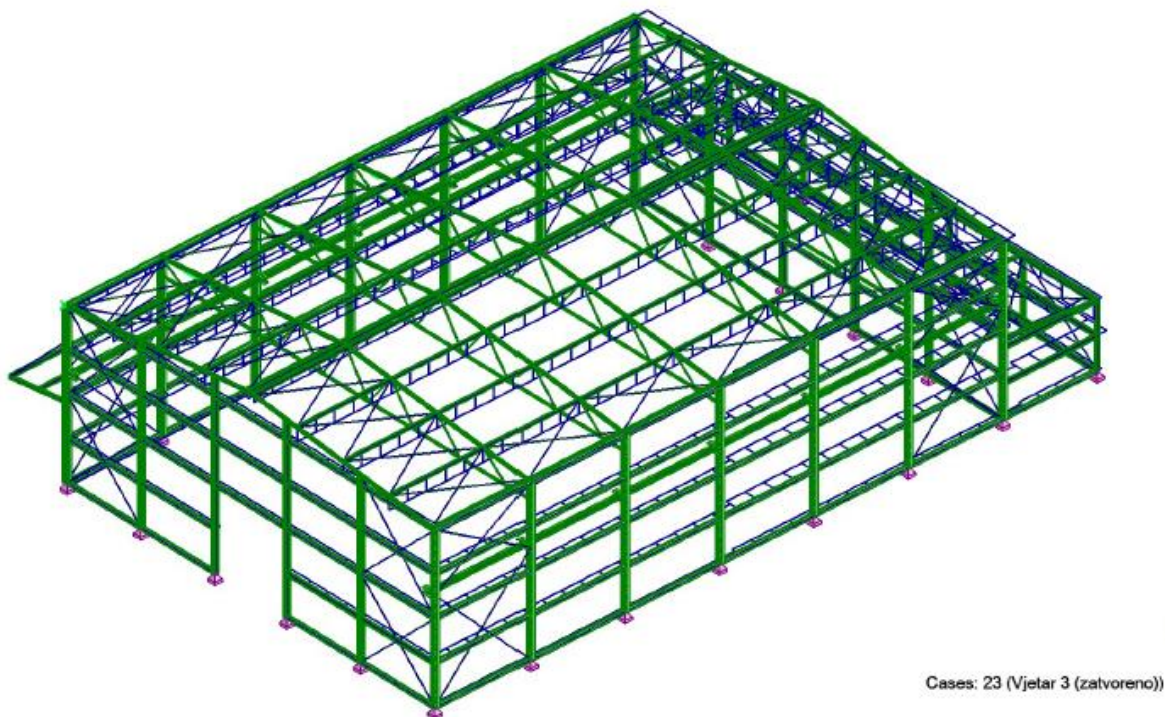
Slika 47. Prikaz djelovanja vjetra 1_2 (otvoreno) na konstrukciju [izradio autor]



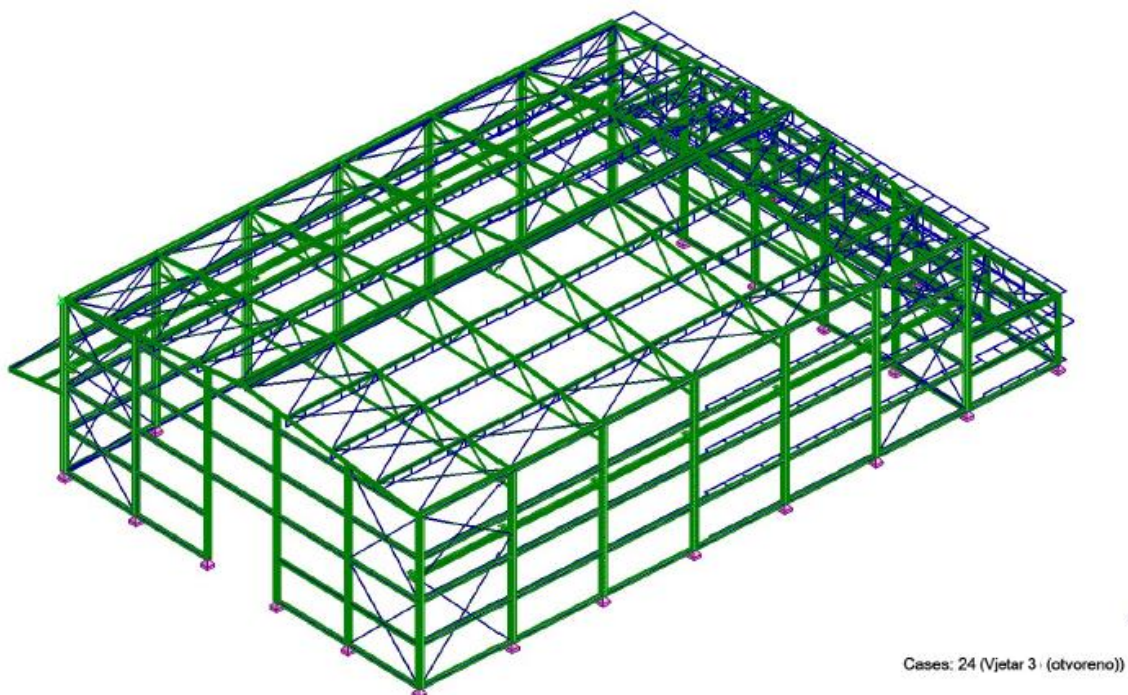
Slika 48. Prikaz djelovanja vjetra 2 (zatvoreno) na konstrukciju [izradio autor]



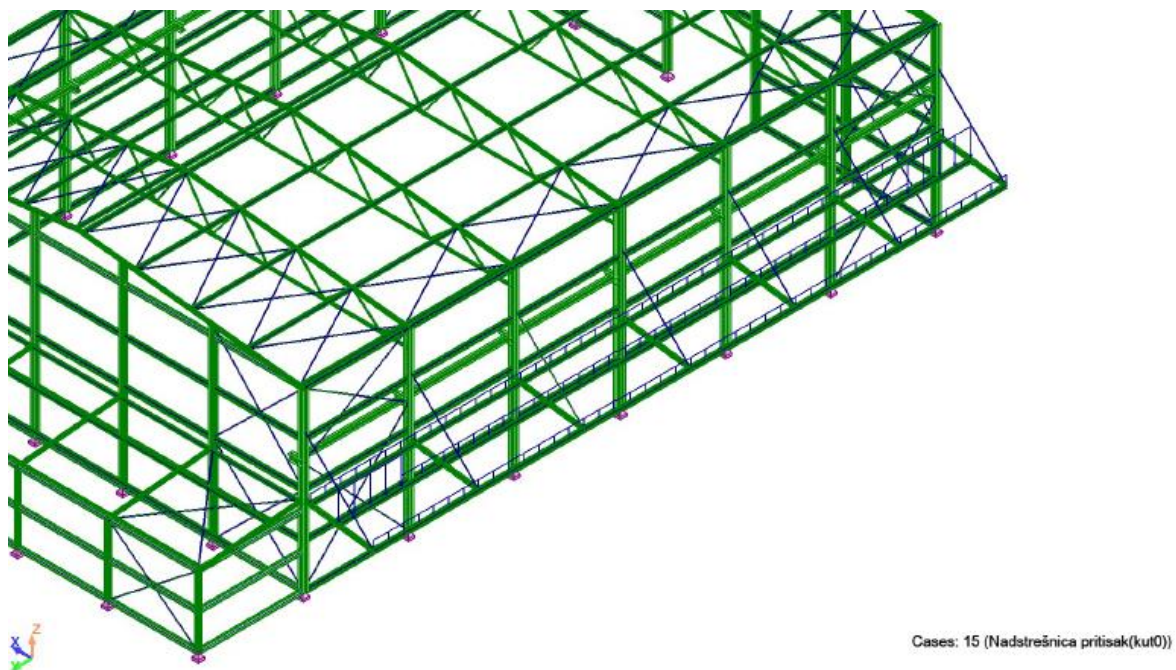
Slika 49. Prikaz djelovanja vjetra 2 (otvoreno) na konstrukciju [izradio autor]



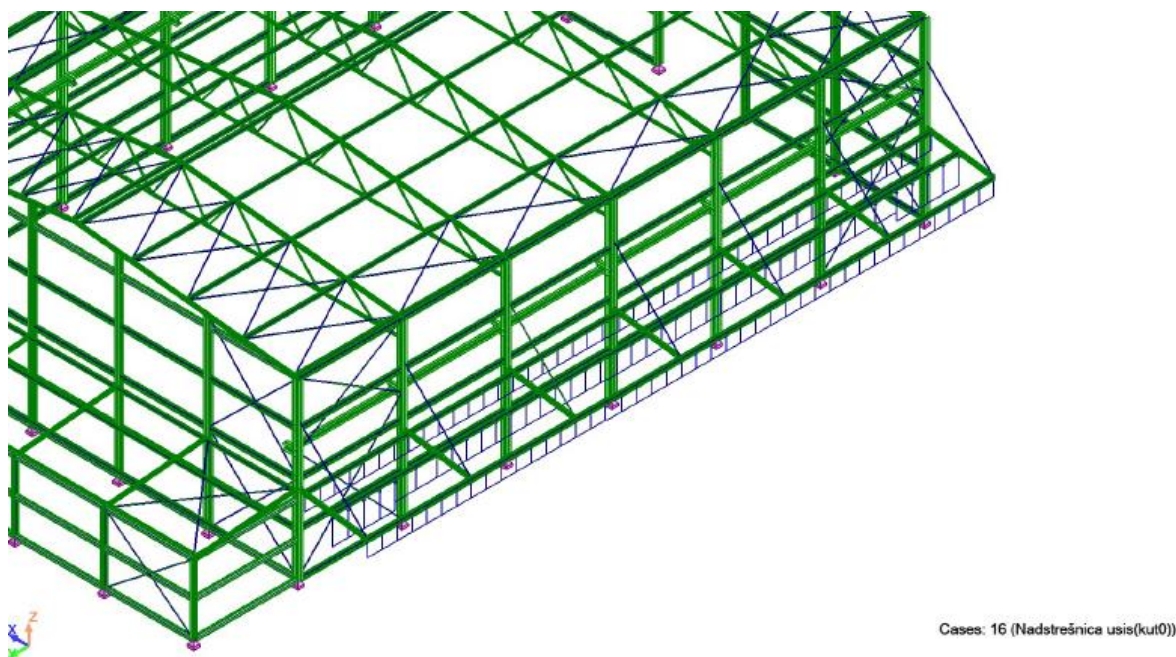
Slika 50. Prikaz djelovanja vjetra 3 (zatvoreno) na konstrukciju [izradio autor]



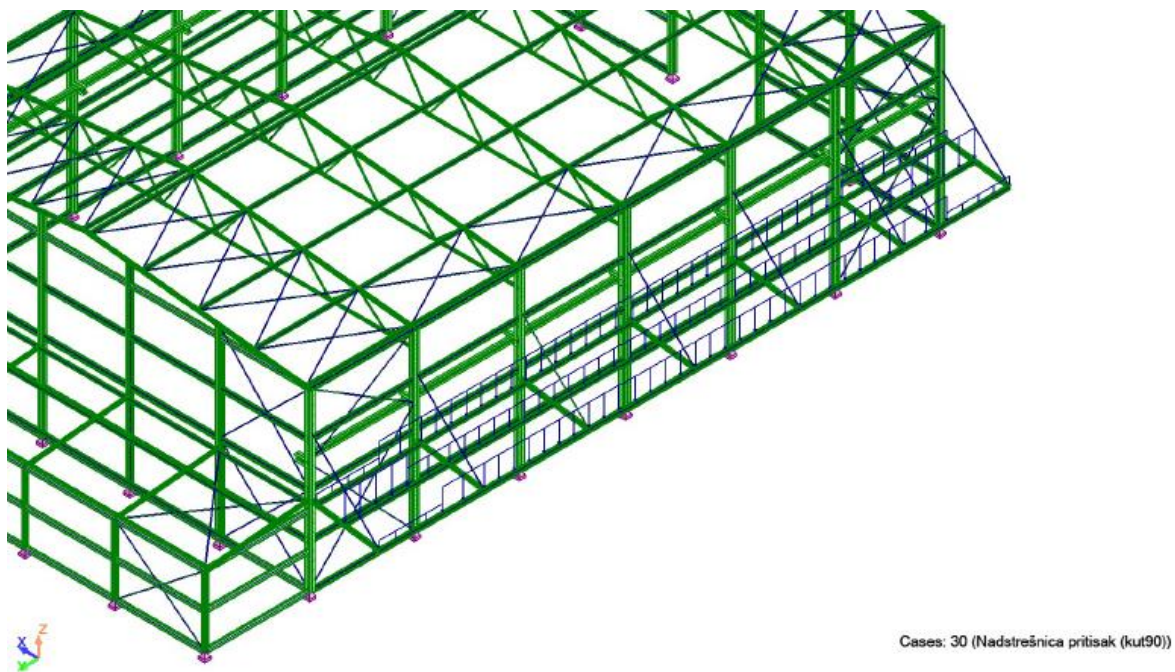
Slika 51. Prikaz djelovanja vjetra 3 (otvoreno) na konstrukciju [izradio autor]



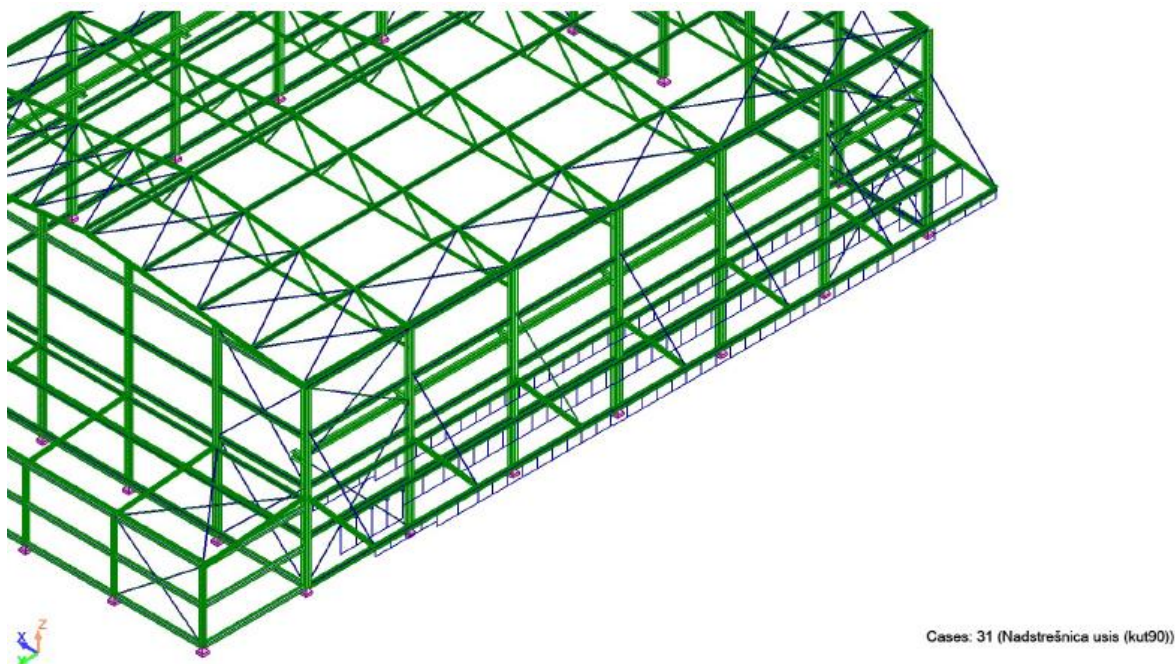
Slika 52. Prikaz djelovanja vjetra 1 (pritisak) na nadstrešnicu [izradio autor]



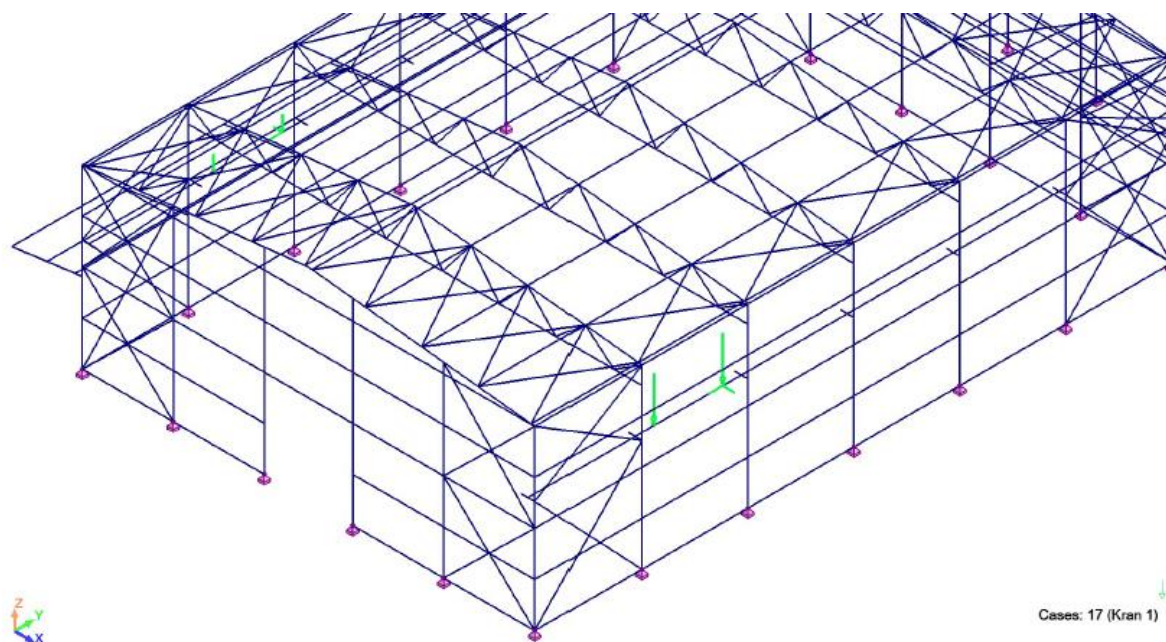
Slika 53. Prikaz djelovanja vjetra 1 (usis) na nadstrešnicu [izradio autor]



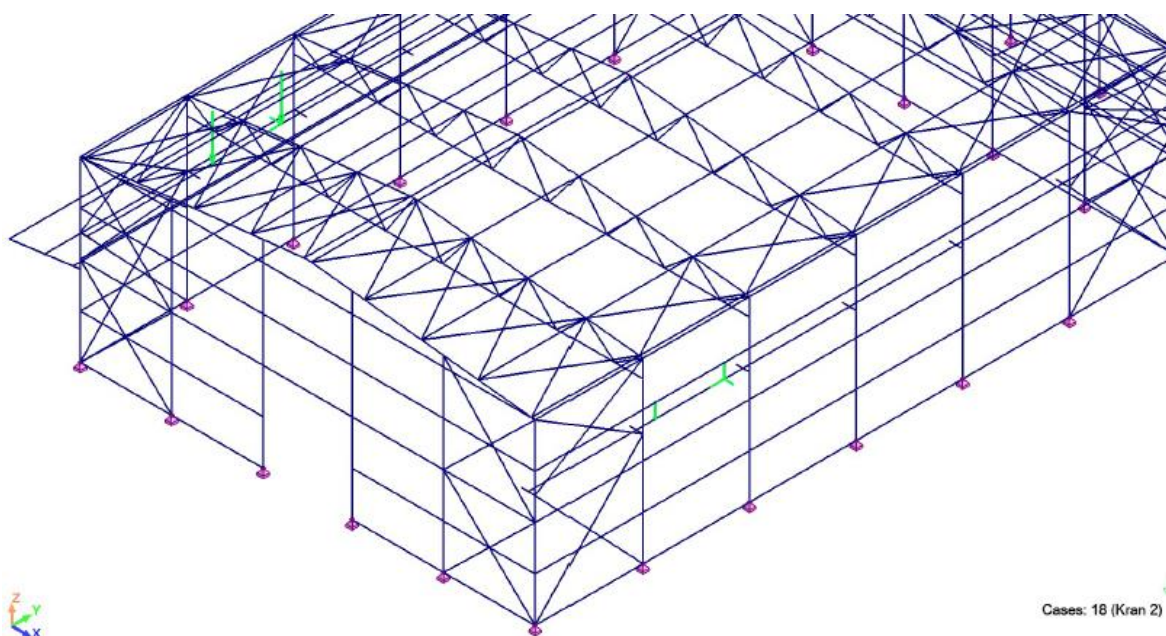
Slika 54. Prikaz djelovanja vjetra 2 (pritisak) na nadstrešnicu [izradio autor]



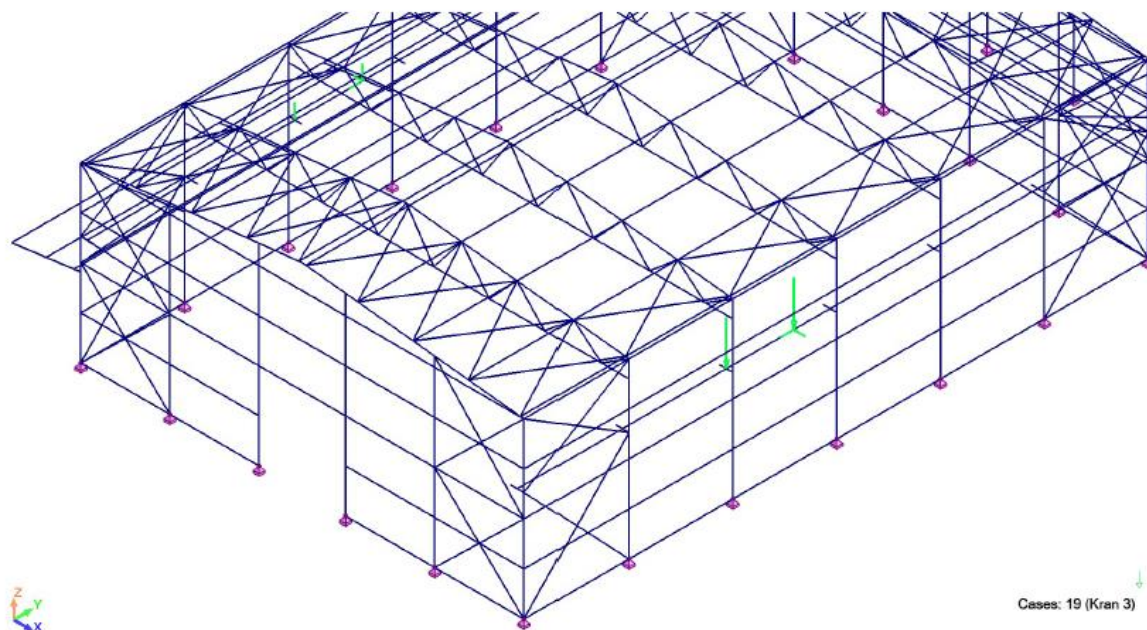
Slika 55. Prikaz djelovanja vjetra 2 (usis) na nadstrešnicu [izradio autor]



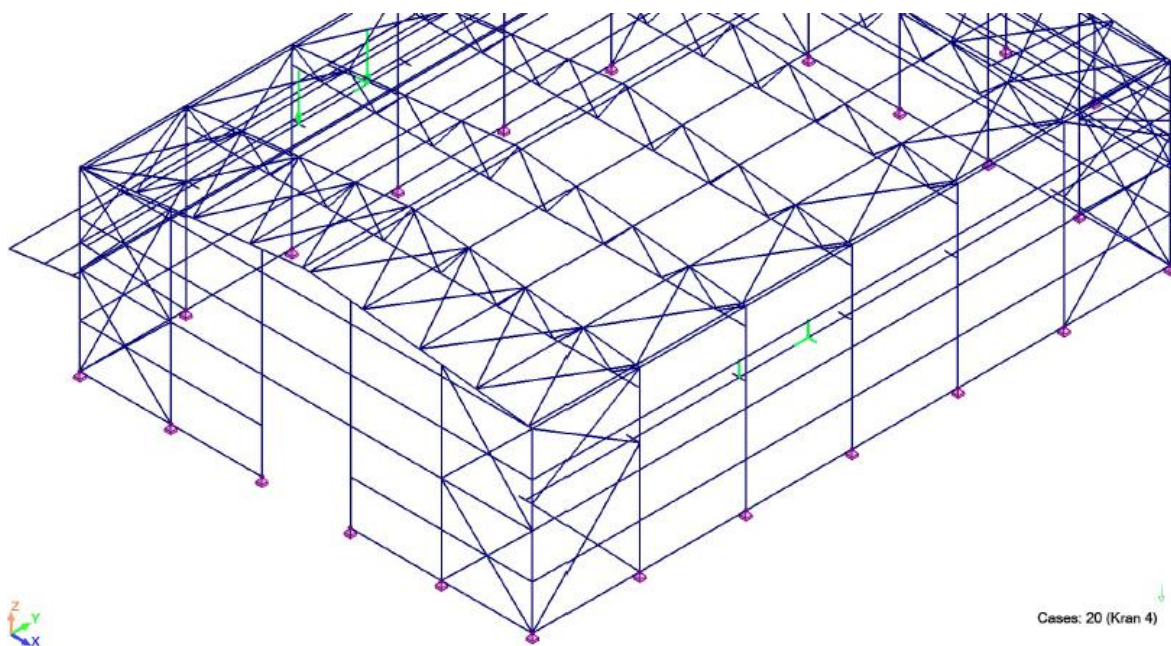
Slika 56. Položaj kрана 1 – sile kotača nalaze se između dva glavna nosača – maksimalne sile desno, minimalne lijevo [izradio autor]



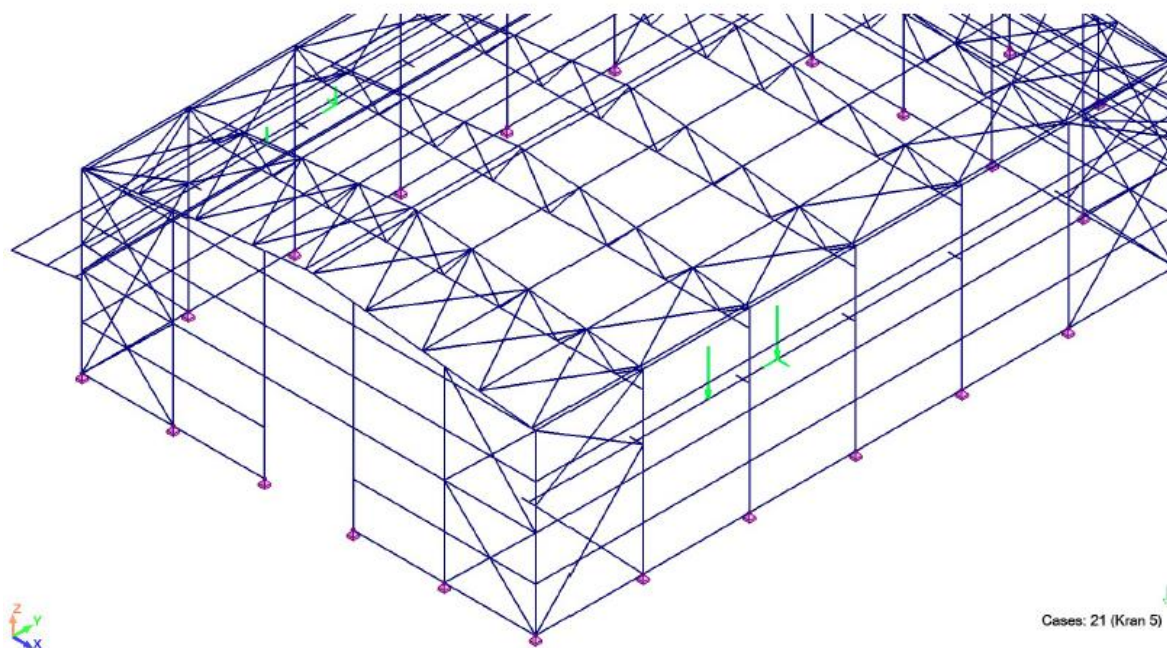
Slika 57. Položaj kрана 2 – sile kotača nalaze se između dva glavna nosača – minimalne sile desno, maksimalne lijevo [izradio autor]



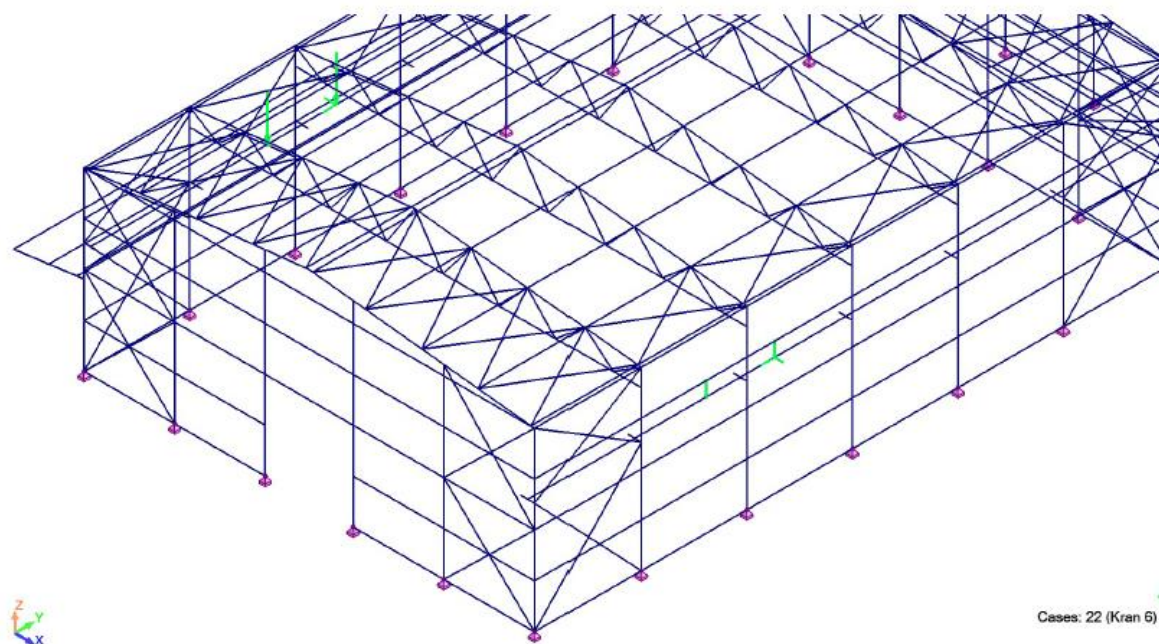
Slika 58. Položaj kрана 3 – sila kotača nalazi se na osi glavnog nosača – maksimalne sile desno, minimalne lijevo [izradio autor]



Slika 59. Položaj kрана 4 – sila kotača nalazi se na osi glavnog nosača – minimalne sile desno, maksimalne lijevo [izradio autor]



Slika 60. Položaj kрана 5 – os glavnog nosača nalazi se između sila kрана – maksimalne sile desno, minimalne lijevo [izradio autor]



Slika 61. Položaj kрана 6 – os glavnog nosača nalazi se između sila kрана – minimalne sile desno, maksimalne lijevo [izradio autor]

6.5. Rezultati reznih sila, progiba i pomaka elemenata

6.5.1. Maksimalne i minimalne vrijednosti sila i momenata

Naredni prikaz rezultata reznih sila u pojedinim elementima biti će prikazani tabelarno (Tablica 17 – Tablica 37), pružajući detaljne informacije o elementu i kombinaciji u kojoj su se javile maksimalne vrijednosti. Rezultati su izvedeni iz Autodesk Robot Structural Analysis softverskog alata i naknadno su preneseni u Microsoft Excel radi preglednijeg prikaza numeričkih vrijednosti.

1. GORNJI POJAS REŠETKE (HEA 140)

Tablica 17. Rezultati reznih sila za gornji pojas profila HEA 140 [izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	358,18	24,26	19,48	0,06	5,82	5
Member	25	25	25	24	25	25
Point	auto x=6,44 (-)	auto x=12,68 (+)	end (23)	auto x=12,68 (+)	end (23)	end (23)
Case	114 (C)	41 (C)	116 (C)	141 (C)	115 (C)	418 (C)
MIN	-94,88	-34,21	-19,56	-0,04	-5,89	-3,43
Member	108	25	108	109	108	25
Point	origin (110)	auto x=12,68 (+)	end (109)	auto x=12,68 (+)	end (109)	end (23)
Case	867 (C)	418 (C)	201 (C)	116 (C)	200 (C)	41 (C)

2. DONJI POJAS REŠETKE (HEA 100)

Tablica 18. Rezultati reznih sila za donji pojas profila HEA 100 [izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	127,02	0,09	2,87	0	3,95	0,16
Member	26	26	68	110	26	26
Point	origin (27)	origin (27)	end (70)	origin (111)	origin (27)	end (28)
Case	194 (C)	93 (C)	198 (C)	104 (C)	194 (C)	162 (C)
MIN	-347,39	-0,12	-3,3	0	-1,48	-0,1
Member	89	26	26	26	26	26
Point	auto x=14,40 (+)	end (28)	origin (27)	origin (27)	origin (27)	end (28)
Case	114 (C)	354 (C)	194 (C)	402 (C)	864 (C)	89 (C)

3. PODROŽNICE HALA (IPE 180)

Tablica 19. Rezultati reznih sila za podrožnice hale profila IPE 180 [izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	35,19	0,36	17,68	0,01	5,8	1,34
Member	13	131	16	5	5	131
Point	origin (83)	origin (39)	origin (125)	origin (13)	end (34)	end (18)
Case	420 (C)	39 (C)	262 (C)	116 (C)	863 (C)	418 (C)
MIN	-54,77	-0,32	-17,69	-0,01	-16,75	-1,38
Member	13	131	11	10	11	131
Point	origin (83)	origin (39)	end (41)	origin (118)	end (41)	end (18)
Case	41 (C)	418 (C)	265 (C)	116 (C)	261 (C)	39 (C)

4. PODROŽNICE NADSTREŠNICA (IPE 220)

Tablica 20. Rezultati reznih sila za podrožnice nadstrešnice profila IPE 220 [izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	2,93	0,33	27,92	0,01	8,01	1,02
Member	438	437	437	438	433	432
Point	origin (318)	origin (360)	origin (360)	origin (318)	origin (356)	end (356)
Case	34 (C)	248 (C)	301 (C)	290 (C)	858 (C)	222 (C)
MIN	-5,33	-0,34	-27,92	-0,01	-26,79	-1,05
Member	438	432	432	443	436	432
Point	origin (318)	origin (224)	end (356)	origin (368)	end (360)	origin (224)
Case	350 (C)	230 (C)	298 (C)	292 (C)	300 (C)	230 (C)

5. PODROŽNICE URED (IPE 180)

Tablica 21. Rezultati reznih sila za podrožnice ureda profila IPE 180 [izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	12,57	0,43	9,58	0	2,58	1,19
Member	459	308	299	221	466	244
Point	origin (328)	origin (206)	origin (203)	origin (260)	origin (234)	end (205)
Case	87 (C)	97 (C)	115 (C)	116 (C)	862 (C)	372 (C)
MIN	-13,44	-0,46	-9,58	0	-7,22	-1,2
Member	463	244	221	299	221	244
Point	origin (232)	origin (194)	end (196)	origin (203)	end (196)	origin (194)
Case	371 (C)	372 (C)	114 (C)	32 (C)	114 (C)	372 (C)

6. VANJSKI STUPOVI (HEA 300)*Tablica 22. Rezultati reznih sila za vanjske stupove hale profila HEA 300 [izradio autor]*

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	392,72	30,11	117,4	2,02	127,04	21,7
Member	485	492	484	128	484	492
Point	end (66)	auto x=3,68 (+)	origin (25)	auto x=2,00 (+)	auto x=1,00 (+)	auto x=3,68 (-)
Case	261 (C)	420 (C)	258 (C)	368 (C)	258 (C)	292 (C)
MIN	-78,48	-30	-88,92	-2,37	-97,14	-19,14
Member	128	492	492	128	492	492
Point	origin (129)	auto x=2,50 (+)	origin (65)	auto x=2,00 (+)	auto x=1,00 (+)	auto x=5,00 (-)
Case	856 (C)	436 (C)	199 (C)	395 (C)	199 (C)	420 (C)

7. ISPUNA REŠETKE (kvadratni puni profil 50 x 50 mm)*Tablica 23. Rezultati reznih sila za ispunu rešetke kvadratnog profila 50 x 50 mm [izradio autor]*

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	174,49	0,35	0,1	0,02	0,17	0,18
Member	41	75	34	103	34	76
Point	end (42)	origin (76)	origin (35)	origin (103)	end (23)	origin (77)
Case	196 (C)	198 (C)	410 (C)	420 (C)	413 (C)	199 (C)
MIN	-207,94	-0,36	-0,1	-0,02	-0,16	-0,22
Member	42	41	124	32	124	42
Point	end (25)	origin (41)	end (125)	origin (33)	end (125)	origin (42)
Case	196 (C)	198 (C)	420 (C)	354 (C)	292 (C)	258 (C)

8. ZABATNI STUPOVI (HEA 260)*Tablica 24. Rezultati reznih sila za zabatne stupove profila HEA 260 [izradio autor]*

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	149,98	14,66	28,19	0,27	71,45	9,12
Member	400	401	396	401	397	400
Point	origin (383)	auto x=4,54 (+)	auto x=10,00 (+)	auto x=4,54 (+)	auto x=5,00 (-)	origin (383)
Case	85 (C)	41 (C)	141 (C)	89 (C)	358 (C)	39 (C)
MIN	-56,71	-15,3	-29,05	-0,27	-68,22	-8,43
Member	401	401	397	403	396	401
Point	origin (386)	auto x=4,54 (+)	auto x=10,00 (+)	auto x=4,54 (+)	auto x=5,00 (-)	auto x=5,00 (-)
Case	862 (C)	436 (C)	358 (C)	436 (C)	38 (C)	41 (C)

9. NOSAČI UREDA (HEA 160)

Tablica 25. Rezultati reznih sila za nosače ureda profila HEA 160 [izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	40,47	14,57	29,72	0,07	15,14	4,37
Member	281	286	337	281	337	286
Point	auto x=5,82 (-)	auto x=5,82 (+)	origin (400)	origin (226)	auto x=4,02 (-)	end (236)
Case	358 (C)	87 (C)	116 (C)	53 (C)	116 (C)	428 (C)
MIN	-13,27	-11,62	-27,73	-0,08	-28,01	-5,75
Member	281	345	448	286	337	286
Point	auto x=5,82 (+)	auto x=5,82 (+)	end (398)	origin (210)	origin (400)	end (236)
Case	867 (C)	41 (C)	114 (C)	116 (C)	117 (C)	39 (C)

10. STUPOVI UREDA (HEA 200)

Tablica 26. Rezultati reznih sila za stupove ureda profila HEA 200 [izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	49,85	2,72	9,08	0,1	22,2	2,74
Member	447	292	444	287	447	292
Point	origin (241)	auto x=2,00 (+)	origin (238)	origin (236)	end (398)	auto x=2,00 (+)
Case	116 (C)	39 (C)	87 (C)	86 (C)	114 (C)	87 (C)
MIN	-10,82	-2,42	-13,01	-0,08	-12	-2,71
Member	292	287	292	287	446	292
Point	auto x=2,00 (+)	origin (236)	origin (227)	auto x=2,00 (+)	end (397)	end (242)
Case	869 (C)	396 (C)	350 (C)	87 (C)	870 (C)	39 (C)

11. NOSAČI NADSTREŠNICE (HEA 140)

Tablica 27. Rezultati reznih sila za stupove ureda profila HEA 200 [izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	48,8	6,12	62,22	0,09	31,77	2,41
Member	276	277	272	271	272	277
Point	end (221)	origin (222)	origin (212)	origin (210)	auto x=2,02 (+)	origin (222)
Case	282 (C)	350 (C)	285 (C)	76 (C)	300 (C)	358 (C)
MIN	-18,23	-3,8	-20,45	-0,09	-52,65	-2,26
Member	276	277	272	277	276	277
Point	auto x=2,02 (+)	origin (222)	origin (212)	origin (222)	origin (220)	origin (222)
Case	856 (C)	34 (C)	870 (C)	306 (C)	70 (C)	38 (C)

12. KROVNI UZDUŽNI VJETROVNI VEZ (d = 14 mm)

Tablica 28. Rezultati reznih sila za krovni uzdužni vjetrovni vez okruglog punog profila $d = 14$ mm
[izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	27,38	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Member	385	366	366	366	366	366
Point	end (364)	origin (125)	origin (125)	origin (125)	origin (125)	origin (125)
Case	37 (C)	1	1	1	1	1
MIN	-27,48	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Member	384	366	366	366	366	366
Point	end (34)	origin (125)	origin (125)	origin (125)	origin (125)	origin (125)
Case	41 (C)	1	1	1	1	1

13. KROVNI POPREČNI VJETROVNI VEZ (d = 14 mm)

Tablica 29. Rezultati reznih sila za krovni poprečni vjetrovni vez okruglog punog profila
 $d = 14$ mm [izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	22,55	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Member	216	195	195	195	195	195
Point	end (146)	origin (9)	origin (9)	origin (9)	origin (9)	origin (9)
Case	420 (C)	1	1	1	1	1
MIN	-21,06	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Member	215	195	195	195	195	195
Point	origin (144)	origin (9)	origin (9)	origin (9)	origin (9)	origin (9)
Case	420 (C)	1	1	1	1	1

14. FASADNI UZDUŽNI VJETROVNI VEZ (d = 14 mm)

Tablica 30. Rezultati reznih sila za fasadni uzdužni vjetrovni vez okruglog punog profila
d = 14 mm [izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	17,11	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Member	229	224	224	224	224	224
Point	end (127)	origin (1)	origin (1)	origin (1)	origin (1)	origin (1)
Case	350 (C)	1	1	1	1	1
MIN	-16	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Member	228	224	224	224	224	224
Point	end (161)	origin (1)	origin (1)	origin (1)	origin (1)	origin (1)
Case	346 (C)	1	1	1	1	1

15. FASADNI POPREČNI VJETROVNI VEZ (d = 14 mm)

Tablica 31. Rezultati reznih sila za fasadni poprečni vjetrovni vez okruglog punog profila
d = 14 mm [izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	35,53	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Member	464	3	3	3	3	3
Point	end (383)	origin (3)	origin (3)	origin (3)	origin (3)	origin (3)
Case	39 (C)	1	1	1	1	1
MIN	-32,29	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Member	460	3	3	3	3	3
Point	origin (149)	origin (3)	origin (3)	origin (3)	origin (3)	origin (3)
Case	39 (C)	1	1	1	1	1

16. UREDSKI KROVNI VEZOVI (d = 12 mm)

Tablica 32. Rezultati reznih sila za uredski krovni vjetrovni vez okruglog punog profila $d = 12\text{ mm}$
[izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	21,08	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Member	499	498	498	498	498	498
Point	end (398)	origin (402)	origin (402)	origin (402)	origin (402)	origin (402)
Case	372 (C)	1	1	1	1	1
MIN	-21,02	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Member	498	498	498	498	498	498
Point	origin (402)	origin (402)	origin (402)	origin (402)	origin (402)	origin (402)
Case	372 (C)	1	1	1	1	1

17. UREDSKI FASADNI VEZOVI (d = 12 mm)

Tablica 33. Rezultati reznih sila za uredski fasadni vjetrovni vez okruglog punog profila $d = 12\text{ mm}$
[izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	2,22	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Member	500	500	500	500	500	500
Point	end (242)	origin (398)	origin (398)	origin (398)	origin (398)	origin (398)
Case	87 (C)	1	1	1	1	1
MIN	-1,92	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Member	501	500	500	500	500	500
Point	origin (227)	origin (398)	origin (398)	origin (398)	origin (398)	origin (398)
Case	39 (C)	1	1	1	1	1

18. ZATEGA (d = 18 mm)

Tablica 34. Rezultati reznih sila za zategu okruglog punog profila d = 18 mm [izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	24,62	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Member	315	311	311	311	311	311
Point	origin (221)	origin (211)	origin (211)	origin (211)	origin (211)	origin (211)
Case	856 (C)	1	1	1	1	1
MIN	-65,3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Member	315	311	311	311	311	311
Point	end (268)	origin (211)	origin (211)	origin (211)	origin (211)	origin (211)
Case	282 (C)	1	1	1	1	1

19. HORIZONTALNI NOSAČI OBLOGE (UPN 280)

Tablica 35. Rezultati reznih sila za horizontalne nosače obloge profila UPN 280 [izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	41,2	8,47	11,12	0,06	7,07	8,24
Member	456	162	335	190	164	344
Point	origin (397)	origin (4)	origin (262)	origin (3)	origin (168)	end (285)
Case	371 (C)	39 (C)	96 (C)	360 (C)	862 (C)	43 (C)
MIN	-46,24	-8,14	-11,45	-0,06	-19,39	-8,47
Member	283	344	343	210	343	414
Point	origin (44)	end (285)	end (155)	origin (378)	end (155)	end (326)
Case	41 (C)	43 (C)	358 (C)	358 (C)	358 (C)	157 (C)

20. KONZOLE (HEA 320)

Tablica 36. Rezultati reznih sila za konzole profila HEA 320 [izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	6,48	52,53	117,41	1,68	4,12	20
Member	322	328	322	328	327	328
Point	origin (279)	auto x=0,37 (+)	origin (279)	auto x=0,37 (+)	end (295)	auto x=0,37 (+)
Case	329 (C)	292 (C)	353 (C)	358 (C)	17	292 (C)
MIN	-25,35	-35,58	-162,32	-1,62	-61,66	-13,51
Member	328	327	328	329	328	327
Point	auto x=0,37 (+)	auto x=0,37 (+)	end (297)	auto x=0,37 (+)	end (297)	auto x=0,37 (+)
Case	142 (C)	176 (C)	352 (C)	426 (C)	352 (C)	176 (C)

21. KRANSKA STAZA (HEA 240)

Tablica 37. Rezultati reznih sila za kransku stazu profila HEA 240 [izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	61,69	24,99	116,16	0,02	103,4	18,92
Member	395	406	406	407	395	395
Point	auto x=4,05 (+)	origin (316)	origin (316)	origin (317)	auto x=2,10 (+)	end (316)
Case	326 (C)	142 (C)	350 (C)	346 (C)	436 (C)	116 (C)
MIN	-45,98	-14,4	-114,01	-0,01	-74,32	-24,14
Member	395	395	406	358	406	395
Point	auto x=4,05 (+)	auto x=4,05 (+)	end (317)	origin (310)	origin (316)	auto x=2,10 (+)
Case	428 (C)	21	434 (C)	329 (C)	21	308 (C)

6.5.2. Reakcije oslonaca

U Tablici 38 prikazane su ključne maksimalne vrijednosti reakcije u osloncima. Maksimalne reakcije oslonaca su od suštinskog značaja jer pružaju uvid u ekstremne uvjete s kojima je konstrukcija suočena.

