



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Никола Турудић

**ПРОЈЕКАТ ЧЕЛИЧНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ СПОРТСКЕ
ХАЛЕ РАСПОНА 32 МЕТРА СА НАДСТРЕШНИЦОМ**

ДИПЛОМСКИ РАД

- Основне академске студије -

Нови Сад, април 2024.



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:	
Идентификациони број, ИБР:	
Тип документације, ТД:	Монографска документација
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР:	Завршни (Bachelor) рад
Аутор, АУ:	Никола Турудић
Ментор, МН:	Доц.др. Ђорђе Јовановић
Наслов рада, НР:	Пројекат челичне конструкције спортске хале распона 32 метра са надстрешницом
Језик публикације, ЈП:	Српски / латиница
Језик извода, ЈИ:	Српски
Земља публикавања, ЗП:	Република Србија
Уже географско подручје, УГП:	Војводина
Година, ГО:	2024.
Издавач, ИЗ:	Факултет техничких наука
Место и адреса, МА:	Нови Сад; трг Доситеја Обрадовића 6
Физички опис рада, ФО: <small>(поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)</small>	
Научна област, НО:	Грађевинарство
Научна дисциплина, НД:	Конструкције
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Челик, Закривљена решетка, Спортска хала, Рожњача, Стуб
УДК	
Чува се, ЧУ:	У библиотеци Факултета техничких наука, Нови Сад
Важна напомена, ВН:	
Извод, ИЗ:	
Датум прихватања теме, ДП:	
Датум одбране, ДО:	
Чланови комисије, КО:	Председник:
	Члан:
	Члан, ментор: Доц. др. Ђорђе Јовановић
	Потпис ментора



KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monographic publication
Type of record, TR :	Textual printed material
Contents code, CC :	Bachelor Thesis
Author, AU :	Nikola Turudić
Mentor, MN :	PhD Đorđe Jovanović
Title, TI :	Design of steel structure for sport hall with span of 32 meters with canopy
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	Serbian
Country of publication, CP :	Republic of Serbia
Locality of publication, LP :	Vojvodina
Publication year, PY :	2024
Publisher, PB :	Faculty of technical sciences
Publication place, PP :	Novi Sad, Dositeja Obradovica sq. 6
Physical description, PD : <small>(chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)</small>	
Scientific field, SF :	Civil Engineering
Scientific discipline, SD :	Construction
Subject/Key words, S/KW :	Steel, curved truss, sport hall, perling, column
UC	
Holding data, HD :	The Library of Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia
Note, N :	
Abstract, AB :	
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	President:
	Member:
	Member, Mentor: PhD Đorđe Jovanović
	Mentor's sign



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

ЗАДАТАК ЗА ЗАВРШНИ РАД

Студијски програм	ГРАЂЕВИНАРСТВО
Степен и врсте студија	Степен студија VII 1a , Основне академске студије

Студент:	Никола Турудић	Број индекса:	ГР19/2019
Област:	ГРАЂЕВИНАРСТВО - Конструкције		
Ментор:	Доц. др. Ђорђе Јовановић		
НА ОСНОВУ ПОДНЕТЕ ПРИЈАВЕ, ПРИЛОЖЕНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ И ОДРЕДБИ СТАТУТА ФАКУЛТЕТА ИЗДАЈЕ СЕ ЗАДАТАК ЗА ДИПЛОМСКИ (Bachelor) РАД, СА СЛЕДЕЋИМ ЕЛЕМЕНТИМА:			
<ul style="list-style-type: none">• проблем - тема рада;• начин решавања проблема и начин практичне провере резултата рада, ако је таква проверанеопходна;• литература			

НАСЛОВ ДИПЛОМСКОГ (BACHELOR) РАДА:

Пројекат челичне конструкције спортске хале распона 32 метра са надстрешницом

ТЕКСТ ЗАДАТКА:

Израдити пројекат челичне конструкције спортске хале на локацији града Инђија, димензија у основи 32 x 84 метара са надстрешницом изнад главног улаза. У оквиру објекта се налазе кафић, свлачионице, тоалети и помоћне просторије. Кровна површина је закривљена, а прорачун се врши помоћу специјализованог софтвера. Приложити технички опис, прорачунски доказ и одговарајућу графичку документацију.

Руководилац студијског програма:	Ментор рада:
<i>Проф. Др Анка Старчев – Ђурчин</i>	<i>Доц. др. Ђорђе Јовановић</i>

Примерак за: - Студента; - Ментора

САДРЖАЈ

1.	ТЕКСТУАЛНА ДОКУМЕНТАЦИЈА	12
1.1	ТЕХНИЧКИ ОПИС КОНСТРУКЦИЈЕ	12
1.2	КРИТЕРИЈУМИ ПРОЈЕКТОВАЊА	15
1.3	МОНТАЖА КОНСТРУКЦИЈЕ	16
1.3.1	ПЛАН МОНТАЖЕ	16
2.	НУМЕРИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА	17
2.1	АНАЛИЗА ОПТЕРЕЂЕЊА	17
2.1.1	СТАЛНО ОПТЕРЕЂЕЊЕ	17
2.1.2	ДОДАТНО СТАЛНО ОПТЕРЕЂЕЊЕ	17
2.1.3	КОРИСНО ОПТЕРЕЂЕЊЕ	18
2.1.4	ДЕЈСТВО ОД ВЕТРА	18
2.1.5	ОПТЕРЕЂЕЊЕ ОД СНЕГА	28
2.1.6	СЕИЗМИЧКО ДЕЈСТВО	29
2.2	НУМЕРИЧКИ МОДЕЛ КОНСТРУКЦИЈЕ	31
2.2.1	МОДЕЛИРАЊЕ КОНСТРУКЦИЈЕ – ЕЛЕМЕНТИ, МАТЕРИЈАЛИ, ОСЛОНЦИ, РАМОВИ	31
2.2.2	МОДЕЛИРАЊЕ ОПТЕРЕЂЕЊА	34
2.2.3	МОДАЛНА АНАЛИЗА	40
2.2.4	ВЕРИФИКАЦИЈА НУМЕРИЧКОГ МОДЕЛА – ПРИКАЗ ФОРМИ ДЕФОРМАЦИЈЕ ЗА РАЗМАТРАНЕ СЛУЧАЈЕВЕ ОПТЕРЕЂЕЊА	44
2.3	СТАТИЧКИ ПРОРАЧУН	48
2.3.1	Комбинације дејстава за гранична стања носивости	48
2.3.2	СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ	53
2.4	ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕЦИ	88
2.5	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ КОНСТРУКЦИЈЕ НА ГРАНИЧНА СТАЊА НОСИВОСТИ И СТАБИЛНОСТИ	90
2.5.1	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У ГЛАВНОМ НОСАЧУ ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ	90

2.5.2	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У КАЛКАНСКОМ ЗИДУ 1 ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ	99
2.5.3	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У КАЛКАНСКОМ ЗИДУ 2 ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ	108
	109
2.5.4	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У ПОДУЖНОМ ЗИДУ ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ	113
2.5.5	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У РОЖЊАЧАМА ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ	118
2.5.6	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У МЕЋУСПРАТНОЈ КОНСТРУКЦИЈИ 1 ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ	134
2.5.7	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У ПОПРЕЧНОМ КРОВНОМ СПРЕГУ ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ	147
2.5.8	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У МЕЋУСПРАТНОЈ КОНСТРУКЦИЈИ 2 ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ	148
2.5.9	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У ПОДУЖНОМ КРОВНОМ СПРЕГУ ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ	154
2.5.10	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У НАДСТРЕШНИЦИ ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ	159
2.6	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ТЕМЕЉА	167
2.6.1	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ТЕМЕЉА ГЛАВНОГ СТУБА.....	167
2.6.2	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ТЕМЕЉА САМЦА ИСПОД ФАСАДНИХ СТУБОВА У ОБОДУ	172
2.7	ГРАНИЧНА СТАЊА УПОТРЕБЉИВОСТИ	177
2.7.1	КОМБИНАЦИЈЕ ЗА ГРАНИЧНО СТАЊЕ УПОТРЕБЉИВОСТИ	177
2.7.2	ДЕФОРМАЦИЈЕ ГЛАВНОГ НОСАЧА	180
2.7.3	ДЕФОРМАЦИЈЕ МЕЋУСПРАТНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ 1	181
2.7.4	ПРИКАЗ ХОРИЗОНТАЛНИХ ДЕФОРМАЦИЈА КОНСТРУКЦИЈЕ	182
2.8	ПРОРАЧУН ВЕЗА	183
2.8.1	СПОЈ ДОЊЕГ ПОЈАСА ГЛАВНОГ НОСАЧА СА СТУБОМ.....	183
2.8.2	НАСТАВАК У ГЛАВНОМ НОСАЧУ.....	188
2.8.3	СПОЈ СТУБА И ТЕМЕЉА	188
3.	ЛИТЕРАТУРА	231

4. ГРАФИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА232

СПИСАК СЛИКА

Слика 3.1-1 <i>Класификација терена при анализи ветра</i>	19
Слика 3.1-2 <i>Илустровани приказ категорије терена</i>	20
Слика 3.1-3 <i>Негативни и спољашњи притисци</i>	21
Слика 3.1-4 <i>Обележја основе правоугаоног објекта</i>	21
Слика 3.1-5 <i>Обележја зона зидова правоугаоног објекта</i>	21
Слика 3.1-6 <i>Табела коефицијената спољашњег притиска на вертикалне зидове објекта</i>	21
Слика 3.1-7 <i>Шема зона на закривљеној кровној површини</i>	22
Слика 3.1-8 <i>Шема коефицијената спољашњег притиска на закривљени кров</i>	22
Слика 3.1-9 <i>Зоне оптерећења на крову</i>	23
Слика 3.1-10 <i>Зоне оптерећења вертикалних зидова</i>	23
Слика 3.1-11 <i>Коефицијенти спољашњег притиска двоводних кровова</i>	24
Слика 3.1-12 <i>Класификација терена при анализи ветра</i>	26
Слика 3.1-13 <i>Илустровани приказ категорије терена</i>	26
Слика 3.1-14 <i>Илустрација коефицијента испуњености надстрешнице</i>	27
Слика 3.1-15 <i>Коефицијенти спољашњег притиска ветра надстрешнице</i>	27
Слика 3.1-16 <i>Вредности оптерећења ветра на надстрешницу</i>	27
Слика 3.1-17 <i>Одређивање коефицијента изложености</i>	28
Слика 3.1-18 <i>Случајеви оптерећења снега на закривљени кров</i>	28
Слика 3.1-19 <i>Класе значајаса описима</i>	29
Слика 3.1-20 <i>Категорије тла</i>	30
Слика 3.1-21 <i>Спектар одговора</i>	30
Слика 3.1-22 <i>Подаци за спектар одговора</i>	30
Слика 3.2-1 <i>Приказ површинског оптерећења на међуспратној конструкцији</i>	31
Слика 3.2-2 <i>Приказ развијеног површинског оптерећења на одговарајуће линијске елементе</i>	31

Слика 3.2-3 3Д модел објекта	32
Слика 3.2-4 Приказ главног носача	32
Слика 3.2-5 Приказ међуспратне конструкције I објекта	33
Слика 3.2-6 Подужни изглед објекта.....	33
Слика 3.2-7 Попречни изглед објекта	33
Слика 3.2-8 Случајеви оптерећења.....	34
Слика 3.2-9 Приказ нанесеног сталног оптерећења са панелима	34
Слика 3.2-10 Приказ нанесеног сталног оптерећења без панела	34
Слика 3.2-11 Корисно оптерећење на међуспратним конструкцијама	35
Слика 3.2-12 Корисно оптерећење на крову.....	35
Слика 3.2-13 Ветар управан на калкан $0,2 + Y$	36
Слика 3.2-14 Ветар управан на калкан $-0,3 + Y$	36
Слика 3.2-15 Ветар управан на подужни зид $0,2 + X$	37
Слика 3.2-16 Ветар управан на подужни зид $-0,3 + X$	37
Слика 3.2-17 Ветар управан на калкан $0,2 - Y$	38
Слика 3.2-18 Ветар управан на калкан $-0,3 - Y$	38
Слика 3.2-19 Равномерно расподељено оптерећење од снега на кровној површини	39
Слика 3.2-20 Неравномерно расподељено оптерећење од снега на кровној површини	39
Слика 3.2-21 Приказ карактеристичног осцилаторног тона у X правцу.....	43
Слика 3.2-22 Приказ карактеристичног осцилаторног тона у Y правцу	43
Слика 3.2-23 Деформациони облик конструкције услед сталног оптерећења	44
Слика 3.2-24 Деформациони облик главног носача услед сталног оптерећења.....	44
Слика 3.2-25 Деформациони облик конструкције услед корисног оптерећења.....	45
Слика 3.2-26 Деформациони облик конструкције услед снежног оптерећења	45
Слика 3.2-27 Деформациони облик главног носача услед снежног оптерећења	46
Слика 3.2-28 Деформациони облик конструкције услед снежног оптерећења	46
Слика 3.2-29 Деформациони облик главног носача услед неравномерно распоређеног дејства снега.....	47
Слика 3.3-1 Моменти савијања у главном носачу M_u [kNm]	53