Tablica 38. Maksimalne vrijednosti reakcija u osloncima [izradio autor]

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	25,18	27,98	402,04	0	0	0
Node	66	374	66	374	87	1
Case	353 (C)	141 (C)	261 (C)	141 (C)	144 (C)	346 (C)
MIN	-36,32	-29,15	-97,39	0	0	0
Node	127	378	129	389	45	3
Case	39 (C)	358 (C)	856 (C)	372 (C)	314 (C)	353 (C)

6.5.3. Maksimalni pomaci i progibi sustava

Tablicama 39 i 40 prikazani su maksimalni pomaci i progibi sustava koji predstavljaju kritične aspekte u analizi konstrukcija, jer ukazuju na ekstremne deformacije koje sustav može doživjeti pod djelovanjem opterećenja.

POMACI

Tablica 39. Maksimalne vrijednosti pomaka čvorova elemenata [izradio autor]

	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)	RX (Rad)	RY (Rad)	RZ (Rad)
MAX	39	48	13	0,02	0,009	0,017
Node	287	136	217	135	43	244
Case	85 (C)	358 (C)	41 (C)	116 (C)	85 (C)	87 (C)
MIN	-28	-41	-54	-0,021	-0,009	-0,018
Node	343	8	352	5	365	154
Case	292 (C)	38 (C)	117 (C)	322 (C)	292 (C)	358 (C)

PROGIBI

Tablica 40. Maksimalne vrijednosti progiba elemenata [izradio autor]

	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)
MAX	2	35	54
Member	68	300	26
Case	198 (C)	87 (C)	116 (C)
MIN	-2	-28	-37
Member	26	338	398
Case	194 (C)	410 (C)	44 (C)

Najznačajniji pomaci u x i y smjerovima zabilježeni su kod čvorova nosača obloge koji su bili izloženi snažnom vjetru. Ovi čvorovi bi trebali biti projektirani na manjim razmacima kako bi preuzimali manju silu i iskusili značajno umanjene translacijske pomake u horizontalnim smjerovima x i y.

Što se tiče pomaka u z smjeru, primijećene su značajne deformacije kod gornjeg pojasa konstrukcije. Ovi veliki pomaci su rezultat vertikalnih sila ili momenata uzrokovanih vanjskim opterećenjem.

Kada je riječ o progibima, važno je istaknuti da su se najveći progibi dogodili također kod horizontalnih nosača obloge, i to u x i y smjeru. Osim nosača, donji pojas konstrukcije je također pokazao progib u y smjeru, što ukazuje na potrebu za pažljivim praćenjem i ocjenom integriteta tog dijela konstrukcije kako bi se osigurala stabilnost donjeg pojasa, gornjeg pojasa i ispune kao rešetkaste konstrukcije.

6.6. Dimenzioniranje elemenata konstrukcije

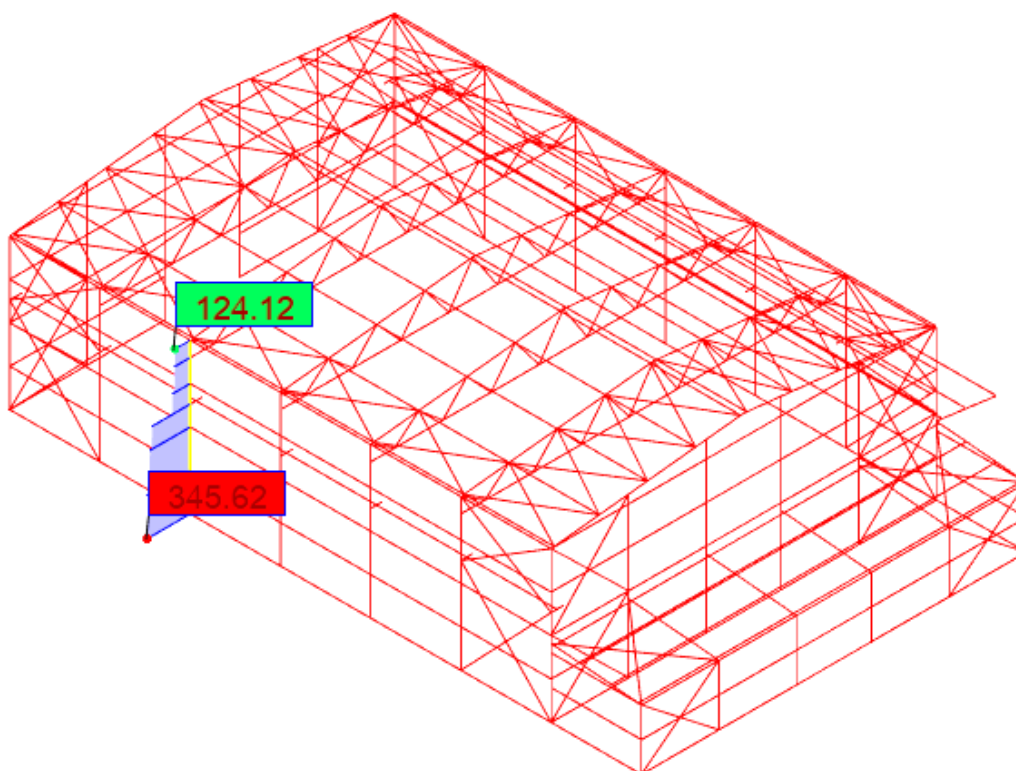
6.6.1. Glavni stupovi

U Tablici 41 sažeti su pregledi kombinacija i elementa u kojima je mjerodavni presjek za dimenzioniranje. Slike 62, 63 i 64 prikazuje glavni stup relevantan za dimenzioniranje s reznim silama. Dimenzionirati će se jedan element, a svaki drugi pristup dimenzioniranju nekog elementa se temelji na tome. [6]

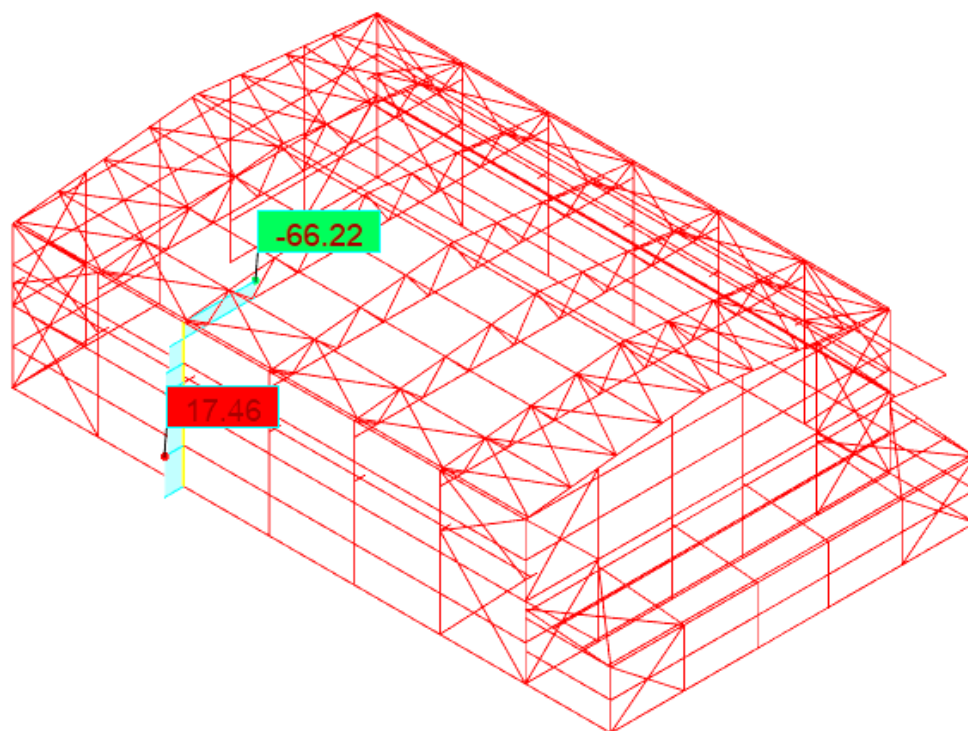
Tablica 41. Rezultati proračuna za GSN i GSU glavnog stupa relevantnog za dimenzioniranje [izradio autor]

Member	Section	Material	Lay	Laz	Ratio	Case
492	Stupovi	S 275	78,49	33,39	0,42	169

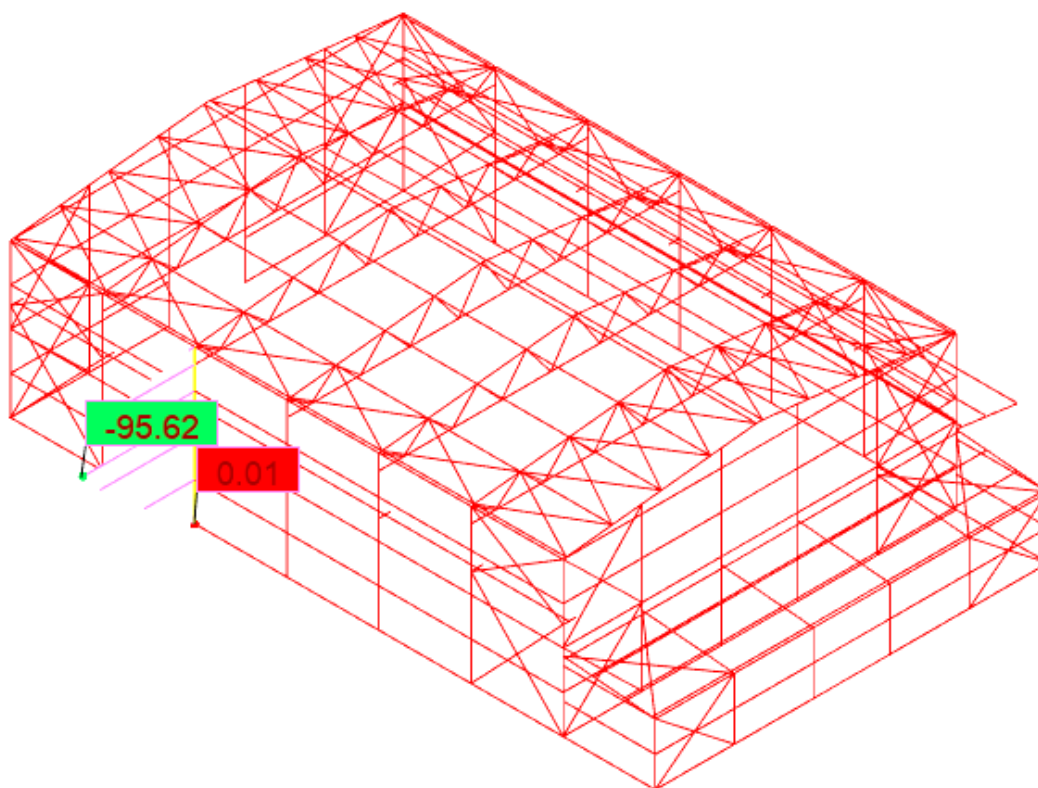
Ratio (uy)	Case (uy)	Ratio (uz)	Case (uz)	Ratio (vx)	Case (vx)	Ratio (vy)	Case (vy)
0,02	0,5x4+1x10+1x15+1x18+0,5x7	0,29	297 u	0,27	10 u	0,09	215 u



Slika 62. Dijagram uzdužnih sila glavnog stupa relevantnog za dimenzioniranje [izradio autor]



Slika 63. Dijagram poprečnih sila glavnog stupa relevantnog za dimenzioniranje [izradio autor]



Slika 64. Momentni dijagram glavnog stupa relevantnog za dimenzioniranje [izradio autor]

Materijal korišten pri izradi elementa je čelik kvalitete S 275, s granicom popuštanja $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$, vlačnom čvrstoćom $f_u = 430 \text{ N/mm}^2$ te modulom elastičnosti $E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$. Tablicom 42 su prikazane geometrijske i statičke veličine za odabrani element.

Mjerodavne rezne sila su: $N_{c,Ed} = 324,64 \text{ kN}$

$$V_{z,Ed} = 14,60 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 80,13 \text{ kNm}$$

Tablica 42. Geometrijske i statičke veličine profila HEA 300. Modificirano prema [9]

Profil	G [kg/m]	A [cm ²]	Dimenzije poprečnog presjeka					Konstante	
			h [mm]	b [mm]	t _w [mm]	t _f [mm]	r [mm]	I _t [mm]	I _w · 10 ³ [mm]
HEA 300	88,3	112,5	290	300	8,5	14	27	85,17	1200

Profil	Statičke veličine									
	I _y [cm ⁴]	W _y [cm ³]	W _{pl,y} [cm ³]	i _y [cm]	A _{vz} [cm ³]	I _z [cm ⁴]	W _z [cm ³]	W _{pl,z} [cm ³]	i _z [cm]	A _{v,y} [cm ²]
HEA 300	18260	1260	1383	12,74	37,28	6310	420,6	641,2	7,49	87,02

1. Klasifikacija poprečnog presjeka

HRBAT

$$d = h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 290 - 2 \cdot 14 - 2 \cdot 27 = 208 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,92$$

Uvjet za klasu 1:

$$\text{Za } \alpha > 0,5 \quad \frac{c}{t} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1}$$

$$\text{Za } \alpha \leq 0,5 \quad \frac{c}{t} \leq \frac{36 \cdot \varepsilon}{\alpha}$$

Proračun α :

$$N_{pl.Rd} = N_{c,ed}$$

$$N_{c,ed} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{(2a \cdot t_w) \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \rightarrow a = \frac{N_{c,ed}}{\frac{2 \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}} = \frac{324,64}{\frac{2 \cdot 0,85 \cdot 27,5}{1,0}} = 6,94 \text{ cm}$$

$$\alpha \cdot d = \frac{d}{2} + a \rightarrow \alpha = \frac{1}{d} \cdot \left(\frac{d}{2} + a \right) = \frac{1}{20,8} \cdot \left(\frac{20,8}{2} + 6,94 \right) = \mathbf{0,833 > 0,50}$$

Uvjet za klasu 1 (za $\alpha > 0,50$):

$$\frac{c}{t} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13\alpha - 1}$$

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

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,92$$

$$\frac{20,8}{0,85} \leq \frac{396 \cdot 0,92}{13 \cdot 0,83 - 1}$$

$$24,47 < 37,21$$

Uvjet zadovoljen → Hrbat je klasa 1!

POJASNICA

$$c = \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = \frac{300}{2} - \frac{8,5}{2} - 27 = 118,75 \text{ mm}$$

Uvjet za klasu 1:

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

$$\frac{c}{t_f} \leq 9 \varepsilon$$

$$\frac{118,75}{14} \leq 9 \cdot 0,92$$

$$8,48 > 8,28$$

Uvjet nije zadovoljen → Pojasnica je klasa 2!

→ POPREČNI PRESJEK JE KLASA 2!

2. Otpornost poprečnog presjeka

2.1. Izloženog tlaku

$$N_{c.Rd} = N_{pl.Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{112,5 \cdot 27,5}{1,0} = 3093,75 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti:

$$N_{Ed} \leq N_{c.Rd}$$

$$324,64 \text{ kN} \leq 3093,75 \text{ kN}$$

→ NOSIVOST POPREČNOG PRESJEKA ZADOVOLJAVA NA TLAČNU SILU!

2.2. Izloženog savijanju

Za klasu 1:

$$M_{yc.Rd} = M_{ypl.Rd} = \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{yc.Rd} = \frac{1383,0 \cdot 27,5}{1,0} = \mathbf{380,33 \text{ kNm}}$$

Uvjet nosivosti:

$$M_{y.Ed} \leq M_{yc.Rd}$$

$$\mathbf{80,13 \text{ kNm} < 380,83 \text{ kNm}}$$

→ NOSIVOST POPREČNOG PRESJEKA ZADOVOLJAVA NA SAVIJANJE!

2.3. Izloženog poprečnoj sili (posmična otpornost)

Provjera izbočivanja hrpta na posmik

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2 \cdot t_f}{t_w} = \frac{262}{8,5} = 30,82 < 72 \cdot \frac{\varepsilon}{\eta} = 72 \cdot \frac{0,92}{1,2} = 55,20$$

→ Nije potrebna kontrola izbočivanja na posmik!

$$V_{pl.z.Rd} = A_{v.x} \times \frac{f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}}$$

Posmična površina:

$$A_{v.z} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f \geq \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$A_{v.z} = 37,25 \text{ cm}^2 > 26,72 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl.z.Rd} = 37,25 \times \frac{27,5}{\sqrt{3} \times 1,0} = 591,42 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti:

$$V_{z.Ed} \leq V_{pl.z.Rd}$$

$$14,60 \text{ kN} \leq 591,42 \text{ kN}$$

→ NOSIVOST POPREČNOG PRESJEKA ZADOVOLJAVA NA POSMIK!

2.4. Interakcija M – N – V

2.4.1. Poprečna sila

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot 591,42$$

$$14,60 \text{ kN} \leq 295,71 \text{ kN}$$

→ NIJE POTREBNA REDUKCIJA OTPORNOSTI NA POPREČNU SILU!

Uvjet nosivosti:

$$M_{y.v.Ed} \leq M_{y.c..Rd}$$

$$80,13 \text{ kNm} \leq 380,83 \text{ kNm}$$

→ Uvjet zadovoljen

2.4.2. Uzdužna sila

$$N_{c.Ed} \leq 0,25 \times N_{pl.Rd}$$

$$N_{c.Ed} \leq 0,25 \cdot 3093,75$$

$$\mathbf{324,64\ kN < 773,44\ kN}$$

$$N_{Ed} \leq \frac{0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{1,0}$$

$$324,64\ kN \leq \frac{0,5 \cdot 26,2 \cdot 0,85 \cdot 27,5}{1,0}$$

$$324,64\ kN < 360,21\ kN$$

→ Niska razina uzdužne sile, nema utjecaja na otpornost presjeka na savijanje

$$M_{N,y.Ed} = M_{y.c.Rd} = 380,83\ kNm$$

Uvjet nosivosti:

$$M_{y.v.Ed} \leq M_{y.c.Rd}$$

$$\mathbf{80,13\ kNm < 380,83\ kNm}$$

→ Uvjet zadovoljen

→ NOSIVOST POPREČNOG PRESJEKA ZADOVOLJAVA NA INTERKACIJU M-N!

2.4.3. Interakcija M-V

Provjera razine poprečne sile

$$V_{z.Ed} \leq 0,5 \times V_{pl.z.Rd}$$

$$14,66 \text{ kN} \leq 0,5 \times 591,42$$

$$14,66 \text{ kN} < 295,71 \text{ kN}$$

→ Nema redukcije plastične otpornosti na savijanje

$$M_{z.v.Rd} = M_{c.Rd} = 380,83 \text{ kNm}$$

→ Uvjet nosivosti

$$M_{y.Ed} \leq M_{y.v.Rd}$$

$$80,13 \text{ kNm} < 380,83 \text{ kNm}$$

→ **NOSIVOST POPREČNOG PRESJEKA ZADOVOLJAVA NA INTERKACIJU M-V!**

3. Otpornost elementa

3.1. Izloženog tlaku (otpornost na izvijanje)

Izvijanje oko osi y-y

Duljina izvijanja (duljina nosača):

$$l_{cr,y} = 1000 \text{ cm}$$

Eulerova kritična sila izvijanja:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 18260,0}{1000^2} = \mathbf{3784,60 \text{ kN}}$$

Vitkost elementa:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{112,5 \cdot 27,5}{3784,60}} = \mathbf{0,90}$$

Faktor imperfekcije:

$$\frac{h}{b} = \frac{290}{300} = 0,97 < 1,2 \rightarrow \text{za } t_f \leq 40 \text{ mm}, \quad \alpha = 0,34 \text{ (krivulja izvijanja b)}$$

Izvijanje:

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2]$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,90 - 0,2) + 0,90^2] = \mathbf{1,02}$$

Faktor redukcije:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} \leq 1,0$$

$$\chi_y = \frac{1}{1,02 + \sqrt{1,02^2 - 0,90^2}} = \mathbf{0,66} < \mathbf{1,0}$$

Izvijanje oko osi z-z

Duljina izvijanja:

$$l_{cr,z} = 250 \text{ cm}$$

Eulerova kritična sila izvijanja:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 21000 \times 6310}{250^2} = \mathbf{20925,14 \text{ kN}}$$

Vitkost elementa:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{112,5 \cdot 27,5}{20925,14}} = \mathbf{0,38}$$

Faktor imperfekcije:

$$\frac{h}{b} = \frac{290}{300} = 0,97 < 1,2 \rightarrow \text{za } t_f \leq 40 \text{ mm}, \quad \alpha = 0,49 \text{ (krivulja izvijanja c)}$$

Izvijanje:

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2]$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,38 - 0,2) + 0,38^2] = \mathbf{0,62}$$

Faktor redukcije:

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^{-2}}} \leq 1,0$$

$$\chi_z = \frac{1}{0,62 + \sqrt{0,62^2 - 0,38^2}} = \mathbf{0,90} < \mathbf{1,0}$$

$$\rightarrow \chi = \min(\chi_y; \chi_z) = \min(0,90; 0,38) = \mathbf{0,38}$$

Otpornost tlačnog elementa na izvijanje:

$$N_{b.Rd} = \chi \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 0,38 \times \frac{112,5 \cdot 27,5}{1,1} = \mathbf{1068,75 \text{ kN}}$$

Uvjet nosivosti:

$$N_{Ed} \leq N_{b.Rd}$$

$$\mathbf{324,64 \text{ kN} < 1068,75 \text{ kN}}$$

→ Uvjet je zadovoljen!

3.2. Izloženog savijanju (otpornost na bočno torzijsko izvijanje):

Elastični kritični moment bočnog izvijanja:

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(k \cdot L)^2} \times \left[\sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k \cdot L)^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot z_g)^2} - C_2 \cdot z_g \right]$$

$$E = 21\,000 \text{ kN/cm}^2$$

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} = \frac{21000}{2 \cdot (1 + 0,3)} = 8077 \text{ kN/cm}^2$$

gdje su: $I_t = 85,17 \text{ cm}^4$ – torzijska konstanta, $I_w = 1200 * 10^3 \text{ cm}^6$ – konstanta krivljenja, $C1 = 1,13$ i $C2 = 0,45$ – koeficijenti ovisni o opterećenju, $k = 1$ – faktor rotacije poprečnog presjeka na osloncu, $k_w = 1$ – faktor zakretanja presjeka na krajevima nosača,

Za 1. klasu: $W_y = W_{pl,y}$

Razmak između točaka bočnog pridržanja: $L = 250,0 \text{ cm}$

$$M_{cr} = 2,57 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 6310}{(1,0 \cdot 250)^2} \cdot \left[\sqrt{\frac{1200 * 10^3}{6310} + \frac{(1,0 \cdot 250)^2 \cdot 8077 \cdot 85,17}{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 6310}} \right]$$

$$M_{cr} = 7528,87 \text{ kNm}$$

Lateralna torzijska vitkost:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1383 \cdot 27,5}{7528,87}}$$

$\bar{\lambda}_{LT} = 0,22 > 0,4$ – bočno torzijsko izvijanje utječe na otpornost nosača

→ vitkost je manja od 0,4 → zdepasti nosač

3.3. Interakcija M – N

Elementi izloženi savijanju i uzdužnoj tlačnoj sili moraju zadovoljiti oba uvjeta dana izrazima:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

gdje su: N_{Rk} – karakteristična otpornost poprečnog presjeka na djelovanje uzdužne sile, $M_{y,Rk}$ – karakteristična otpornost poprečnog presjeka na savijanje oko osi y - $M_{z,Rk}$ – karakteristična otpornost poprečnog presjeka na savijanje oko osi z, k_{ij} – faktor korekcije ovisan o obliku momentnog dijagrama

$$N_{Rk} = N_{c,Rd} \cdot \gamma_{M0} = A \cdot f_y = N_{c,Rd} = 3093,75 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = M_{y,c,Rd} \cdot \gamma_{M0} = W_{pl,y} \cdot f_y = M_{y,c,Rd} = 380,33 \text{ kNm}$$

Dodatne formule potrebe za izračun su sljedeće:

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left[1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \leq C_{my} \cdot \left[1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right]$$

$$\psi \cong 0,45$$

$$C_{my} = 0,60 + 0,4 \cdot \psi$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \cdot 0,45 = 0,78$$

$$k_{yy} = 0,78 \cdot \left[1 + (0,9 - 0,2) \cdot \frac{324,64}{0,66 \cdot 3093,75} \right] \leq 0,6 \cdot \left[1 + 0,8 \cdot \frac{324,64}{0,66 \cdot 3093,75} \right]$$

$$0,87 < 0,68$$

→ Uvjet zadovoljen

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,52$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{324,64}{0,66 \cdot 3093,75} + 0,87 \cdot \frac{80,13}{1,0 \cdot \frac{380,33}{1,0}} \leq 1$$

$$0,35 < 1$$

→ Uvjet zadovoljen

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{324,64}{0,66 \cdot 3093,75} + 0,52 \cdot \frac{80,13}{1,0 \cdot \frac{380,33}{1,0}} \leq 1$$

$$0,29 < 1$$

→ Uvjet zadovoljen

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:

STEEL DESIGN

CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

CODE GROUP:

MEMBER: 492
= 5.00 m

POINT:

COORDINATE: $x = 0.50 L$

LOADS:

Governing Load Case: 200 Kombinacija 169 (1+2)*1.35+(3+5+6+19)*1.50+(9+16)*0.90

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



SECTION PARAMETERS: Stupovi

h=290 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=300 mm	Ay=9485 mm ²	Az=3728 mm ²	Ax=11253 mm ²
tw=9 mm	Iy=182635000 mm ⁴	Iz=63095600 mm ⁴	Ix=753000 mm ⁴
tf=14 mm	Wply=1383400 mm ³	Wplz=641181 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N _{Ed} = 324.64 kN	My _{Ed} = -80.13 kN*m	Mz _{Ed} = -2.24 kN*m	Vy _{Ed} = -0.61 kN
Nc,Rd = 3094.52 kN	My _{Ed,max} = -94.80 kN*m		Mz _{Ed,max} = 14.90 kN*m
	Vy,T,Rd = 1505.59 kN		
Nb,Rd = 2037.76 kN	My,c,Rd = 380.44 kN*m	Mz,c,Rd = 176.32 kN*m	Vz _{Ed} = 14.60 kN
	MN _{y,Rd} = 380.44 kN*m	MN _{z,Rd} = 176.32 kN*m	Vz,T,Rd = 591.79 kN
	Mb,Rd = 380.44 kN*m		Tt _{Ed} = -0.00 kN*m
			Class of section = 2



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

z = 0.00	Mcr = 3649.13 kN*m	Curve,LT - b	XLT = 1.00
Lcr,low=2.50 m	Lam_LT = 0.32	fi,LT = 0.53	XLT,mod = 1.00

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

Ly = 10.00 m	Lam_y = 0.90
Lcr,y = 10.00 m	Xy = 0.66
Lamy = 78.49	kyy = 0.82



About z axis:

Lz = 10.00 m	Lam_z = 0.38
Lcr,z = 2.50 m	Xz = 0.91
Lamz = 33.39	kyz = 0.65

Torsional buckling:

Curve,T=c	alfa,T=0.49
Lt=2.50 m	fi,T=0.62
Ncr,T=21032.37 kN	X,T=0.91

Flexural-torsional buckling

Curve,TF=c	alfa,TF=0.49
Ncr,y=3785.32 kN	fi,TF=1.08
Ncr,TF=3785.32 kN	X,TF=0.60

Lam_T=0.38

Nb,T,Rd=2803.55 kN

Lam_TF=0.90

Nb,TF,Rd=1848.28 kN

VERIFICATION FORMULAS:**Section strength check:**

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.10 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.21 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.06 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(\sigma_{yk}/\sqrt{3}) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(\sigma_{yk}/\sqrt{3}) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Global stability check of member:

$$\lambda_{y} = 78.49 < \lambda_{max} = 210.00 \quad \lambda_{z} = 33.39 < \lambda_{max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N_{Ed}/\min(N_{b,Rd}, N_{b,T,Rd}, N_{b,TF,Rd}) = 0.18 < 1.00 \quad (6.3.1)$$

$$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.25 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.42 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.31 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

LIMIT DISPLACEMENTS**Deflections (LOCAL SYSTEM):**

$$u_y = 1 \text{ mm} < u_{y,max} = L/200.00 = 50 \text{ mm} \quad \text{Verified}$$

$$\text{Governing Load Case: } 822 \text{ Kombinacija } 381 \text{ u } (1+2+12+30+19) \cdot 1.00 + (4+7) \cdot 0.50$$

$$u_z = 14 \text{ mm} < u_{z,max} = L/200.00 = 50 \text{ mm} \quad \text{Verified}$$

$$\text{Governing Load Case: } 738 \text{ Kombinacija } 297 \text{ u } (1+2+9+16+19) \cdot 1.00 + (3+5+6) \cdot 0.50$$

$$u_{inst,y} = 1 \text{ mm} < u_{inst,max,y} = L/250.00 = 40 \text{ mm} \quad \text{Verified}$$

$$\text{Governing Load Case: } 0.5 \cdot 4 + 1 \cdot 12 + 1 \cdot 19 + 0.5 \cdot 7 + 1 \cdot 30$$

$$u_{inst,z} = 7 \text{ mm} < u_{inst,max,z} = L/250.00 = 40 \text{ mm} \quad \text{Verified}$$

$$\text{Governing Load Case: } 0.5 \cdot 3 + 1 \cdot 9 + 1 \cdot 16 + 1 \cdot 19 + 0.5 \cdot 5 + 0.5 \cdot 6$$

**Displacements (GLOBAL SYSTEM):**

$$v_x = 18 \text{ mm} < v_{x,max} = L/150.00 = 67 \text{ mm} \quad \text{Verified}$$

$$\text{Governing Load Case: } 451 \text{ Kombinacija } 10 \text{ u } (1+2+11+16) \cdot 1.00$$

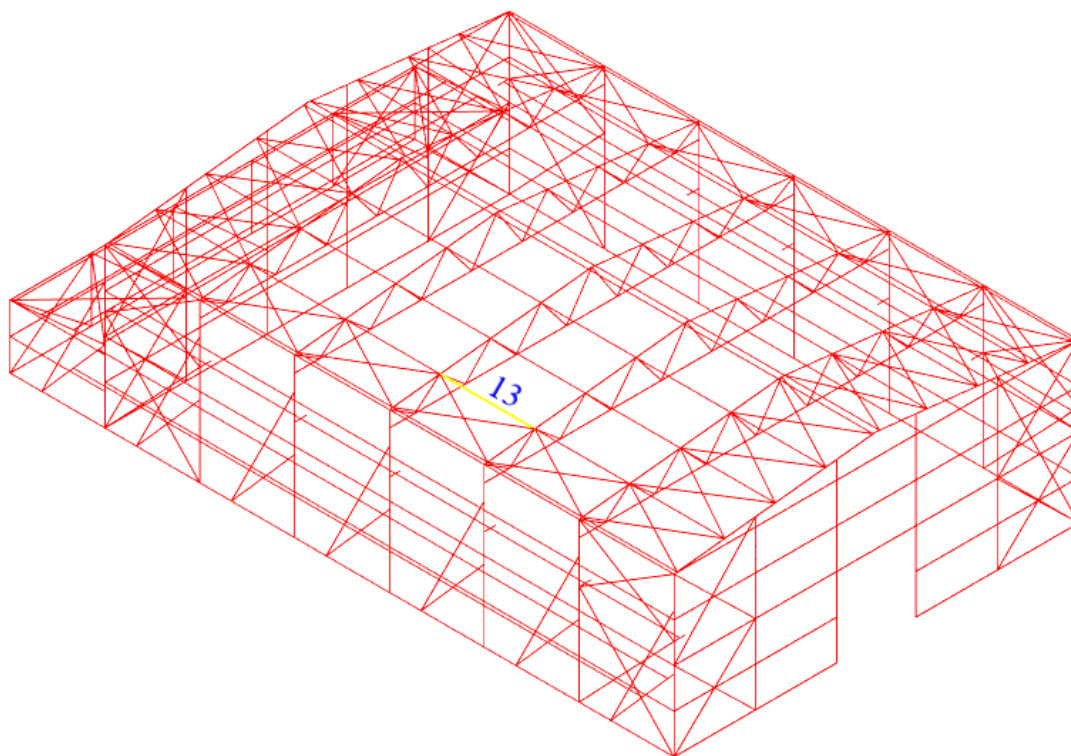
$$v_y = 6 \text{ mm} < v_{y,max} = L/150.00 = 67 \text{ mm} \quad \text{Verified}$$

$$\text{Governing Load Case: } 756 \text{ Kombinacija } 315 \text{ u } (12+30+1+2+17) \cdot 1.00 + (3+5+6) \cdot 0.50$$

Section OK !!!

6.6.2. Podrožnice - hala

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 65. Položaj podrožnice mjerodavne za dimenzioniranje - element 13 [izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

 CODE GROUP:

MEMBER: 13
 = 6.00 m

POINT:

COORDINATE: x = 1.00 L

 LOADS:

Governing Load Case: 120 Kombinacija 89 (1+2)*1.35+(4+7+19)*1.50

 MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: Pod h i u

h=180 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=91 mm	Ay=1621 mm ²	Az=1125 mm ²	Ax=2395 mm ²
tw=5 mm	Iy=13169600 mm ⁴	Iz=1008500 mm ⁴	Ix=49000 mm ⁴
tf=8 mm	Wply=166424 mm ³	Wplz=34600 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 20.79 kN	My,Ed = -15.26 kN*m	Mz,Ed = 0.09 kN*m	Vy,Ed = -0.03 kN
Nc,Rd = 658.55 kN	My,Ed,max = -15.26 kN*m		Mz,Ed,max = 0.09 kN*m
	Vy,T,Rd = 257.34 kN		
Nb,Rd = 459.82 kN	My,c,Rd = 45.77 kN*m	Mz,c,Rd = 9.52 kN*m	Vz,Ed = -14.97 kN
	MN,y,Rd = 45.77 kN*m	MN,z,Rd = 9.52 kN*m	Vz,T,Rd = 178.63 kN
	Mb,Rd = 16.35 kN*m		Tt,Ed = 0.00 kN*m
			Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

z = 0.00	Mcr = 16.35 kN*m	Curve,LT - b	XLT = 0.36
Lcr,low=6.00 m	Lam_LT = 1.67	fi,LT = 1.77	XLT,mod = 0.36

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

Ly = 6.00 m	Lam_y = 0.93
Lcr,y = 6.00 m	Xy = 0.71
Lamy = 80.91	kyy = 1.04



About z axis:

Lz = 6.00 m	Lam_z = 0.84
Lcr,z = 1.50 m	Xz = 0.70
Lamz = 73.09	kyz = 1.43

Torsional buckling:

Curve,T=b	alfa,T=0.34
Lt=6.00 m	fi,T=1.07
Ncr,T=741.00 kN	X,T=0.63
Lam_T=0.94	Nb,T,Rd=417.31 kN

Flexural-torsional buckling

Curve,TF=b	alfa,TF=0.34
Ncr,y=758.21 kN	fi,TF=1.07
Ncr,TF=741.00 kN	X,TF=0.63
Lam_TF=0.94	Nb,TF,Rd=417.31 kN

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N,Ed/Nc,Rd = 0.03 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $My,Ed/MN,y,Rd = 0.33 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.01 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(My,Ed/MN,y,Rd)^2 + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^2 = 0.12 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.08 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(fy/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(fy/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Global stability check of member:

$\lambda_{y} = 80.91 < \lambda_{y,max} = 210.00$ $\lambda_{z} = 73.09 < \lambda_{z,max} = 210.00$ STABLE
 $N,Ed/\min(Nb,Rd,Nb,T,Rd,Nb,TF,Rd) = 0.05 < 1.00$ (6.3.1)
 $My,Ed,max/Mb,Rd = 0.93 < 1.00$ (6.3.2.1.(1))
 $N,Ed/(Xy \cdot N,Rk/gM1) + kyy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kyz \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.98 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N,Ed/(Xz \cdot N,Rk/gM1) + kzy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kzz \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.57 < 1.00$ (6.3.3.(4))

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 0 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 30 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: 846 Kombinacija 405 u $(1+2+15+24+19)*1.00+(4+7)*0.50$

$u_z = 4 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 30 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: 479 Kombinacija 38 u $(1+2+4+7)*1.00+(9+16)*0.60$

$u_{\text{inst},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/250.00 = 24 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: $0.5*4 + 1*15 + 1*19 + 0.5*7 + 1*24$

$u_{\text{inst},z} = 2 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/250.00 = 24 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: $1*4 + 0.6*9 + 0.6*16 + 1*7$

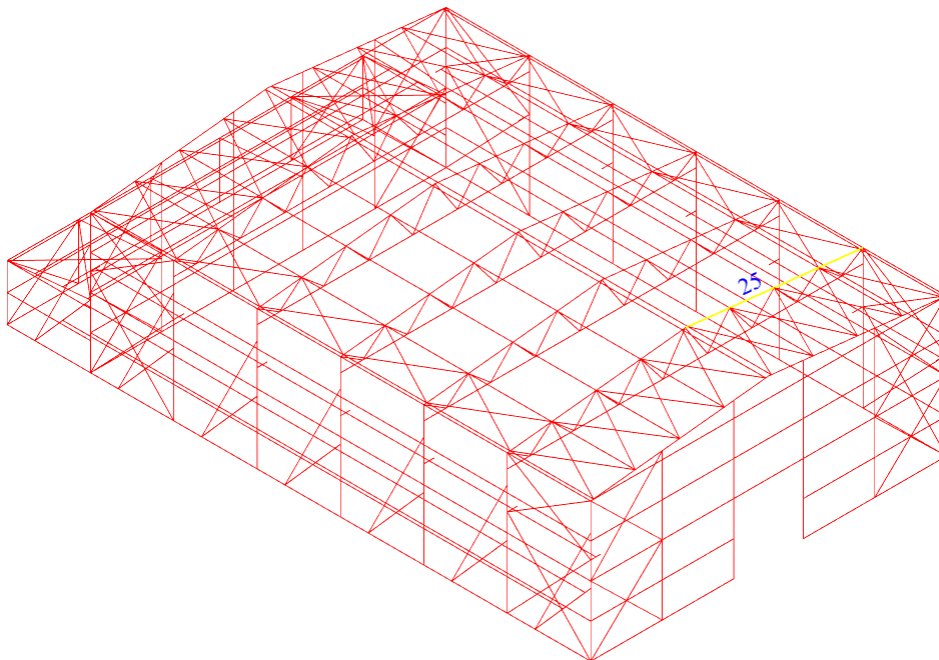


Displacements (GLOBAL SYSTEM): *Not analyzed*

Section OK !!!

6.6.3. Gornji pojas

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 66. Položaj gornjeg pojasa mjerodavnog za dimenzioniranje - element 25
[izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

CODE GROUP:

MEMBER: 25
 = 6.44 m

POINT:

COORDINATE: $x = 0.50 L$

LOADS:

Governing Load Case: 114 Kombinacija 83 $(1+2)*1.35+(3+5+6+17)*1.50$

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



SECTION PARAMETERS: Gornji pojas

h=133 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=140 mm	Ay=2636 mm ²	Az=1012 mm ²	Ax=3142 mm ²
tw=6 mm	Iy=10331300 mm ⁴	Iz=3893210 mm ⁴	Ix=79700 mm ⁴
tf=9 mm	Wply=173506 mm ³	Wplz=84850 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 358.18 kN	My,Ed = -1.33 kN*m	Mz,Ed = 0.06 kN*m	Vy,Ed = -0.04 kN
Nc,Rd = 863.94 kN	My,Ed,max = -1.75 kN*m	Mz,Ed,max = -0.07 kN*m	Vy,T,Rd = 418.27 kN
Nb,Rd = 440.30 kN	My,c,Rd = 47.71 kN*m	Mz,c,Rd = 23.33 kN*m	Vz,Ed = 0.53 kN
	MN,y,Rd = 31.79 kN*m	MN,z,Rd = 22.13 kN*m	Vz,T,Rd = 160.69 kN
			Tt,Ed = -0.00 kN*m
			Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

Ly = 12.88 m	Lam_y = 0.65
Lcr,y = 3.22 m	Xy = 0.81
Lamy = 56.13	kzy = 0.73



About z axis:

Lz = 12.88 m	Lam_z = 1.05
Lcr,z = 3.22 m	Xz = 0.51
Lamz = 91.44	kzz = 0.43

Torsional buckling:

Curve,T=c	alfa,T=0.49
Lt=3.22 m	fi,T=0.82
Ncr,T=2088.17 kN	X,T=0.76
Lam_T=0.64	Nb,T,Rd=656.15 kN

Flexural-torsional buckling

Curve,TF=c	alfa,TF=0.49
Ncr,y=2066.38 kN	fi,TF=0.82
Ncr,TF=2066.38 kN	X,TF=0.76
Lam_TF=0.65	Nb,TF,Rd=654.38 kN

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N,Ed/Nc,Rd = 0.41 < 1.00$ (6.2.4.(1))
$My,Ed/MN,y,Rd = 0.04 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$(My,Ed/MN,y,Rd)^{2.00} + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^{2.07} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
$Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
$Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Global stability check of member:

$\lambda_{y} = 56.13 < \lambda_{y,max} = 210.00$	$\lambda_{z} = 91.44 < \lambda_{z,max} = 210.00$	STABLE
$N,Ed/\text{Min}(Nb,Rd,Nb,T,Rd,Nb,TF,Rd) = 0.81 < 1.00$ (6.3.1)		
$N,Ed/(Xy \cdot N,Rk/gM1) + kyy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kzy \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.56 < 1.00$ (6.3.3.(4))		
$N,Ed/(Xz \cdot N,Rk/gM1) + kzy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kzz \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.84 < 1.00$ (6.3.3.(4))		

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 1 \text{ mm} < u_{y,max} = L/200.00 = 64 \text{ mm}$	Verified
Governing Load Case: 577 Kombinacija 136 u (1+2+13+18+31)*1.00	
$u_z = 11 \text{ mm} < u_{z,max} = L/200.00 = 64 \text{ mm}$	Verified

Governing Load Case: 524 Kombinacija 83 u (1+2+3+5+6+17)*1.00

u inst,y = 1 mm < u inst,max,y = L/250.00 = 52 mm Verified

Governing Load Case: 1*13 + 1*18 + 1*31

u inst,z = 4 mm < u inst,max,z = L/250.00 = 52 mm Verified

Governing Load Case: 1*10 + 1*16 + 1*18

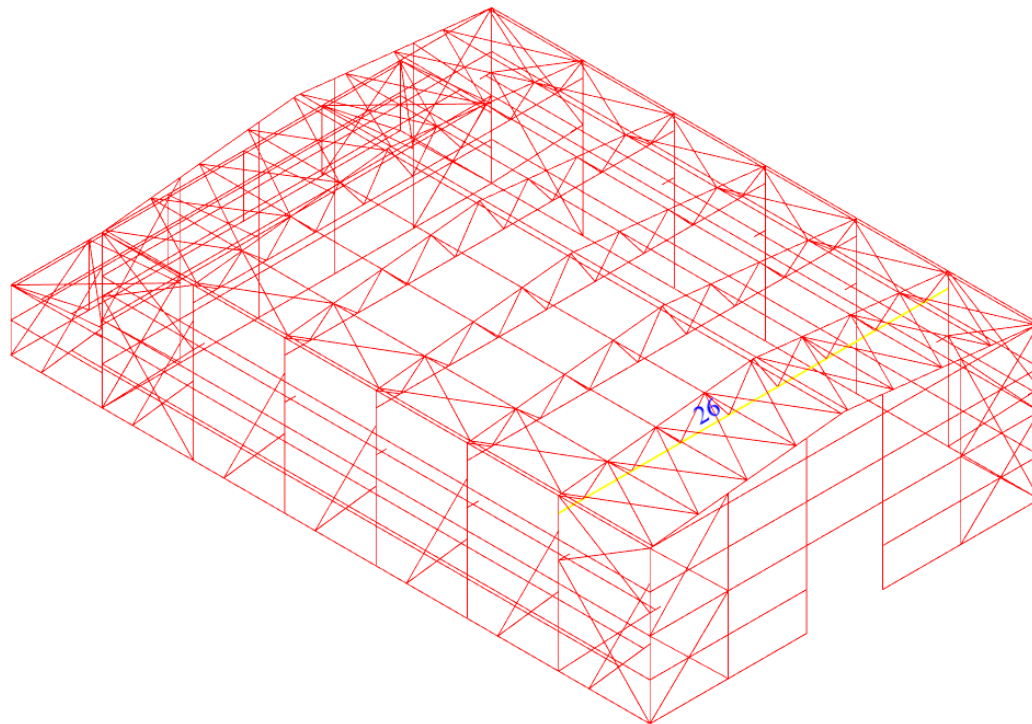


Displacements (GLOBAL SYSTEM): *Not analyzed*

Section OK !!!

6.6.4. Donji pojas

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 67. Položaj donjeg pojasa mjerodavnog za dimenzioniranje - element 26 [izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

CODE GROUP:

MEMBER: 26
 = 0.00 m

POINT:

COORDINATE: x = 0.00 L

 LOADS:

Governing Load Case: 194 Kombinacija 163 (1+2)*1.35+(3+5+6+17)*1.50+(9+15)*0.90

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: Donji pojas

h=96 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=100 mm	Ay=1844 mm ²	Az=756 mm ²	Ax=2124 mm ²
tw=5 mm	Iy=3492250 mm ⁴	Iz=1338110 mm ⁴	Ix=46900 mm ⁴
tf=8 mm	Wply=83020 mm ³	Wplz=41142 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 127.02 kN	My,Ed = 3.95 kN*m	Mz,Ed = -0.07 kN*m	Vy,Ed = -0.04 kN
Nc,Rd = 583.99 kN	My,Ed,max = 3.95 kN*m	Mz,Ed,max = -0.07 kN*m	Vy,T,Rd = 292.52 kN
Nb,Rd = 144.69 kN	My,c,Rd = 22.83 kN*m	Mz,c,Rd = 11.31 kN*m	Vz,Ed = -3.30 kN
	MN,y,Rd = 20.38 kN*m	MN,z,Rd = 11.31 kN*m	Vz,T,Rd = 119.92 kN
			Tt,Ed = -0.00 kN*m
			Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

Ly = 25.60 m	Lam_y = 1.82
Lcr,y = 6.40 m	Xy = 0.25
Lamy = 157.82	kyy = 0.79

Torsional buckling:

Curve,T=c	alfa,T=0.49
Lt=25.60 m	fi,T=0.77
Ncr,T=1668.98 kN	X,T=0.79
Lam_T=0.59	Nb,T,Rd=461.58 kN



About z axis:

Lz = 25.60 m	Lam_z = 1.41
Lcr,z = 3.07 m	Xz = 0.35
Lamz = 122.38	kyz = 0.57

Flexural-torsional buckling

Curve,TF=c	alfa,TF=0.49
Ncr,y=176.71 kN	fi,TF=2.55
Ncr,TF=176.71 kN	X,TF=0.23
Lam_TF=1.82	Nb,TF,Rd=134.71 kN

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N,Ed/Nc,Rd = 0.22 < 1.00$ (6.2.4.(1))
$My,Ed/MN,y,Rd = 0.19 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.01 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$(My,Ed/MN,y,Rd)^{2.00} + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^{1.09} = 0.04 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
$Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
$Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.03 < 1.00$ (6.2.6-7)
$\tau_{xy,Ed}/(fy/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
$\tau_{xz,Ed}/(fy/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Global stability check of member:

$\lambda_{y} = 157.82 < \lambda_{y,max} = 210.00$	$\lambda_{z} = 122.38 < \lambda_{z,max} = 210.00$	STABLE
$N,Ed/\min(Nb,Rd,Nb,T,Rd,Nb,TF,Rd) = 0.94 < 1.00$ (6.3.1)		
$N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) + kyz*Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.99 < 1.00$ (6.3.3.(4))		
$N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) + kzz*Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.82 < 1.00$ (6.3.3.(4))		

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

uy = 6 mm < uy max = L/200.00 = 128 mm

Verified

Governing Load Case: 779 Kombinacija 338 u $(1+2+16+23+20)*1.00+(3+5+6)*0.50$

uz = 38 mm < uz max = L/200.00 = 128 mm Verified

Governing Load Case: 526 Kombinacija 85 u $(1+2+3+5+6+19)*1.00$

u inst,y = 4 mm < u inst,max,y = L/250.00 = 102 mm Verified

Governing Load Case: $0.5*3 + 1*16 + 1*20 + 0.5*5 + 1*23 + 0.5*6$

u inst,z = 13 mm < u inst,max,z = L/250.00 = 102 mm Verified

Governing Load Case: $1*10 + 1*15 + 1*18$

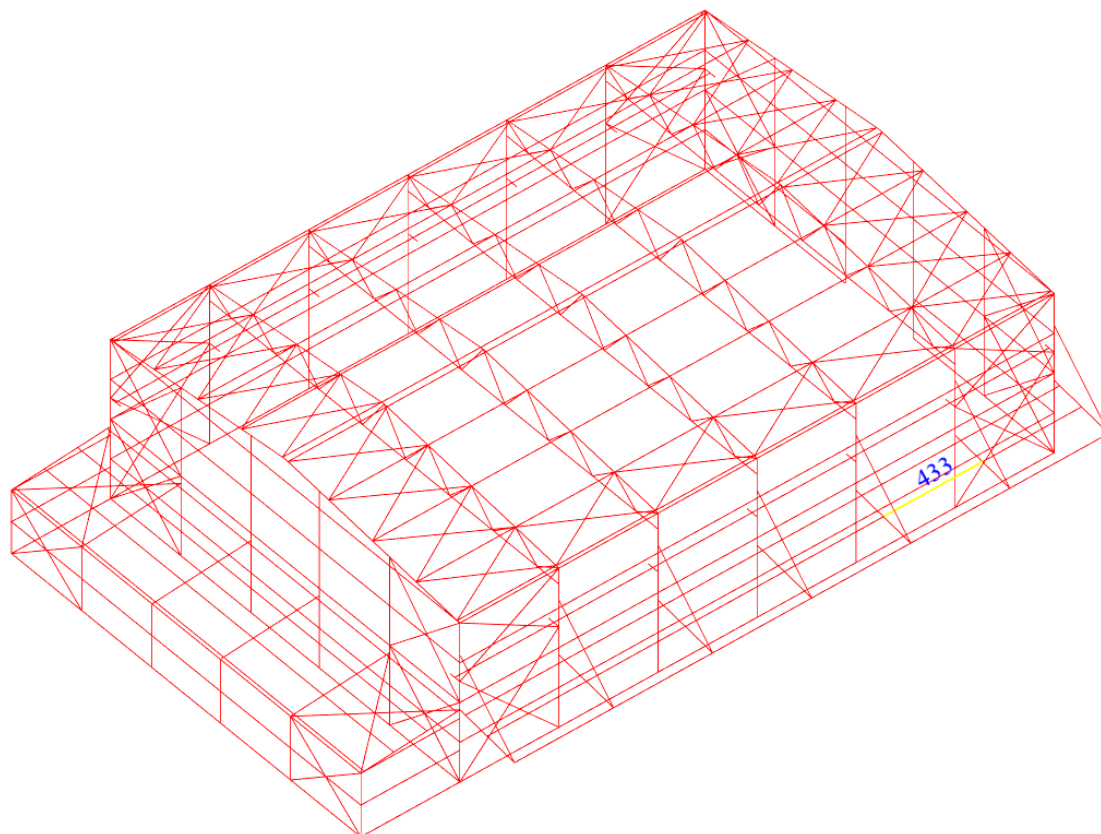


Displacements (GLOBAL SYSTEM): *Not analyzed*

Section OK !!!

6.6.5. Podrožnice - nadstrešnica

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 68. Položaj podrožnice na nadstrešnici mjerodavne za dimenzioniranje - element 433
[izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*
 ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

CODE GROUP:

MEMBER: 433
 = 6.00 m

POINT:

COORDINATE: x = 1.00 L

LOADS:

Governing Load Case: 301 Kombinacija 270 (1+2)*1.35+(4+7+20)*1.50+(15+23)*0.90

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa

**SECTION PARAMETERS: Pod n**

h=220 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=110 mm	Ay=2289 mm ²	Az=1588 mm ²	Ax=3337 mm ²
tw=6 mm	Iy=27718400 mm ⁴	Iz=2048860 mm ⁴	Ix=88600 mm ⁴
tf=9 mm	Wply=285426 mm ³	Wplz=58112 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 0.21 kN	My,Ed = -21.31 kN*m	Mz,Ed = 0.60 kN*m	Vy,Ed = -0.19 kN
Nc,Rd = 917.69 kN	My,Ed,max = -26.63 kN*m		Mz,Ed,max = 0.60 kN*m
	Vy,T,Rd = 363.38 kN		
Nb,Rd = 720.60 kN	My,c,Rd = 78.49 kN*m	Mz,c,Rd = 15.98 kN*m	Vz,Ed = -21.08 kN
	MN,y,Rd = 78.49 kN*m	MN,z,Rd = 15.98 kN*m	Vz,T,Rd = 252.11 kN
	Mb,Rd = 33.28 kN*m		Tt,Ed = -0.00 kN*m
			Class of section = 1

**LATERAL BUCKLING PARAMETERS:**

z = 0.00	Mcr = 34.53 kN*m	Curve,LT - b	XLT = 0.42
Lcr,low=6.00 m	Lam_LT = 1.51	fi,LT = 1.54	XLT,mod = 0.42

BUCKLING PARAMETERS:

About y axis:

Ly = 6.00 m	Lam_y = 0.76
Lcr,y = 6.00 m	Xy = 0.82
Lamy = 65.83	kyy = 1.00



About z axis:

Lz = 6.00 m	Lam_z = 0.70
Lcr,z = 1.50 m	Xz = 0.79
Lamz = 60.54	kyz = 1.40

Torsional buckling:

Curve,T=b	alfa,T=0.34
Lt=6.00 m	fi,T=1.12
Ncr,T=949.14 kN	X,T=0.61
Lam_T=0.98	Nb,T,Rd=557.64 kN

Flexural-torsional buckling

Curve,TF=b	alfa,TF=0.34
Ncr,y=1595.82 kN	fi,TF=1.12
Ncr,TF=949.14 kN	X,TF=0.61
Lam_TF=0.98	Nb,TF,Rd=557.64 kN

VERIFICATION FORMULAS:**Section strength check:**

$$N,Ed/Nc,Rd = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$My,Ed/MN,y,Rd = 0.27 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(My,Ed/MN,y,Rd)^{2.00} + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^{1.00} = 0.11 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.08 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Global stability check of member:

$$\lambda_{y} = 65.83 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{z} = 60.54 < \lambda_{z,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N,Ed/\min(Nb,Rd,Nb,T,Rd,Nb,TF,Rd) = 0.00 < 1.00 \quad (6.3.1)$$

$$My,Ed,max/Mb,Rd = 0.80 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N,Ed/(Xy \cdot N,Rk/gM1) + kyy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kyz \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.86 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N,Ed/(Xz \cdot N,Rk/gM1) + kzy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kzz \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.47 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 1 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 30 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: 719 Kombinacija 278 u $(1+2+4+7+20)*1.00+(15+24)*0.60$

$u_z = 2 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 30 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: 700 Kombinacija 259 u $(1+2+4+7+17)*1.00+(13+30)*0.60$

$u_{\text{inst},y} = 1 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/250.00 = 24 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: $1*4 + 0.6*15 + 1*20 + 1*7 + 0.6*24$

$u_{\text{inst},z} = 1 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/250.00 = 24 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: $1*4 + 0.6*13 + 1*17 + 1*7 + 0.6*30$

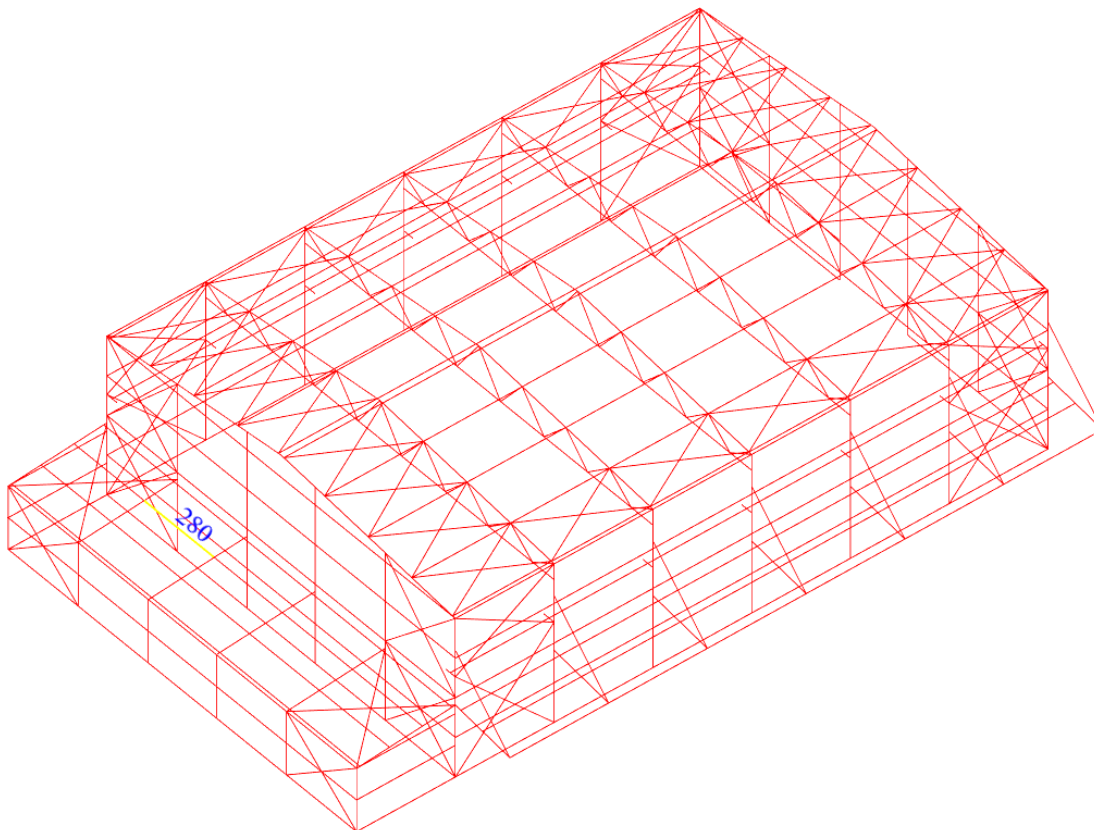


Displacements (GLOBAL SYSTEM): Not analyzed

Section OK !!!

6.6.6. Podrožnice - ured

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 69. Položaj podrožnice na uredu mjerodavne za dimenzioniranje - element 280 [izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

 CODE GROUP:

MEMBER: 280
 = 5.15 m

POINT:

COORDINATE: $x = 1.00 L$

 LOADS:

Governing Load Case: 244 Kombinacija 213 $(1+2)*1.35+(3+5+6+19)*1.50+(15+24)*0.90$

 MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



SECTION PARAMETERS: Pod h i u

h=180 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=91 mm	Ay=1621 mm ²	Az=1125 mm ²	Ax=2395 mm ²
tw=5 mm	Iy=13169600 mm ⁴	Iz=1008500 mm ⁴	Ix=49000 mm ⁴
tf=8 mm	Wply=166424 mm ³	Wplz=34600 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 1.28 kN	My,Ed = -5.83 kN*m	Mz,Ed = 0.75 kN*m	Vy,Ed = -0.29 kN
Nc,Rd = 658.55 kN	My,Ed,max = -5.83 kN*m	Mz,Ed,max = 0.75 kN*m	Vy,T,Rd = 257.32 kN
Nb,Rd = 507.58 kN	My,c,Rd = 45.77 kN*m	Mz,c,Rd = 9.52 kN*m	Vz,Ed = -6.54 kN
	MN,y,Rd = 45.77 kN*m	MN,z,Rd = 9.52 kN*m	Vz,T,Rd = 178.62 kN
	Mb,Rd = 18.88 kN*m		Tt,Ed = -0.00 kN*m
			Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

z = 0.00	Mcr = 19.42 kN*m	Curve,LT - b	XLT = 0.41
Lcr,low=5.15 m	Lam_LT = 1.54	fi,LT = 1.58	XLT,mod = 0.41

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

Ly = 5.15 m	Lam_y = 0.80
Lcr,y = 5.15 m	Xy = 0.80
Lamy = 69.45	kyy = 1.00



About z axis:

Lz = 5.15 m	Lam_z = 0.72
Lcr,z = 1.29 m	Xz = 0.77
Lamz = 62.74	kyz = 1.40

Torsional buckling:

Curve,T=b	alfa,T=0.34
Lt=5.15 m	fi,T=1.05
Ncr,T=766.92 kN	X,T=0.64
Lam_T=0.93	Nb,T,Rd=424.12 kN

Flexural-torsional buckling

Curve,TF=b	alfa,TF=0.34
Ncr,y=1029.15 kN	fi,TF=1.05
Ncr,TF=766.92 kN	X,TF=0.64
Lam_TF=0.93	Nb,TF,Rd=424.12 kN

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N,Ed/Nc,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $My,Ed/MN,y,Rd = 0.13 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.08 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(My,Ed/MN,y,Rd)^2 + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^2 = 0.10 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.04 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{xy,Ed}/(fy/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{xz,Ed}/(fy/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Global stability check of member:

$\lambda_{y} = 69.45 < \lambda_{y,max} = 210.00$ $\lambda_{z} = 62.74 < \lambda_{z,max} = 210.00$ STABLE
 $N,Ed/\min(Nb,Rd,Nb,T,Rd,Nb,TF,Rd) = 0.00 < 1.00$ (6.3.1)
 $My,Ed,max/Mb,Rd = 0.31 < 1.00$ (6.3.2.1.(1))
 $N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) + kyz*Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.42 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) + kzz*Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.24 < 1.00$ (6.3.3.(4))

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 2 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 26 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: 782 Kombinacija 341 u $(1+2+15+24+19)*1.00+(3+5+6)*0.50$

$u_z = 1 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 26 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: 442 Kombinacija 1 u $(1+2+3+6+5)*1.00$

$u_{\text{inst},y} = 1 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/250.00 = 21 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: $0.5*3 + 1*15 + 1*19 + 0.5*5 + 0.5*6 + 1*24$

$u_{\text{inst},z} = 1 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/250.00 = 21 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: $1*16 + 1*17 + 1*24$

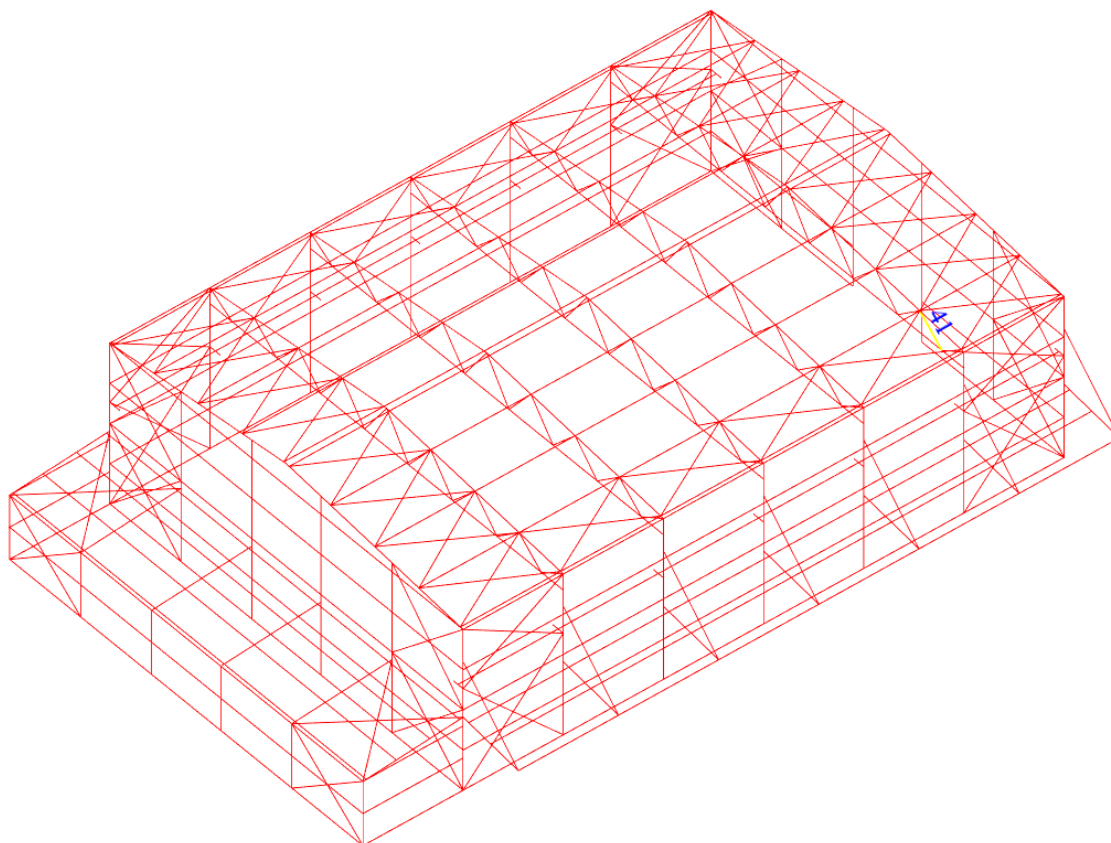


Displacements (GLOBAL SYSTEM): *Not analyzed*

Section OK !!!

6.6.7. Ispuna

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 70. Položaj ispune mjerodavne za dimenzioniranje - element 41 [izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*
 ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

CODE GROUP:

MEMBER: 41
 = 2.09 m

POINT:

COORDINATE: x = 1.00 L

LOADS:

Governing Load Case: 196 Kombinacija 165 (1+2)*1.35+(3+5+6+19)*1.50+(9+15)*0.90

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 255.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: Ispuna

h=50 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=50 mm	Ay=2500 mm ²	Az=2500 mm ²	Ax=2500 mm ²
tw=25 mm	Iy=520833 mm ⁴	Iz=520833 mm ⁴	Ix=878644 mm ⁴
tf=25 mm	Wply=31250 mm ³	Wplz=31250 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 174.49 kN	My,Ed = -0.01 kN*m	Mz,Ed = 0.16 kN*m	Vy,Ed = 0.05 kN
Nc,Rd = 637.50 kN	My,Ed,max = 0.02 kN*m	Mz,Ed,max = 0.17 kN*m	Vy,T,Rd = 366.99 kN
Nb,Rd = 179.62 kN	My,c,Rd = 7.97 kN*m	Mz,c,Rd = 7.97 kN*m	Vz,Ed = -0.01 kN
	MN,y,Rd = 5.79 kN*m	MN,z,Rd = 5.79 kN*m	Vz,T,Rd = 366.99 kN
			Tt,Ed = -0.01 kN*m
			Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

Ly = 2.09 m	Lam_y = 1.61
Lcr,y = 2.09 m	Xy = 0.28
Lamy = 145.04	kzy = 0.41



About z axis:

Lz = 2.09 m	Lam_z = 1.61
Lcr,z = 2.09 m	Xz = 0.28
Lamz = 145.04	kzz = 0.25

Torsional buckling:

Curve,T=c	alfa,T=0.49
Lt=2.09 m	fi,T=0.47
Ncr,T=176682.69 kN	X,T=1.00
Lam_T=0.06	Nb,T,Rd=637.50 kN

Flexural-torsional buckling

Curve,TF=c	alfa,TF=0.49
Ncr,y=246.32 kN	fi,TF=2.14
Ncr,TF=246.32 kN	X,TF=0.28
Lam_TF=1.61	Nb,TF,Rd=179.62 kN

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N,Ed/Nc,Rd = 0.27 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $My,Ed/MN,y,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.03 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(My,Ed/MN,y,Rd)^{1.81} + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^{1.81} = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{xy,Ed}/(fy/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{xz,Ed}/(fy/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Global stability check of member:

$\lambda_{y} = 145.04 < \lambda_{y,max} = 210.00$ $\lambda_{z} = 145.04 < \lambda_{z,max} = 210.00$ STABLE
 $N,Ed/\min(Nb,Rd,Nb,T,Rd,Nb,TF,Rd) = 0.97 < 1.00$ (6.3.1)
 $N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) + kyz*Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.98 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) + kzz*Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.98 < 1.00$ (6.3.3.(4))

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 0 \text{ mm} < u_{y,max} = L/200.00 = 10 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: 462 Kombinacija 21 u $(1+2+3+5+6)*1.00+(9+15)*0.60$

uz = 0 mm < uz max = L/200.00 = 10 mm Verified

Governing Load Case: 551 Kombinacija 110 u $(1+2+10+15+20)*1.00$

u inst,y = 0 mm < u inst,max,y = L/250.00 = 8 mm Verified

Governing Load Case: 1*12 + 1*18 + 1*31

u inst,z = 0 mm < u inst,max,z = L/250.00 = 8 mm Verified

Governing Load Case: 1*10 + 1*15 + 1*20

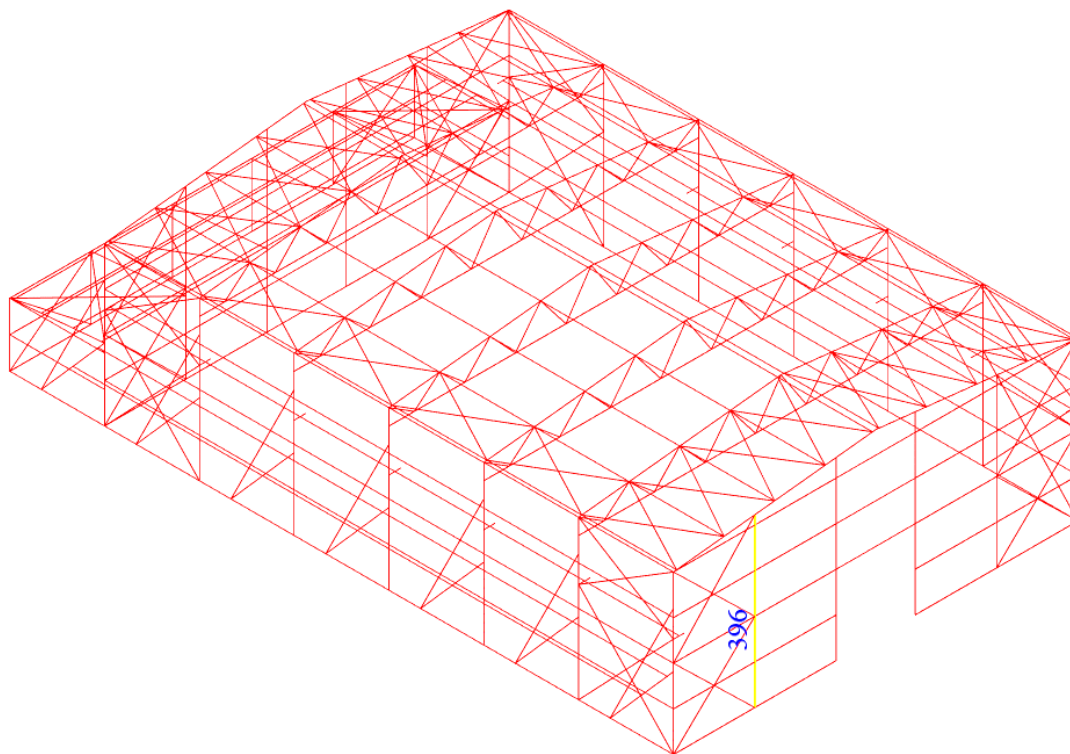


Displacements (GLOBAL SYSTEM): *Not analyzed*

Section OK !!!

6.6.8. Zabatni stupovi

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 71. Položaj zabatnog stupa mjerodavnog za dimenzioniranje - element 396 [izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

 CODE GROUP:

MEMBER: *396 Zabatni stupovi_396*
 = 0.28 L = 2.90 m

POINT: COORDINATE: *x*

 LOADS:

Governing Load Case: *39 Kombinacija 8 (1+2)*1.35+(10+16)*1.50*

 MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: Zabat

h=250 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=260 mm	Ay=7354 mm ²	Az=2876 mm ²	Ax=8682 mm ²
tw=8 mm	Iy=104550000 mm ⁴	Iz=36675600 mm ⁴	Ix=463000 mm ⁴
tf=13 mm	Wply=919857 mm ³	Wplz=430179 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 111.50 kN	My,Ed = -53.69 kN*m	Mz,Ed = 4.39 kN*m	Vy,Ed = 5.16 kN
Nc,Rd = 2387.53 kN	My,Ed,max = -67.71 kN*m		Mz,Ed,max = -6.42 kN*m
	Vy,T,Rd = 1167.58 kN		
Nb,Rd = 1265.36 kN	My,c,Rd = 252.96 kN*m	Mz,c,Rd = 118.30 kN*m	Vz,Ed = -6.83 kN
	MN,y,Rd = 252.96 kN*m	MN,z,Rd = 118.30 kN*m	Vz,T,Rd = 456.56 kN
	Mb,Rd = 252.96 kN*m		Tt,Ed = 0.00 kN*m
			Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

z = 0.00	Mcr = 1595.68 kN*m	Curve,LT - b	XLT = 1.00
Lcr,low=2.64 m	Lam_LT = 0.40	fi,LT = 0.56	XLT,mod = 1.00

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

Ly = 10.56 m	Lam_y = 1.11
Lcr,y = 10.56 m	Xy = 0.53
Lamy = 96.26	kyy = 0.91



About z axis:

Lz = 10.56 m	Lam_z = 0.44
Lcr,z = 2.50 m	Xz = 0.87
Lamz = 38.46	kyz = 0.69

Torsional buckling:

Curve,T=c	alfa,T=0.49
Lt=2.64 m	fi,T=0.66
Ncr,T=11748.03 kN	X,T=0.87
Lam_T=0.45	Nb,T,Rd=2077.39 kN

Flexural-torsional buckling

Curve,TF=c	alfa,TF=0.49
Ncr,y=1941.98 kN	fi,TF=1.34
Ncr,TF=1941.98 kN	X,TF=0.48
Lam_TF=1.11	Nb,TF,Rd=1145.03 kN

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N,Ed/Nc,Rd = 0.05 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $My,Ed/MN,y,Rd = 0.21 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.04 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(My,Ed/MN,y,Rd)^{2.00} + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^{1.00} = 0.08 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.01 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Global stability check of member:

$\lambda_{y} = 96.26 < \lambda_{y,max} = 210.00$ $\lambda_{z} = 38.46 < \lambda_{z,max} = 210.00$ STABLE
 $N,Ed/\min(Nb,Rd,Nb,T,Rd,Nb,TF,Rd) = 0.10 < 1.00$ (6.3.1)
 $My,Ed,max/Mb,Rd = 0.27 < 1.00$ (6.3.2.1.(1))
 $N,Ed/(Xy \cdot N,Rk/gM1) + kyy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kyz \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.37 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N,Ed/(Xz \cdot N,Rk/gM1) + kzy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kzz \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.24 < 1.00$ (6.3.3.(4))

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 0 \text{ mm} < u_y \text{ max} = L/200.00 = 53 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 799 Kombinacija 358 u $(1+2+9+15+20)*1.00+(4+7)*0.50$

$u_z = 24 \text{ mm} < u_z \text{ max} = L/200.00 = 53 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 768 Kombinacija 327 u $(1+2+13+31+17)*1.00+(3+5+6)*0.50$

$u_{\text{inst},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/250.00 = 42 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: $0.5*4 + 1*9 + 1*16 + 1*17 + 0.5*7$

$u_{\text{inst},z} = 24 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/250.00 = 42 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: $0.5*3 + 1*13 + 1*17 + 0.5*5 + 0.5*6 + 1*31$



Displacements (GLOBAL SYSTEM):

$v_x = 5 \text{ mm} < v_x \text{ max} = L/150.00 = 70 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 451 Kombinacija 10 u $(1+2+11+16)*1.00$

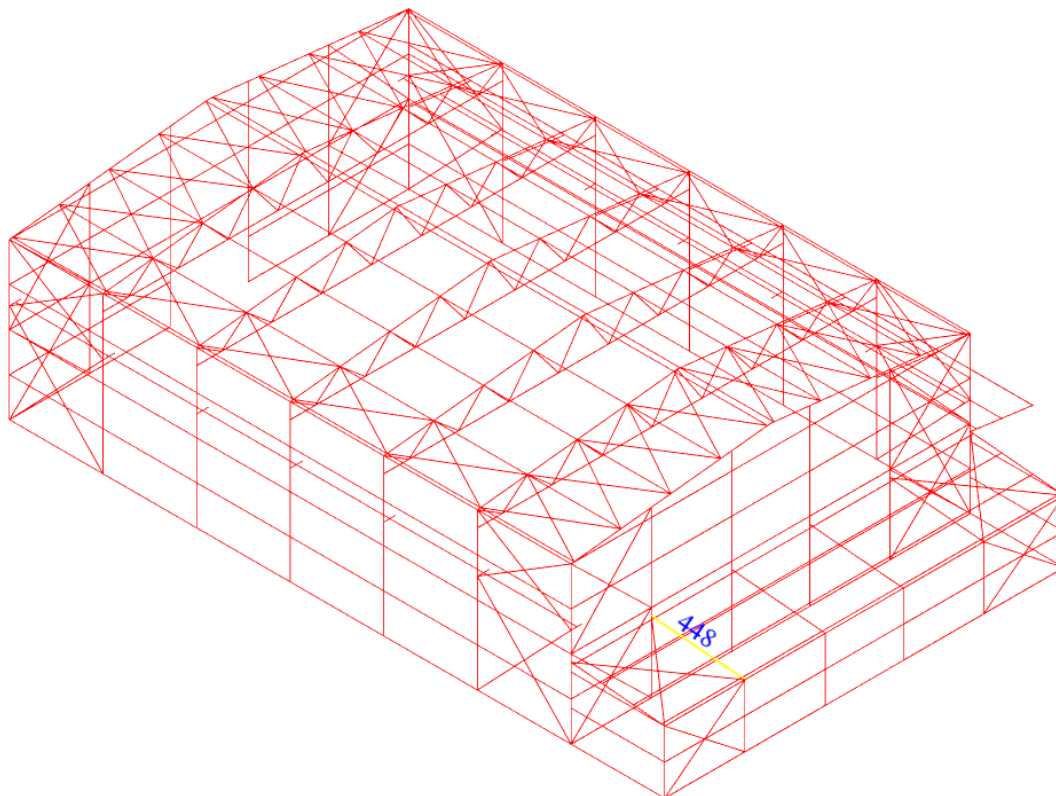
$v_y = 15 \text{ mm} < v_y \text{ max} = L/150.00 = 70 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 766 Kombinacija 325 u $(1+2+13+30+19)*1.00+(3+5+6)*0.50$

Section OK !!!

6.6.9. Nosači ureda

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 72. Položaj nosača ureda mjerodavnog za dimenzioniranje - element 448 [izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*
 ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

CODE GROUP:

MEMBER: 448 Nosač ureda_448 **POINT:**
 = 6.02 m

COORDINATE: x = 1.00 L

LOADS:

Governing Load Case: 32 Kombinacija 1 (1+2)*1.35+(3+6+5)*1.50

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa

**SECTION PARAMETERS: Nosači**

h=133 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=140 mm	Ay=2636 mm ²	Az=1012 mm ²	Ax=3142 mm ²
tw=6 mm	Iy=10331300 mm ⁴	Iz=3893210 mm ⁴	Ix=79700 mm ⁴
tf=9 mm	Wply=173506 mm ³	Wplz=84850 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 6.20 kN	My,Ed = -21.75 kN*m	Mz,Ed = -0.27 kN*m	Vy,Ed = 0.69 kN
Nc,Rd = 863.94 kN	My,Ed,max = -27.83 kN*m		Mz,Ed,max = -0.27 kN*m
	Vy,T,Rd = 416.90 kN		
Nb,Rd = 408.38 kN	My,c,Rd = 47.71 kN*m	Mz,c,Rd = 23.33 kN*m	Vz,Ed = -27.58 kN
	MN,y,Rd = 47.71 kN*m	MN,z,Rd = 23.33 kN*m	Vz,T,Rd = 160.35 kN
	Mb,Rd = 33.03 kN*m		Tt,Ed = 0.01 kN*m
			Class of section = 1

**LATERAL BUCKLING PARAMETERS:**

z = 0.00	Mcr = 44.45 kN*m	Curve,LT - b	XLT = 0.68
Lcr,low=6.02 m	Lam_LT = 1.04	fi,LT = 1.01	XLT,mod = 0.69

BUCKLING PARAMETERS:

About y axis:

Ly = 6.02 m	Lam_y = 1.21
Lcr,y = 6.02 m	Xy = 0.47
Lamy = 105.05	kyy = 1.00



About z axis:

Lz = 6.02 m	Lam_z = 0.65
Lcr,z = 1.99 m	Xz = 0.76
Lamz = 56.47	kyz = 1.09

Torsional buckling:

Curve,T=c	alfa,T=0.49
Lt=6.02 m	fi,T=0.90
Ncr,T=1612.03 kN	X,T=0.70
Lam_T=0.73	Nb,T,Rd=608.86 kN

Flexural-torsional buckling

Curve,TF=c	alfa,TF=0.49
Ncr,y=590.02 kN	fi,TF=1.48
Ncr,TF=590.02 kN	X,TF=0.43
Lam_TF=1.21	Nb,TF,Rd=370.63 kN

VERIFICATION FORMULAS:**Section strength check:**

$$N,Ed/Nc,Rd = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$My,Ed/MN,y,Rd = 0.46 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(My,Ed/MN,y,Rd)^{2.00} + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^{1.00} = 0.22 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.17 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Global stability check of member:

$$\lambda_{y} = 105.05 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{z} = 56.47 < \lambda_{z,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N,Ed/\min(Nb,Rd,Nb,T,Rd,Nb,TF,Rd) = 0.02 < 1.00 \quad (6.3.1)$$

$$My,Ed,max/Mb,Rd = 0.84 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N,Ed/(Xy \cdot N,Rk/gM1) + kyy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kyz \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.87 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N,Ed/(Xz \cdot N,Rk/gM1) + kzy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kzz \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.47 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 0 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 30 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: 846 Kombinacija 405 u $(1+2+15+24+19)*1.00+(4+7)*0.50$

$u_z = 13 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 30 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: 442 Kombinacija 1 u $(1+2+3+6+5)*1.00$

$u_{\text{inst},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/250.00 = 24 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: $0.5*4 + 1*15 + 1*19 + 0.5*7 + 1*24$

$u_{\text{inst},z} = 5 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/250.00 = 24 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: $0.5*4 + 1*15 + 1*19 + 0.5*7 + 1*24$

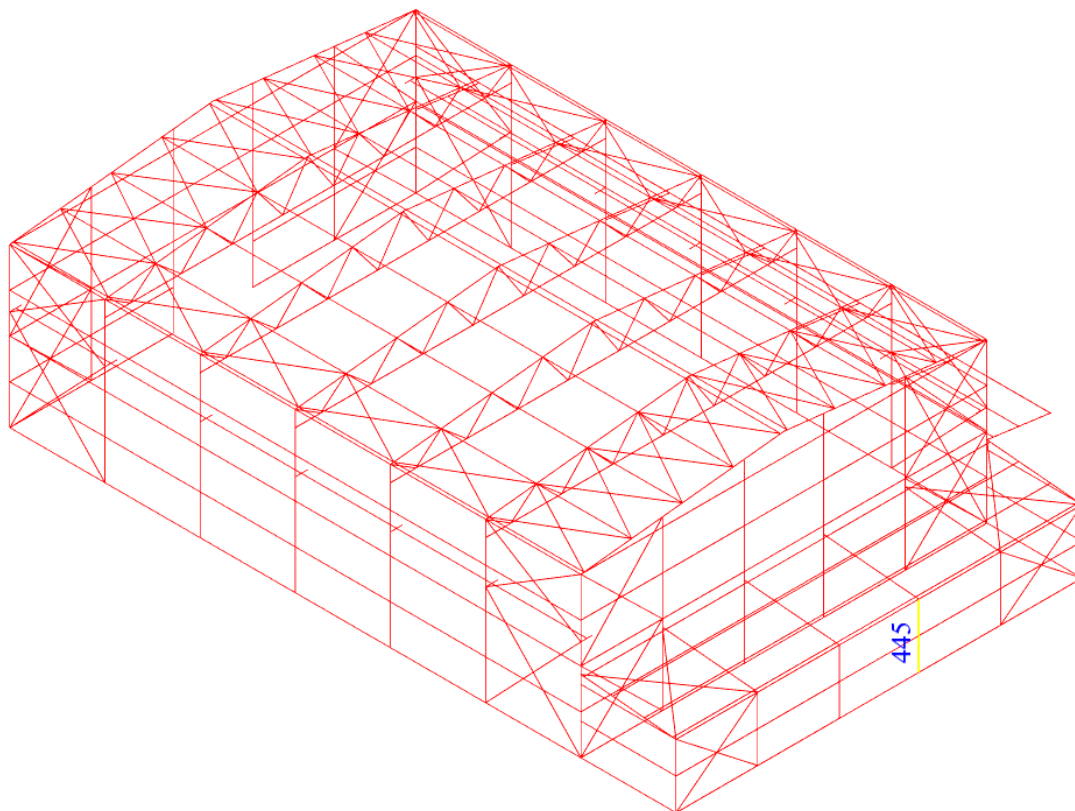


Displacements (GLOBAL SYSTEM): Not analyzed

Section OK !!!