Слика 3.3-2 Нормалне силе у главном носачу N [kN]	54
Слика 3.3-3 Трансверзалне у главном носачу V_z [kN]	54
Слика 3.3-4 Моменти савијања елемената калканског зида M_y [kNm]	55
Слика 3.3-5 Нормалне силе елемената калканског зида N [kN]	55
Слика 3.3-6 Нормалне силе елемената калканског зида N [kN]	56
Слика 3.3-7 Моменти савијања елемената калканског зида M_y [kNm]	56
Слика 3.3-8 Нормалне силе елемената калканског зида N [kN]	57
Слика 3.3-9 Трансверзалне силе елемената калканског зида V_z [kN]	57
Слика 3.3-10 Нормалне силе елемената калканског зида N [kN]	58
Слика 3.3-11 Моменти савијања елемената у подужном зиду M_y [kNm]	59
Слика 3.3-12 Нормалне силе елемената у подужном зиду N [kN]	59
Слика 3.3-13 Трансверзалне силе елемената у подужном зиду V_z [kN]	60
Слика 3.3-14 Моменти савијања елемената у подужном зиду M_y [kNm]	60
Слика 3.3-15 Нормалне силе елемената у подужном зиду N [kN]	61
Слика 3.3-16 Трансверзалне силе елемената у подужном зиду V_z [kN]	61
Слика 3.3-17 Моменти савијања елемената у подужном зиду M_y [kNm]	62
Слика 3.3-18 Нормалне силе елемената у подужном зиду N [kN]	62
Слика 3.3-19 Трансверзалне силе елемената у подужном зиду V_z [kN]	63
Слика 3.3-20 Моменти савијања елемената у рожњачи M_y [kNm]	64
Слика 3.3-21 Нормалне силе елемената рожњаче N [kN]	64
Слика 3.3-22 Трансверзалне силе елемената рожњаче V_z [kN]	65
Слика 3.3-23 Моменти савијања елемената у рожњачи M_y [kNm]	65
Слика 3.3-24 Нормалне силе елемената рожњаче N [kN]	66
Слика 3.3-25 Трансверзалне силе елемената рожњаче V_z [kN]	66
Слика 3.3-26 Моменти савијања међуспратне конструкције I M_y [kNm]	67
Слика 3.3-27 Нормалне силе елемената у међуспратној конструкцији I N [kN]	67
Слика 3.3-28 Трансверзалне силе елемената у међуспратној конструкцији I N [kN]	68
Слика 3.3-29 Моменти савијања међуспратне конструкције I M_y [kNm]	68

Слика 3.3-30 Нормалне силе елемената у међуспратној конструкцији 1 N [kN]	69
Слика 3.3-31 Трансверзалне силе елемената у међуспратној конструкцији 1 N [kN]	69
Слика 3.3-32 Моменти савијања међуспратне конструкције 1 M_y [kNm]	70
Слика 3.3-33 Нормалне силе елемената у међуспратној конструкцији 1 N [kN]	70
Слика 3.3-34 Трансверзалне силе елемената у међуспратној конструкцији 1 N [kN]	71
Слика 3.3-35 Моменти савијања степенишних носача M_y [kNm]	72
Слика 3.3-36 Нормалне силе степенишних носача N [kN]	72
Слика 3.3-37 Трансверзалне силе степенишних носача V_z [kN]	73
Слика 3.3-38 Моменти савијања степенишне греде M_y [kNm]	73
Слика 3.3-39 Нормалне силе степенишне греде N [kN]	74
Слика 3.3-40 Трансверзалне силе степенишне греде V_z [kN]	74
Слика 3.3-41 Моменти савијања степенишне греде 2 M_y [kNm]	75
Слика 3.3-42 Нормалне силе степенишне греде N [kN]	75
Слика 3.3-43 Трансверзалне силе степенишне греде V_z [kN]	76
Слика 3.3-44 Моменти савијања међуспратне конструкције 2 M_y [kNm]	76
Слика 3.3-45 Нормалне силе међуспратне конструкције 2 N [kN]	77
Слика 3.3-46 Трансверзалне силе међуспратне конструкције 2 V_z [kN]	77
Слика 3.3-47 Моменти савијања међуспратне конструкције 2 M_y [kNm]	78
Слика 3.3-48 Нормалне силе међуспратне конструкције 2 N [kN]	78
Слика 3.3-49 Трансверзалне силе међуспратне конструкције 2 V_z [kN]	79
Слика 3.3-50 Нормалне силе попречног кровног спрега 2 N [kN]	80
Слика 3.3-51 Моменти савијања подужног кровног спрега и венчанице M_y [kNm]	81
Слика 3.3-52 Нормалне силе подужног кровног спрега и венчанице N [kN]	81
Слика 3.3-53 Трансверзалне силе подужног кровног спрега и венчанице V_z [kN]	82
Слика 3.3-54 Моменти савијања носача надстрешнице M_y [kNm]	83
Слика 3.3-55 Нормалне силе носача надстрешнице N [kN]	83
Слика 3.3-56 Трансверзалне силе носача надстрешнице V_z [kN]	84
Слика 3.3-57 Моменти савијања носача надстрешнице M_y [kNm]	84

Слика 3.3-58 Нормалне силе носача надстрешнице N [kN]	85
Слика 3.3-59 Трансверзалне силе носача надстрешнице V_z [kN]	85
Слика 3.3-60 Моменти савијања рожњача надстрешнице M_y [kNm]	86
Слика 3.3-61 Моменти савијања рожњача надстрешнице M_z [kNm]	86
Слика 3.3-62 Нормалне силе рожњача надстрешнице N [kN]	87
Слика 3.3-63 Трансверзалне силе рожњача надстрешнице V_z [kN]	87
Слика 3.4-1 Меродавне силе за димензионисање појаса главног носача	90
Слика 3.4-2 Меродавне силе за димензионисање доњег појаса главног носача	92
Слика 3.4-3 Меродавне силе за димензионисање главног стуба.....	97
Слика 3.4-4 Меродавне силе за димензионисање фасадне ригле	102
Слика 3.4-5 Меродавне силе за димензионисање вертикалног спрега у калкану.....	103
Слика 3.4-6 Меродавна комбинација оптерећења CO 260	104
Слика 3.4-7 Меродавне силе за димензионисање поклапаче у калкану I	104
Слика 3.4-8 Меродавне силе за димензионисање надвратне греде	107
Слика 3.4-9 Меродавне силе за димензионисање фасадних стубова	108
Слика 3.4-10 Меродавне силе за димензионисање фасадне ригле у калкану	111
Слика 3.4-11 Меродавне силе за димензионисање вертикалног спрега у калканском зиду	112
Слика 3.4-12 Меродавне силе за димензионисање вертикалног спрега у подужном зиду.....	113
Слика 3.4-13 Меродавне силе за димензионисање фасадне ригле у подужном зиду.....	117
Слика 3.4-14 Меродавне силе за димензионисање доњег појаса рожњаче ПОС $P1$	120
Слика 3.4-15 Меродавне силе за димензионисање испуне рожњаче ПОС $P1$	123
Слика 3.4-16 Меродавне силе за димензионисање косника	125
Слика 3.4-17 Меродавне силе за димензионисање горњег појаса рожњаче.....	128
Слика 3.4-18 Меродавне силе за димензионисање доњег појаса рожњаче ПОС $P2$	130
Слика 3.4-19 Меродавне силе за димензионисање испуне рожњаче ПОС $P2$	133
Слика 3.4-20 Меродавне силе за димензионисање подног носача $MK1$	134
Слика 3.4-21 Меродавне силе за димензионисање крајњег подног носача $MK1$	135
Слика 3.4-22 Меродавне силе за димензионисање подвлаке $MK1$	136