6.6.10. Stupovi ureda

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 73. Položaj stupa ureda mjerodavnog za dimenzioniranje - element 445 [izradio autor]

STEEL DESIGN

CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*
ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

CODE GROUP:
MEMBER: 445 Stupovi ureda_445 **POINT:** **COORDINATE:** $x = 1.00 L$
 = 4.00 m

LOADS:
Governing Load Case: 198 Kombinacija 167 $(1+2)*1.35+(3+5+6+17)*1.50+(9+16)*0.90$

MATERIAL:
 S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$

**SECTION PARAMETERS: Stupovi uredi**

h=190 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=200 mm	Ay=4512 mm ²	Az=1808 mm ²	Ax=5383 mm ²
tw=7 mm	Iy=36921500 mm ⁴	Iz=13355100 mm ⁴	Ix=186000 mm ⁴
tf=10 mm	Wply=429521 mm ³	Wplz=203822 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 28.91 kN	My,Ed = 20.53 kN*m	Mz,Ed = 0.06 kN*m	Vy,Ed = -0.08 kN
Nc,Rd = 1480.36 kN	My,Ed,max = 20.53 kN*m	Mz,Ed,max = -0.59 kN*m	Vy,T,Rd = 716.09 kN
Nb,Rd = 1270.70 kN	My,c,Rd = 118.12 kN*m	Mz,c,Rd = 56.05 kN*m	Vz,Ed = 3.09 kN
	MN,y,Rd = 118.12 kN*m	MN,z,Rd = 56.05 kN*m	Vz,T,Rd = 287.00 kN
	Mb,Rd = 118.12 kN*m		Tt,Ed = 0.00 kN*m
			Class of section = 1

**LATERAL BUCKLING PARAMETERS:**

z = 0.00	Mcr = 2743.12 kN*m	Curve,LT - b	XLT = 1.00
Lcr,upp=1.00 m	Lam_LT = 0.21	fi,LT = 0.48	XLT,mod = 1.00

BUCKLING PARAMETERS:

About y axis:

Ly = 4.00 m	Lam_y = 0.56
Lcr,y = 4.00 m	Xy = 0.86
Lamy = 48.30	kyy = 0.79



About z axis:

Lz = 4.00 m	Lam_z = 0.46
Lcr,z = 2.00 m	Xz = 0.86
Lamz = 40.15	kyz = 0.53

Torsional buckling:

Curve,T=c	alfa,T=0.49
Lt=1.00 m	fi,T=0.54
Ncr,T=25614.50 kN	X,T=0.98
Lam_T=0.24	Nb,T,Rd=1449.93 kN

Flexural-torsional buckling

Curve,TF=c	alfa,TF=0.49
Ncr,y=4782.76 kN	fi,TF=0.74
Ncr,TF=4782.76 kN	X,TF=0.81
Lam_TF=0.56	Nb,TF,Rd=1200.49 kN

VERIFICATION FORMULAS:**Section strength check:**

$$N,Ed/Nc,Rd = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$My,Ed/MN,y,Rd = 0.17 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(My,Ed/MN,y,Rd)^{2.00} + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^{1.00} = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Global stability check of member:

$$\lambda_{y} = 48.30 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{z} = 40.15 < \lambda_{z,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N,Ed/\min(Nb,Rd,Nb,T,Rd,Nb,TF,Rd) = 0.02 < 1.00 \quad (6.3.1)$$

$$My,Ed,max/Mb,Rd = 0.17 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N,Ed/(Xy \cdot N,Rk/gM1) + kyy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kyz \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.17 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N,Ed/(Xz \cdot N,Rk/gM1) + kzy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kzz \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.10 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 0 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 20 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 10 Vjetar 1__1.slucuj (otvoreno)

$u_z = 3 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 20 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 24 Vjetar 4 (otvoreno)

$u_{\text{inst},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/250.00 = 16 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: $0.5*4 + 1*10 + 1*15 + 1*19 + 0.5*7$

$u_{\text{inst},z} = 3 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/250.00 = 16 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: $0.5*4 + 1*15 + 0.5*7 + 1*24$



Displacements (GLOBAL SYSTEM):

$v_x = 0 \text{ mm} < v_{x \text{ max}} = L/150.00 = 27 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 449 Kombinacija 8 u $(1+2+10+16)*1.00$

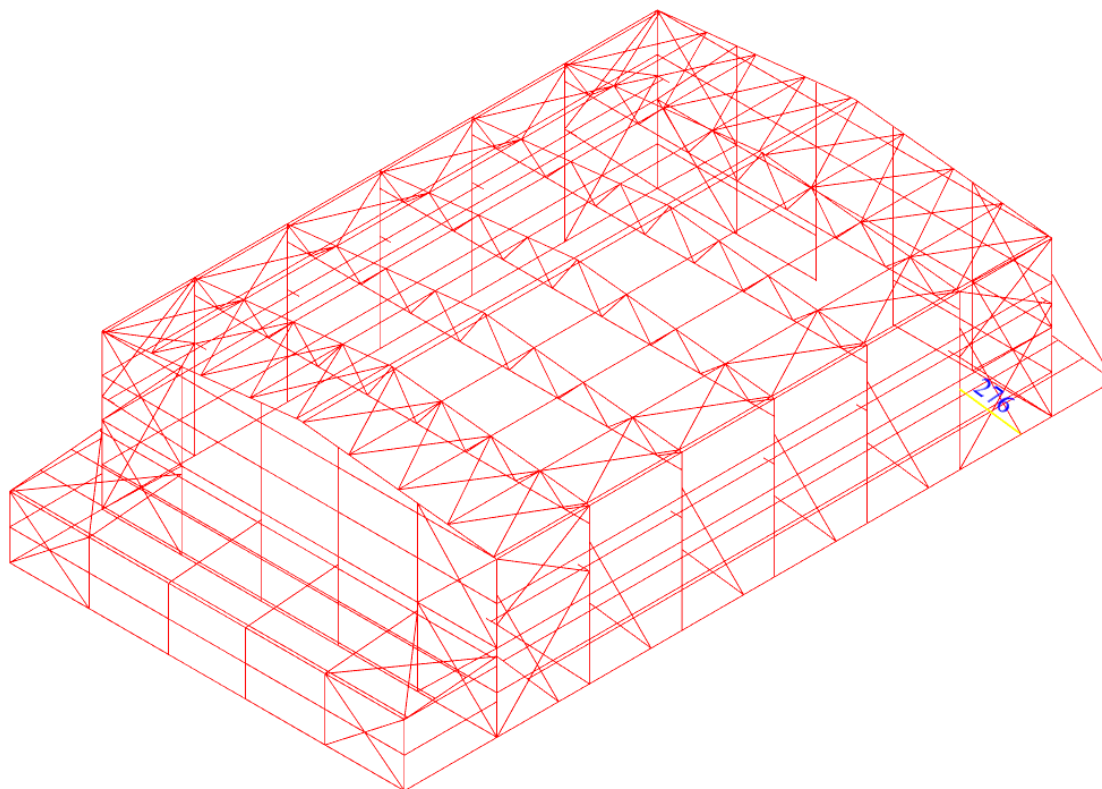
$v_y = 24 \text{ mm} < v_{y \text{ max}} = L/150.00 = 27 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 506 Kombinacija 65 u $(1+2+15+24)*1.00+(3+5+6)*0.50$

Section OK !!!

6.6.11. Nosač nadstrešnice

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 74. Položaj nosača nadstrešnice mjerdavnog za dimenzioniranje - element 276

[izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

 CODE GROUP:

MEMBER: *276 Nosač nadstrešnice_276*
 = 0.00 L = 0.00 m

POINT: COORDINATE: *x*

 LOADS:

Governing Load Case: *70 Kombinacija 39 (1+2)*1.35+(4+7)*1.50+(10+15)*0.90*

 MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa

**SECTION PARAMETERS: Nosači2**

h=152 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=160 mm	Ay=3253 mm ²	Az=1321 mm ²	Ax=3877 mm ²
tw=6 mm	Iy=16729800 mm ⁴	Iz=6155730 mm ⁴	Ix=109000 mm ⁴
tf=9 mm	Wply=245167 mm ³	Wplz=117635 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 34.41 kN	My,Ed = -52.65 kN*m	Mz,Ed = 0.35 kN*m	Vy,Ed = 1.89 kN
Nc,Rd = 1066.21 kN	My,Ed,max = -52.65 kN*m		Mz,Ed,max = 0.35 kN*m
	Vy,T,Rd = 514.65 kN		
Nb,Rd = 830.90 kN	My,c,Rd = 67.42 kN*m	Mz,c,Rd = 32.35 kN*m	Vz,Ed = 61.63 kN
	MN,y,Rd = 67.42 kN*m	MN,z,Rd = 32.35 kN*m	Vz,T,Rd = 209.26 kN
	Mb,Rd = 67.42 kN*m		Tt,Ed = 0.02 kN*m
			Class of section = 1

**LATERAL BUCKLING PARAMETERS:**

z = 0.00	Mcr = 188.28 kN*m	Curve,LT - b	XLT = 0.92
Lcr,low=4.04 m	Lam_LT = 0.60	fi,LT = 0.67	XLT,mod = 1.00

BUCKLING PARAMETERS:

About y axis:

Ly = 4.04 m	Lam_y = 0.71
Lcr,y = 4.04 m	Xy = 0.78
Lamy = 61.45	kyy = 0.80



About z axis:

Lz = 4.04 m	Lam_z = 0.58
Lcr,z = 2.02 m	Xz = 0.80
Lamz = 50.65	kyz = 0.56

Torsional buckling:

Curve,T=c	alfa,T=0.49
Lt=4.04 m	fi,T=0.87
Ncr,T=2169.76 kN	X,T=0.72
Lam_T=0.70	Nb,T,Rd=772.01 kN

Flexural-torsional buckling

Curve,TF=c	alfa,TF=0.49
Ncr,y=2128.36 kN	fi,TF=0.87
Ncr,TF=2128.36 kN	X,TF=0.72
Lam_TF=0.71	Nb,TF,Rd=767.53 kN

VERIFICATION FORMULAS:**Section strength check:**

$$N,Ed/Nc,Rd = 0.03 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$My,Ed/MN,y,Rd = 0.78 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(My,Ed/MN,y,Rd)^{2.00} + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^{1.00} = 0.62 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.29 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

Global stability check of member:

$$\lambda_{y} = 61.45 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{z} = 50.65 < \lambda_{z,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N,Ed/\min(Nb,Rd,Nb,T,Rd,Nb,TF,Rd) = 0.04 < 1.00 \quad (6.3.1)$$

$$My,Ed,max/Mb,Rd = 0.78 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N,Ed/(Xy \cdot N,Rk/gM1) + kyy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kyz \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.67 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N,Ed/(Xz \cdot N,Rk/gM1) + kzy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kzz \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.37 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 0 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 20 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: 818 Kombinacija 377 u $(1+2+11+16+19)*1.00+(4+7)*0.50$

$u_z = 6 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 20 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: 719 Kombinacija 278 u $(1+2+4+7+20)*1.00+(15+24)*0.60$

$u_{\text{inst},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/250.00 = 16 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: $0.5*4 + 1*11 + 1*16 + 1*19 + 0.5*7$

$u_{\text{inst},z} = 4 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/250.00 = 16 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: $1*4 + 0.6*15 + 1*20 + 1*7 + 0.6*24$

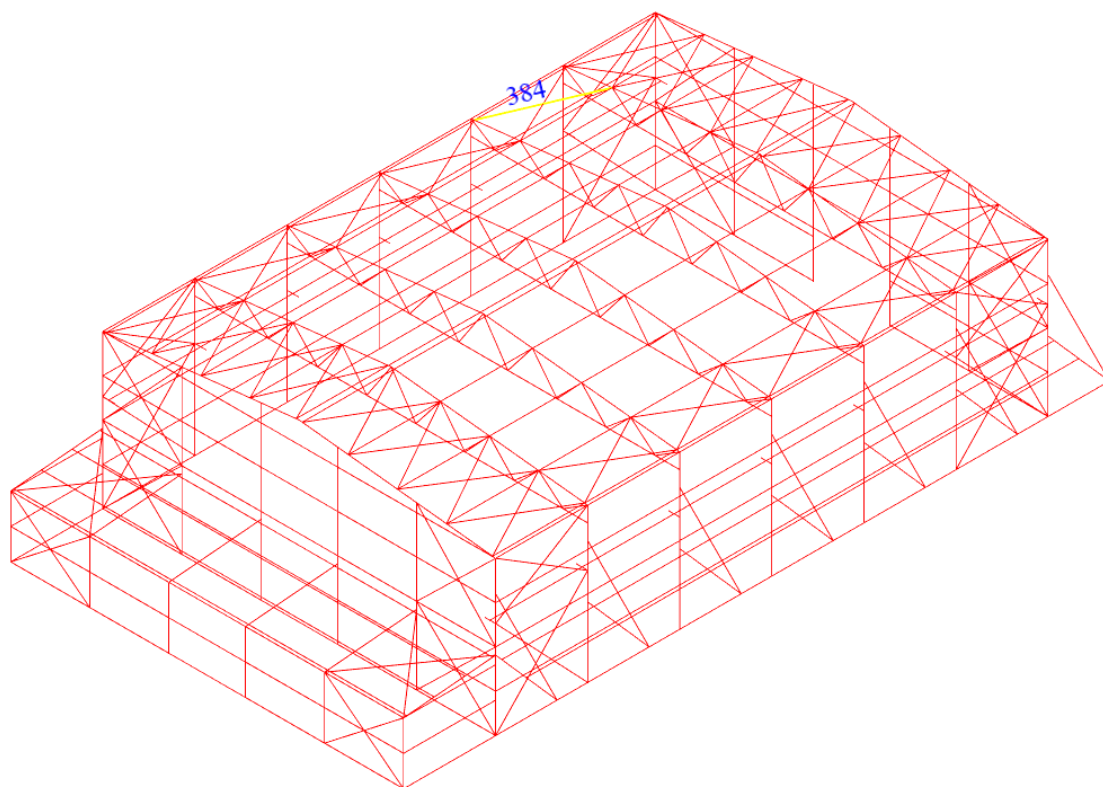


Displacements (GLOBAL SYSTEM): Not analyzed

Section OK !!!

6.6.12. Krovni uzdužni vjetrovni vez

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 75. Položaj krovnog uzdužnog vjetrovnog veza mjerodavnog za dimenzioniranje - element 384
[izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*
 ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

CODE GROUP:

MEMBER: 384 Vezovi_384
 = 6.72 m

POINT:

COORDINATE: x = 1.00 L

LOADS:

Governing Load Case: 41 Kombinacija 10 (1+2)*1.35+(11+16)*1.50

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: Vezovi

h=14 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
	Ay=98 mm ²	Az=98 mm ²	Ax=154 mm ²
tw=7 mm	Iy=1886 mm ⁴	Iz=1886 mm ⁴	Ix=3771 mm ⁴
	Wply=457 mm ³	Wplz=457 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = -27.48 kN
 Nt,Rd = 42.33 kN

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N,Ed/Nt,Rd = 0.65 < 1.00$ (6.2.3.(1))

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 0 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 34 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 547 Kombinacija 106 u (1+2+9+16+20)*1.00

$u_z = 0 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 34 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 443 Kombinacija 2 u (1+2+4+7)*1.00

$u_{\text{inst},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/250.00 = 27 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 1*10 + 1*15 + 1*17

$u_{\text{inst},z} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/250.00 = 27 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 0.5*4 + 1*12 + 1*18 + 0.5*7 + 1*30

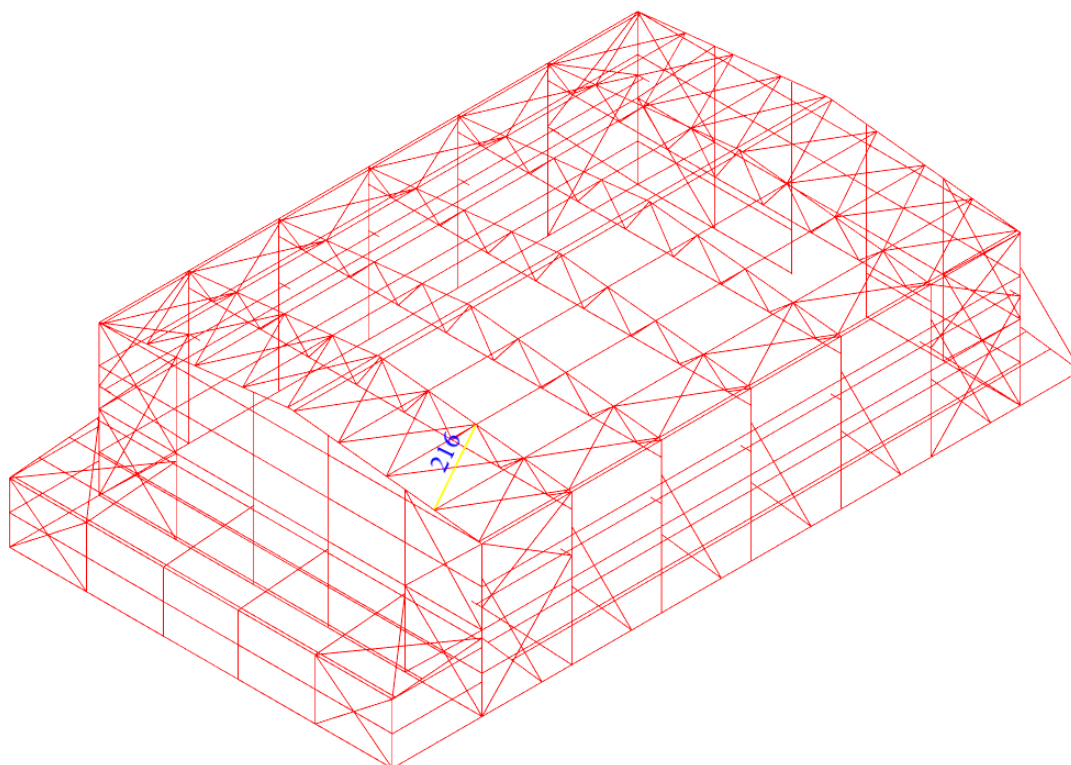


Displacements (GLOBAL SYSTEM): Not analyzed

Section OK !!!

6.6.13. Krovni poprečni vjetrovni vez

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 76. Krovni poprečni vjetrovni vez mjerodavan za dimenzioniranje - element 216
[izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*
 ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

CODE GROUP:

MEMBER: 216 Vezovi_216
 = 6.81 m

POINT:

COORDINATE: x = 1.00 L

LOADS:

Governing Load Case: 420 Kombinacija 389 (1+2)*1.35+(13+30+19)*1.50+(4+7)*0.75

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: Vezovi

h=14 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
	Ay=98 mm ²	Az=98 mm ²	Ax=154 mm ²
tw=7 mm	Iy=1886 mm ⁴	Iz=1886 mm ⁴	Ix=3771 mm ⁴
	Wply=457 mm ³	Wplz=457 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 22.55 kN
 Nc,Rd = 42.33 kN
 Nb,Rd = 42.33 kN

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N,Ed/Nc,Rd = 0.53 < 1.00$ (6.2.4.(1))

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 0 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 34 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 451 Kombinacija 10 u (1+2+11+16)*1.00

$u_z = 0 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 34 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 467 Kombinacija 26 u (1+2+3+5+6)*1.00+(11+16)*0.60

$u_{\text{inst},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/250.00 = 27 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: $0.5*4 + 1*10 + 1*16 + 1*18 + 0.5*7$

$u_{\text{inst},z} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/250.00 = 27 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: $1*3 + 0.6*15 + 1*5 + 1*6 + 0.6*24$

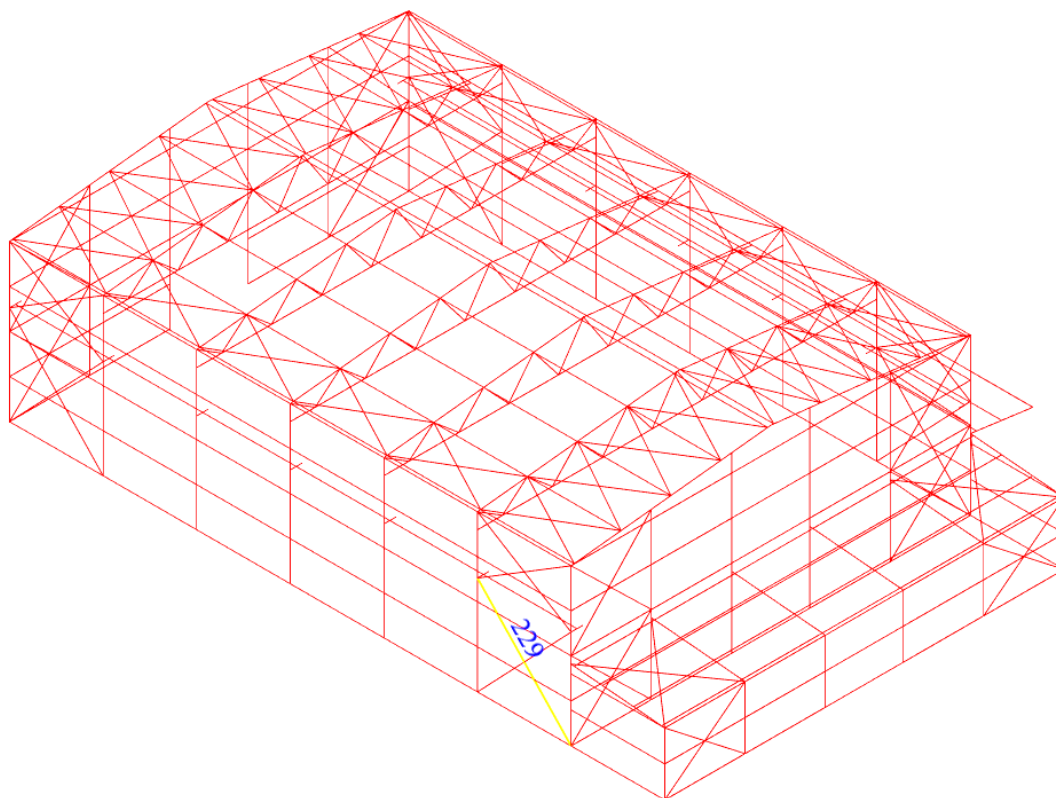


Displacements (GLOBAL SYSTEM): Not analyzed

Section OK !!!

6.6.14. Fasadni uzdužni vjetrovni vez

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 77. Fasadni uzdužni vjetrovni vez mjerodavan za dimenzioniranje - element 229
[izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*
 ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

CODE GROUP:

MEMBER: 229 Vezovi_229
 = 8.71 m

POINT:

COORDINATE: x = 1.00 L

LOADS:

Governing Load Case: 350 Kombinacija 319 (12+31+17)*1.50+(1+2)*1.35+(3+5+6)*0.75

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: Vezovi

h=14 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
	Ay=98 mm ²	Az=98 mm ²	Ax=154 mm ²
tw=7 mm	Iy=1886 mm ⁴	Iz=1886 mm ⁴	Ix=3771 mm ⁴
	Wply=457 mm ³	Wplz=457 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 17.11 kN
 Nc,Rd = 42.33 kN
 Nb,Rd = 42.33 kN

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N,Ed/Nc,Rd = 0.40 < 1.00$ (6.2.4.(1))

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 0 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 44 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 442 Kombinacija 1 u (1+2+3+6+5)*1.00

$u_z = 0 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 44 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 453 Kombinacija 12 u (1+2+12+31)*1.00

$u_{\text{inst},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/250.00 = 35 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: $0.5*3 + 1*8 + 1*16 + 0.5*5 + 0.5*6$

$u_{\text{inst},z} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/250.00 = 35 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: $1*12 + 1*17 + 1*31$

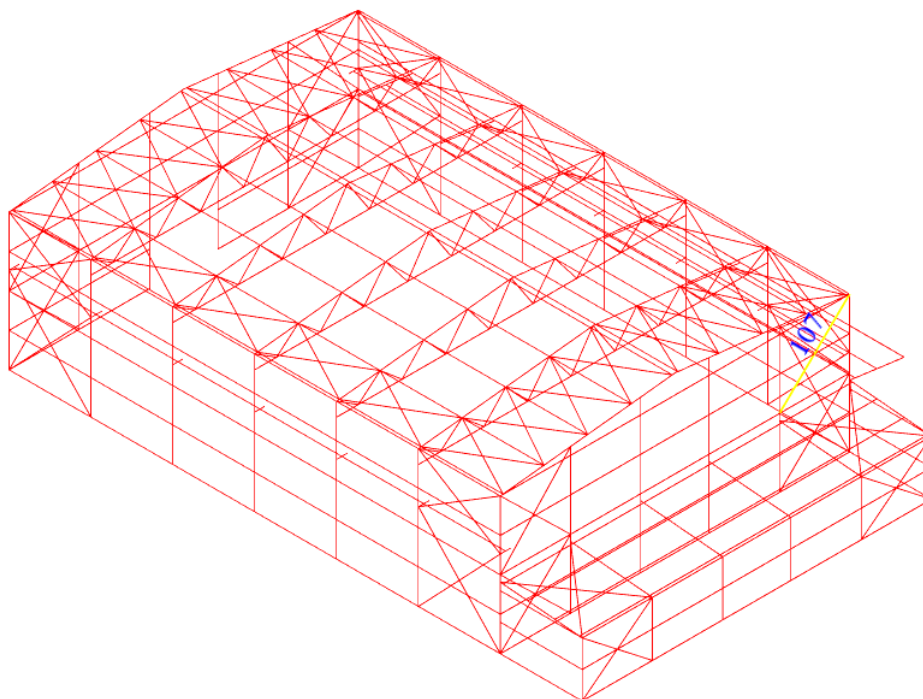


Displacements (GLOBAL SYSTEM): Not analyzed

Section OK !!!

6.6.15. Fasadni poprečni vjetrovni vez

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 78. Fasadni poprečni vjetrovni vez mjerodavan za dimenzioniranje - element 107

[izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

 CODE GROUP:

MEMBER: **107 Vezovi_107**
 = 7.18 m

POINT:

COORDINATE: **x = 1.00 L**

 LOADS:

Governing Load Case: **39 Kombinacija 8 (1+2)*1.35+(10+16)*1.50**

 MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 265.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: Vez zabat

h=24 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
	Ay=288 mm ²	Az=288 mm ²	Ax=452 mm ²
tw=12 mm	Iy=16286 mm ⁴	Iz=16286 mm ⁴	Ix=32572 mm ⁴
	Wply=2304 mm ³	Wplz=2304 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 35.53 kN
 Nc,Rd = 119.88 kN
 Nb,Rd = 119.88 kN

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N,Ed/Nc,Rd = 0.30 < 1.00$ (6.2.4.(1))

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 0 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 36 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 452 Kombinacija 11 u (1+2+12+30)*1.00 Verified

$u_z = 0 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 36 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 449 Kombinacija 8 u (1+2+10+16)*1.00 Verified

$u_{\text{inst},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/250.00 = 29 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 1*16 + 1*19 + 1*23 Verified

$u_{\text{inst},z} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/250.00 = 29 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 0.5*4 + 1*10 + 1*16 + 1*17 + 0.5*7

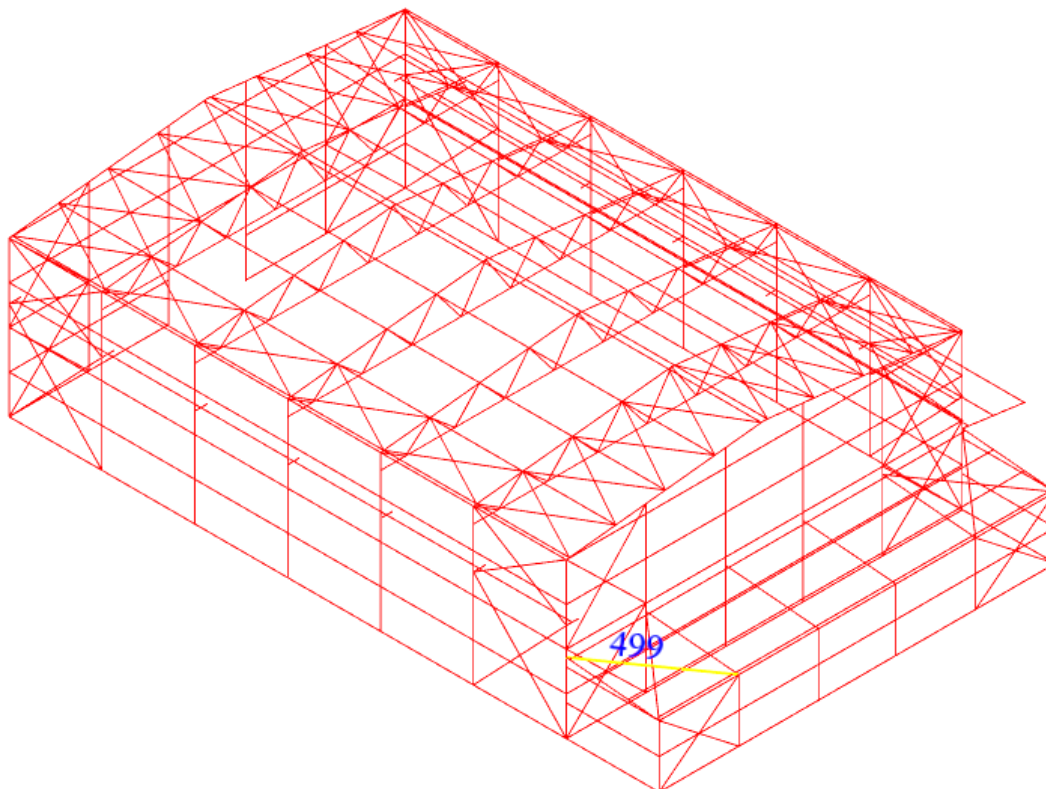


Displacements (GLOBAL SYSTEM): Not analyzed

Section OK !!!

6.6.16. Uredski krovni vjetrovni vez

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 79. Položaj uredskog krovnog vjetrovnog veza mjerodavnog za dimenzioniranje - element 499 [izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

 CODE GROUP:

MEMBER: *499 Vezovi_499*
 = 7.93 m

POINT:

COORDINATE: *x = 1.00 L*

 LOADS:

*Governing Load Case: 372 Kombinacija 341 (1+2)*1.35+(15+24+19)*1.50+(3+5+6)*0.75*

 MATERIAL:

S 275 (S 275) fy = 275.00 MPa



SECTION PARAMETERS: Vez ured

h=12 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
	Ay=72 mm ²	Az=72 mm ²	Ax=113 mm ²
tw=6 mm	Iy=1018 mm ⁴	Iz=1018 mm ⁴	Ix=2036 mm ⁴
	Wply=288 mm ³	Wplz=288 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 21.08 kN
 Nc,Rd = 31.10 kN
 Nb,Rd = 31.10 kN

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N,Ed/Nc,Rd = 0.68 < 1.00$ (6.2.4.(1))

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 0 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 40 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 595 Kombinacija 154 u (1+2+16+20+24)*1.00

$u_z = 0 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 40 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 522 Kombinacija 81 u (1+2+15+24)*1.00+(4+7)*0.50

$u_{\text{inst},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/250.00 = 32 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: $0.5*3 + 1*16 + 1*17 + 0.5*5 + 0.5*6 + 1*24$

$u_{\text{inst},z} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/250.00 = 32 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: $0.5*3 + 1*15 + 1*20 + 0.5*5 + 0.5*6 + 1*24$

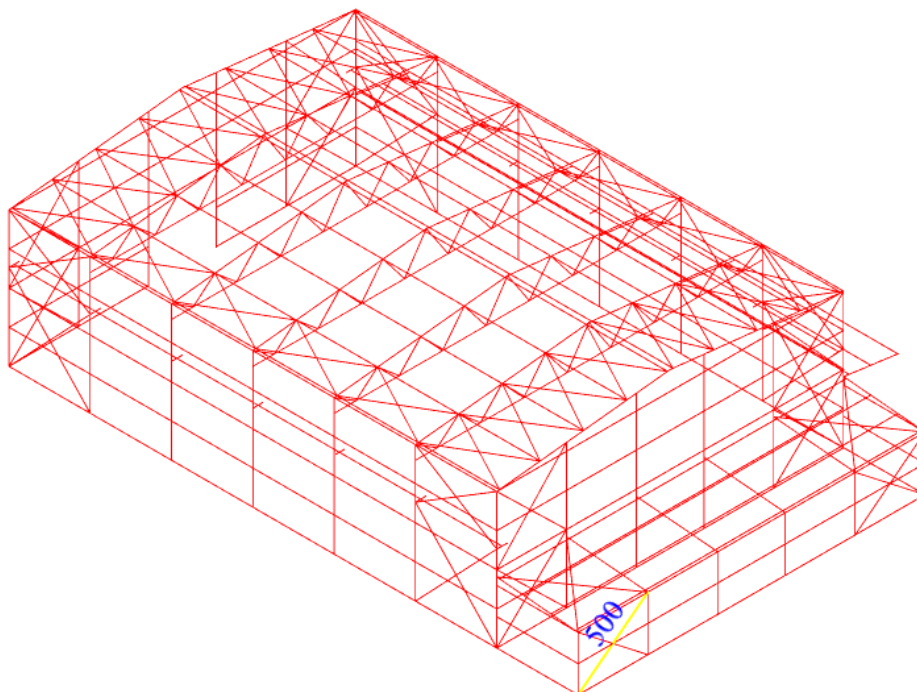


Displacements (GLOBAL SYSTEM): Not analyzed

Section OK !!!

6.6.17. Uredski fasadni vjetrovni vez

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 80. Položaj uredskog fasadnog vjetrovnog veza mjerodavnog za dimenzioniranje - element 500 [izradio autor]

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*
 ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

CODE GROUP:

MEMBER: 500 *Vezovi_500*
 = 6.52 m

POINT:

COORDINATE: x = 1.00 L

LOADS:

Governing Load Case: 87 Kombinacija 56 (1+2)*1.35+(10+16)*1.50+(3+5+6)*0.75

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: Vez ured

h=12 mm

gM0=1.00

gM1=1.00

tw=6 mm	Ay=72 mm ² Iy=1018 mm ⁴ Wply=288 mm ³	Az=72 mm ² Iz=1018 mm ⁴ Wplz=288 mm ³	Ax=113 mm ² Ix=2036 mm ⁴
---------	------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 2.22 kN
Nc,Rd = 31.10 kN
Nb,Rd = 31.10 kN

Class of section = 1

**LATERAL BUCKLING PARAMETERS:****BUCKLING PARAMETERS:**

About y axis:



About z axis:

VERIFICATION FORMULAS:**Section strength check:**

$$N,Ed/Nc,Rd = 0.07 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

LIMIT DISPLACEMENTS**Deflections (LOCAL SYSTEM):**

$$u_y = 0 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 33 \text{ mm} \quad \text{Verified}$$

Governing Load Case: 459 Kombinacija 18 u (1+2+24+16)*1.00

$$u_z = 0 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 33 \text{ mm} \quad \text{Verified}$$

Governing Load Case: 554 Kombinacija 113 u (1+2+10+16+19)*1.00

$$u_{\text{inst},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/250.00 = 26 \text{ mm} \quad \text{Verified}$$

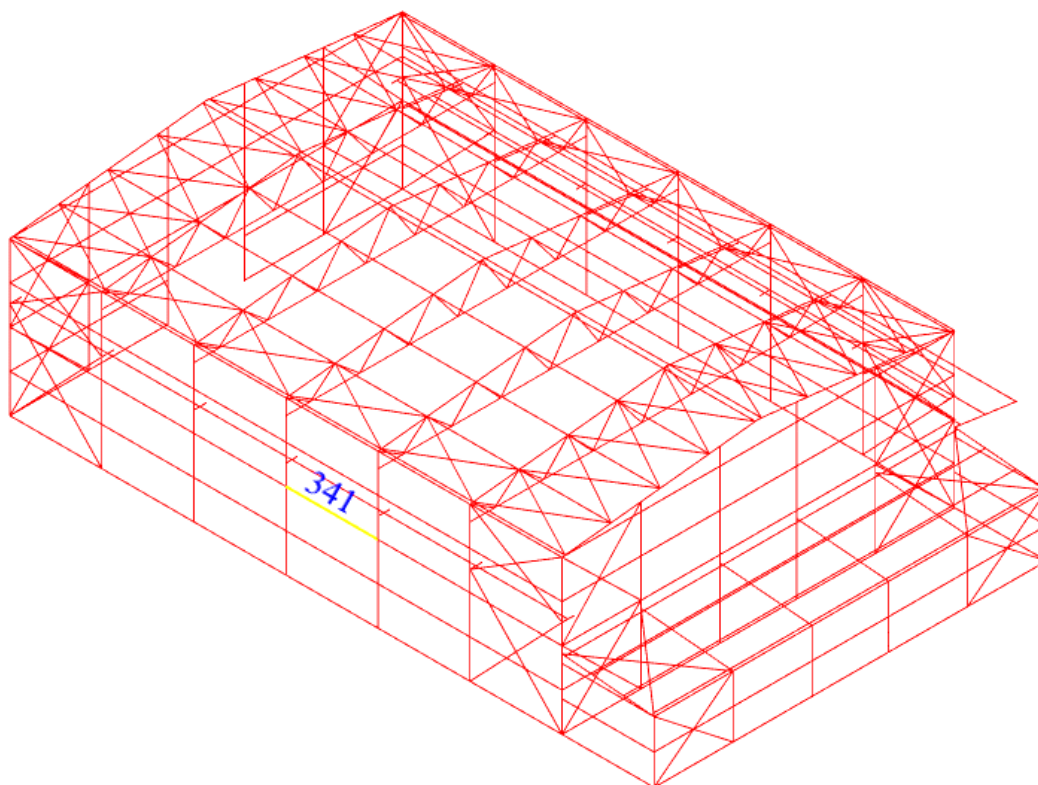
Governing Load Case: 0.5*3 + 1*16 + 1*18 + 0.5*5 + 0.5*6 + 1*24

$$u_{\text{inst},z} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/250.00 = 26 \text{ mm} \quad \text{Verified}$$

Governing Load Case: 1*11 + 1*16 + 1*18**Displacements (GLOBAL SYSTEM):** Not analyzed**Section OK !!!**

6.6.18. Horizontalni nosači obloge

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 81. Položaj horizontalnog nosača obloge mjerodavnog za dimenzioniranje - element 341

[izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

 CODE GROUP:

MEMBER: *341 Horizontalni nosači obloge_341*
 = 0.65 L = 3.90 m

POINT: COORDINATE: *x*

 LOADS:

Governing Load Case: *369 Kombinacija 338 (1+2)*1.35+(16+23+20)*1.50+(3+5+6)*0.75*

 MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: Fasada

h=280 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=95 mm	Ay=3121 mm ²	Az=2846 mm ²	Ax=5321 mm ²
tw=10 mm	Iy=62744900 mm ⁴	Iz=3983380 mm ⁴	Ix=290800 mm ⁴
tf=15 mm	Wply=531853 mm ³	Wplz=109577 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 2.02 kN	My,Ed = -0.44 kN*m	Mz,Ed = -5.74 kN*m	Vy,Ed = -1.91 kN
Nc,Rd = 1463.17 kN	My,Ed,max = -16.54 kN*m		Mz,Ed,max = -6.57 kN*m
	Vy,T,Rd = 495.39 kN		
Nb,Rd = 1117.26 kN	My,c,Rd = 146.26 kN*m	Mz,c,Rd = 30.13 kN*m	Vz,Ed = -5.39 kN
	MN,y,Rd = 146.26 kN*m	MN,z,Rd = 30.13 kN*m	Vz,T,Rd = 451.76 kN
	Mb,Rd = 107.92 kN*m		Tt,Ed = -0.00 kN*m
			Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

z = 0.00	Mcr = 178.34 kN*m	Curve,LT - d	XLT = 0.62
Lcr,low=6.00 m	Lam_LT = 0.91	fi,LT = 1.00	XLT,mod = 0.74

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

Ly = 6.00 m	Lam_y = 0.64
Lcr,y = 6.00 m	Xy = 0.76
Lamy = 55.25	kyy = 0.98



About z axis:

Lz = 6.00 m	Lam_z = 0.63
Lcr,z = 1.50 m	Xz = 0.77
Lamz = 54.82	kyz = 0.87

Torsional buckling:

Curve,T=c	alfa,T=0.49
Lt=6.00 m	fi,T=1.10
Ncr,T=1738.91 kN	X,T=0.59
Lam_T=0.92	Nb,T,Rd=862.16 kN

Flexural-torsional buckling

Curve,TF=c	alfa,TF=0.49
Ncr,y=3612.39 kN	fi,TF=1.17
Ncr,TF=1517.44 kN	X,TF=0.55
Lam_TF=0.98	Nb,TF,Rd=805.44 kN

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N,Ed/Nc,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $My,Ed/MN,y,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.19 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(My,Ed/MN,y,Rd)^1 + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^1 = 0.19 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.01 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Global stability check of member:

$\lambda_{y} = 55.25 < \lambda_{y,max} = 210.00$ $\lambda_{z} = 54.82 < \lambda_{z,max} = 210.00$ STABLE
 $N,Ed/\min(Nb,Rd,Nb,T,Rd,Nb,TF,Rd) = 0.00 < 1.00$ (6.3.1)
 $My,Ed,max/Mb,Rd = 0.15 < 1.00$ (6.3.2.1.(1))
 $N,Ed/(Xy \cdot N,Rk/gM1) + kyy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kyz \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.34 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N,Ed/(Xz \cdot N,Rk/gM1) + kzy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kzz \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.29 < 1.00$ (6.3.3.(4))

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 23 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 30 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 497 Kombinacija 56 u $(1+2+10+16)*1.00+(3+5+6)*0.50$

$u_z = 1 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 30 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 595 Kombinacija 154 u $(1+2+16+20+24)*1.00$

$u_{\text{inst},y} = 23 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/250.00 = 24 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: $0.5*3 + 1*10 + 1*16 + 0.5*5 + 0.5*6$

$u_{\text{inst},z} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/250.00 = 24 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: $1*16 + 1*20 + 1*24$

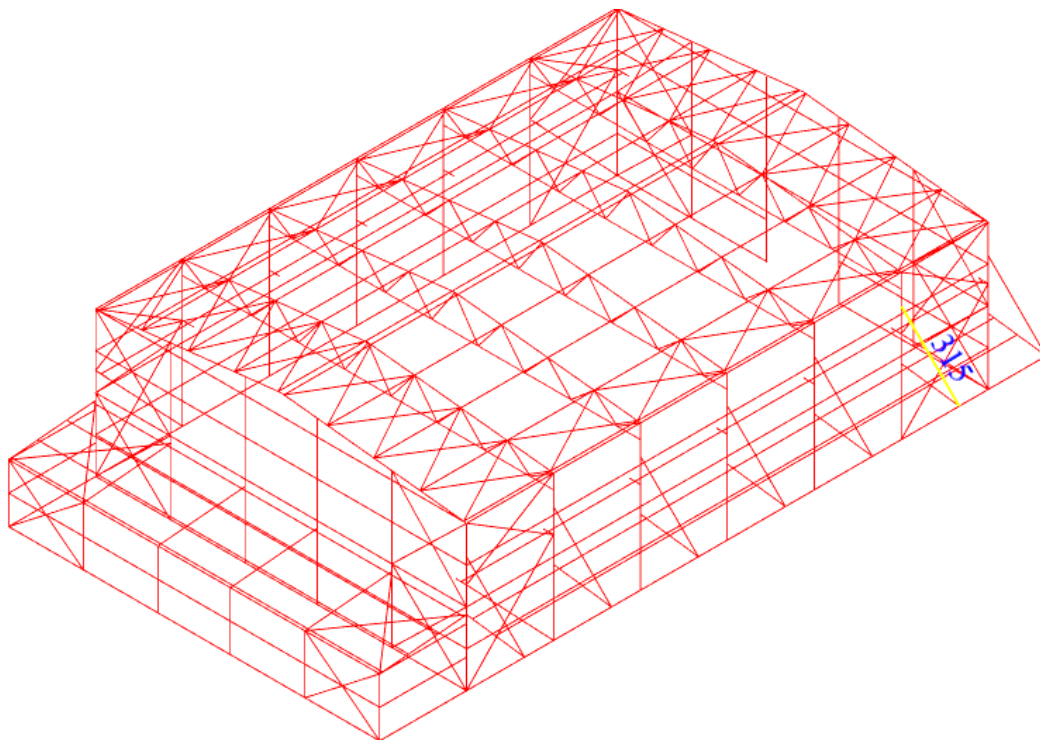


Displacements (GLOBAL SYSTEM): *Not analyzed*

Section OK !!!