Слика 3.4-23 Меродавне силе за димензионисање стуба МК1	137
Слика 3.4-24 Меродавне силе за димензионисање степенишног носача	140
Слика 3.4-25 Меродавне силе за димензионисање ослоначке греде степенишног носача	143
Слика 3.4-26 Меродавне силе за димензионисање ослоначке греде 2	144
Слика 3.4-27 Меродавне силе за димензионисање попречног кровног спрега	147
Слика 3.4-28 Меродавне силе за димензионисање подних носача МК2	148
Слика 3.4-29 Меродавне силе за димензионисање крајњих подних носача у МК2	149
Слика 3.4-30 Меродавне силе за димензионисање стубова у МК2	151
Слика 3.4-31 Меродавне силе за димензионисање венчанице	154
Слика 3.4-32 Меродавне силе за димензионисање појаса подужног кровног спрега	157
Слика 3.4-33 Меродавне силе за димензионисање горењег појаса надстрешнице	159
Слика 3.4-34 Меродавне силе за димензионисање доњег појаса надстрешнице	161
Слика 3.4-35 Меродавне силе за димензионисање испуне надстрешнице	164
Слика 3.5-1 Екцентрицитет вертикалне силе код темеља	167
Слика 3.5-2 Распоред разматраних сила	168
Слика 3.5-3 Расподела напона испод темеља самца у два ортогонална правца	168
Слика 3.5-4 Приказ првог контролног обима главног стуба	170
Слика 3.5-5 Расподела напона испод темеља фасадног стуба у ободу приказана у правцима X и Y респективно	173
Слика 3.5-6 Приказ првог контролног обима фасадног стуба у ободу	174
Слика 3.6-1 Приказ анvelope највећих глобалних деформација главног носача за карактеристичне комбинације	180
Слика 3.6-2 Деформација главног носача	180
Слика 3.6-3 Приказ анvelope највећих глобалних деформација међуспратне конструкције I за карактеристичне комбинације	181
Слика 3.6-4 Вредности максималних деформација подвлаке	181
Слика 3.6-5 Вредности максималних деформација подног носача	182
Слика 3.6-6 Глобалне хоризонталне деформације у равни главног носача	182
Слика 3.6-7 Хоризонталне деформације у равни подужног зида	183
Слика 3.7-1 Подаци везани за везу стуба и доњег појаса главног носача	183

Слика 3.7-2 3Д приказ везе стуба са доњим делом главног носача	184
Слика 3.7-3 3Д приказ везе стуба и доњег појаса главног носача.....	184
СПИСАК ТАБЕЛА	
Табела 3.1-1 Корисно оптерећење у објекту.....	18
Табела 3.1-2 Вредности оптерећења на зидовима објекта 1.....	22
Табела 3.1-3 Вредности оптерећења на зидовима објекта 2.....	22
Табела 3.1-4 Вредности оптерећења на крову објекта 1	22
Табела 3.1-5 Вредности оптерећења на крову објекта 2	23
Табела 3.1-6 Вредности оптерећења на зидовима објекта.....	24
Табела 3.1-7 Вредности оптерећења на зидовима објекта.....	24
Табела 3.1-8 Вредности оптерећења на крову објекта	24
Табела 3.1-9 Вредности оптерећења на крову објекта	25
Табела 3.2-1 Осцилаторни тонови добијени модалном анализом објекта	41
Табела 3.2-2 Природне фреквенције периоди објекта	42
Табела 3.3-1 Комбинације оптерећења по граничном стању носивости	52
Табела 3.3-2 Меродавна комбинација оптерећења СО 23	53
Табела 3.3-3 Меродавна комбинација оптерећења СО 41	54
Табела 3.3-4 Меродавна комбинација оптерећења СО 58	56
Табела 3.3-5 Меродавна комбинација оптерећења СО 72	57
Табела 3.3-6 Меродавна комбинација оптерећења СО 80	58
Табела 3.3-7 Меродавна комбинација оптерећења СО 66.....	60
Табела 3.3-8 Меродавна комбинација оптерећења СО 54	61
Табела 3.3-9 Меродавна комбинација оптерећења СО 28	63
Табела 3.3-10 Меродавна комбинација оптерећења СО 28.....	65
Табела 3.3-11 Меродавна комбинација оптерећења СО 6	67
Табела 3.3-12 Меродавна комбинација оптерећења СО 7	68
Табела 3.3-13 Меродавна комбинација оптерећења СО 6	69
Табела 3.3-14 Меродавна комбинација оптерећења СО 14	71