6.6.19. Zatega

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 82. Položaj zatege mjerodavne za dimenzioniranje - element 315 [izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

 CODE GROUP:

MEMBER: *315 Zatega_315*
 = 5.66 m

POINT:

COORDINATE: *x = 1.00 L*

 LOADS:

Governing Load Case: *282 Kombinacija 251 (1+2)*1.35+(4+7+17)*1.50+(12+30)*0.90*

 MATERIAL:

S275 (S275) fy = 275.00 MPa



SECTION PARAMETERS: Zatega

h=18 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
	Ay=162 mm ²	Az=162 mm ²	Ax=254 mm ²
tw=9 mm	Iy=5153 mm ⁴	Iz=5153 mm ⁴	Ix=10306 mm ⁴
	Wply=972 mm ³	Wplz=972 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = -65.30 kN
 Nt,Rd = 69.98 kN

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N,Ed/Nt,Rd = 0.93 < 1.00$ (6.2.3.(1))

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 0 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 28 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 454 Kombinacija 13 u (1+2+13+30)*1.00

$u_z = 0 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 28 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 702 Kombinacija 261 u (1+2+4+7+19)*1.00+(13+30)*0.60

$u_{\text{inst},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/250.00 = 23 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: $0.5*3 + 1*12 + 0.5*5 + 0.5*6 + 1*30$

$u_{\text{inst},z} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/250.00 = 23 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: $0.5*4 + 1*8 + 1*15 + 1*18 + 0.5*7$

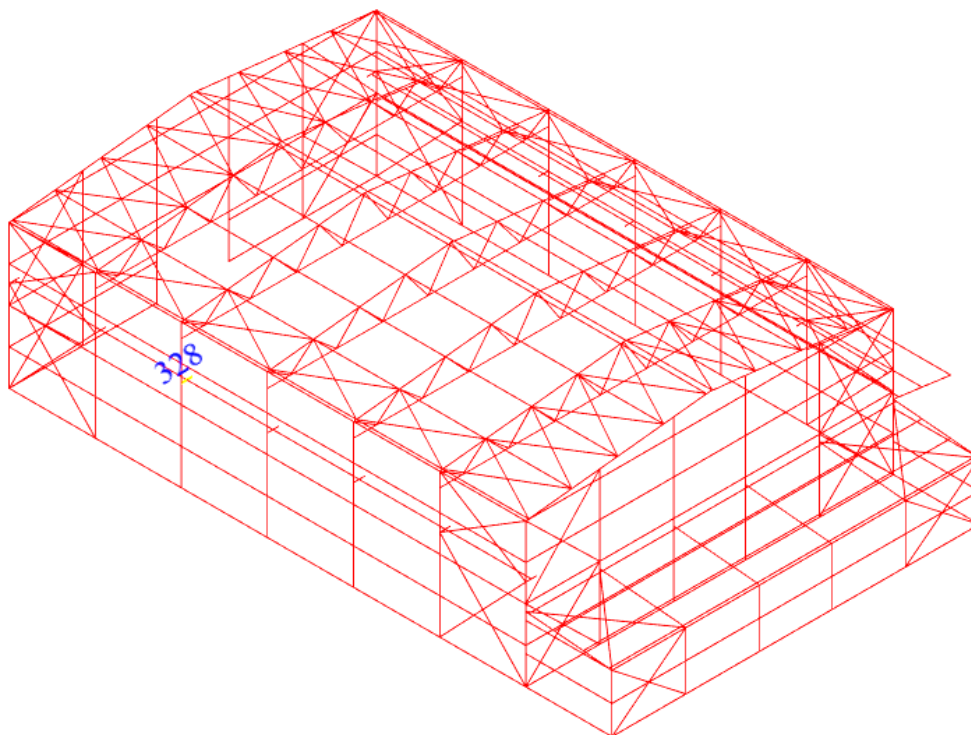


Displacements (GLOBAL SYSTEM): Not analyzed

Section OK !!!

6.6.20.Konzola

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 83. Položaj konzole mjerodavne za dimenzioniranje - element 328 [izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

 CODE GROUP:

MEMBER: **328 Konzole_328**
 = 0.75 m

POINT:

COORDINATE: **x = 1.00 L**

 LOADS:

Governing Load Case: **368 Kombinacija 337** $(1+2)*1.35+(16+23+19)*1.50+(3+5+6)*0.75$

 MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: HEA 320

h=310 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=300 mm	Ay=10412 mm ²	Az=4113 mm ²	Ax=12437 mm ²
tw=9 mm	Iy=229286000 mm ⁴	Iz=69852400 mm ⁴	Ix=1020000 mm ⁴
tf=16 mm	Wply=1628230 mm ³	Wplz=709755 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = -4.37 kN	My,Ed = -61.58 kN*m	Mz,Ed = -0.04 kN*m	Vy,Ed = 43.80 kN
Nt,Rd = 3420.12 kN	My,pl,Rd = 447.76 kN*m	Mz,pl,Rd = 195.18 kN*m	Vy,T,Rd = 1585.12 kN
	My,c,Rd = 447.76 kN*m	Mz,c,Rd = 195.18 kN*m	Vz,Ed = -162.11 kN
	MN,y,Rd = 447.76 kN*m	MN,z,Rd = 195.18 kN*m	Vz,T,Rd = 637.62 kN
			Tt,Ed = -1.05 kN*m
			Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N,Ed/Nt,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.3.(1))
 $My,Ed/MN,y,Rd = 0.14 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $(My,Ed/MN,y,Rd)^{2.00} + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^{1.00} = 0.02 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.03 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.25 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.10 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.06 < 1.00$ (6.2.6)

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 0 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 4 \text{ mm}$ Verified
Governing Load Case: 702 Kombinacija 261 u (1+2+4+7+19)*1.00+(13+30)*0.60
 $u_z = 0 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 4 \text{ mm}$ Verified
Governing Load Case: 762 Kombinacija 321 u (12+31+1+2+19)*1.00+(3+5+6)*0.50
 $u_{\text{inst},y} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/250.00 = 3 \text{ mm}$ Verified
Governing Load Case: 1*4 + 0.6*13 + 1*19 + 1*7 + 0.6*30
 $u_{\text{inst},z} = 0 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/250.00 = 3 \text{ mm}$ Verified
Governing Load Case: 0.5*3 + 1*12 + 1*19 + 0.5*5 + 0.5*6 + 1*31

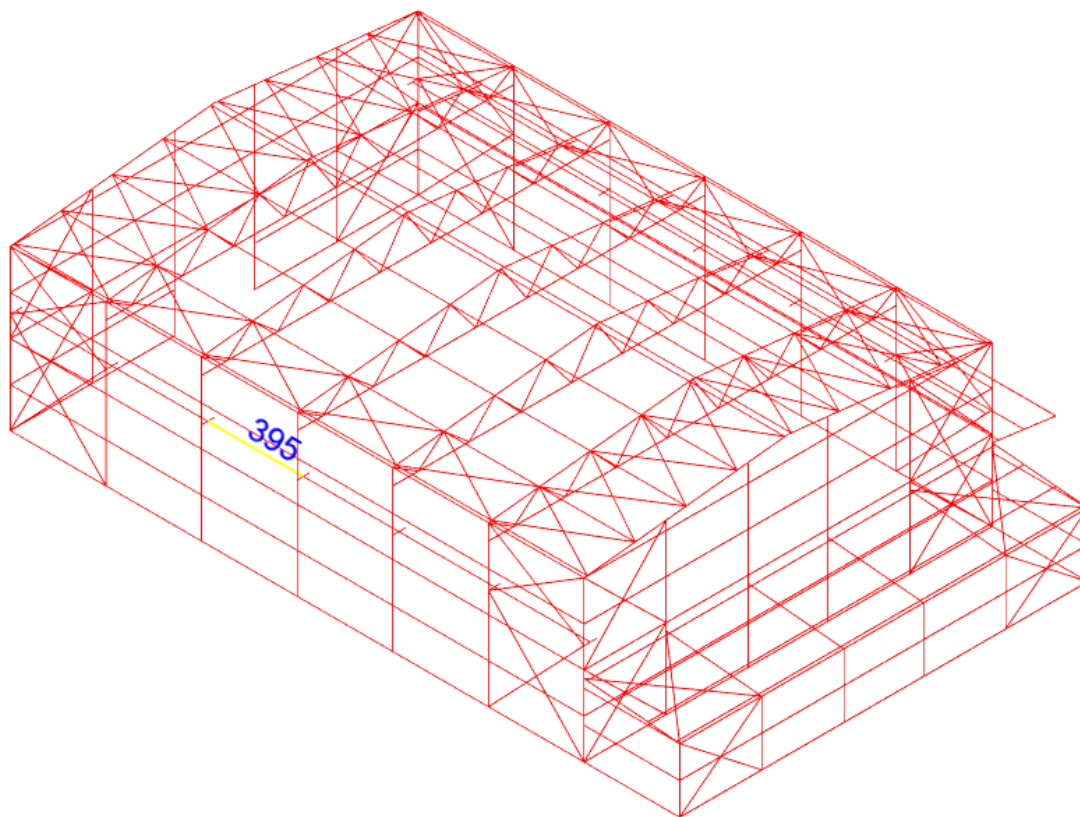


Displacements (GLOBAL SYSTEM): Not analyzed

Section OK !!!

6.6.21. Kranska staza

→ DIMENZIONIRANJE PROVEDENO U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Slika 84. Položaj konzole mjerodavne za dimenzioniranje - element 328 [izradio autor]

STEEL DESIGN

 CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

 CODE GROUP:

MEMBER: 395
 = 2.10 m

POINT:

COORDINATE: $x = 0.35 L$

 LOADS:

Governing Load Case: 328 Kombinacija 297 $(1+2)*1.35+(9+16+19)*1.50+(3+5+6)*0.75$

 MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



SECTION PARAMETERS: HEA 240

h=230 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=240 mm	Ay=6454 mm ²	Az=2518 mm ²	Ax=7684 mm ²
tw=8 mm	Iy=77631800 mm ⁴	Iz=27688100 mm ⁴	Ix=382000 mm ⁴
tf=12 mm	Wply=744684 mm ³	Wplz=351699 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 25.35 kN	My,Ed = 103.23 kN*m	Mz,Ed = -22.40 kN*m	Vy,Ed = 19.51 kN
Nc,Rd = 2112.98 kN	My,Ed,max = 103.23 kN*m		Mz,Ed,max = -22.40 kN*m
	Vy,T,Rd = 1023.99 kN		
Nb,Rd = 967.03 kN	My,c,Rd = 204.79 kN*m	Mz,c,Rd = 96.72 kN*m	Vz,Ed = 77.26 kN
	MN,y,Rd = 204.79 kN*m	MN,z,Rd = 96.72 kN*m	Vz,T,Rd = 399.56 kN
	Mb,Rd = 175.06 kN*m		Tt,Ed = -0.01 kN*m
			Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

z = 0.00	Mcr = 328.83 kN*m	Curve,LT - b	XLT = 0.82
Lcr,upp=6.00 m	Lam_LT = 0.79	fi,LT = 0.80	XLT,mod = 0.85

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

Ly = 6.00 m	Lam_y = 0.69
Lcr,y = 6.00 m	Xy = 0.79
Lamy = 59.69	kyy = 1.00



About z axis:

Lz = 6.00 m	Lam_z = 1.15
Lcr,z = 6.00 m	Xz = 0.46
Lamz = 99.95	kyz = 1.05

Torsional buckling:

Curve,T=c	alfa,T=0.49
Lt=6.00 m	fi,T=0.93
Ncr,T=3632.63 kN	X,T=0.69
Lam_T=0.76	Nb,T,Rd=1448.65 kN

Flexural-torsional buckling

Curve,TF=c	alfa,TF=0.49
Ncr,y=4469.47 kN	fi,TF=0.86
Ncr,TF=4469.47 kN	X,TF=0.73
Lam_TF=0.69	Nb,TF,Rd=1547.47 kN

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N,Ed/Nc,Rd = 0.01 < 1.00$ (6.2.4.(1))
$My,Ed/MN,y,Rd = 0.50 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.23 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
$(My,Ed/MN,y,Rd)^{2.00} + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^{1.00} = 0.49 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
$Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.02 < 1.00$ (6.2.6-7)
$Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.19 < 1.00$ (6.2.6-7)
$\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
$\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Global stability check of member:

$\lambda_{y} = 59.69 < \lambda_{max} = 210.00$	$\lambda_{z} = 99.95 < \lambda_{max} = 210.00$	STABLE
$N,Ed/\min(Nb,Rd,Nb,T,Rd,Nb,TF,Rd) = 0.03 < 1.00$ (6.3.1)		
$My,Ed,max/Mb,Rd = 0.59 < 1.00$ (6.3.2.1.(1))		
$N,Ed/(Xy \cdot N,Rk/gM1) + kyy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kyz \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.85 < 1.00$ (6.3.3.(4))		
$N,Ed/(Xz \cdot N,Rk/gM1) + kzy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) + kzz \cdot Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 0.57 < 1.00$ (6.3.3.(4))		

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_y = 5 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 30 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: 718 Kombinacija 277 u $(1+2+4+7+19)*1.00+(15+24)*0.60$

$u_z = 10 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 30 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: 718 Kombinacija 277 u $(1+2+4+7+19)*1.00+(15+24)*0.60$

$u_{\text{inst},y} = 5 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/500.00 = 12 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: $1*4 + 0.6*15 + 1*19 + 1*7 + 0.6*24$

$u_{\text{inst},z} = 9 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/500.00 = 12 \text{ mm}$

Verified

Governing Load Case: $1*4 + 0.6*15 + 1*19 + 1*7 + 0.6*24$



Displacements (GLOBAL SYSTEM): Not analyzed

Section OK !!!

6.7. Kontrola pomaka i progiba elemenata konstrukcije

6.7.1. Podrožnice - hala

→ Duljina grednog nosača: $L = 600 \text{ cm}$

Provjera progiba od promjenjivog djelovanja: $\delta_{inst,z} = 0,2 \text{ cm}$

Ograničenje progiba podrožnice:

– Dopušteni progib: $L/250 = 600/250 = 2,4 \text{ cm}$

$0,2 \text{ cm} < 2,4 \text{ cm}$

→ Uvjet je zadovoljen!

Provjera progiba od ukupnog djelovanja: $\delta_z = 0,4 \text{ cm}$

Ograničenje progiba podrožnice:

– Dopušteni progib: $L/200 = 600/200 = 3,0 \text{ cm}$

$0,4 \text{ cm} < 3,0 \text{ cm}$

→ Uvjet je zadovoljen!

6.7.2. Vanjski stupovi

→ Duljina grednog nosača: $L = 10,0 \text{ m}$

Provjera progiba od promjenjivog djelovanja: $\delta_{inst,z} = 0,7 \text{ cm}$

Ograničenje progiba stupa:

– Dopušteni progib: $L/250 = 1000/250 = 4,0 \text{ cm}$

$0,7 \text{ cm} < 4,0 \text{ cm}$

→ Uvjet je zadovoljen!

Provjera progiba od ukupnog djelovanja : $\delta_z = 1,4 \text{ cm}$

Ograničenje progiba stupa:

– Dopušteni progib: $L/200 = 1000/200 = 5,0 \text{ cm}$

$1,4 \text{ cm} < 5,0 \text{ cm}$

→ Uvjet je zadovoljen!

Provjera horizontalnog pomaka vrha stupa : $\delta_{max} = 1,8 \text{ cm}$

Ograničenje pomaka stupa:

– Dopušteni progib: $L/150 = 1000/200 = 6,67 \text{ cm}$

$1,8 \text{ cm} < 6,67 \text{ cm}$

→ Uvjet je zadovoljen!

* Potrebna provjera progiba i pomaka u Robot Structural Analysis programskom paketu prikazana je u Poglavlju 6.6. Za sve ostale elemente vrijedi jednaki postupak provjere.

7. Dimenzioniranje spojeva

U sljedećem odlomku biti će prikazana analiza četiri ključna spoja u konstrukciji: spoj s temeljem, spoj gornjeg pojasa i stupa, spoj donjeg pojasa i stupa, te spoj dijagonali ispune sa donjim pojasom.

- **Spoj stupa s temeljem:** Prvi spoj koji je analiziran je spoj između temelja i stupa. Ovaj spoj je izračunat kroz ručni postupak provjere vijaka, te je za njega dan pregled iz Robot Structural Analysis programskog paketa.

- **Za ostale spojeve** korištene su izlazne datoteke generirane putem Robot Structural Analysis programskog paketa. Ovaj dokument sadrži sve podatke o svim koracima u procesu računanja. Ovakav pristup ističe kako ovaj program samostalno obavlja sve računske zadatke, demonstrirajući njegovu pouzdanost i sposobnost za sveobuhvatnu evaluaciju konstrukcije. Sukladno prvom proračunu, mogu se vršiti provjere svakog spoja.

- Svi spojevi izračunati su korištenjem literaturi [10], [11] i [12]

7.1. Spoj vanjskog stupa i temelja (detalj A)

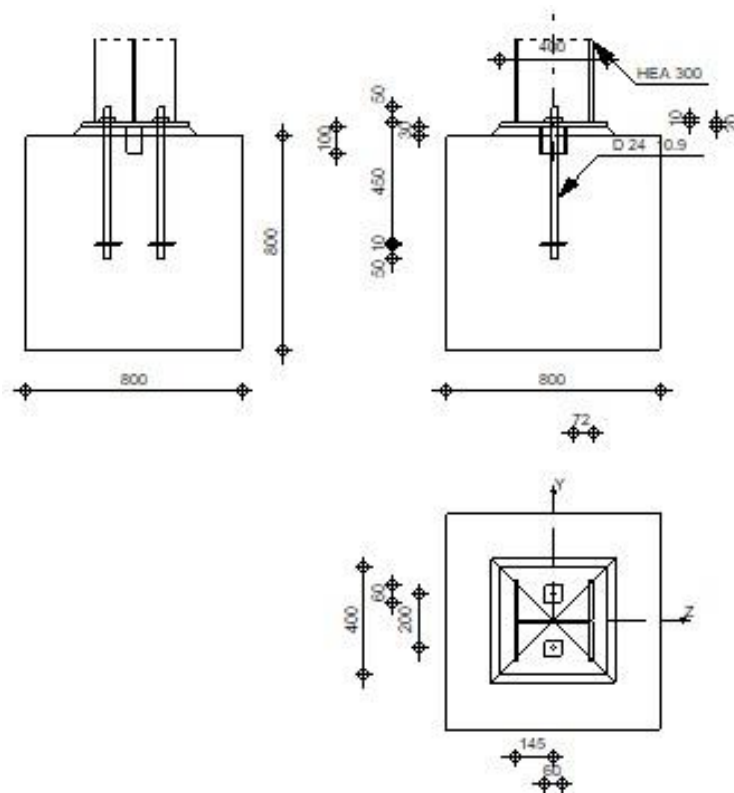
Primijenjeni propisi: HRN EN 1993-1-1:2014 i HRN EN 1993-1-1:2014/NA:2014

Najveće rezne sile dobivene statičkim proračunom provedenim u programskom paketu Autodesk Robot Structural Analysis, mjerodavne za dimenzioniranje priključka:

$$N_{t,Ed} = 97,39 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 24,71 \text{ kN}$$

Slika 85 pruža detaljni prikaz konstrukcije temelja zajedno sa stupom, specifikacijama vijaka, njihovim rasporedom i dubinom ugradnje, zavarivanjem i drugim relevantnim detaljima.



Slika 85. Prikaz spoja AB temelja i čeličnog stupa [izradio autor]

Materijal: ČELIK S 275

Granica popuštanja: $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$

Vlačna čvrstoća $f_u = 430 \text{ N/mm}^2$

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

Poissonov koeficijent $\nu = 0,3$

Geometrijske i statičke veličine čeličnog stupa HEA 300 dane su Tablicom 43.

Tablica 43. Geometrijske i statičke veličine profila HEA 300 mjerodavnog za dimenzioniranje spoja stupa s temeljem. Modificirano prema [9]

Profil	G [kg/m]	A [cm ²]	Dimenzije poprečnog presjeka					Konstante	
			h [mm]	b [mm]	t _w [mm]	t _f [mm]	r [mm]	I _t [mm]	I _w · 10 ³ [mm]
HEA 300	88,3	112,5	290	300	8,5	14	27	85,17	1200

Profil	Statičke veličine									
	I _y [cm ⁴]	W _y [cm ³]	W _{pl,y} [cm ³]	i _y [cm]	A _{vz} [cm ³]	I _z [cm ⁴]	W _z [cm ³]	W _{pl,z} [cm ³]	i _z [cm]	A _{v,y} [cm ²]
HEA 300	18260	1260	1383	12,74	37,28	6310	420,6	641,2	7,49	87,02

Spojna sredstva: Vijci M24 k.v. 10.9

Odabrani vijak : M 24

Promjer vijka : $d = 24 \text{ mm}$

Promjer rupe : $d_0 = 26 \text{ mm}$

Površina jezgre vijka $A_z = 353 \text{ mm}^2$

Klasa vijka: 10.9

Čvrstoća vijka: $f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$

Koeficijent ovisan o klasi vijka $\alpha_v = 0,5$

Razmaci vijka:

$e_1 = 200 \text{ mm}$

$e_2 = 100 \text{ mm}$

$p_2 = 200 \text{ mm}$

Broj redova: $n = 2$

Broj reznih površina: $m = 1$

Debljina lima: $t = 20 \text{ mm}$

1. Otpornost vijaka opterećenih na odrez

$$F_{v,Rd} = \frac{F_{v,Rd}}{\gamma_{M2}} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,5 \cdot 100,0 \cdot 3,53}{1,25} = \mathbf{141,20 \text{ kN}}$$

(Za 1 vijak i 1 reznju površinu)

gdje je: $\alpha_v = 0,5$ - za kvalitetu vijaka 10.9

Za 2 vijaka i 1 reznju površinu:

$$\overline{F_{v,Rd}} = F_{v,Rd} \cdot m \cdot n = \mathbf{282,40 \text{ kN}}$$

Uvjet nosivosti:

$$V_{z,Ed} \leq \overline{F_{v,Rd}}$$

$$\mathbf{24,71 \text{ kN} \leq 282,40 \text{ kN}}$$

→ Uvjet zadovoljen

2. Otpornost vijaka na pritisak po omotaču rupe osnovnog materijala:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \cdot \frac{100}{26} - 1,7; 2,5\right) = \min(10,77; 2,5)$$

$$= 2,5 \text{ (za krajnje vijke)}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0} \cdot \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \min\left(\frac{200}{3 \cdot 26} \cdot \frac{1000}{430}; 1,0\right) = \min(2,56; 2,33; 1,0) = 1,0$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 1,0 \cdot 430 \cdot 2,4 \cdot 2,0}{1,25} = \mathbf{412,8 \text{ kN}} \text{ (1 vijak)}$$

Za n vijaka

$$\overline{F_{b,Rd}} = F_{b,Rd} \cdot m \cdot n = 412,8 \cdot 1,0 \cdot 2,0 = \mathbf{825,60 \text{ kN}}$$

Uvjet nosivosti:

$$V_{z,Ed} \leq \overline{F_{b,Rd}}$$

$$\mathbf{24,71 \text{ kN} \leq 825,60 \text{ kN}}$$

→ Uvjet zadovoljen

3. Proračun zavara:

$$\text{Djelovanja na zavar : } F_{w,Ed} = V_{z,Ed} = \mathbf{24,71 \text{ kN}}$$

Duljina zavara:

$$L = 2 \cdot (2 \cdot b - t_w - 2 \cdot r) = 2 \cdot (2 \cdot 300 - 9,5 - 2 \cdot 27) = 1073 \text{ mm}$$

Proračunska otpornost zavara :

- Uzeta je debljina zavara od 5 mm.

$$F_{w,Rd} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w} \cdot a \cdot L}{\gamma_{M2}} = \frac{43,0}{\sqrt{3} \cdot 0,85} \cdot 0,5 \cdot 107,3}{1,25} = 1253,57 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti:

$$\frac{F_{w,Ed}}{F_{w,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{24,71}{1253,57} = 0,02 < 1$$

→ Uvjet zadovoljen

Koristeći program Robot Structural Analysis, identificiran je stup s najvećim vlačnim opterećenje, čime je omogućeno precizno proračunavanje čupanja ankera.

Najveća kombinacija vlaka i posmika dobije se kada su:

- Vlačna sila = 32,15 kN (max je 54,77 kN) , uz pripadnu poprečnu silu od 88,92 kN.

4. Otpornost ankera na vlak:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,90 \cdot 3,03 \cdot 100}{1,25} = 218,16 \text{ kN}$$

$$\overline{F_{t,Rd}} = 2 \cdot F_{t,Rd} = 436,32 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti spoja:

$$N_{Ed} \leq \overline{F_{t,Rd}}$$

$$32,15 \text{ kN} < 436,22 \text{ kN}$$

→ Uvjet je zadovoljen!

5. Otpornost ankera na posmik:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,60 \cdot 3,03 \cdot 100}{1,25} = 145,44 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti:

$$V_{Ed} \leq 2 \cdot F_{v,Rd}$$

$$88,92 \text{ kN} \leq 2 \cdot 145,44 \text{ kN}$$

$$88,92 \text{ kN} < 290,88 \text{ kN}$$

→ Uvjet je zadovoljen!

6. Interakcija vlaka i posmika:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

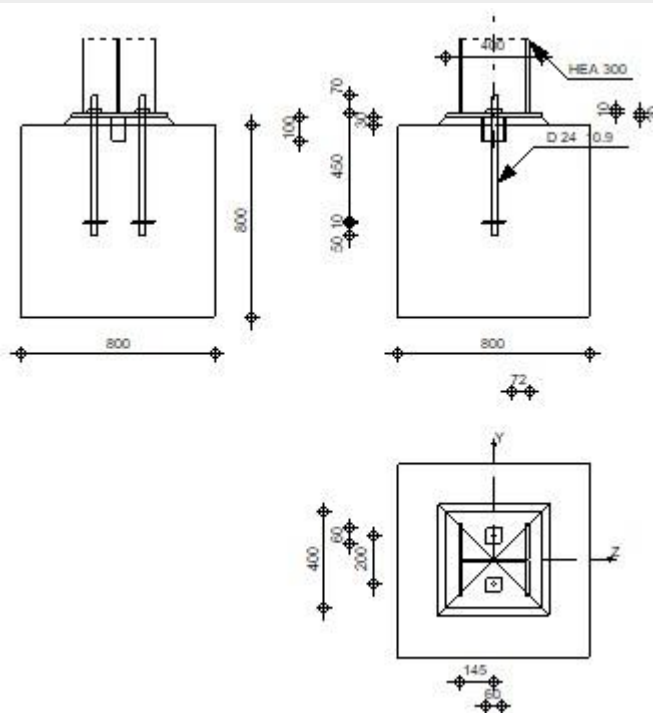
$$\frac{88,92}{145,44} + \frac{32,15}{1,4 \cdot 218,16} \leq 1,0$$

$$0,72 \leq 1,0$$

→ Uvjet je zadovoljen!

→ DIMENZIONIRANJE SPOJEVA IZVRŠENI U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:

	<p>Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022</p> <p>Pinned column base design</p> <p>Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005/AC:2009 + CEB Design Guide: Design of fastenings in concrete</p>	
		<p>Ratio 0,98</p>



General

Connection no.: 78
 Connection name: Pinned column base
 Structure node: 129
 Structure members: 128

Geometry

Column

Section: HEA 300
 Member no.: 128

$L_c = 10,00$ [m] Column length
 $\alpha = 0,0$ [Deg] Inclination angle
 $h_c = 290$ [mm] Height of column section
 $b_{fc} = 300$ [mm] Width of column section
 $t_{wc} = 8$ [mm] Thickness of the web of column section

$L_c = 10,00$ [m] Column length
 $t_{fc} = 14$ [mm] Thickness of the flange of column section
 $r_c = 27$ [mm] Radius of column section fillet
 $A_c = 11253$ [mm²] Cross-sectional area of a column
 $I_{yc} = 182635000$ [mm⁴] Moment of inertia of the column section

Material: S 275

$f_{yc} = 275,00$ [MPa] Resistance
 $f_{uc} = 430,00$ [MPa] Yield strength of a material

Column base

$l_{pd} = 400$ [mm] Length
 $b_{pd} = 400$ [mm] Width
 $t_{pd} = 20$ [mm] Thickness

Material: S 275

$f_{ypd} = 275,00$ [MPa] Resistance
 $f_{upd} = 430,00$ [MPa] Yield strength of a material

Anchorage

The shear plane passes through the UNTHREADED portion of the bolt.

Class = 10.9 Anchor class

$f_{yb} = 900,00$ [MPa] Yield strength of the anchor material
 $f_{ub} = 1000,00$ [MPa] Tensile strength of the anchor material
 $d = 24$ [mm] Bolt diameter
 $A_s = 353$ [mm²] Effective section area of a bolt
 $A_v = 452$ [mm²] Area of bolt section
 $n = 2$ Number of bolt rows
 $e_v = 200$ [mm] Vertical spacing

Anchor dimensions

$L_1 = 70$ [mm]
 $L_2 = 450$ [mm]
 $L_3 = 50$ [mm]

Anchor plate

$l_p = 100$ [mm] Length
 $b_p = 100$ [mm] Width
 $t_p = 10$ [mm] Thickness

Material: S 275

$f_y = 275,00$ [MPa] Resistance

Washer

$l_{wd} = 60$ [mm] Length

$b_{wd} = 60$ [mm] Width

$t_{wd} = 10$ [mm] Thickness

Wedge

Section: IPE 100

$l_w = 100$ [mm] Length

Material: S 275

$f_{yw} = 275,00$ [MPa] Resistance

Material factors

$\gamma_{M0} = 1,00$ Partial safety factor

$\gamma_{M2} = 1,25$ Partial safety factor

$\gamma_C = 1,50$ Partial safety factor

Spread footing

$L = 800$ [mm] Spread footing length

$B = 800$ [mm] Spread footing width

$H = 800$ [mm] Spread footing height

Concrete

Class C35/45

$f_{ck} = 35,00$ [MPa] Characteristic resistance for compression

Grout layer

$t_g = 30$ [mm] Thickness of leveling layer (grout)

$f_{ck,g} = 12,00$ [MPa] Characteristic resistance for compression

$C_{f,d} = 0,30$ Coeff. of friction between the base plate and concrete

Welds

$a_p = 5$ [mm] Footing plate of the column base

$a_w = 5$ [mm] Wedge

Loads

Case: 856: $\sqrt{2} (8+16) * 1.00$

$N_{j,Ed} = 97,39$ [kN] Axial force

$V_{j,Ed,y} = -0,86$ [kN] Shear force

$N_{j,Ed} = 97,39$ [kN] Axial force

$V_{j,Ed,z} = 24,71$ [kN] Shear force

Results

Tension zone

STEEL FAILURE

$A_b = 353$ [mm²] Effective anchor area [Table 3.4]

$f_{ub} = 1000,00$ [MPa] Tensile strength of the anchor material [Table 3.4]

Beta = 0,85 Reduction factor of anchor resistance [3.6.1.(3)]

$$F_{t,Rd,s1} = \beta \cdot 0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_b / \gamma_{M2}$$

$F_{t,Rd,s1} = 216,04$ [kN] Anchor resistance to steel failure [Table 3.4]

$\gamma_{Ms} = 1,20$ Partial safety factor CEB [3.2.3.2]

$f_{yb} = 900,00$ [MPa] Yield strength of the anchor material CEB [9.2.2]

$$F_{t,Rd,s2} = f_{yb} \cdot A_b / \gamma_{Ms}$$

$F_{t,Rd,s2} = 264,75$ [kN] Anchor resistance to steel failure CEB [9.2.2]

$$F_{t,Rd,s} = \min(F_{t,Rd,s1}, F_{t,Rd,s2})$$

$F_{t,Rd,s} = 216,04$ [kN] Anchor resistance to steel failure

PULL-OUT FAILURE

$f_{ck} = 35,00$ [MPa] Characteristic compressive strength of concrete EN 1992-1:[3.1.2]

$A_h = 9548$ [mm²] Bearing area of the head CEB [15.1.2.3]

$p_k = 262,50$ [MPa] Characteristic strength of concrete (pull-out) CEB [15.1.2.3]

$\gamma_{Mp} = 2,16$ Partial safety factor CEB [3.2.3.1]

$$F_{t,Rd,p} = p_k \cdot A_h / \gamma_{Mp}$$

$F_{t,Rd,p} = 1160,30$ [kN] Design uplift capacity CEB [9.2.3]

CONCRETE CONE FAILURE

$h_{ef} = 267$ [mm] Effective anchorage depth CEB [9.2.4]

$$N_{Rk,c}^0 = 9.0 [N^{0.5}/mm^{0.5}] \cdot f_{ck}^{0.5} \cdot h_{ef}^{1.5}$$

$N_{Rk,c}^0 = 231,86$ [kN] Characteristic resistance of an anchor CEB [9.2.4]

$s_{cr,N} = 800$ [mm] Critical width of the concrete cone CEB [9.2.4]

$c_{cr,N} = 400$ [mm] Critical edge distance CEB [9.2.4]

$A_{c,N0} = 640000$ [mm²] Maximum area of concrete cone CEB [9.2.4]

$A_{c,N} = 320000$ [mm²] Actual area of concrete cone CEB [9.2.4]

$$\psi_{A,N} = A_{c,N}/A_{c,N0}$$

$$\psi_{A,N} = 0,50 \quad \text{Factor related to anchor spacing and edge distance} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$c = 300 \quad [\text{mm}] \quad \text{Minimum edge distance from an anchor} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot c/c_{cr,N} \leq 1.0$$

$$\psi_{s,N} = \frac{0,9}{2} \quad \text{Factor taking account the influence of edges of the concrete member on the distribution of stresses in the concrete} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$\psi_{ec,N} = \frac{1,0}{0} \quad \text{Factor related to distribution of tensile forces acting on anchors} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$\psi_{re,N} = 0.5 + h_{ef}[\text{mm}]/200 \leq 1.0$$

$$\psi_{re,N} = \frac{1,0}{0} \quad \text{Shell spalling factor} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$\psi_{ucr,N} = \frac{1,0}{0} \quad \text{Factor taking into account whether the anchorage is in cracked or non-cracked concrete} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$\gamma_{Mc} = \frac{2,1}{6} \quad \text{Partial safety factor} \quad \text{CEB [3.2.3.1]}$$

$$F_{t,Rd,c} = N_{Rk,c} \cdot \psi_{A,N} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ucr,N} / \gamma_{Mc}$$

$$F_{t,Rd,c} = 49,65 \quad [\text{kN}] \quad \text{Design anchor resistance to concrete cone failure} \quad \text{EN 1992-1:[8.4.2.(2)]}$$

SPLITTING FAILURE

$$h_{ef} = 420 \quad [\text{mm}] \quad \text{Effective anchorage depth} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$N_{Rk,c}^0 = 9.0 [N^{0.5}/\text{mm}^{0.5}] \cdot f_{ck}^{0.5} \cdot h_{ef}^{1.5}$$

$$N_{Rk,c}^0 = 458,30 \quad [\text{kN}] \quad \text{Design uplift capacity} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$s_{cr,N} = 840 \quad [\text{mm}] \quad \text{Critical width of the concrete cone} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$c_{cr,N} = 420 \quad [\text{mm}] \quad \text{Critical edge distance} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$A_{c,N0} = 705600 \quad [\text{mm}^2] \quad \text{Maximum area of concrete cone} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$A_{c,N} = 320000 \quad [\text{mm}^2] \quad \text{Actual area of concrete cone} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$\psi_{A,N} = A_{c,N}/A_{c,N0}$$

$$\psi_{A,N} = 0,45 \quad \text{Factor related to anchor spacing and edge distance} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$c = 300 \quad [\text{mm}] \quad \text{Minimum edge distance from an anchor} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot c/c_{cr,N} \leq 1.0$$

$$\psi_{s,N} = \frac{0,9}{1} \quad \text{Factor taking account the influence of edges of the concrete member on the distribution of stresses in the concrete} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$\psi_{ec,N} = \frac{1,0}{0} \quad \text{Factor related to distribution of tensile forces acting on anchors} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$\psi_{re,N} = 0.5 + h_{ef}[\text{mm}]/200 \leq 1.0$$

$\psi_{re,N} = \begin{matrix} 1,0 \\ 0 \end{matrix}$ Shell spalling factor CEB [9.2.5]

$\psi_{ucr,N} = \begin{matrix} 1,0 \\ 0 \end{matrix}$ Factor taking into account whether the anchorage is in cracked or non-cracked concrete CEB [9.2.5]

$$\psi_{h,N} = (h/(2 \cdot h_{ef}))^{2/3} \leq 1.2$$

$\psi_{h,N} = 0,97$ Coeff. related to the foundation height CEB [9.2.5]

$\gamma_{M,sp} = 2,16$ Partial safety factor CEB [3.2.3.1]

$$F_{t,Rd,sp} = N_{Rk,c} \cdot \psi_{A,N} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ucr,N} \cdot \psi_{h,N} / \gamma_{M,sp}$$

$F_{t,Rd,sp} = 85,16$ [kN] Design anchor resistance to splitting of concrete CEB [9.2.5]

TENSILE RESISTANCE OF AN ANCHOR

$$F_{t,Rd} = \min(F_{t,Rd,s}, F_{t,Rd,p}, F_{t,Rd,c}, F_{t,Rd,sp})$$

$F_{t,Rd} = 49,65$ [kN] Tensile resistance of an anchor

BENDING OF THE BASE PLATE

$l_{eff,1} = 423$ [mm] Effective length for a single bolt row for mode 1 [6.2.6.5]

$l_{eff,2} = 423$ [mm] Effective length for a single bolt row for mode 2 [6.2.6.5]

$m = 90$ [mm] Distance of a bolt from the stiffening edge [6.2.6.5]

$M_{pl,1,Rd} = 11,63$ [kN*m] Plastic resistance of a plate for mode 1 [6.2.4]

$M_{pl,2,Rd} = 11,63$ [kN*m] Plastic resistance of a plate for mode 2 [6.2.4]

$F_{T,1,Rd} = 516,31$ [kN] Resistance of a plate for mode 1 [6.2.4]

$F_{T,2,Rd} = 174,58$ [kN] Resistance of a plate for mode 2 [6.2.4]

$F_{T,3,Rd} = 99,29$ [kN] Resistance of a plate for mode 3 [6.2.4]

$$F_{t,pl,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$$

$F_{t,pl,Rd} = 99,29$ [kN] Tension resistance of a plate [6.2.4]

TENSILE RESISTANCE OF A COLUMN WEB

$t_{wc} = 8$ [mm] Effective thickness of the column web [6.2.6.3.(8)]

$b_{eff,t,wc} = 423$ [mm] Effective width of the web for tension [6.2.6.3.(2)]

$A_{vc} = 3728$ [mm²] Shear area EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$\omega = 0,67$ Reduction factor for interaction with shear [6.2.6.3.(4)]

$$F_{t,wc,Rd} = \omega \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{yc} / \gamma_{M0}$$

$F_{t,wc,Rd} = 665,12$ [kN] Column web resistance [6.2.6.3.(1)]

RESISTANCES OF SPREAD FOOTING IN THE TENSION ZONE

$N_{j,Rd} = 99,29$ [kN] Resistance of a spread footing for axial tension [6.2.8.3]

Connection capacity check

$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ (6.2.4) $0,98 < 1,00$ verified (0,98)

Shear

BEARING PRESSURE OF AN ANCHOR BOLT ONTO THE BASE PLATE

Shear force $V_{j,Ed,y}$

$\alpha_{d,y} = 1,28$ Coeff. taking account of the bolt position - in the direction of shear [Table 3.4]

$\alpha_{b,y} = 1,00$ Coeff. for resistance calculation $F_{1,vb,Rd}$ [Table 3.4]

$k_{1,y} = 2,50$ Coeff. taking account of the bolt position - perpendicularly to the direction of shear [Table 3.4]

$$F_{1,vb,Rd,y} = k_{1,y} \cdot \alpha_{b,y} \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2}$$

$F_{1,vb,Rd,y} = 412,80$ [kN] Resistance of an anchor bolt for bearing pressure onto the base plate [6.2.2.(7)]

Shear force $V_{j,Ed,z}$

$\alpha_{d,z} = 2,56$ Coeff. taking account of the bolt position - in the direction of shear [Table 3.4]

$\alpha_{b,z} = 1,00$ Coeff. for resistance calculation $F_{1,vb,Rd}$ [Table 3.4]

$k_{1,z} = 2,50$ Coeff. taking account of the bolt position - perpendicularly to the direction of shear [Table 3.4]

$$F_{1,vb,Rd,z} = k_{1,z} \cdot \alpha_{b,z} \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2}$$

$F_{1,vb,Rd,z} = 412,80$ [kN] Resistance of an anchor bolt for bearing pressure onto the base plate [6.2.2.(7)]

SHEAR OF AN ANCHOR BOLT

$\alpha_b = 0,25$ Coeff. for resistance calculation $F_{2,vb,Rd}$ [6.2.2.(7)]

$A_{vb} = 452$ [mm²] Area of bolt section [6.2.2.(7)]

$f_{ub} = 1000,00$ [MPa] Tensile strength of the anchor material [6.2.2.(7)]

$\gamma_{M2} = 1,25$ Partial safety factor [6.2.2.(7)]

$$F_{2,vb,Rd} = \alpha_b \cdot f_{ub} \cdot A_{vb} / \gamma_{M2}$$

$F_{2,vb,Rd} = 89,75$ [kN] Shear resistance of a bolt - without lever arm [6.2.2.(7)]

$\alpha_M = 2,00$ Factor related to the fastening of an anchor in the foundation CEB [9.3.2.2]

$M_{Rk,s} = 1,50$ [kN*m] Characteristic bending resistance of an anchor CEB [9.3.2.2]

$l_{sm} = 52$ [mm] Lever arm length CEB [9.3.2.2]

$\gamma_{Ms} = 1,20$ Partial safety factor CEB [3.2.3.2]

$$F_{v,Rd,sm} = \alpha_M \cdot M_{Rk,s} / (l_{sm} \cdot \gamma_{Ms})$$

$F_{v,Rd,sm} = 47,92$ [kN] Shear resistance of a bolt - with lever arm CEB [9.3.1]

CONCRETE PRY-OUT FAILURE

$N_{Rk,c} = 107,24$ [kN] Design uplift capacity CEB [9.2.4]

$k_3 = 2,00$ Factor related to the anchor length CEB [9.3.3]

$\gamma_{Mc} = 2,16$ Partial safety factor CEB [3.2.3.1]

$$F_{v,Rd,cp} = k_3 \cdot N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$$

$$F_{v,Rd,cp} = 99,29 \text{ [kN]} \quad \text{Concrete resistance for pry-out failure} \quad \text{CEB [9.3.1]}$$

CONCRETE EDGE FAILURE

Shear force $V_{j,Ed,y}$

$$V_{Rk,c,y} = 166,27 \text{ [kN]} \quad \text{Characteristic resistance of an anchor} \quad \text{CEB [9.3.4.(a)]}$$

$$\Psi_{A,V,y} = 0,57 \quad \text{Factor related to anchor spacing and edge distance} \quad \text{CEB [9.3.4]}$$

$$\Psi_{h,V,y} = 1,00 \quad \text{Factor related to the foundation thickness} \quad \text{CEB [9.3.4.(c)]}$$

$$\Psi_{s,V,y} = 0,87 \quad \text{Factor related to the influence of edges parallel to the shear load direction} \quad \text{CEB [9.3.4.(d)]}$$

$$\Psi_{ec,V,y} = 1,00 \quad \text{Factor taking account a group effect when different shear loads are acting on the individual anchors in a group} \quad \text{CEB [9.3.4.(e)]}$$

$$\Psi_{\alpha,V,y} = 1,00 \quad \text{Factor related to the angle at which the shear load is applied} \quad \text{CEB [9.3.4.(f)]}$$

$$\Psi_{ucr,V,y} = 1,00 \quad \text{Factor related to the type of edge reinforcement used} \quad \text{CEB [9.3.4.(g)]}$$

$$\gamma_{Mc} = 2,16 \quad \text{Partial safety factor} \quad \text{CEB [3.2.3.1]}$$

$$F_{v,Rd,c,y} = V_{Rk,c,y} \cdot \Psi_{A,V,y} \cdot \Psi_{h,V,y} \cdot \Psi_{s,V,y} \cdot \Psi_{ec,V,y} \cdot \Psi_{\alpha,V,y} \cdot \Psi_{ucr,V,y} / \gamma_{Mc}$$

$$F_{v,Rd,c,y} = 37,95 \text{ [kN]} \quad \text{Concrete resistance for edge failure} \quad \text{CEB [9.3.1]}$$

Shear force $V_{j,Ed,z}$

$$V_{Rk,c,z} = 130,30 \text{ [kN]} \quad \text{Characteristic resistance of an anchor} \quad \text{CEB [9.3.4.(a)]}$$

$$\Psi_{A,V,z} = 0,78 \quad \text{Factor related to anchor spacing and edge distance} \quad \text{CEB [9.3.4]}$$

$$\Psi_{h,V,z} = 1,00 \quad \text{Factor related to the foundation thickness} \quad \text{CEB [9.3.4.(c)]}$$

$$\Psi_{s,V,z} = 0,94 \quad \text{Factor related to the influence of edges parallel to the shear load direction} \quad \text{CEB [9.3.4.(d)]}$$

$$\Psi_{ec,V,z} = 1,00 \quad \text{Factor taking account a group effect when different shear loads are acting on the individual anchors in a group} \quad \text{CEB [9.3.4.(e)]}$$

$$\Psi_{\alpha,V,z} = 1,00 \quad \text{Factor related to the angle at which the shear load is applied} \quad \text{CEB [9.3.4.(f)]}$$

$$\Psi_{ucr,V,z} = 1,00 \quad \text{Factor related to the type of edge reinforcement used} \quad \text{CEB [9.3.4.(g)]}$$

$$\gamma_{Mc} = 2,16 \quad \text{Partial safety factor} \quad \text{CEB [3.2.3.1]}$$

$$F_{v,Rd,c,z} = V_{Rk,c,z} \cdot \Psi_{A,V,z} \cdot \Psi_{h,V,z} \cdot \Psi_{s,V,z} \cdot \Psi_{ec,V,z} \cdot \Psi_{\alpha,V,z} \cdot \Psi_{ucr,V,z} / \gamma_{Mc}$$

$$F_{v,Rd,c,z} = 44,25 \text{ [kN]} \quad \text{Concrete resistance for edge failure} \quad \text{CEB [9.3.1]}$$

SPLITTING RESISTANCE

$C_{f,d} = 0,30$ Coeff. of friction between the base plate and concrete [6.2.2.(6)]

$N_{c,Ed} = 0,00$ [kN] Compressive force [6.2.2.(6)]

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} * N_{c,Ed}$$

$F_{f,Rd} = 0,00$ [kN] Slip resistance [6.2.2.(6)]

BEARING PRESSURE OF THE WEDGE ONTO CONCRETE

$$F_{v,Rd,wg,y} = 1.4 * l_w * b_{wy} * f_{ck} / \gamma_c$$

$F_{v,Rd,wg,y} = 326,67$ [kN] Resistance for bearing pressure of the wedge onto concrete

$$F_{v,Rd,wg,z} = 1.4 * l_w * b_{wz} * f_{ck} / \gamma_c$$

$F_{v,Rd,wg,z} = 179,67$ [kN] Resistance for bearing pressure of the wedge onto concrete

SHEAR CHECK

$$V_{j,Rd,y} = n_b * \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,y}) + F_{v,Rd,wg,y} + F_{f,Rd}$$

$V_{j,Rd,y} = 402,57$ [kN] Connection resistance for shear CEB [9.3.1]

$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0$ $0,00 < 1,00$ **verified** (0,00)

$$V_{j,Rd,z} = n_b * \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,z}) + F_{v,Rd,wg,z} + F_{f,Rd}$$

$V_{j,Rd,z} = 268,17$ [kN] Connection resistance for shear CEB [9.3.1]

$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$ $0,09 < 1,00$ **verified** (0,09)

$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} + V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$ $0,09 < 1,00$ **verified** (0,09)

Welds between the column and the base plate

$\sigma_{\perp} = 8,07$ [MPa] Normal stress in a weld [4.5.3.(7)]

$\tau_{\perp} = 8,07$ [MPa] Perpendicular tangent stress [4.5.3.(7)]

$\tau_{yII} = -0,15$ [MPa] Tangent stress parallel to $V_{j,Ed,y}$ [4.5.3.(7)]

$\tau_{zII} = 9,43$ [MPa] Tangent stress parallel to $V_{j,Ed,z}$ [4.5.3.(7)]

$\beta_w = 0,85$ Resistance-dependent coefficient [4.5.3.(7)]

$\sigma_{\perp} / (0.9 * f_u / \gamma_{M2}) \leq 1.0$ (4.1) $0,03 < 1,00$ **verified** (0,03)

$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{yII}^2 + \tau_{\perp}^2)) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}))} \leq 1.0$ (4.1) $0,04 < 1,00$ **verified** (0,04)

$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{zII}^2 + \tau_{\perp}^2)) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}))} \leq 1.0$ (4.1) $0,06 < 1,00$ **verified** (0,06)

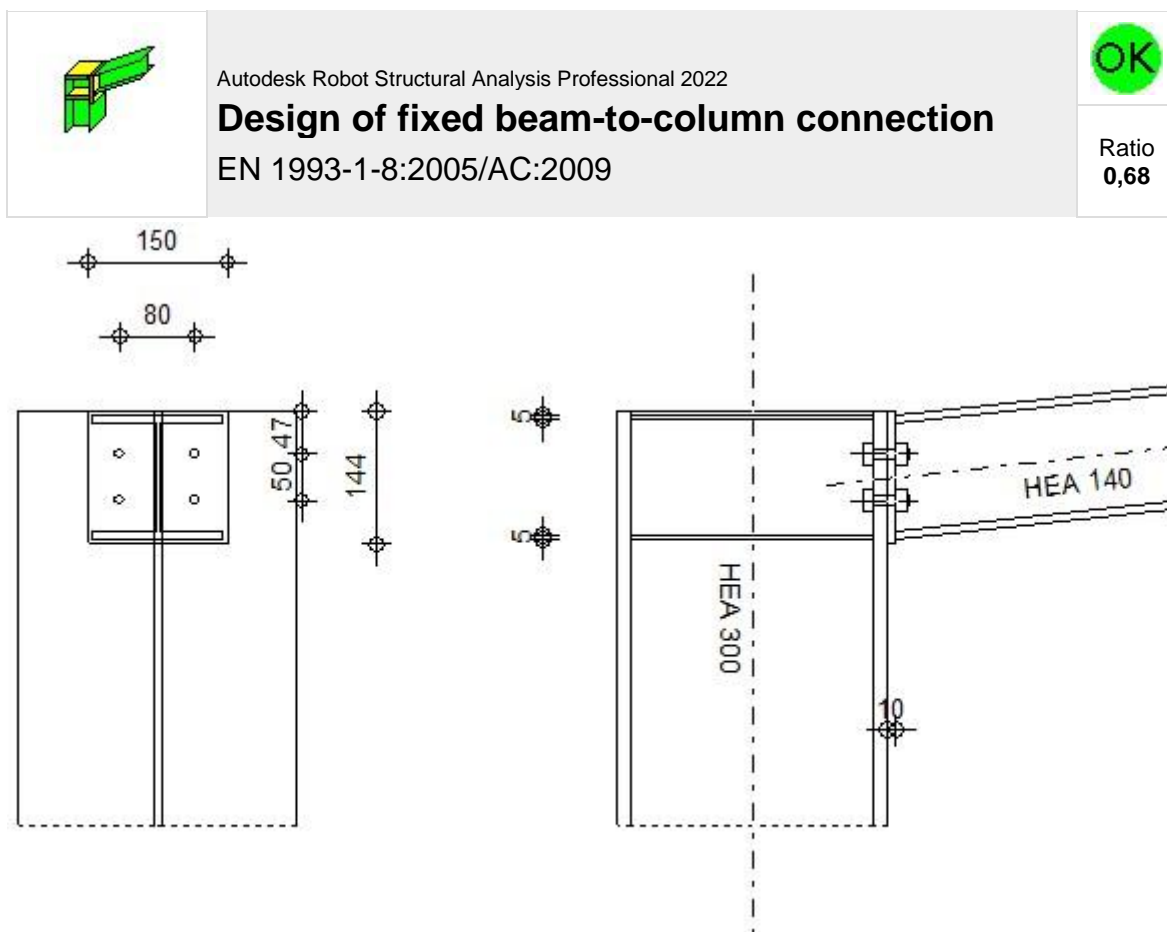
Weakest component:

FOUNDATION - CONCRETE CONE PULL-OUT FAILURE

Connection conforms to the code Ratio 0,98

7.2. Spoj stupa i grednog nosača - gornji pojas (detalj B)

→ DIMENZIONIRANJE SPOJEVA IZVRŠENI U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



GENERAL

Connection no.: 18
 Connection name: Frame knee
 Structure node: 23
 Structure members: 493, 25

GEOMETRY

COLUMN

Section: HEA 300
 Member no.: 493
 $\alpha = -90,0$ [Deg] Inclination angle
 $h_c = 290$ [mm] Height of column section
 $b_{fc} = 300$ [mm] Width of column section
 $t_{wc} = 8$ [mm] Thickness of the web of column section
 $t_{fc} = 14$ [mm] Thickness of the flange of column section
 $r_c = 27$ [mm] Radius of column section fillet
 $A_c = 11253$ [mm²] Cross-sectional area of a column
 $I_{xc} = 182635000$ [mm⁴] Moment of inertia of the column section

Material: S 275
 $f_{yc} = 275,00$ [MPa] Resistance

BEAM

Section: HEA 140
 Member no.: 25

$\alpha = 6,2$ [Deg] Inclination angle
 $h_b = 133$ [mm] Height of beam section
 $b_f = 140$ [mm] Width of beam section
 $t_{wb} = 6$ [mm] Thickness of the web of beam section
 $t_{fb} = 8$ [mm] Thickness of the flange of beam section
 $r_b = 12$ [mm] Radius of beam section fillet
 $r_b = 12$ [mm] Radius of beam section fillet
 $A_b = 3142$ [mm²] Cross-sectional area of a beam
 $I_{xb} = 10331300$ [mm⁴] Moment of inertia of the beam section

Material: S 275
 $f_{yb} = 275,00$ [MPa] Resistance

BOLTS

The shear plane passes through the UNTHREADED portion of the bolt.

$d = 12$ [mm] Bolt diameter
 Class = 8.8 Bolt class
 $F_{tRd} = 48,56$ [kN] Tensile resistance of a bolt
 $n_h = 2$ Number of bolt columns
 $n_v = 2$ Number of bolt rows
 $h_1 = 47$ [mm] Distance between first bolt and upper edge of front plate
 Horizontal spacing $e_i = 80$ [mm]
 Vertical spacing $p_i = 50$ [mm]

PLATE

$h_p = 144$ [mm] Plate height
 $b_p = 150$ [mm] Plate width
 $t_p = 10$ [mm] Plate thickness
 Material: S 275
 $f_{yp} = 275,00$ [MPa] Resistance

COLUMN STIFFENER

Upper

$h_{su} = 262$ [mm] Stiffener height
 $b_{su} = 146$ [mm] Stiffener width
 $t_{hu} = 5$ [mm] Stiffener thickness

Material: Steel
 $f_{ysu} = 235,00$ [MPa] Resistance

Lower

$h_{sd} = 262$ [mm] Stiffener height
 $b_{sd} = 146$ [mm] Stiffener width
 $t_{hd} = 5$ [mm] Stiffener thickness

Material: Steel
 $f_{ysu} = 235,00$ [MPa] Resistance

FILLET WELDS

$a_w = 5$ [mm] Web weld
 $a_f = 5$ [mm] Flange weld
 $a_s = 5$ [mm] Stiffener weld

MATERIAL FACTORS

γ_{M0} =	1,00	Partial safety factor	[2.2]
γ_{M1} =	1,00	Partial safety factor	[2.2]
γ_{M2} =	1,25	Partial safety factor	[2.2]
γ_{M3} =	1,25	Partial safety factor	[2.2]

LOADS

Ultimate limit state

Case: 114: Kombinacija 83 (1+2)*1.35+(3+5+6+17)*1.50

$M_{b1,Ed}$ =	5,78	[kN*m]	Bending moment in the right beam
$V_{b1,Ed}$ =	30,69	[kN]	Shear force in the right beam
$N_{b1,Ed}$ =	-101,78	[kN]	Axial force in the right beam
$M_{c1,Ed}$ =	5,87	[kN*m]	Bending moment in the lower column
$V_{c1,Ed}$ =	-65,99	[kN]	Shear force in the lower column
$N_{c1,Ed}$ =	-139,03	[kN]	Axial force in the lower column

RESULTS

BEAM RESISTANCES

COMPRESSION

A_b =	3142	[mm ²]	Area	EN1993-1-1:[6.2.4]
$N_{cb,Rd} = A_b f_{yb} / \gamma_{M0}$				
$N_{cb,Rd}$ =	863,94	[kN]	Design compressive resistance of the section	EN1993-1-1:[6.2.4]

SHEAR

A_{vb} =	1012	[mm ²]	Shear area	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$				
$V_{cb,Rd}$ =	160,73	[kN]	Design sectional resistance for shear	EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]
$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$			0,19 < 1,00	verified (0,19)

BENDING - PLASTIC MOMENT (WITHOUT BRACKETS)

W_{plb} =	173506	[mm ³]	Plastic section modulus	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / \gamma_{M0}$				
$M_{b,pl,Rd}$ =	47,71	[kN*m]	Plastic resistance of the section for bending (without stiffeners)	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

BENDING ON THE CONTACT SURFACE WITH PLATE OR CONNECTED ELEMENT

W_{pl} =	168651	[mm ³]	Plastic section modulus	EN1993-1-1:[6.2.5]
$M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / \gamma_{M0}$				
$M_{cb,Rd}$ =	46,38	[kN*m]	Design resistance of the section for bending	EN1993-1-1:[6.2.5]

FLANGE AND WEB - COMPRESSION

$M_{cb,Rd}$ =	46,38	[kN*m]	Design resistance of the section for bending	EN1993-1-1:[6.2.5]
h_f =	125	[mm]	Distance between the centroids of flanges	[6.2.6.7.(1)]
$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$				
$F_{c,fb,Rd}$ =	370,31	[kN]	Resistance of the compressed flange and web	[6.2.6.7.(1)]

COLUMN RESISTANCES

WEB PANEL - SHEAR

$M_{b1,Ed}$ =	5,78	[kN*m]	Bending moment (right beam)	[5.3.(3)]
$M_{b2,Ed}$ =	0,00	[kN*m]	Bending moment (left beam)	[5.3.(3)]
$V_{c1,Ed}$ =	-65,99	[kN]	Shear force (lower column)	[5.3.(3)]
$V_{c2,Ed}$ =	0,00	[kN]	Shear force (upper column)	[5.3.(3)]
Z =	88	[mm]	Lever arm	[6.2.5]
$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / Z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$				
$V_{wp,Ed}$ =	98,99	[kN]	Shear force acting on the web panel	[5.3.(3)]

$A_{vs} =$	$\frac{372}{8}$ [mm ²]	Shear area of the column web	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$A_{vc} =$	$\frac{372}{8}$ [mm ²]	Shear area	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$d_s =$	129 [mm]	Distance between the centroids of stiffeners	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,fc,Rd} =$	$\frac{4,0}{4}$ [kN*m]	Plastic resistance of the column flange for bending	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,stu,Rd} =$	$\frac{0,4}{4}$ [kN*m]	Plastic resistance of the upper transverse stiffener for bending	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,sti,Rd} =$	$\frac{0,4}{4}$ [kN*m]	Plastic resistance of the lower transverse stiffener for bending	[6.2.6.1.(4)]
$V_{wp,Rd} = 0.9 (A_{vs} \cdot f_{y,wc}) / (\sqrt{3} \gamma_{M0}) + \text{Min}(4 M_{pl,fc,Rd} / d_s , (2 M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,stu,Rd} + M_{pl,sti,Rd}) / d_s)$			
$V_{wp,Rd} =$	602,30 [kN]	Resistance of the column web panel for shear	[6.2.6.1]
$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq$	1,0	0,16 < 1,00	verified (0,16)

WEB - TRANSVERSE COMPRESSION - LEVEL OF THE BEAM BOTTOM FLANGE

Bearing:

$t_{wc} =$	8 [mm]	Effective thickness of the column web	[6.2.6.2.(6)]
$b_{eff,c,wc} =$	248 [mm]	Effective width of the web for compression	[6.2.6.2.(1)]
$A_{vc} =$	3728 [mm ²]	Shear area	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$\omega =$	0,84	Reduction factor for interaction with shear	[6.2.6.2.(1)]
$\sigma_{com,Ed} =$	15,70 [MPa]	Maximum compressive stress in web	[6.2.6.2.(2)]
$k_{wc} =$	1,00	Reduction factor conditioned by compressive stresses	[6.2.6.2.(2)]
$A_s =$	864 [mm ²]	Area of the web stiffener	EN1993-1-1:[6.2.4]
$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$			
$F_{c,wc,Rd1} =$	689,90 [kN]	Column web resistance	[6.2.6.2.(1)]

Buckling:

$d_{wc} =$	208 [mm]	Height of compressed web	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_p =$	0,90	Plate slenderness of an element	[6.2.6.2.(1)]
$\rho =$	0,86	Reduction factor for element buckling	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_s =$	2,37	Stiffener slenderness	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$\chi_s =$	1,00	Buckling coefficient of the stiffener	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$			
$F_{c,wc,Rd2} =$	623,59 [kN]	Column web resistance	[6.2.6.2.(1)]

Final resistance:

$F_{c,wc,Rd,low} = \text{Min}(F_{c,wc,Rd1} , F_{c,wc,Rd2})$			
$F_{c,wc,Rd} =$	623,59 [kN]	Column web resistance	[6.2.6.2.(1)]

WEB - TRANSVERSE COMPRESSION - LEVEL OF THE BEAM TOP FLANGE

Bearing:

$t_{wc} =$	8 [mm]	Effective thickness of the column web	[6.2.6.2.(6)]
$b_{eff,c,wc} =$	248 [mm]	Effective width of the web for compression	[6.2.6.2.(1)]
$A_{vc} =$	3728 [mm ²]	Shear area	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$\omega =$	0,84	Reduction factor for interaction with shear	[6.2.6.2.(1)]
$\sigma_{com,Ed} =$	15,70 [MPa]	Maximum compressive stress in web	[6.2.6.2.(2)]
$k_{wc} =$	1,00	Reduction factor conditioned by compressive stresses	[6.2.6.2.(2)]
$A_s =$	864 [mm ²]	Area of the web stiffener	EN1993-1-1:[6.2.4]
$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$			
$F_{c,wc,Rd1} =$	689,90 [kN]	Column web resistance	[6.2.6.2.(1)]

Buckling:

$d_{wc} =$	208 [mm]	Height of compressed web	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_p =$	0,90	Plate slenderness of an element	[6.2.6.2.(1)]
$\rho =$	0,86	Reduction factor for element buckling	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_s =$	2,37	Stiffener slenderness	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$\chi_s =$	1,00	Buckling coefficient of the stiffener	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$			
$F_{c,wc,Rd2} =$	623,59 [kN]	Column web resistance	[6.2.6.2.(1)]

Final resistance:

$F_{c,wc,Rd,upp} = \text{Min}(F_{c,wc,Rd1} , F_{c,wc,Rd2})$			
---------------------------------------------------------------	--	--	--

$F_{c,wc,Rd,upp} = 623,59$ [kN] Column web resistance

[6.2.6.2.(1)]

GEOMETRICAL PARAMETERS OF A CONNECTION

EFFECTIVE LENGTHS AND PARAMETERS - COLUMN FLANGE

Nr	m	m_x	e	e_x	p	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,1}$	$l_{eff,2}$	$l_{eff,cp,g}$	$l_{eff,nc,g}$	$l_{eff,1,g}$	$l_{eff,2,g}$
1	14	-	110	-	50	89	113	89	113	94	41	41	41
2	14	-	110	-	50	89	113	89	113	94	41	41	41

EFFECTIVE LENGTHS AND PARAMETERS - FRONT PLATE

Nr	m	m_x	e	e_x	p	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,1}$	$l_{eff,2}$	$l_{eff,cp,g}$	$l_{eff,nc,g}$	$l_{eff,1,g}$	$l_{eff,2,g}$
1	32	-	35	-	50	199	194	194	194	149	134	134	134
2	32	-	35	-	50	199	170	170	170	149	110	110	110

- m – Bolt distance from the web
- m_x – Bolt distance from the beam flange
- e – Bolt distance from the outer edge
- e_x – Bolt distance from the horizontal outer edge
- p – Distance between bolts
- $l_{eff,cp}$ – Effective length for a single bolt row in the circular failure mode
- $l_{eff,nc}$ – Effective length for a single bolt row in the non-circular failure mode
- $l_{eff,1}$ – Effective length for a single bolt row for mode 1
- $l_{eff,2}$ – Effective length for a single bolt row for mode 2
- $l_{eff,cp,g}$ – Effective length for a group of bolts in the circular failure mode
- $l_{eff,nc,g}$ – Effective length for a group of bolts in the non-circular failure mode
- $l_{eff,1,g}$ – Effective length for a group of bolts for mode 1
- $l_{eff,2,g}$ – Effective length for a group of bolts for mode 2

CONNECTION RESISTANCE FOR COMPRESSION

$N_{j,Rd} = \text{Min} (N_{cb,Rd} , 2 F_{c,wc,Rd,low} , 2 F_{c,wc,Rd,upp})$

$N_{j,Rd} = 863,94$ [kN] Connection resistance for compression [6.2]

$N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ $0,12 < 1,00$ verified (0,12)

CONNECTION RESISTANCE FOR BENDING

$F_{t,Rd} = 48,56$ [kN] Bolt resistance for tension [Table 3.4]

$B_{p,Rd} = 116,72$ [kN] Punching shear resistance of a bolt [Table 3.4]

$F_{t,fc,Rd}$ – column flange resistance due to bending

$F_{t,wc,Rd}$ – column web resistance due to tension

$F_{t,ep,Rd}$ – resistance of the front plate due to bending

$F_{t,wb,Rd}$ – resistance of the web in tension

$F_{t,fc,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,fc,Rd} , F_{T,2,fc,Rd} , F_{T,3,fc,Rd})$ [6.2.6.4] , [Tab.6.2]

$F_{t,wc,Rd} = \omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0}$ [6.2.6.3.(1)]

$F_{t,ep,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,ep,Rd} , F_{T,2,ep,Rd} , F_{T,3,ep,Rd})$ [6.2.6.5] , [Tab.6.2]

$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M0}$ [6.2.6.8.(1)]

RESISTANCE OF THE BOLT ROW NO. 1

$F_{t1,Rd,comp}$ - Formula	$F_{t1,Rd,comp}$	Component
$F_{t1,Rd} = \text{Min} (F_{t1,Rd,comp})$	91,13	Bolt row resistance
$F_{t,fc,Rd(1)} = 97,11$	97,11	Column flange - tension
$F_{t,wc,Rd(1)} = 202,48$	202,48	Column web - tension
$F_{t,ep,Rd(1)} = 91,13$	91,13	Front plate - tension
$F_{t,wb,Rd(1)} = 293,63$	293,63	Beam web - tension
$B_{p,Rd} = 233,43$	233,43	Bolts due to shear punching
$V_{wp,Rd}/\beta = 602,30$	602,30	Web panel - shear
$F_{c,wc,Rd} = 623,59$	623,59	Column web - compression
$F_{c,fb,Rd} = 370,31$	370,31	Beam flange - compression

RESISTANCE OF THE BOLT ROW NO. 2

F_{t2,Rd,comp} - Formula	F_{t2,Rd,comp}	Component
$F_{t2,Rd} = \text{Min} (F_{t2,Rd,comp})$	61, 36	Bolt row resistance
$F_{t,fc,Rd(2)} = 97,11$	97, 11	Column flange - tension
$F_{t,wc,Rd(2)} = 202,48$	202, 48	Column web - tension
$F_{t,ep,Rd(2)} = 86,17$	86, 17	Front plate - tension
$F_{t,wb,Rd(2)} = 257,31$	257, 31	Beam web - tension
$B_{p,Rd} = 233,43$	233, 43	Bolts due to shear punching
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum 1^1 F_{ti,Rd} = 602,30 - 91,13$	511, 17	Web panel - shear
$F_{c,wc,Rd} - \sum 1^1 F_{ij,Rd} = 623,59 - 91,13$	532, 46	Column web - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^1 F_{ij,Rd} = 370,31 - 91,13$	279, 19	Beam flange - compression
$F_{t,fc,Rd(2+1)} - \sum 1^1 F_{ij,Rd} = 177,57 - 91,13$	86, 44	Column flange - tension - group
$F_{t,wc,Rd(2+1)} - \sum 1^1 F_{ij,Rd} = 188,12 - 91,13$	96, 99	Column web - tension - group
$F_{t,ep,Rd(2+1)} - \sum 1^1 F_{ij,Rd} = 152,49 - 91,13$	61, 36	Front plate - tension - group
$F_{t,wb,Rd(2+1)} - \sum 1^1 F_{ij,Rd} = 369,25 - 91,13$	278, 13	Beam web - tension - group

SUMMARY TABLE OF FORCES

Nr	h _j	F _{tj,Rd}	F _{t,fc,Rd}	F _{t,wc,Rd}	F _{t,ep,Rd}	F _{t,wb,Rd}	F _{t,Rd}	B _{p,Rd}
1	88	91, 13	97, 11	202, 48	91, 13	293, 63	97, 11	233, 43
2	38	61, 36	97, 11	202, 48	86, 17	257, 31	97, 11	233, 43

CONNECTION RESISTANCE FOR BENDING M_{j,Rd}

$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$

$M_{j,Rd} = 10,29 \text{ [kN*m]}$ Connection resistance for bending [6.2]

$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0$ $0,56 < 1,00$ verified (0,56)

VERIFICATION OF M+N INTERACTION

$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} + N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1$ [6.2.5.1.(3)]

$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} + N_{b1,Ed} / N_{j,Rd}$ $0,68 < 1,00$ verified (0,68)

CONNECTION RESISTANCE FOR SHEAR

$\alpha_v = 0,60$ Coefficient for calculation of $F_{v,Rd}$ [Table 3.4]

$F_{v,Rd} = 43,43 \text{ [kN]}$ Shear resistance of a single bolt [Table 3.4]

$F_{t,Rd,max} = 48,56 \text{ [kN]}$ Tensile resistance of a single bolt [Table 3.4]

$F_{b,Rd,int} = 103,20 \text{ [kN]}$ Bearing resistance of an intermediate bolt [Table 3.4]

$F_{b,Rd,ext} = 103,20 \text{ [kN]}$ Bearing resistance of an outermost bolt [Table 3.4]

Nr	F _{tj,Rd,N}	F _{tj,Ed,N}	F _{tj,Rd,M}	F _{tj,Ed,M}	F _{tj,Ed}	F _{vj,Rd}
1	97, 11	-50, 89	91, 13	51, 19	0, 30	86, 67
2	97, 11	-50, 89	61, 36	34, 47	-16, 42	86, 86

F_{tj,Rd,N} – Bolt row resistance for simple tension

F_{tj,Ed,N} – Force due to axial force in a bolt row

F_{tj,Rd,M} – Bolt row resistance for simple bending

F_{tj,Ed,M} – Force due to moment in a bolt row

F_{tj,Ed} – Maximum tensile force in a bolt row

F_{vj,Rd} – Reduced bolt row resistance

$F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$

$F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$

$F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$

$F_{vj,Rd} = \text{Min} (n_h F_{v,Ed} / (1 - F_{tj,Ed} / (1.4 n_h F_{t,Rd,max})), n_h F_{v,Rd}, n_h F_{b,Rd})$

$V_{j,Rd} = n_h \sum 1^n F_{vj,Rd}$ [Table 3.4]

$V_{j,Rd} = 173,53 \text{ [kN]}$ Connection resistance for shear [Table 3.4]

$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0$ $0,18 < 1,00$ verified (0,18)

WELD RESISTANCE

$A_w =$	3430	[mm ²]	Area of all welds	[4.5.3.2(2)]
$A_{wy} =$	2505	[mm ²]	Area of horizontal welds	[4.5.3.2(2)]
$A_{wz} =$	925	[mm ²]	Area of vertical welds	[4.5.3.2(2)]
$I_{wy} =$	1085427	[mm ⁴]	Moment of inertia of the weld arrangement with respect to the hor. axis	[4.5.3.2(5)]
$\sigma_{\perp \max} = \tau_{\perp \max}$	-47,12	[MPa]	Normal stress in a weld	[4.5.3.2(6)]
$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp}$	-38,41	[MPa]	Stress in a vertical weld	[4.5.3.2(5)]
τ_{\parallel}	33,16	[MPa]	Tangent stress	[4.5.3.2(5)]
$\beta_w =$	0,85		Correlation coefficient	[4.5.3.2(7)]
$\sqrt{(\sigma_{\perp \max}^2 + 3 * (\tau_{\perp \max}^2))} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$	94,24	<	404,71	verified (0,23)
$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2))} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$	95,92	<	404,71	verified (0,24)
$\sigma_{\perp} \leq 0.9 * f_u / \gamma_{M2}$	47,12	<	309,60	verified (0,15)

CONNECTION STIFFNESS

$t_{wash} =$	3	[mm]	Washer thickness	[6.2.6.3.(2)]
$h_{head} =$	9	[mm]	Bolt head height	[6.2.6.3.(2)]
$h_{nut} =$	12	[mm]	Bolt nut height	[6.2.6.3.(2)]
$L_b =$	40	[mm]	Bolt length	[6.2.6.3.(2)]
$k_{10} =$	3	[mm]	Stiffness coefficient of bolts	[6.3.2.(1)]

STIFFNESSES OF BOLT ROWS

Nr	h _j	k ₃	k ₄	k ₅	k _{eff,j}	k _{eff,j} h _j	k _{eff,j} h _j ²
					Sum	75	5451
1	88	1	36	4	1	53	4626
2	38	1	36	3	1	22	825

$$k_{eff,j} = 1 / (\sum 3^5 (1 / k_{i,j})) \quad [6.3.3.1.(2)]$$

$$Z_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j^2 / \sum_j k_{eff,j} h_j$$

$$Z_{eq} = 73 \text{ [mm]} \quad \text{Equivalent force arm} \quad [6.3.3.1.(3)]$$

$$k_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j / Z_{eq}$$

$$k_{eq} = 1 \text{ [mm]} \quad \text{Equivalent stiffness coefficient of a bolt arrangement} \quad [6.3.3.1.(1)]$$

$$A_{vc} = 3728 \text{ [mm}^2\text{]} \quad \text{Shear area} \quad \text{EN1993-1-1: [6.2.6.(3)]}$$

$$\beta = 1,00 \quad \text{Transformation parameter} \quad [5.3.(7)]$$

$$z = 88 \text{ [mm]} \quad \text{Lever arm} \quad [6.2.5]$$

$$k_1 = 16 \text{ [mm]} \quad \text{Stiffness coefficient of the column web panel subjected to shear} \quad [6.3.2.(1)]$$

$$k_2 = \infty \quad \text{Stiffness coefficient of the compressed column web} \quad [6.3.2.(1)]$$

$$S_{j,ini} = E Z_{eq}^2 / \sum_j (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_{eq}) \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_{j,ini} = 1076,47 \text{ [kN*m]} \quad \text{Initial rotational stiffness} \quad [6.3.1.(4)]$$

$$\mu = 1,00 \quad \text{Stiffness coefficient of a connection} \quad [6.3.1.(6)]$$

$$S_j = S_{j,ini} / \mu \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_j = 1076,47 \text{ [kN*m]} \quad \text{Final rotational stiffness} \quad [6.3.1.(4)]$$

Connection classification due to stiffness.

$$S_{j,rig} = 1347,94 \text{ [kN*m]} \quad \text{Stiffness of a rigid connection} \quad [5.2.2.5]$$

$$S_{j,pin} = 84,25 \text{ [kN*m]} \quad \text{Stiffness of a pinned connection} \quad [5.2.2.5]$$

$$S_{j,pin} \leq S_{j,ini} < S_{j,rig} \quad \text{SEMI-RIGID}$$

WEAKEST COMPONENT:


FRONT PLATE - TENSION

Connection conforms to the code

Ratio 0,68

7.3. Spoj stupa i grednog nosača - donji pojas (detalj C)


→ DIMENZIONIRANJE SPOJEVA IZVRŠENI U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



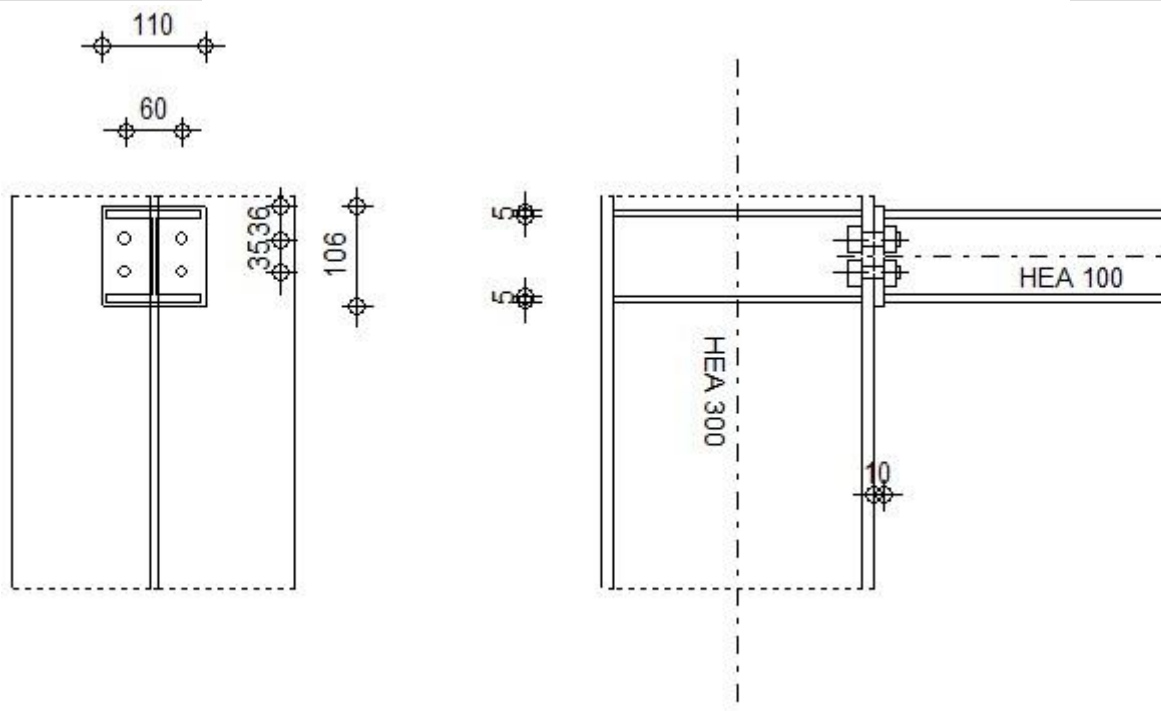
Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022

Design of fixed beam-to-column connection

EN 1993-1-8:2005/AC:2009



Ratio
0,96



GENERAL

Connection no.: 22
 Connection name: Column-Beam
 Structure node: 27
 Structure members: 484, 26

GEOMETRY

COLUMN

Section: HEA 300
 Member no.: 484

$\alpha = -90,0$ [Deg] Inclination angle
 $h_c = 290$ [mm] Height of column section
 $b_{fc} = 300$ [mm] Width of column section
 $t_{wc} = 8$ [mm] Thickness of the web of column section
 $t_{fc} = 14$ [mm] Thickness of the flange of column section
 $r_c = 27$ [mm] Radius of column section fillet
 $A_c = 11253$ [mm²] Cross-sectional area of a column
 $I_{xc} = 182635000$ [mm⁴] Moment of inertia of the column section

Material: S 275
 $f_{yc} = 275,00$ [MPa] Resistance

BEAM

Section: HEA 100
 Member no.: 26
 $\alpha = 0,0$ [Deg] Inclination angle
 $h_b = 96$ [mm] Height of beam section
 $b_f = 100$ [mm] Width of beam section
 $t_{wb} = 5$ [mm] Thickness of the web of beam section
 $t_{fb} = 8$ [mm] Thickness of the flange of beam section
 $r_b = 12$ [mm] Radius of beam section fillet
 $r_b = 12$ [mm] Radius of beam section fillet
 $A_b = 2124$ [mm²] Cross-sectional area of a beam
 $I_{xb} = 3492250$ [mm⁴] Moment of inertia of the beam section
 Material: S 275
 $f_{yb} = 275,00$ [MPa] Resistance

BOLTS

The shear plane passes through the UNTHREADED portion of the bolt.

$d = 14$ [mm] Bolt diameter
 Class = 8.8 Bolt class
 $F_{tRd} = 66,24$ [kN] Tensile resistance of a bolt
 $n_h = 2$ Number of bolt columns
 $n_v = 2$ Number of bolt rows
 $h_1 = 36$ [mm] Distance between first bolt and upper edge of front plate
 Horizontal spacing $e_i = 60$ [mm]
 Vertical spacing $p_i = 35$ [mm]

PLATE

$h_p = 106$ [mm] Plate height
 $b_p = 110$ [mm] Plate width
 $t_p = 10$ [mm] Plate thickness
 Material: S 275
 $f_{yp} = 275,00$ [MPa] Resistance

COLUMN STIFFENER

Upper

$h_{su} = 262$ [mm] Stiffener height
 $b_{su} = 146$ [mm] Stiffener width
 $t_{hu} = 5$ [mm] Stiffener thickness
 Material: Steel
 $f_{ysu} = 235,00$ [MPa] Resistance

Lower

$h_{sd} = 262$ [mm] Stiffener height
 $b_{sd} = 146$ [mm] Stiffener width
 $t_{hd} = 5$ [mm] Stiffener thickness
 Material: Steel
 $f_{ysu} = 235,00$ [MPa] Resistance

FILLET WELDS

$a_w = 5$ [mm] Web weld
 $a_f = 5$ [mm] Flange weld
 $a_s = 5$ [mm] Stiffener weld

MATERIAL FACTORS

γ_{M0} =	1,00	Partial safety factor	[2.2]
γ_{M1} =	1,00	Partial safety factor	[2.2]
γ_{M2} =	1,25	Partial safety factor	[2.2]
γ_{M3} =	1,25	Partial safety factor	[2.2]

LOADS

Ultimate limit state

Case: 194: Kombinacija 163 (1+2)*1.35+(3+5+6+17)*1.50+(9+15)*0.90

$M_{b1,Ed}$ =	3,95	[kN*m]	Bending moment in the right beam
$V_{b1,Ed}$ =	3,30	[kN]	Shear force in the right beam
$N_{b1,Ed}$ =	-127,02	[kN]	Axial force in the right beam
$M_{c1,Ed}$ =	123,78	[kN*m]	Bending moment in the lower column
$V_{c1,Ed}$ =	13,07	[kN]	Shear force in the lower column
$N_{c1,Ed}$ =	-143,69	[kN]	Axial force in the lower column
$M_{c2,Ed}$ =	119,83	[kN*m]	Bending moment in the upper column
$V_{c2,Ed}$ =	113,96	[kN]	Shear force in the upper column
$N_{c2,Ed}$ =	-140,39	[kN]	Axial force in the upper column

RESULTS

BEAM RESISTANCES

COMPRESSION

A_b =	2124	[mm ²]	Area	EN1993-1-1:[6.2.4]
$N_{cb,Rd} = A_b f_{yb} / \gamma_{M0}$				
$N_{cb,Rd}$ =	583,99	[kN]	Design compressive resistance of the section	EN1993-1-1:[6.2.4]

SHEAR

A_{vb} =	756	[mm ²]	Shear area	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$				
$V_{cb,Rd}$ =	119,97	[kN]	Design sectional resistance for shear	EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]
$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$			0,03 < 1,00	verified (0,03)

BENDING - PLASTIC MOMENT (WITHOUT BRACKETS)

W_{plb} =	83020	[mm ³]	Plastic section modulus	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / \gamma_{M0}$				
$M_{b,pl,Rd}$ =	22,83	[kN*m]	Plastic resistance of the section for bending (without stiffeners)	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

BENDING ON THE CONTACT SURFACE WITH PLATE OR CONNECTED ELEMENT

W_{pl} =	83020	[mm ³]	Plastic section modulus	EN1993-1-1:[6.2.5]
$M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / \gamma_{M0}$				
$M_{cb,Rd}$ =	22,83	[kN*m]	Design resistance of the section for bending	EN1993-1-1:[6.2.5]

FLANGE AND WEB - COMPRESSION

$M_{cb,Rd}$ =	22,83	[kN*m]	Design resistance of the section for bending	EN1993-1-1:[6.2.5]
h_f =	88	[mm]	Distance between the centroids of flanges	[6.2.6.7.(1)]
$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$				
$F_{c,fb,Rd}$ =	259,44	[kN]	Resistance of the compressed flange and web	[6.2.6.7.(1)]

COLUMN RESISTANCES

WEB PANEL - SHEAR

$M_{b1,Ed}$ =	3,95	[kN*m]	Bending moment (right beam)	[5.3.(3)]
$M_{b2,Ed}$ =	0,00	[kN*m]	Bending moment (left beam)	[5.3.(3)]
$V_{c1,Ed}$ =	13,07	[kN]	Shear force (lower column)	[5.3.(3)]
$V_{c2,Ed}$ =	113,96	[kN]	Shear force (upper column)	[5.3.(3)]
Z =	62	[mm]	Lever arm	[6.2.5]

$M_{b1,Ed} = 3,95$ [kN*m]	Bending moment (right beam)	[5.3.(3)]
$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / Z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$		
$V_{wp,Ed} = 114,67$ [kN]	Shear force acting on the web panel	[5.3.(3)]
$A_{vs} = \frac{372}{8}$ [mm ²]	Shear area of the column web	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$A_{vc} = \frac{372}{8}$ [mm ²]	Shear area	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$d_s = 91$ [mm]	Distance between the centroids of stiffeners	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,fc,Rd} = 4,0$ [kN*m]	Plastic resistance of the column flange for bending	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,stu,Rd} = 0,4$ [kN*m]	Plastic resistance of the upper transverse stiffener for bending	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,sti,Rd} = 0,4$ [kN*m]	Plastic resistance of the lower transverse stiffener for bending	[6.2.6.1.(4)]
$V_{wp,Rd} = 0,9 (A_{vs} \cdot f_{y,wc}) / (\sqrt{3} \gamma_{M0}) + \text{Min}(4 M_{pl,fc,Rd} / d_s, (2 M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,stu,Rd} + M_{pl,sti,Rd}) / d_s)$		
$V_{wp,Rd} = 631,21$ [kN]	Resistance of the column web panel for shear	[6.2.6.1]
$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq 1,0$	$0,18 < 1,00$	verified (0,18)

WEB - TRANSVERSE COMPRESSION - LEVEL OF THE BEAM BOTTOM FLANGE

Bearing:

$t_{wc} = 8$ [mm]	Effective thickness of the column web	[6.2.6.2.(6)]
$b_{eff,c,wc} = 247$ [mm]	Effective width of the web for compression	[6.2.6.2.(1)]
$A_{vc} = 3728$ [mm ²]	Shear area	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$\omega = 0,84$	Reduction factor for interaction with shear	[6.2.6.2.(1)]
$\sigma_{com,Ed} = 83,25$ [MPa]	Maximum compressive stress in web	[6.2.6.2.(2)]
$k_{wc} = 1,00$	Reduction factor conditioned by compressive stresses	[6.2.6.2.(2)]
$A_s = 864$ [mm ²]	Area of the web stiffener	EN1993-1-1:[6.2.4]
$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$		
$F_{c,wc,Rd1} = 689,13$ [kN]	Column web resistance	[6.2.6.2.(1)]

Buckling:

$d_{wc} = 208$ [mm]	Height of compressed web	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_p = 0,90$	Plate slenderness of an element	[6.2.6.2.(1)]
$\rho = 0,86$	Reduction factor for element buckling	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_s = 2,37$	Stiffener slenderness	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$\chi_s = 1,00$	Buckling coefficient of the stiffener	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$		
$F_{c,wc,Rd2} = 623,26$ [kN]	Column web resistance	[6.2.6.2.(1)]

Final resistance:

$F_{c,wc,Rd,low} = \text{Min}(F_{c,wc,Rd1}, F_{c,wc,Rd2})$		
$F_{c,wc,Rd} = 623,26$ [kN]	Column web resistance	[6.2.6.2.(1)]

WEB - TRANSVERSE COMPRESSION - LEVEL OF THE BEAM TOP FLANGE

Bearing:

$t_{wc} = 8$ [mm]	Effective thickness of the column web	[6.2.6.2.(6)]
$b_{eff,c,wc} = 247$ [mm]	Effective width of the web for compression	[6.2.6.2.(1)]
$A_{vc} = 3728$ [mm ²]	Shear area	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$\omega = 0,84$	Reduction factor for interaction with shear	[6.2.6.2.(1)]
$\sigma_{com,Ed} = 83,25$ [MPa]	Maximum compressive stress in web	[6.2.6.2.(2)]
$k_{wc} = 1,00$	Reduction factor conditioned by compressive stresses	[6.2.6.2.(2)]
$A_s = 864$ [mm ²]	Area of the web stiffener	EN1993-1-1:[6.2.4]
$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$		
$F_{c,wc,Rd1} = 689,13$ [kN]	Column web resistance	[6.2.6.2.(1)]

Buckling:

$d_{wc} = 208$ [mm]	Height of compressed web	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_p = 0,90$	Plate slenderness of an element	[6.2.6.2.(1)]
$\rho = 0,86$	Reduction factor for element buckling	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_s = 2,37$	Stiffener slenderness	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$\chi_s = 1,00$	Buckling coefficient of the stiffener	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$		

$$F_{c,wc,Rd2} = 623,26 \text{ [kN]} \quad \text{Column web resistance} \quad [6.2.6.2.(1)]$$

Final resistance:

$$F_{c,wc,Rd,upp} = \text{Min} (F_{c,wc,Rd1}, F_{c,wc,Rd2})$$

$$F_{c,wc,Rd,upp} = 623,26 \text{ [kN]} \quad \text{Column web resistance} \quad [6.2.6.2.(1)]$$

GEOMETRICAL PARAMETERS OF A CONNECTION

EFFECTIVE LENGTHS AND PARAMETERS - COLUMN FLANGE

Nr	m	m _x	e	e _x	p	l _{eff,cp}	l _{eff,nc}	l _{eff,1}	l _{eff,2}	l _{eff,cp,g}	l _{eff,nc,g}	l _{eff,1,g}	l _{eff,2,g}
1	4	-	120	-	35	26	33	26	33	48	-33	-33	-33
2	4	-	120	-	35	26	33	26	33	48	-33	-33	-33

EFFECTIVE LENGTHS AND PARAMETERS - FRONT PLATE

Nr	m	m _x	e	e _x	p	l _{eff,cp}	l _{eff,nc}	l _{eff,1}	l _{eff,2}	l _{eff,cp,g}	l _{eff,nc,g}	l _{eff,1,g}	l _{eff,2,g}
1	22	-	25	-	35	137	138	137	138	104	97	97	97
2	22	-	25	-	35	137	119	119	119	104	77	77	77

m – Bolt distance from the web

m_x – Bolt distance from the beam flange

e – Bolt distance from the outer edge

e_x – Bolt distance from the horizontal outer edge

p – Distance between bolts

l_{eff,cp} – Effective length for a single bolt row in the circular failure mode

l_{eff,nc} – Effective length for a single bolt row in the non-circular failure mode

l_{eff,1} – Effective length for a single bolt row for mode 1

l_{eff,2} – Effective length for a single bolt row for mode 2

l_{eff,cp,g} – Effective length for a group of bolts in the circular failure mode

l_{eff,nc,g} – Effective length for a group of bolts in the non-circular failure mode

l_{eff,1,g} – Effective length for a group of bolts for mode 1

l_{eff,2,g} – Effective length for a group of bolts for mode 2

CONNECTION RESISTANCE FOR COMPRESSION

$$N_{j,Rd} = \text{Min} (N_{cb,Rd}, 2 F_{c,wc,Rd,low}, 2 F_{c,wc,Rd,upp})$$

$$N_{j,Rd} = 583,99 \text{ [kN]} \quad \text{Connection resistance for compression} \quad [6.2]$$

$$N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,22 < 1,00 \quad \text{verified} \quad (0,22)$$

CONNECTION RESISTANCE FOR BENDING

$$F_{t,Rd} = 66,24 \text{ [kN]} \quad \text{Bolt resistance for tension} \quad [\text{Table 3.4}]$$

$$B_{p,Rd} = 136,17 \text{ [kN]} \quad \text{Punching shear resistance of a bolt} \quad [\text{Table 3.4}]$$

F_{t,fc,Rd} – column flange resistance due to bending

F_{t,wc,Rd} – column web resistance due to tension

F_{t,ep,Rd} – resistance of the front plate due to bending

F_{t,wb,Rd} – resistance of the web in tension

$$F_{t,fc,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,fc,Rd}, F_{T,2,fc,Rd}, F_{T,3,fc,Rd}) \quad [6.2.6.4], [\text{Tab.6.2}]$$

$$F_{t,wc,Rd} = \omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} \quad [6.2.6.3.(1)]$$

$$F_{t,ep,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,ep,Rd}, F_{T,2,ep,Rd}, F_{T,3,ep,Rd}) \quad [6.2.6.5], [\text{Tab.6.2}]$$

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M0} \quad [6.2.6.8.(1)]$$

RESISTANCE OF THE BOLT ROW NO. 1

F _{t1,Rd,comp} - Formula	F _{t1,Rd,comp}	Component
F _{t1,Rd} = Min (F _{t1,Rd,comp})	60,81	Bolt row resistance
F _{t,fc,Rd(1)} = 132,48	132,48	Column flange - tension
F _{t,wc,Rd(1)} = 60,81	60,81	Column web - tension
F _{t,ep,Rd(1)} = 111,33	111,33	Front plate - tension
F _{t,wb,Rd(1)} = 188,71	188,71	Beam web - tension
B _{p,Rd} = 272,34	272,34	Bolts due to shear punching
V _{wp,Rd} /β = 631,21	631,21	Web panel - shear

F_{t1,Rd,comp} - Formula	F_{t1,Rd,comp}	Component
$F_{c,wc,Rd} = 623,26$	623,26	Column web - compression
$F_{c,fb,Rd} = 259,44$	259,44	Beam flange - compression

RESISTANCE OF THE BOLT ROW NO. 2

F_{t2,Rd,comp} - Formula	F_{t2,Rd,comp}	Component
$F_{t2,Rd} = \text{Min} (F_{t2,Rd,comp})$	60,81	Bolt row resistance
$F_{t,fc,Rd(2)} = 132,48$	132,48	Column flange - tension
$F_{t,wc,Rd(2)} = 60,81$	60,81	Column web - tension
$F_{t,ep,Rd(2)} = 105,52$	105,52	Front plate - tension
$F_{t,wb,Rd(2)} = 163,11$	163,11	Beam web - tension
$B_{p,Rd} = 272,34$	272,34	Bolts due to shear punching
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum 1^1 F_{ti,Rd} = 631,21 - 60,81$	570,40	Web panel - shear
$F_{c,wc,Rd} - \sum 1^1 F_{ij,Rd} = 623,26 - 60,81$	562,45	Column web - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum 1^1 F_{ij,Rd} = 259,44 - 60,81$	198,63	Beam flange - compression
$F_{t,ep,Rd(2+1)} - \sum 1^1 F_{ij,Rd} = 192,31 - 60,81$	131,50	Front plate - tension - group
$F_{t,wb,Rd(2+1)} - \sum 1^1 F_{ij,Rd} = 238,43 - 60,81$	177,62	Beam web - tension - group

SUMMARY TABLE OF FORCES

Nr	h _j	F _{tj,Rd}	F _{t,fc,Rd}	F _{t,wc,Rd}	F _{t,ep,Rd}	F _{t,wb,Rd}	F _{t,Rd}	B _{p,Rd}
1	62	60,81	132,48	60,81	111,33	188,71	132,48	272,34
2	27	60,81	132,48	60,81	105,52	163,11	132,48	272,34

CONNECTION RESISTANCE FOR BENDING M_{j,Rd}

$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$

$M_{j,Rd} = 5,35 \text{ [kN*m]}$ Connection resistance for bending [6.2]

$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0$ $0,74 < 1,00$ **verified** (0,74)

VERIFICATION OF M+N INTERACTION

$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} + N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1$ [6.2.5.1.(3)]

$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} + N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} = 0,96 < 1,00$ **verified** (0,96)

CONNECTION RESISTANCE FOR SHEAR

$\alpha_v = 0,60$ Coefficient for calculation of $F_{v,Rd}$ [Table 3.4]

$F_{v,Rd} = 59,11 \text{ [kN]}$ Shear resistance of a single bolt [Table 3.4]

$F_{t,Rd,max} = 66,24 \text{ [kN]}$ Tensile resistance of a single bolt [Table 3.4]

$F_{b,Rd,int} = 63,54 \text{ [kN]}$ Bearing resistance of an intermediate bolt [Table 3.4]

$F_{b,Rd,ext} = 94,98 \text{ [kN]}$ Bearing resistance of an outermost bolt [Table 3.4]

Nr	F _{tj,Rd,N}	F _{tj,Ed,N}	F _{tj,Rd,M}	F _{tj,Ed,M}	F _{tj,Ed}	F _{vj,Rd}
1	132,48	-63,51	60,81	44,88	-18,63	118,22
2	132,48	-63,51	60,81	44,88	-18,63	118,22

F_{tj,Rd,N} – Bolt row resistance for simple tension
 F_{tj,Ed,N} – Force due to axial force in a bolt row
 F_{tj,Rd,M} – Bolt row resistance for simple bending
 F_{tj,Ed,M} – Force due to moment in a bolt row
 F_{tj,Ed} – Maximum tensile force in a bolt row
 F_{vj,Rd} – Reduced bolt row resistance
 $F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$
 $F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$
 $F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$
 $F_{vj,Rd} = \text{Min} (n_h F_{v,Ed} / (1 - F_{tj,Ed} / (1.4 n_h F_{t,Rd,max})), n_h F_{v,Rd}, n_h F_{b,Rd})$

$V_{j,Rd} = n_h \sum 1^n F_{vj,Rd}$ [Table 3.4]

$V_{j,Rd} = 236,45 \text{ [kN]}$ Connection resistance for shear [Table 3.4]

$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0$ $0,01 < 1,00$ **verified** (0,01)

WELD RESISTANCE

$A_w =$	2270	[mm ²]	Area of all welds	[4.5.3.2(2)]
$A_{wy} =$	1710	[mm ²]	Area of horizontal welds	[4.5.3.2(2)]
$A_{wz} =$	560	[mm ²]	Area of vertical welds	[4.5.3.2(2)]
$I_{wy} =$	369859	[mm ⁴]	Moment of inertia of the weld arrangement with respect to the hor. axis	[4.5.3.2(5)]
$\sigma_{\perp \max} = \tau_{\perp \max}$	-77, 70	[MPa]	Normal stress in a weld	[4.5.3.2(6)]
$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp}$	-60, 71	[MPa]	Stress in a vertical weld	[4.5.3.2(5)]
τ_{\parallel}	5, 90	[MPa]	Tangent stress	[4.5.3.2(5)]
$\beta_w =$	0, 85		Correlation coefficient	[4.5.3.2(7)]
$\sqrt{(\sigma_{\perp \max})^2 + 3(\tau_{\perp \max})^2} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$	155, 40	<	404, 71	verified (0, 38)
$\sqrt{(\sigma_{\perp})^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$	121, 85	<	404, 71	verified (0, 30)
$\sigma_{\perp} \leq 0.9 f_u / \gamma_{M2}$	77, 70	<	309, 60	verified (0, 25)

CONNECTION STIFFNESS

$t_{wash} =$	3	[mm]	Washer thickness	[6.2.6.3.(2)]
$h_{head} =$	10	[mm]	Bolt head height	[6.2.6.3.(2)]
$h_{nut} =$	14	[mm]	Bolt nut height	[6.2.6.3.(2)]
$L_b =$	42	[mm]	Bolt length	[6.2.6.3.(2)]
$k_{10} =$	4	[mm]	Stiffness coefficient of bolts	[6.3.2.(1)]

STIFFNESSES OF BOLT ROWS

Nr	h_j	k_3	k_4	k_5	$k_{eff,j}$	$k_{eff,j} h_j$	$k_{eff,j} h_j^2$
					Sum	-89	-4491
1	62	-1	-1126	8	-1	-61	-3769
2	27	-1	-1126	7	-1	-27	-722

$$k_{eff,j} = 1 / (\sum_3^5 (1 / k_{i,j})) \quad [6.3.3.1.(2)]$$

$$Z_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j^2 / \sum_j k_{eff,j} h_j$$

$$Z_{eq} = 51 \text{ [mm]} \quad \text{Equivalent force arm} \quad [6.3.3.1.(3)]$$

$$k_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j / Z_{eq}$$

$$k_{eq} = -2 \text{ [mm]} \quad \text{Equivalent stiffness coefficient of a bolt arrangement} \quad [6.3.3.1.(1)]$$

$$A_{vc} = 3728 \text{ [mm}^2\text{]} \quad \text{Shear area} \quad \text{EN1993-1-1: [6.2.6.(3)]}$$

$$\beta = 1, 00 \quad \text{Transformation parameter} \quad [5.3.(7)]$$

$$z = 62 \text{ [mm]} \quad \text{Lever arm} \quad [6.2.5]$$

$$k_1 = 23 \text{ [mm]} \quad \text{Stiffness coefficient of the column web panel subjected to shear} \quad [6.3.2.(1)]$$

$$k_2 = \infty \quad \text{Stiffness coefficient of the compressed column web} \quad [6.3.2.(1)]$$

$$S_{j,ini} = E Z_{eq}^2 / \sum_i (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_{eq}) \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_{j,ini} = \infty \quad \text{Initial rotational stiffness} \quad [6.3.1.(4)]$$

$$\mu = 1, 32 \quad \text{Stiffness coefficient of a connection} \quad [6.3.1.(6)]$$

$$S_j = S_{j,ini} / \mu \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_j = \infty \quad \text{Final rotational stiffness} \quad [6.3.1.(4)]$$

Connection classification due to stiffness.

$$S_{j,rig} = 229, 18 \text{ [kN*m]} \quad \text{Stiffness of a rigid connection} \quad [5.2.2.5]$$

$$S_{j,pin} = 14, 32 \text{ [kN*m]} \quad \text{Stiffness of a pinned connection} \quad [5.2.2.5]$$

$$S_{j,ini} \geq S_{j,rig} \text{ RIGID}$$

WEAKEST COMPONENT:

COLUMN WEB - TENSION

REMARKS


Distance of bolts from the beam web is too small.

26 [mm] < 27 [mm]

Connection conforms to the code Ratio 0,96

7.4. Spoj dijagonalnih ispuna s donjim pojasom (detalj D)


→ DIMENZIONIRANJE SPOJEVA IZVRŠENI U ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMU:



Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022

Design of truss node connection

EN 1993-1-8:2005/AC:2009

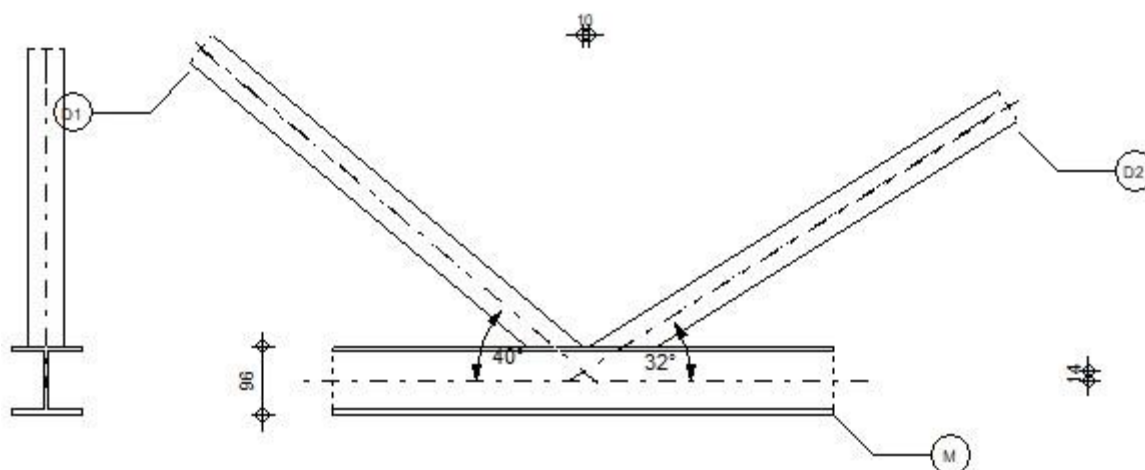


Ratio
0,57

D1 - Ispuna

D2 - Ispuna

M - HEA 100



General

Connection no.: 61
 Connection name: Tube
 Structure node: 77
 Structure members: 68, 76, 75

Geometry

Members

	Chord	Diagonal 1	Diagonal 2	Post	
Member no.:	68	75	76		
Section:	HEA 100	Ispuna	Ispuna		
	h	96	50	50	mm

		Chord	Diagonal 1	Diagonal 2	Post	
	b_{ϵ}	100	50	50		mm
	t_w	5	25	25		mm
	t_{ϵ}	8	25	25		mm
	r	12	0	0		mm
Material:		S 275	S 275	S 275		
	f_y	275,00	275,00	275,00		MPa
	f_u	430,00	430,00	430,00		MPa
Angle	θ	0,0	40,2	32,0		Deg
Length	l	25600	2093	1887		mm

Offset

$$e_0 = -14 \text{ [mm] Offset}$$

Spacings

$$g_2 = 10 \text{ [mm] Spacing of 2nd diagonal}$$

Welds

$$a_d = 5 \text{ [mm] Thickness of welds of diagonals and posts}$$

Loads

Case: 114: Kombinacija 83 (1+2)*1.35+(3+5+6+17)*1.50

Chord

$$N_{01,Ed} = 186,95 \text{ [kN] Axial force}$$

$$M_{01,Ed} = -0,62 \text{ [kN*m] Bending moment}$$

$$N_{02,Ed} = -108,92 \text{ [kN] Axial force}$$

$$M_{02,Ed} = -0,93 \text{ [kN*m] Bending moment}$$

Diagonal 1

$$N_1 = -166,46 \text{ [kN] Axial force}$$

$$M_1 = -0,01 \text{ [kN*m] Bending moment}$$

Diagonal 2

$$N_2 = 198,78 \text{ [kN] Axial force}$$

$$M_2 = 0,01 \text{ [kN*m] Bending moment}$$

Shear forces were not included in the connection verification. The connection was designed as a truss node.

Results

Consider non-axial connection of members in the node

$M_0 = -4,01$ [kN*m] Additional moment from eccentric connection of members $M_0 = (N_{02}-N_{01}) * e_0$
 $\Sigma E_i J_i / L_i = 224804,58$ [kN*m] Overall connection stiffness
 $\Delta M_{01} = -1,02$ [kN*m] Additional moment in the chord
 $\Delta M_{02} = -1,02$ [kN*m] Additional moment in the chord
 $\Delta M_2 = -1,03$ [kN*m] Additional moment in the diagonal
 $\Delta M_1 = -0,93$ [kN*m] Additional moment in the diagonal

Capacity verification Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005

$\gamma_{M5} = 1,00$ Partial safety factor [Table 2.1]

Failure modes for joints (I or H section chord members)

[Table 7.21] for $N_{i,Rd}$ and [Table 7.22] for $M_{i,Rd}$

Geometrical parameters

$\beta = 0,50$ Coefficient taking account of geometry of connection members $\beta = (b_2+h_2+b_1+h_1)/(4*b_0)$ [1.5 (6)]
 $\gamma = 6,25$ Coefficient taking account of geometry of the chord $\gamma = b_0/2*t_{r0}$

Tube brace failure

Diagonal 2

$p_{eff} = 50$ [mm] Effective width in the connection of the diagonal to the chord $p_{eff} = b_2 + h_2 - 2*t_2$

$M_{2,Rd} = 17,19$ [kN*m] Bending resistance $M_{2,Rd} = [f_{y2}*t_2*p_{eff}*h_2] / \gamma_{M5}$

$|M_2+\Delta M_2| \leq M_{2,Rd}$ $|-1,03| < 17,19$ **verified** (0,06)

Diagonal 1

$p_{eff} = 50$ [mm] Effective width in the connection of the diagonal to the chord $p_{eff} = b_1 + h_1 - 2*t_1$

$M_{1,Rd} = 17,19$ [kN*m] Bending resistance $M_{1,Rd} = [f_{y1}*t_1*p_{eff}*h_1] / \gamma_{M5}$

$|M_1+\Delta M_1| \leq M_{1,Rd}$ $|-0,94| < 17,19$ **verified** (0,05)

Chord shear

Diagonal 2

$A_v = 1211$ [mm²] Shear area of the chord $A_v = A_0 - (2-\alpha)*b_r*t_r + (t_w+2*r)*t_r$

$N_{2,Rd} = 362,84$ [kN] Tension capacity $N_{2,Rd} = f_{y0}*A_v/\sqrt{3} * \sin(\theta_2) / \gamma_{M5}$

$|N_2| \leq N_{2,Rd}$ $|198,78| < 362,84$ **verified** (0,55)

Diagonal 1

$A_v = 1211$ [mm²] Shear area of the chord $A_v = A_0 - (2-\alpha)*b_r*t_r + (t_w+2*r)*t_r$

$N_{1,Rd} = 298,21$ [kN] Compression capacity $N_{1,Rd} = f_{y0}*A_v/\sqrt{3} * \sin(\theta_1) / \gamma_{M5}$

$|N_1| \leq N_{1,Rd}$ $|-166,46| < 298,21$ **verified** (0,56)

Chord resistance

$V_{pl,Rd} = 192,30$ [kN] Plastic resistance for shear $V_{pl,Rd} = (A_v \cdot f_{y0}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$

$|V_{Ed}| \leq V_{pl,Rd}$ $|107,34| < 192,30$ **verified** (0,56)

$N_{0,Rd} = 527,27$ [kN] Tension capacity $N_{0,Rd} = [(A_0 - A_v) \cdot f_{y0} + A_v \cdot f_{y0} \cdot \sqrt{1 - (V_{Ed}/V_{pl,Rd})^2}] / \gamma_{M5}$

$|N_{01}| \leq N_{0,Rd}$ $|186,95| < 527,27$ **verified** (0,35)

Chord web yielding

Diagonal 2

$b_w = 194$ [mm] Effective width for the chord web $b_w = h_2 / \sin(\theta_2) + 5 \cdot (t_r + r)$

$M_{2,Rd} = 3,34$ [kN*m] Bending resistance $M_{2,Rd} = 0.5 \cdot f_{y0} \cdot t_w \cdot b_w \cdot (h_2 - t_2) / \gamma_{M5}$

$|M_2 + \Delta M_2| \leq M_{2,Rd}$ $|-1,03| < 3,34$ **verified** (0,31)

Diagonal 1

$b_w = 178$ [mm] Effective width for the chord web $b_w = h_1 / \sin(\theta_1) + 5 \cdot (t_r + r)$

$M_{1,Rd} = 3,05$ [kN*m] Bending resistance $M_{1,Rd} = 0.5 \cdot f_{y0} \cdot t_w \cdot b_w \cdot (h_1 - t_1) / \gamma_{M5}$

$|M_1 + \Delta M_1| \leq M_{1,Rd}$ $|-0,94| < 3,05$ **verified** (0,31)

Chord web instability

Diagonal 2

$N_{2,Rd} = 504,18$ [kN] Tension capacity $N_{2,Rd} = (f_{y0} \cdot t_w \cdot b_w / \sin(\theta_2)) / \gamma_{M5}$

$|N_2| \leq N_{2,Rd}$ $|198,78| < 504,18$ **verified** (0,39)

Diagonal 1

$N_{1,Rd} = 378,54$ [kN] Compression capacity $N_{1,Rd} = (f_{y0} \cdot t_w \cdot b_w / \sin(\theta_1)) / \gamma_{M5}$

$|N_1| \leq N_{1,Rd}$ $|-166,46| < 378,54$ **verified** (0,44)

Verification of welds

Diagonal 2

$\beta_w = 0,85$ Correlation coefficient [Table 4.1]

$\gamma_{M2} = 1,25$ Partial safety factor [Table 2.1]

Longitudinal weld

$\sigma_{\perp} = 51,61$ [MPa] Normal stress in a weld

$\tau_{\perp} = 51,61$ [MPa] Perpendicular tangent stress

$\tau_{\parallel} = 116,78$ [MPa] Tangent stress

$|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ $|51,61| < 309,60$ **verified** (0,17)

$\sqrt{|\sigma_{\perp}|^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ $227,09 < 404,71$ **verified** (0,56)

Transverse inner weld

$\sigma_{\perp} = 132,43$ [MPa] Normal stress in a weld

$\tau_{\perp} = 38,15$ [MPa] Perpendicular tangent stress

$\sigma_{\perp} = 132,43$ [MPa] Normal stress in a weld

$\tau_{\parallel} = 0,00$ [MPa] Tangent stress

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 132,43 < 309,60$	verified	(0,43)
-----------------------------------------------------	---------------------	----------	--------

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$148,00 < 404,71$	verified	(0,37)
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------	----------	--------

Transverse outer weld

$\sigma_{\perp} = 37,78$ [MPa] Normal stress in a weld

$\tau_{\perp} = 132,33$ [MPa] Perpendicular tangent stress

$\tau_{\parallel} = 0,00$ [MPa] Tangent stress

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 37,78 < 309,60$	verified	(0,12)
-----------------------------------------------------	--------------------	----------	--------

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$232,29 < 404,71$	verified	(0,57)
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------	----------	--------

Diagonal 1

$\beta_w = 0,85$ Correlation coefficient [Table 4.1]

$\gamma_{M2} = 1,25$ Partial safety factor [Table 2.1]

Longitudinal weld

$\sigma_{\perp} = -59,52$ [MPa] Normal stress in a weld

$\tau_{\perp} = -59,52$ [MPa] Perpendicular tangent stress

$\tau_{\parallel} = -99,75$ [MPa] Tangent stress

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ -59,52 < 309,60$	verified	(0,19)
-----------------------------------------------------	---------------------	----------	--------

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$209,81 < 404,71$	verified	(0,52)
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------	----------	--------

Transverse inner weld

$\sigma_{\perp} = -122,65$ [MPa] Normal stress in a weld

$\tau_{\perp} = -44,98$ [MPa] Perpendicular tangent stress

$\tau_{\parallel} = 0,00$ [MPa] Tangent stress

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ -122,65 < 309,60$	verified	(0,40)
-----------------------------------------------------	----------------------	----------	--------

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$145,30 < 404,71$	verified	(0,36)
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------	----------	--------

Transverse outer weld

$\sigma_{\perp} = -44,64$ [MPa] Normal stress in a weld

$\tau_{\perp} = -122,52$ [MPa] Perpendicular tangent stress

$\tau_{\parallel} = 0,00$ [MPa] Tangent stress

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ -44,64 < 309,60$	verified	(0,14)
-----------------------------------------------------	---------------------	----------	--------

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$216,86 < 404,71$	verified	(0,54)
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------	----------	--------

Remarks

Distance between diagonals is too small 10 [mm] < 50 [mm]

Connection conforms to the code

Ratio 0,57

8. ISKAZ MATERIJALA

U Tablici 44 prikazan je iznos materijala (specifično čelika kvalitete S 275) koji je potreban za izgradnju nosive konstrukcije proizvodne hale s nadstrešnicom i vanjskim uredima. Važno je naglasiti da su navedene količine materijala isključivo za dijelove koji su izračunati u šestom poglavlju, a ne obuhvaćaju podložne pločice, vijke i dodatni materijal korišten za spojeve.

Tablica 44. Iskaz materijala (čelik S 275) [izradio autor]

PRESJEK	BROJ KOMADA	POVRŠINA PRESJEKA [cm ²]	DULJINA [m]	VOLUMEN [m ³]	UDIO [%]
HEA 140	14	31,4	12,88	0,65	5,85
	7		4,0		
HEA 100	7	21,20	25,60	0,38	3,14
Kvadratni puni profil 50 x 50 mm	112	25	2,5	0,70	6,29
IPE 180	60	23,90	6	1,10	9,88
	20		5,15		
HEA 300	14	112,0	10	1,57	14,12
HEA 260	8	86,80	11,5	0,80	7,19
Puni kružni profil d=14 mm	48	6,16	6,8	0,28	2,52
	8		7		
	8		8,6		
UPN 280	53	53,3	5,15	3,56	31,99
	66		6		
HEA 320	12	124,0	6	0,89	8,0
HEA 240	2	76,80	36	0,55	4,94
IPE 220	18	33,40	6	0,36	3,23
Puni kružni profil d=12 mm	4	1,13	7	0,008	0,08
	4		8		
HEA 160	6	38,80	6	0,14	1,26
HEA 200	6	53,80	4	0,13	1,17
Puni kružni profil d=18 mm	7	2,55	5	0,01	0,09
Ukupno čelika S 275				11,13 m ³	100 %

9. ZAKLJUČAK

U okviru ovog diplomskog rada, detaljno je razrađen projekt čelične konstrukcije s nadstrešnicom i vanjskim uredima, pridržavajući se strogih Eurokod normi i pripadnih Nacionalnih dodataka. Važno je napomenuti da je za analizu i dizajn korišten Robot Structural Analysis programski paket, koji je dokazao svoju pouzdanost i učinkovitost u svim fazama projektiranja.

Kako bi se zadovoljili katastarski zahtjevi u vezi s veličinom konstrukcije, pomno su odabrani gabariti, posvećujući posebnu pažnju veličini uredskih prostora i nadstrešnice. Putem proračuna, osigurano je da svi konstrukcijski elementi zadovoljavaju zahtjeve mehaničke otpornosti u skladu s granicama graničnog stanja uporabivosti i graničnog stanja nosivosti. Cilj je bio odabrati profile s optimalnom iskoristivošću poprečnog presjeka, no za neke elemente je bilo neophodno odabrati veće profile.

Podrožnice hale su se istaknule kao element s izvanrednom iskoristivošću, s impresivnih 98%. Ovo svjedoči njihovoj izdržljivosti i sposobnosti da podnesu značajna opterećenja s manjim profilom. Gornji pojas rešetke koji čini strukturalnu osnovu konstrukcije, također se pokazao robusnim s iskoristivošću od 84%, Donji pojas rešetke, ispuna i zatega koja povezuje nadstrešnicu i halu, istakli su se kao elementi s visokom iskoristivošću od 98%. Vanjski glavni stupovi, iako s nešto nižom iskoristivošću od 42% , dimenzionirani su s dodatnom rezervom kako bi se osigurala stabilnost u slučaju nekih izvanrednih situacija. Stupovi ureda, povezani preko nosača ureda na glavnu halu, imaju visoku iskoristivost od 90% za granično stanje uporabivosti. Nosači ureda i nosači nadstrešnice projektirani su s prosječnom iskoristivošću od 85%, pružajući potrebnu nosivost i podršku za vanjske urede i nadstrešnicu. Horizontalni nosači obloge pokazuju nešto nižu iskoristivost prema graničnom stanju nosivosti, međutim prema graničnom stanju uporabivosti, iskoristivost iznosi visokih 96%. Konzole su elementi s nižom iskoristivošću od 25%, dok je kranska staza postigla iskoristivost od 85%.

Spojevi unutar konstrukcije su izvedeni s iznimno visokom iskoristivošću, što dodatno pridonosi ekonomičnosti projekta. Spoj stupa i temelja pokazuje impresivnu iskoristivost od čak 98%, ističući se kao izuzetno čvrst dio konstrukcije. Spoj gornjeg pojasa i stupa ima iskoristivost od 68%, no ovaj spoj je pravilno dimenzioniran s minimalnim mogućim profilima elementa te tako zadovoljava svoju iskoristivost.

Spoj donjeg pojasa i stupa se izdvaja po visokoj iskoristivosti od 96%, dok dijagonalna ispuna i donji pojas čine spoj iskoristivosti 57%. Ovaj spoj, iako s nešto nižom iskoristivošću, osigurava potrebnu potporu konstrukciji i zadovoljava sve potrebne uvjete. Sve navedene visoke iskoristivosti spojeva naglašavaju pažljivo inženjersko projektiranje i izvođenje, što rezultira stabilnom i pouzdanom čeličnom konstrukcijom.

Iako većina konstrukcijskih elemenata pokazuje izvanrednu sposobnost, jasno je da postoje potencijalni prostori za poboljšanje u pogledu odabira profila i optimizacije položaja elemenata kako bi se postigla još veća učinkovitost cijele konstrukcije. Ovaj konkretni aspekt pruža priliku za daljnje unaprjeđenje projektiranja i maksimiziranje performansi konstrukcije u budućim projektima.

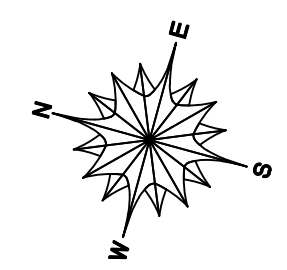
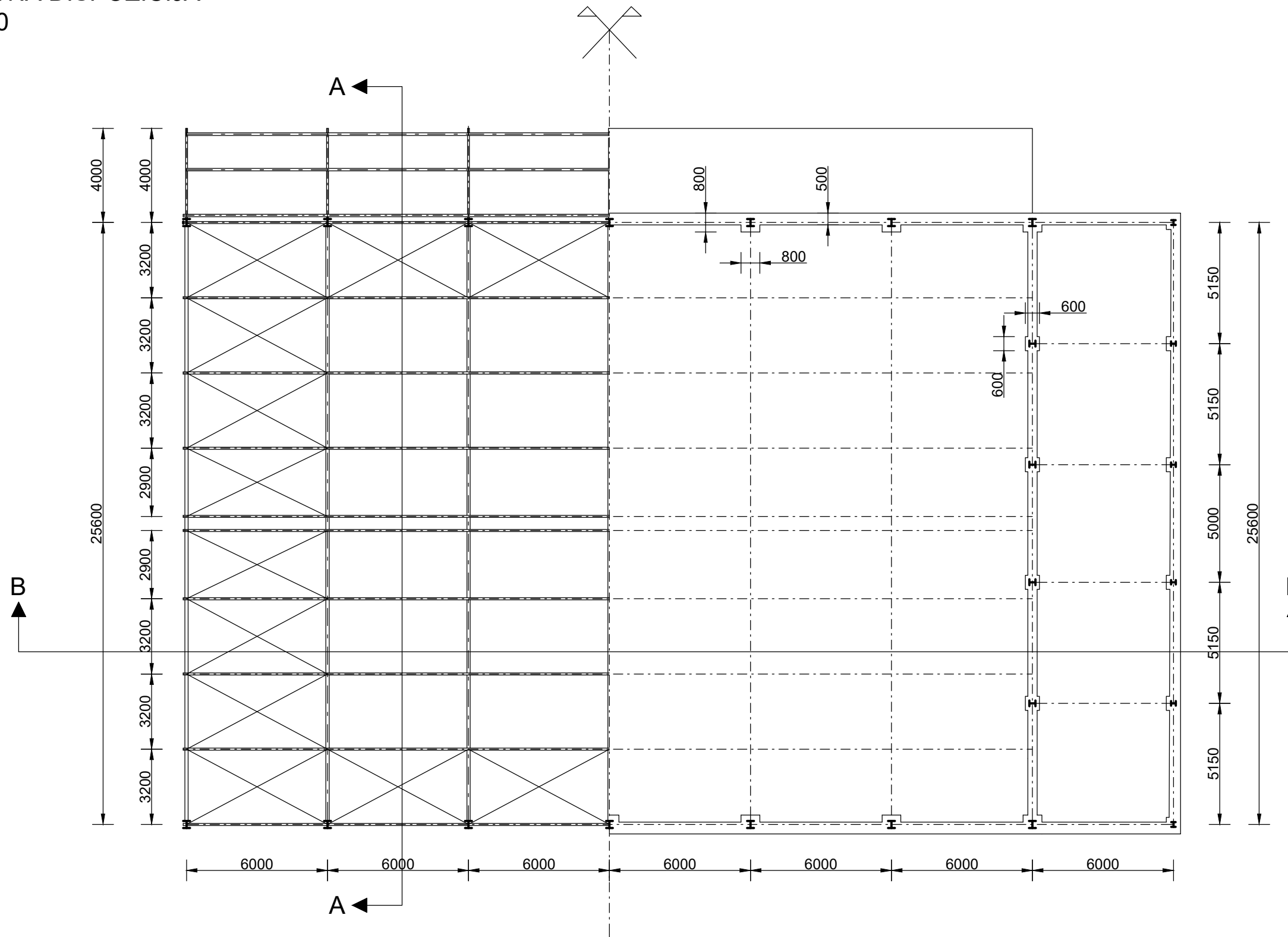
LITERATURA

- [1] Katalog Izoforma panela – Krovni i sendvič paneli: <https://www.izoforma-paneli.hr/> , datum pristupa 15.06.2023.
- [2] HRN EN 1991 – 1 – 3: 2012: Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-3: Opća djelovanja – Opterećenje snijegom
- [3] HRN EN 1991 – 1 – 3: 2012/NA 2014: Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-3: Opća djelovanja – Opterećenje snijegom – Nacionalni dodatak
- [4] HRN EN 1991 – 1 – 4: 2012: Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 14: Opća djelovanja – Djelovanje vjetra
- [5] HRN EN 1991 – 1 – 4: 2012/NA 2014: Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-4: Opća djelovanja – Djelovanje vjetra – Nacionalni dodatak
- [6] Krolo, P. „Nastavni materijali iz kolegija Osnove Čeličnih konstrukcija, skripta, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2020.
- [7] Katalog Abus Kranovi – ELK kranovi: <https://www.abuscranes.com/>, datum pristupa 18.06. 2023.
- [8] Androić, B., Dujmović, D., Džeba, I., Čelične konstrukcije 1, IA projektiranje, Zagreb 2009.
- [9] Tablice_profil_i – Dimenzije i statičke veličine poprečnih presjeka profila, skripta, Merlin sustav
- [10] HRN EN 1993 – 1 – 8:2014: Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija – Dio 1 – 8; Proračun priključaka
- [11] HRN EN 1993 – 1 – 8:2014/NA 2014: Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija – Dio 1 – 8; Proračun priključaka - Nacionalni dodatak
- [12] Androić, B., Dujmović, D., Džeba, I., Čelične konstrukcije 2, IA projektiranje, Zagreb 2009.

NACRTI

1. Tlocrtna dispozicija hale
2. Poprečni presjek A – A i pogled na zabat
3. Uzdužni presjek B – B i bočni pogled
4. Plan pozicija 1 - dispozicija
5. Plan pozicija 2 – pogled na zabat
6. Plan pozicija 3 – bočni pogled
7. Detalj A – spoj stupa s temeljem
8. Detalj B – spoj stupa s gornjim pojasom
9. Detalj C – spoj stupa s donjim pojasom
10. Detalj D – spoj ispune s donjim pojasom

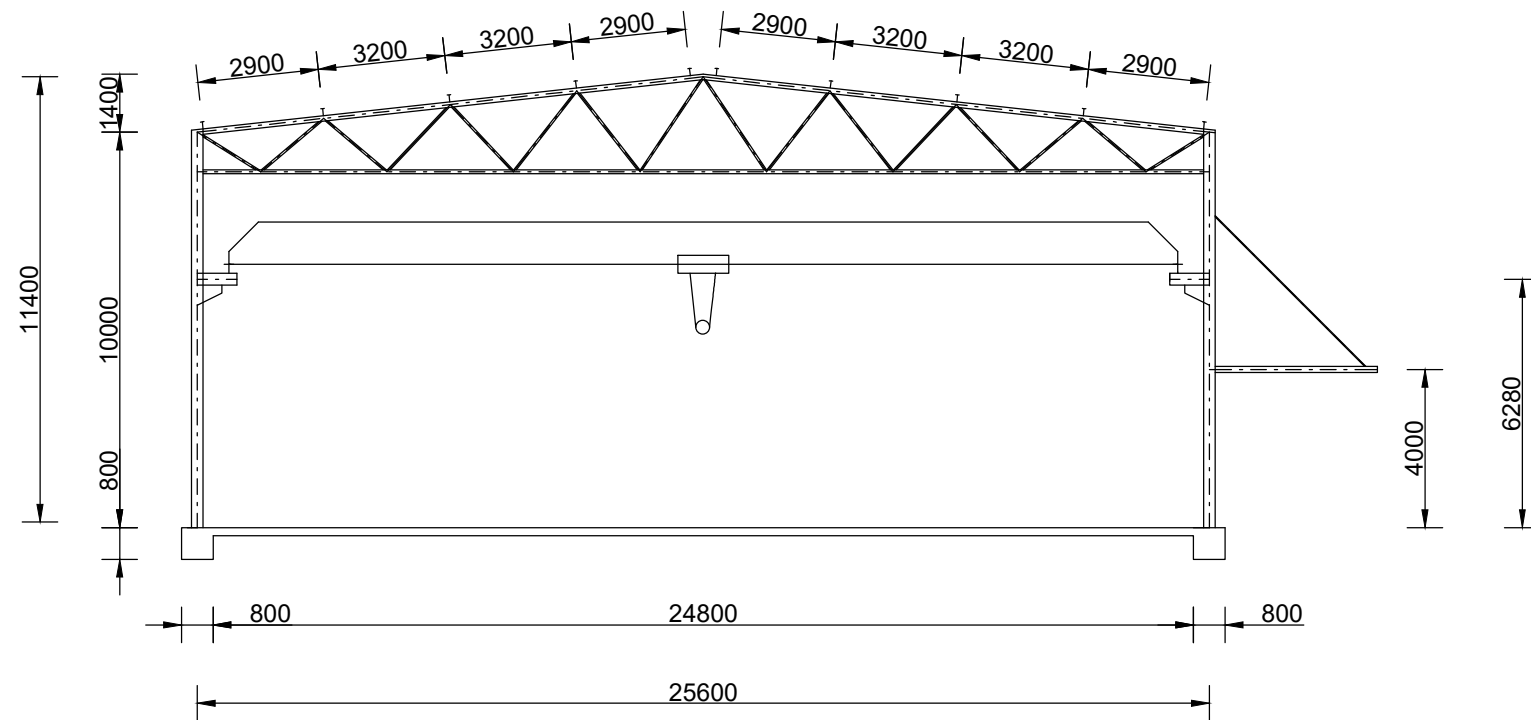
TLOCRTNA DISPOZICIJA
MJ 1:200



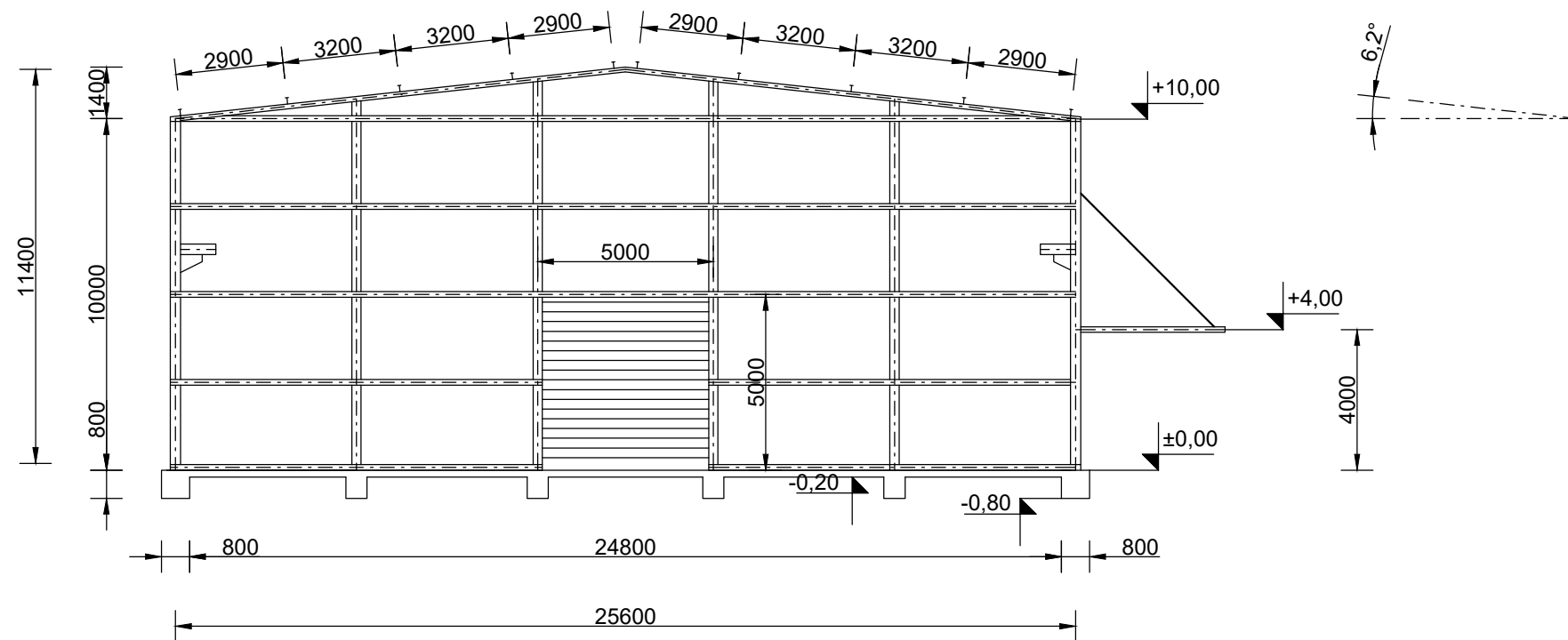
GF		GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI	
DIPLOMSKI RAD		Dimenzioniranje proizvodne hale s nadstrešnicom i uredima	
Studentica: Melisa Čaušević		Tlocrtna dispozicija hale	
Kolegij: Čelične konstrukcije			
Akademska godina: 2022./2023.			
Mjerilo: 1:200		List broj: 1	

POPREČNI PRESJEK I POGLED NA ZABAT
MJ 1:200

POPREČNI PRESJEK A - A



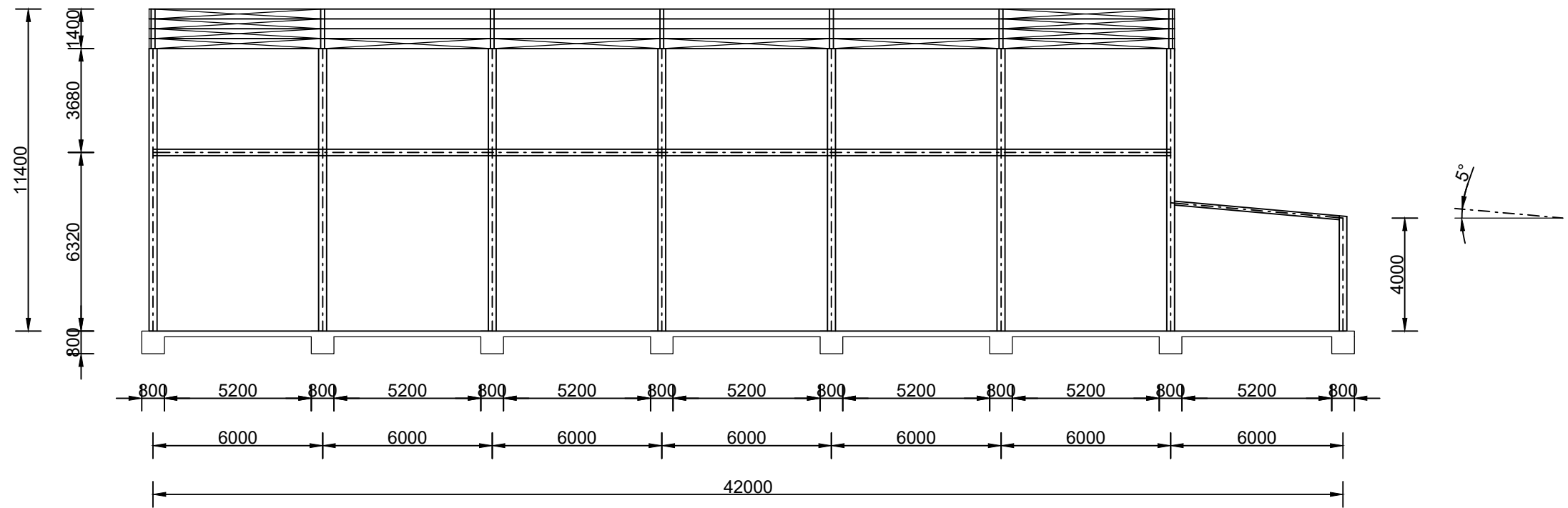
POGLED NA ZABAT



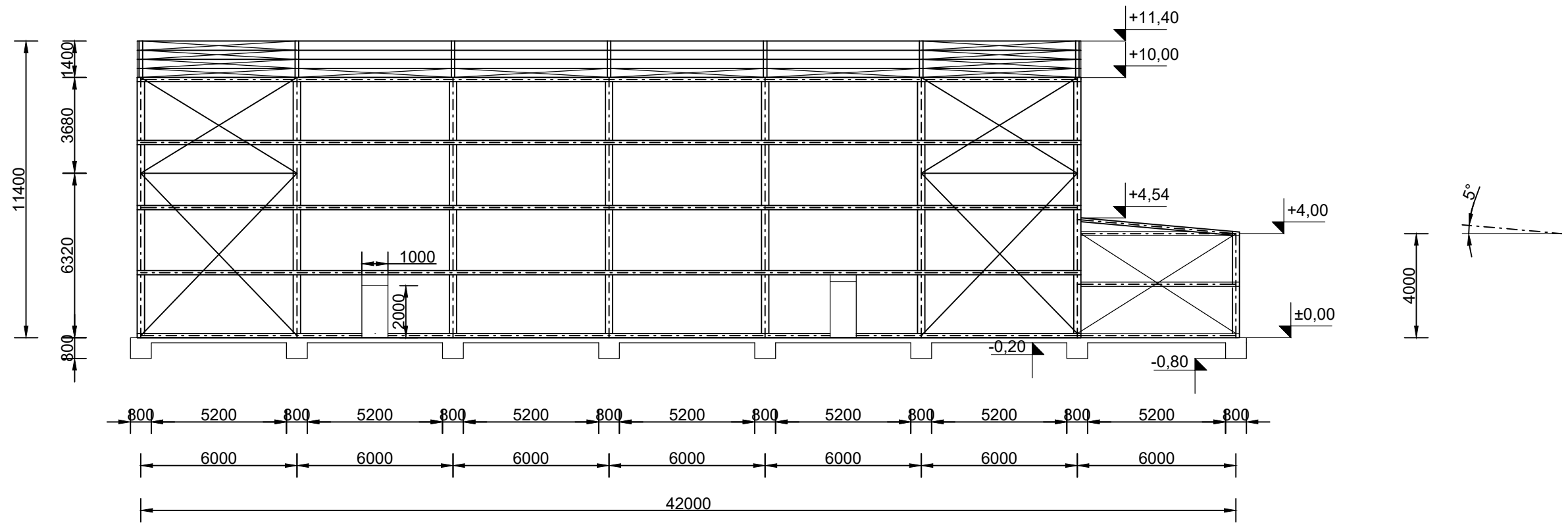
GF		GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI	
DIPLOMSKI RAD		Dimenzioniranje proizvodne hale s nadstrešnicom i uredima	
Studentica: Melisa Čaušević		Poprečni presjek A - A i pogled na zabat	
Kolegij: Čelične konstrukcije			
Akademska godina: 2022./2023.		List broj: 2	
Mjerilo: 1:200			

UZDUŽNI PRESJEK I BOČNI POGLED
MJ 1:200

UZDUŽNI PRESJEK B - B

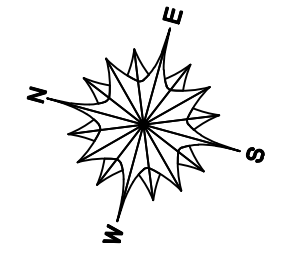
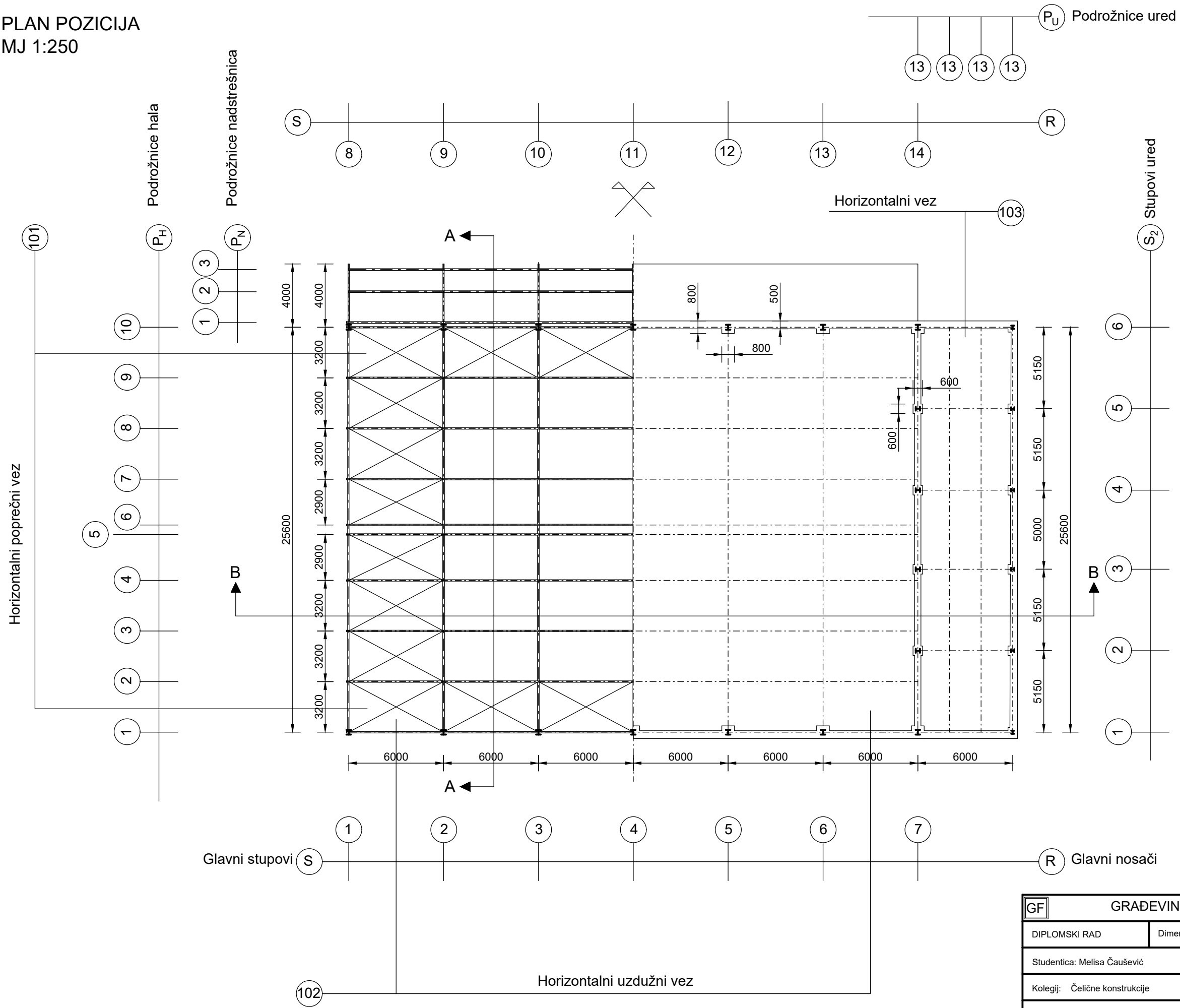


BOČNI POGLED



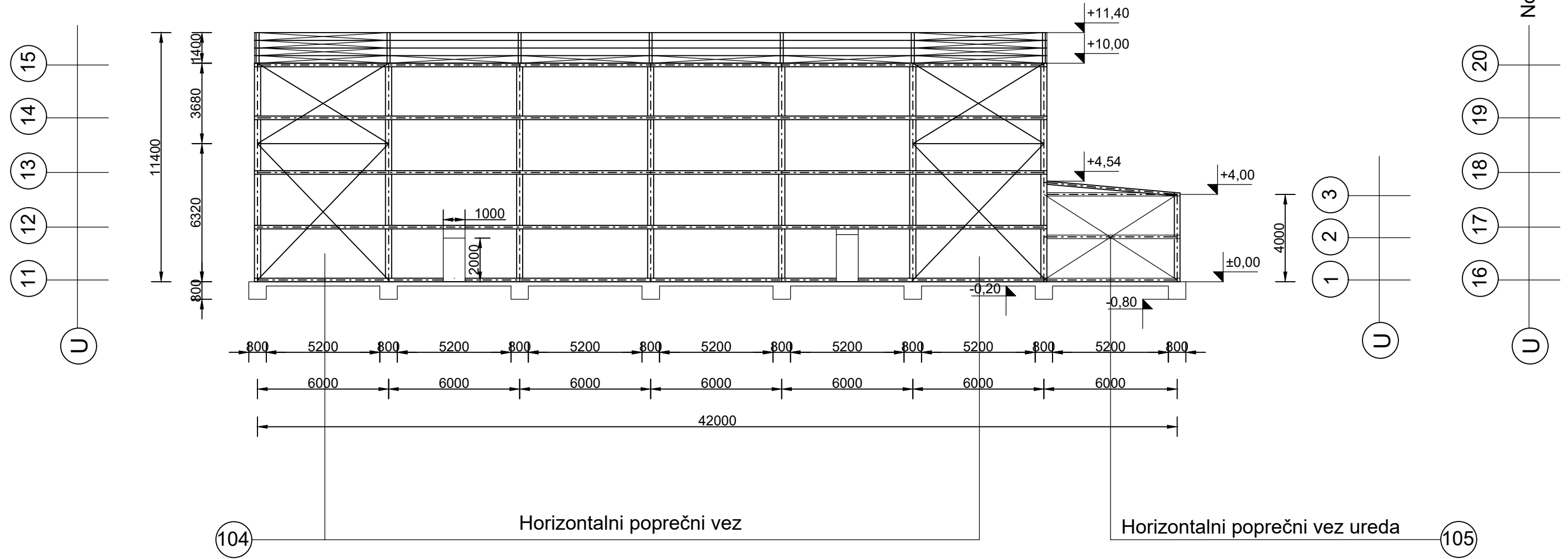
GF		GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI	
DIPLOMSKI RAD		Dimenzioniranje proizvodne hale s nadstrešnicom i uredima	
Studentica: Melisa Čaušević		Uzdužni presjek B - B i bočni pogled	
Kolegij: Čelične konstrukcije			
Akademska godina: 2022./2023.		List broj: 3	
Mjerilo: 1:200			

PLAN POZICIJA
MJ 1:250



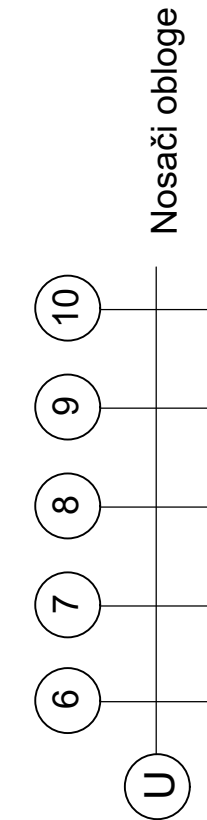
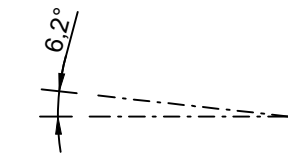
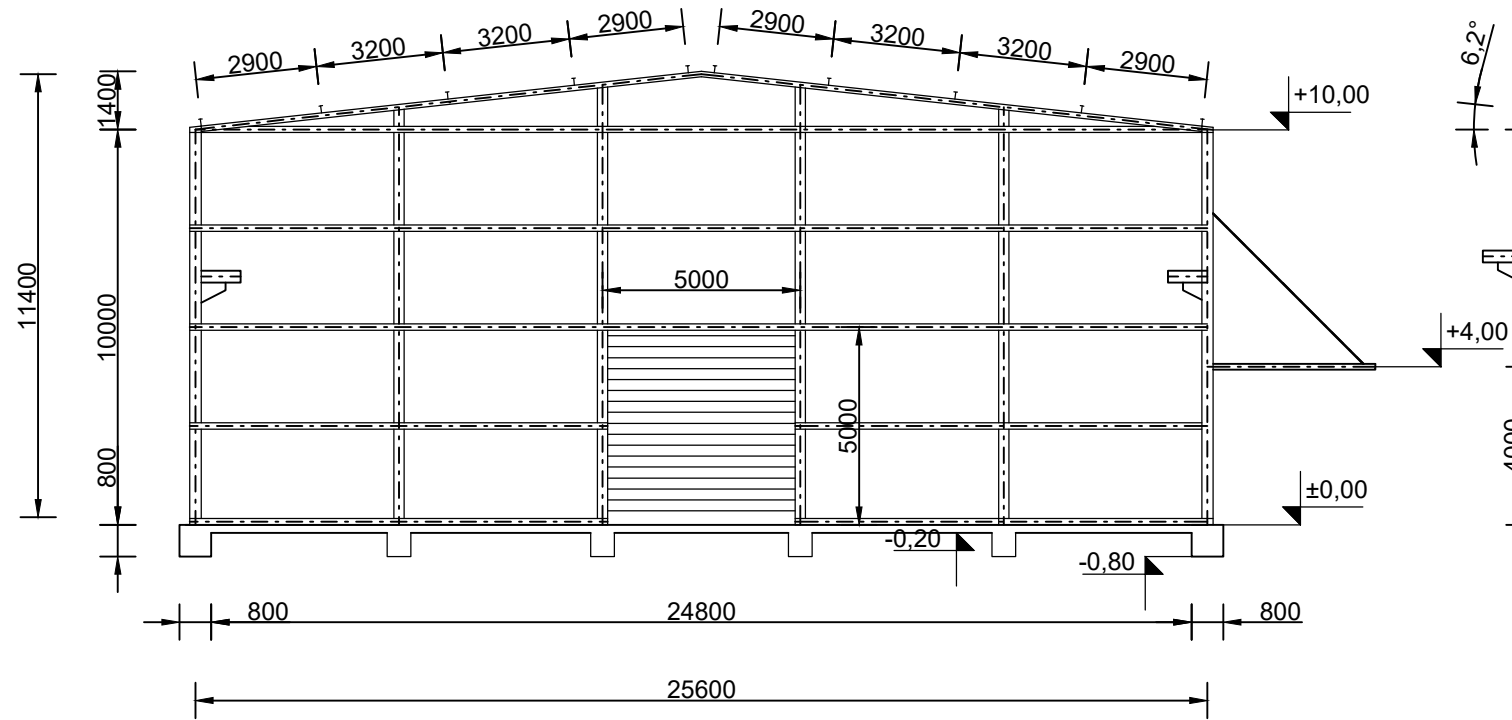
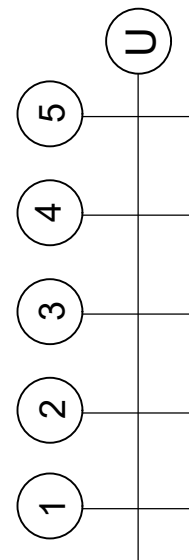
GF GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI	
DIPLOMSKI RAD	Dimenzioniranje proizvodne hale s nadstrešnicom uredima
Studentica: Melisa Čaušević	
Kolegij: Čelične konstrukcije	Plan pozicija 1
Akadska godina: 2022./2023.	
Mjerilo: 1:250	List broj: 4

PLAN POZICIJA 2
MJ 1:200



GF GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI	
DIPLOMSKI RAD	Dimenzioniranje proizvodne hale s nadstrešnicom i uredima
Studentica: Melisa Čaušević	
Kolegij: Čelične konstrukcije	
Akademska godina: 2022./2023.	
Mjerilo: 1:200	Plan pozicija 2
	List broj: 5

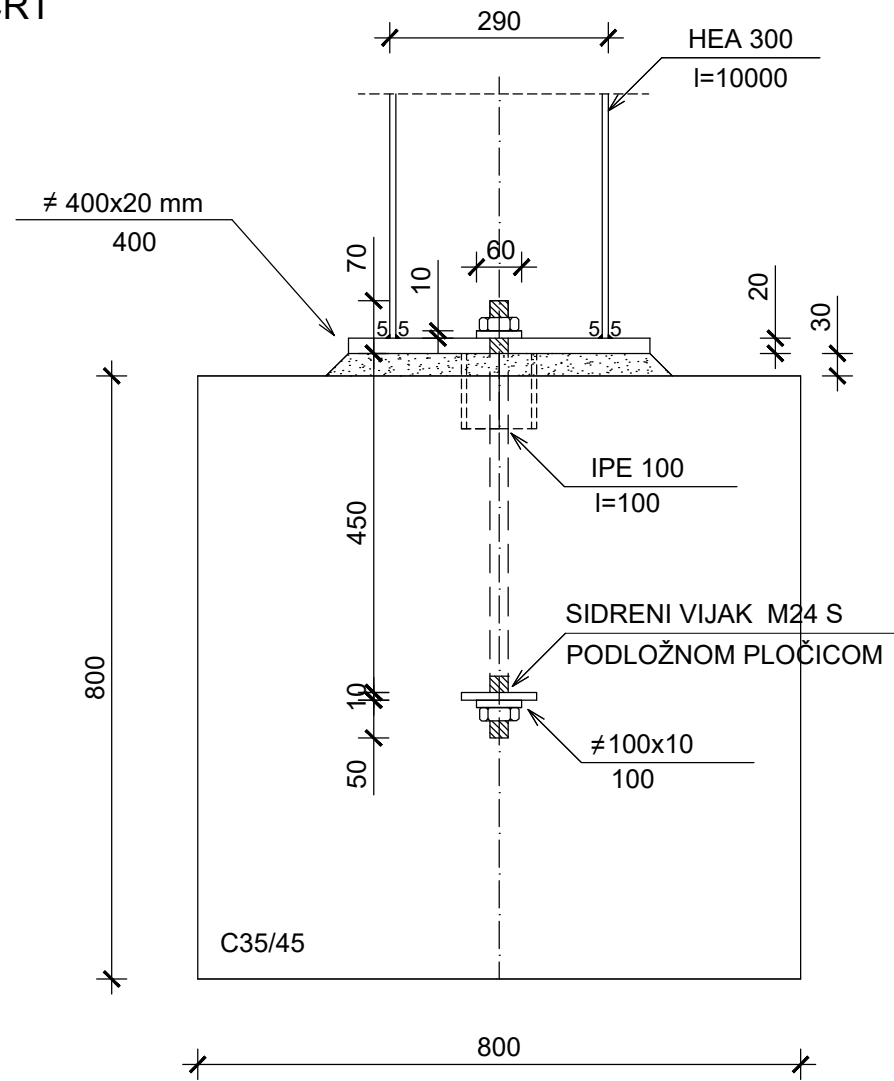
PLAN POZICIJA 3
MJ 1:200



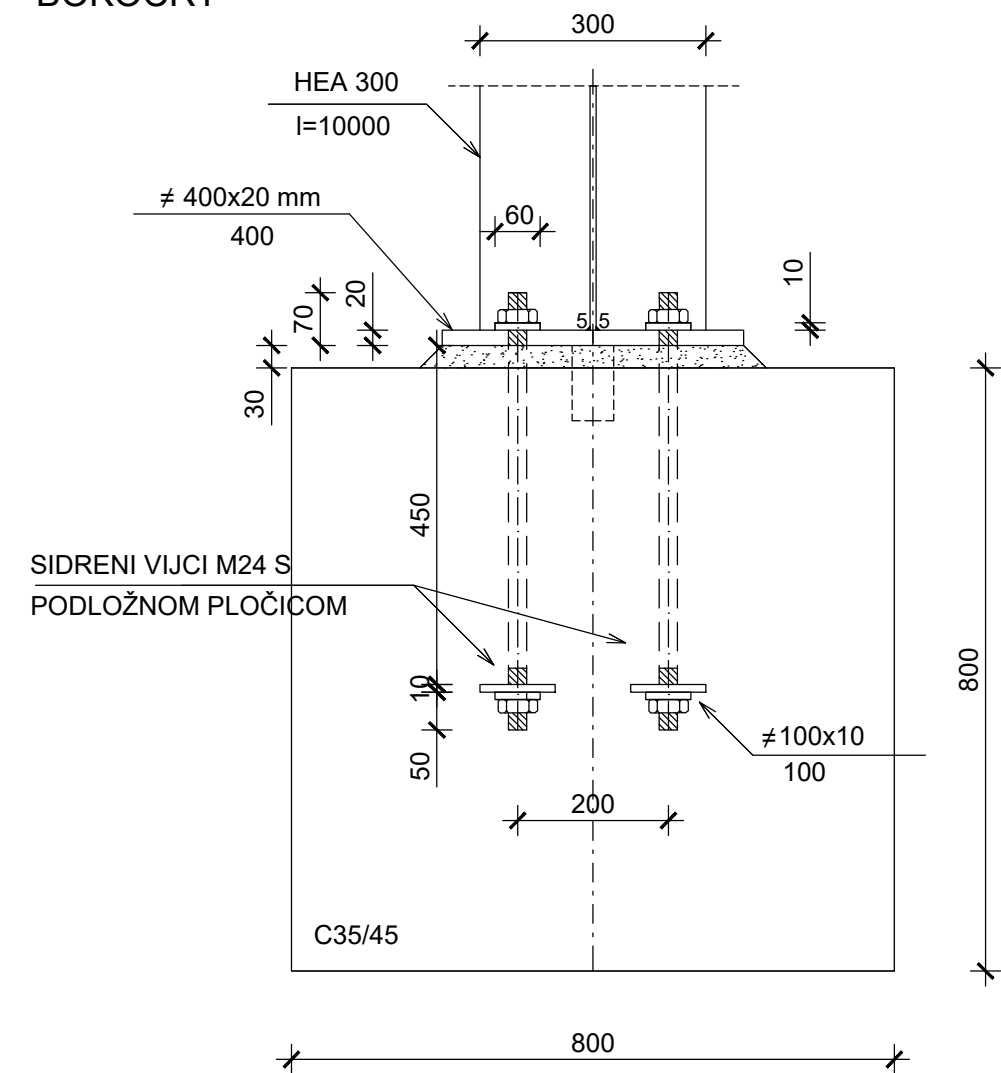
GF		GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI	
DIPLOMSKI RAD		Dimenzioniranje proizvodne hale s nadstrešnicom i uredima	
Studentica: Melisa Čaušević			Plan pozicija 3
Kolegij: Čelične konstrukcije			
Akademska godina: 2022./2023.			
Mjerilo: 1:200			List broj: 6

DETALJ A - Spoj stupa s temeljem
MJ 1:10

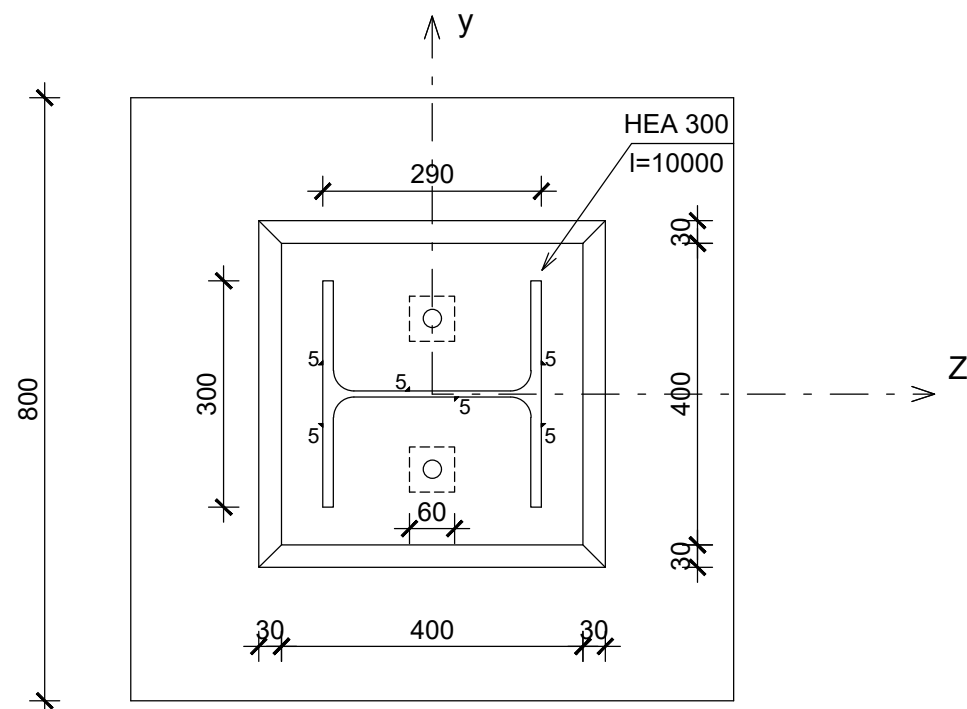
NACRT



BOKOCRT

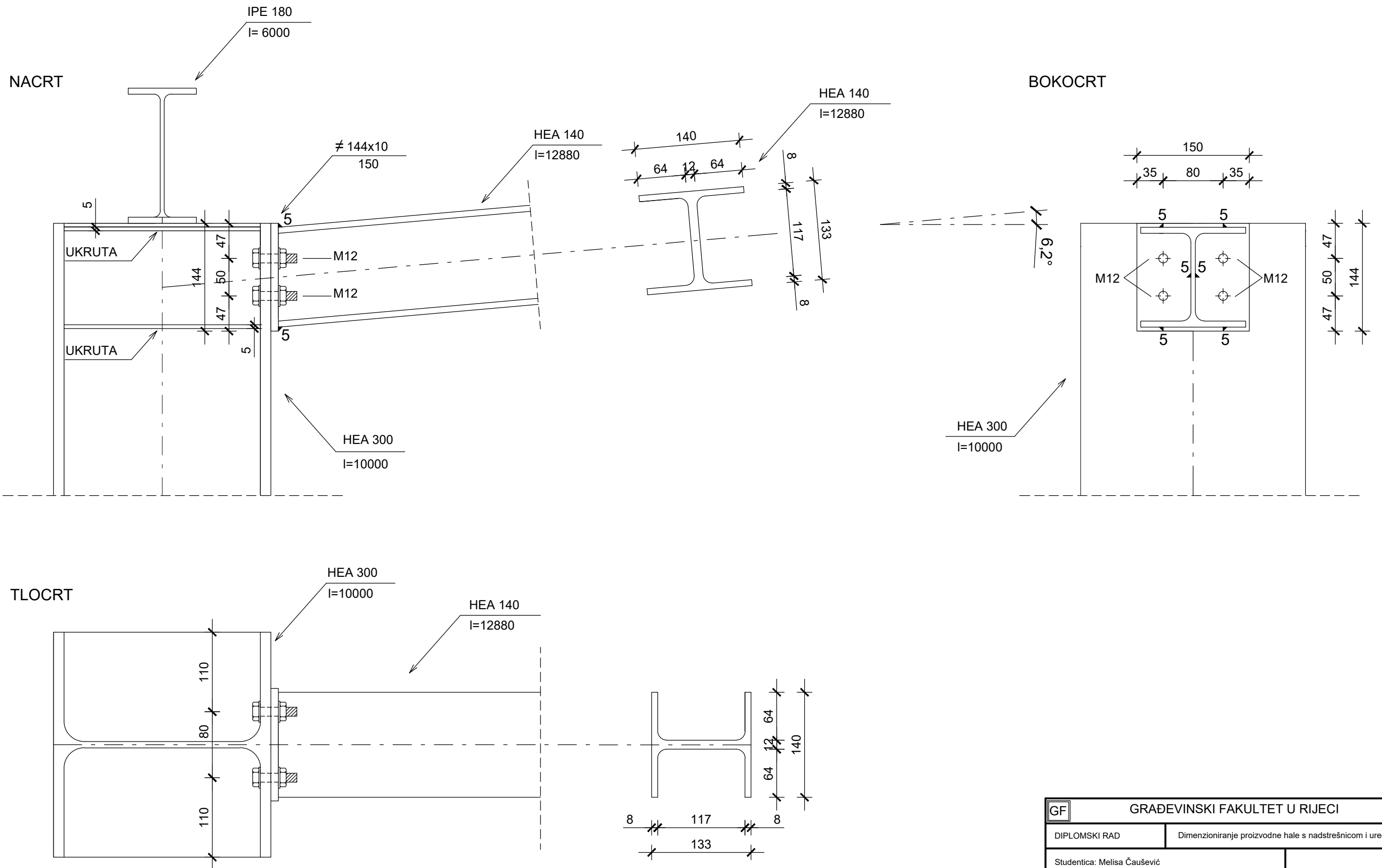


TLOCRT



GF GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI		DETALJ A Spoj stupa s temeljem
DIPLOMSKI RAD	Dimenzioniranje proizvodne hale s nadstrešnicom i uredima	
Studentica: Melisa Čaušević		
Kolegij: Čelične konstrukcije		
Akademska godina: 2022./2023.		
Mjerilo: 1:10	List broj: 7	

DETALJ B - Spoj stupa s gornjim pojasom
MJ 1:5

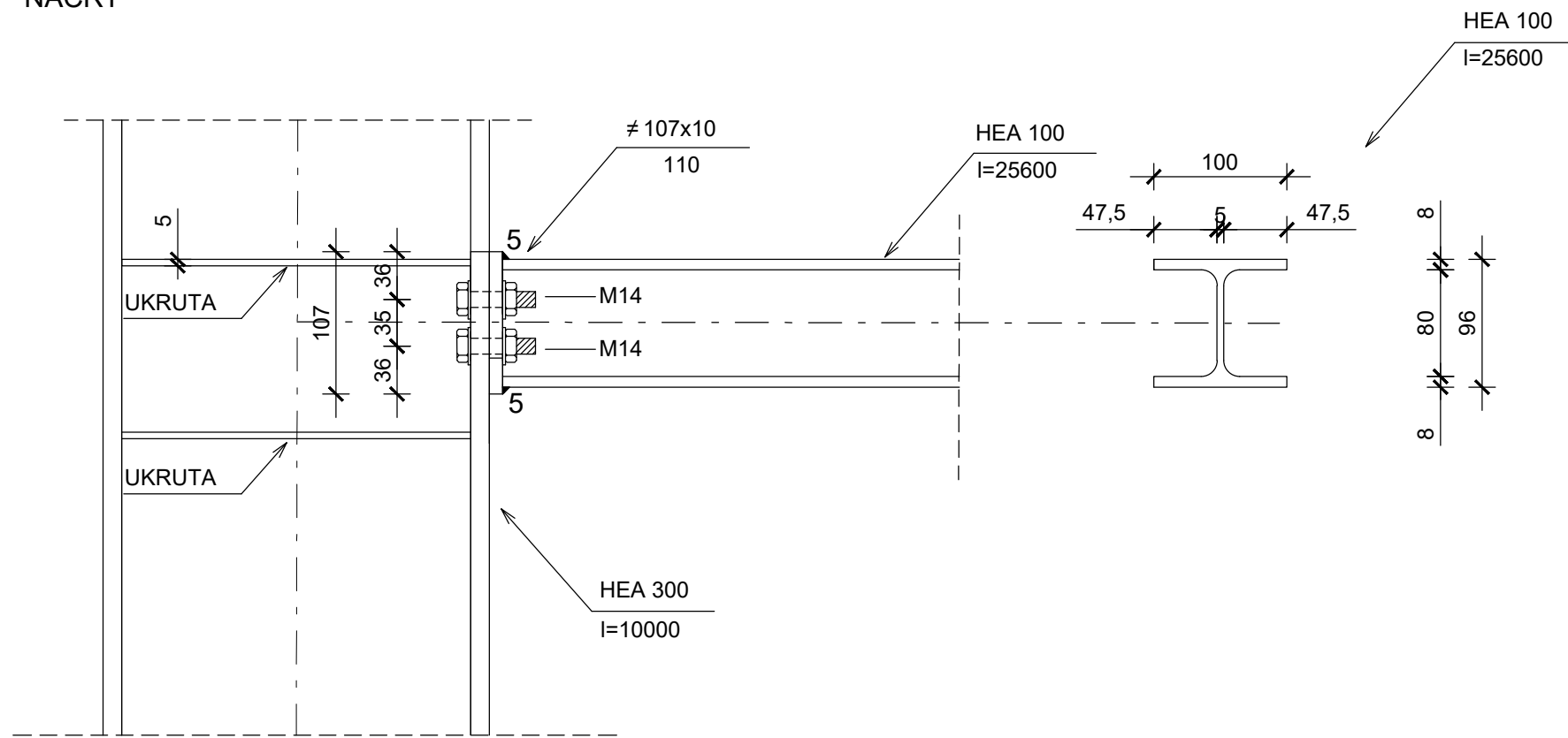


GF		GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI	
DIPLOMSKI RAD		Dimenzioniranje proizvodne hale s nadstrešnicom i uredima	
Studentica: Melisa Čaušević		DETALJ B Spoj stupa s gornjim pojasom	
Kolegij: Čelične konstrukcije			
Akademska godina: 2022./2023.		List broj: 8	
Mjerilo: 1:5			

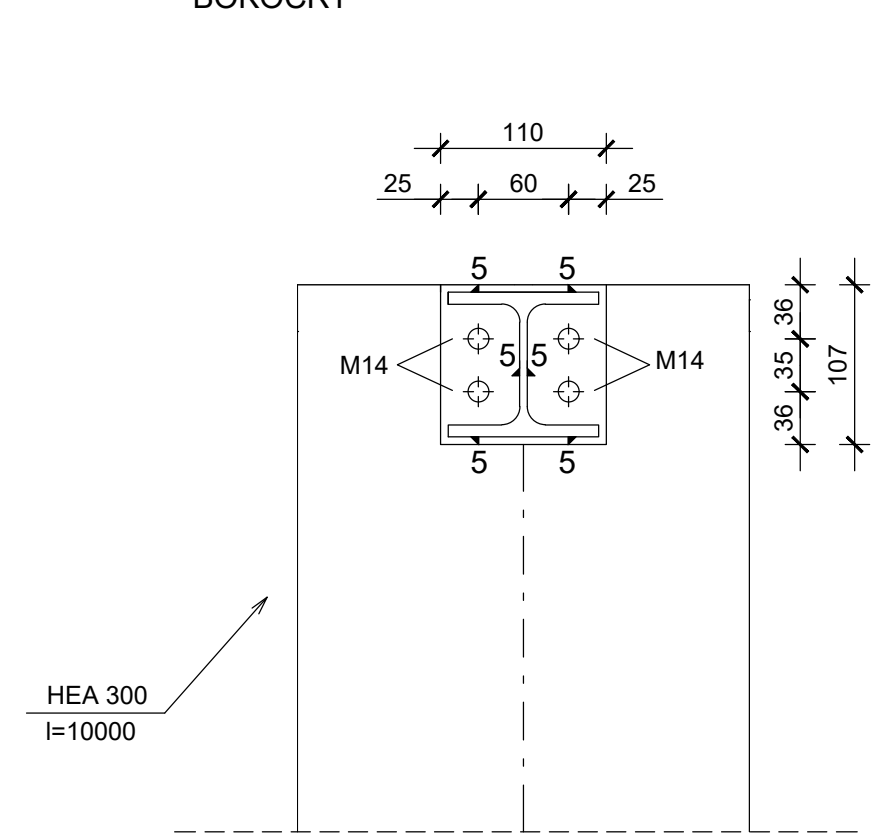
DETALJ C - Spoj stupa s donjim pojasom

MJ 1:5

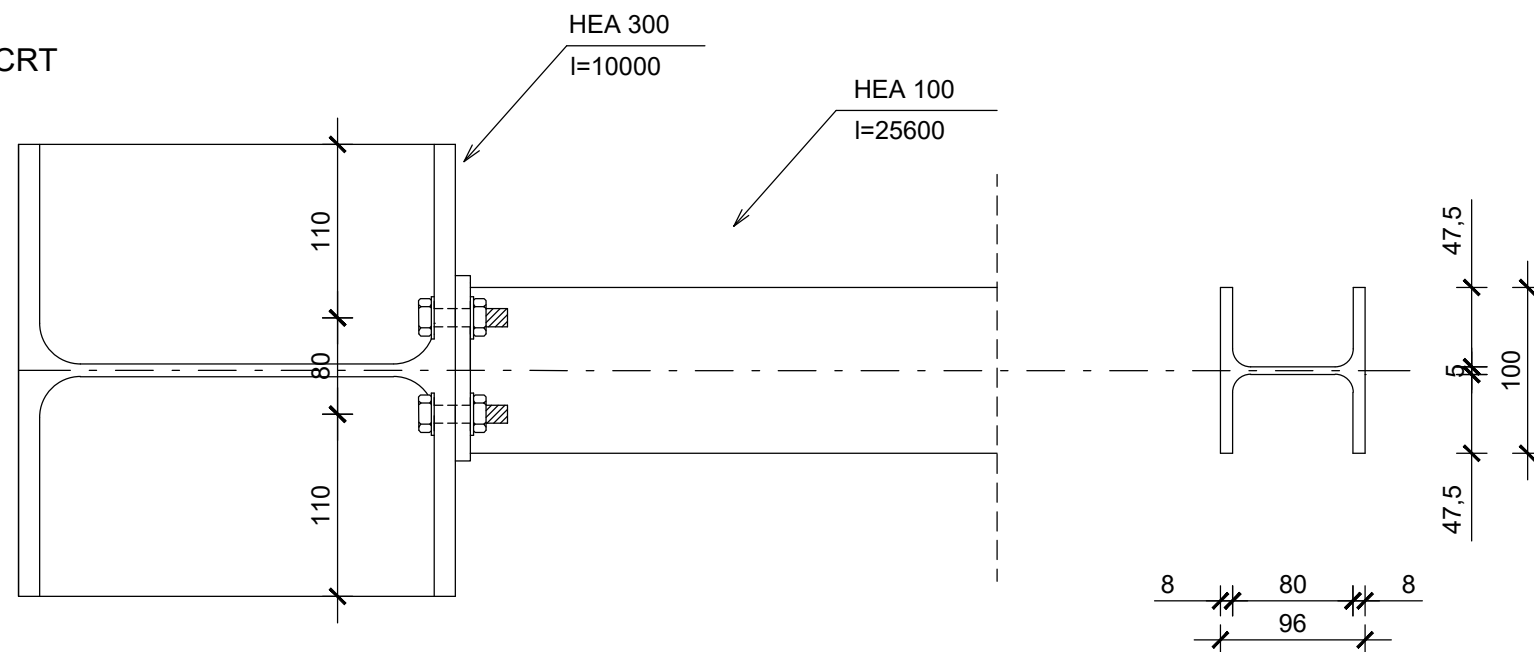
NACRT



BOKOCRT

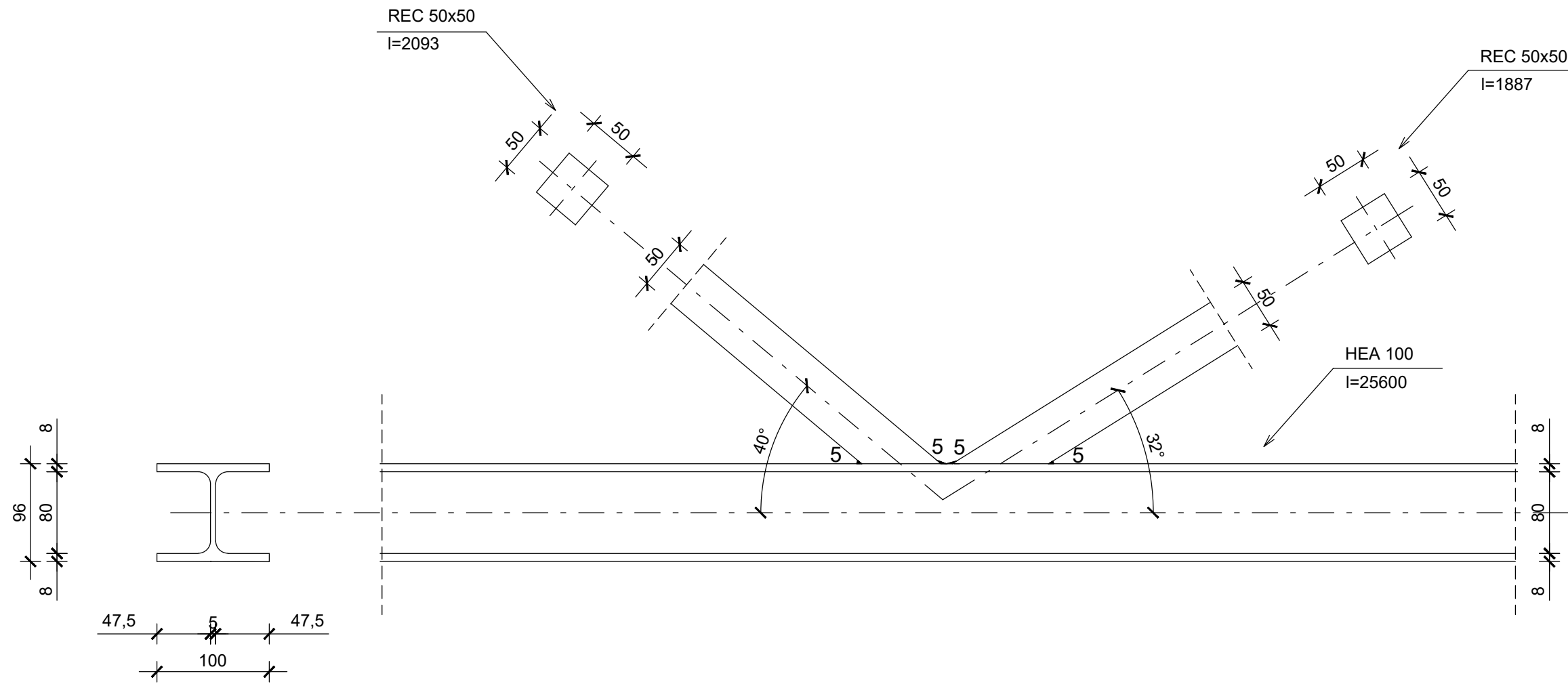


TLOCRT



GF		GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI	
DIPLOMSKI RAD		Dimenzioniranje proizvodne hale s nadstrešnicom i uredima	
Studentica: Melisa Čaušević		DETALJ C Spoj stupa s donjim pojasom	
Kolegij: Čelične konstrukcije			
Akademska godina: 2022./2023.		List broj: 9	
Mjerilo: 1:5			

DETALJ D - Spoj ispune s donjim pojasom
MJ 1:5



GF		GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI	
DIPLOMSKI RAD		Dimenzioniranje proizvodne hale s nadstrešnicom i uredima	
Studentica: Melisa Čaušević		DETALJ D Spoj ispune s donjim pojasom	
Kolegij: Čelične konstrukcije			
Akademska godina: 2022./2023.			
Mjerilo: 1:5		List broj: 10	