Табела 3.3-15 Меродавна комбинација оптерећења CO 14	73
Табела 3.3-16 Меродавна комбинација оптерећења CO6	74
Табела 3.3-17 Меродавна комбинација оптерећења CO 21	76
Табела 3.3-18 Меродавна комбинација оптерећења CO 16	77
Табела 3.3-19 Меродавна комбинација оптерећења CO 44	79
Табела 3.3-20 Меродавна комбинација оптерећења CO 66	80
Табела 3.3-21 Меродавна комбинација оптерећења CO 258	82
Табела 3.3-22 Меродавна комбинација оптерећења CO 29	84
Табела 3.3-23 Меродавна комбинација оптерећења CO 258	85
Табела 3.4-1 Меродавна комбинација оптерећења CO 23	90
Табела 3.4-2 Меродавна комбинација оптерећења CO 42	92
Табела 3.4-3 Меродавна комбинација оптерећења CO 23	95
Табела 3.4-4 Меродавне силе за димензионисање испуне главног носача	95
Табела 3.4-5 Меродавна комбинација оптерећења CO 23	97
Табела 3.4-6 Меродавна комбинација оптерећења CO41	99
Табела 3.4-7 Меродавне силе за диментзионисање фасадних стубова	99
Табела 3.4-8 Меродавна комбинација оптерећења CO 58	102
Табела 3.4-9 Меродавна комбинација оптерећења CO 72	103
Табела 3.4-10 Меродавна комбинација оптерећења CO 52	107
Табела 3.4-11 Меродавна комбинација оптерећења CO 44	108
Табела 3.4-12 Меродавна комбинација оптерећења CO 53	111
Табела 3.4-13 Меродавна комбинација оптерећења CO 72	112
Табела 3.4-14 Меродавна комбинација оптерећења CO86	113
Табела 3.4-15 Меродавна комбинација оптерећења CO54	117
Табела 3.4-16 Меродавна комбинација оптерећења CO29	120
Табела 3.4-17 Меродавна комбинација оптерећења CO 23	123
Табела 3.4-18 Меродавна комбинација оптерећења CO25	125
Табела 3.4-19 Меродавна комбинација оптерећења CO34	128

Табела 3.4-20 Меродавна комбинација оптерећења CO260	130
Табела 3.4-21 Меродавна комбинација оптерећења CO 77	133
Табела 3.4-22 Меродавна комбинација оптерећења CO 5	134
Табела 3.4-23 Меродавна комбинација оптерећења CO2	135
Табела 3.4-24 Меродавна комбинација оптерећења CO9	136
Табела 3.4-25 Меродавна комбинација оптерећења CO 7	137
Табела 3.4-26 Меродавна комбинација оптерећења CO 8	140
Табела 3.4-27 Меродавна комбинација оптерећења CO 14	143
Табела 3.4-28 Меродавна комбинација оптерећења CO 6	144
Табела 3.4-29 Меродавна комбинација оптерећења CO 44	147
Табела 3.4-30 Меродавна комбинација оптерећења CO 68	148
Табела 3.4-31 Меродавна комбинација оптерећења CO 15	149
Табела 3.4-32 Меродавна комбинација оптерећења CO 10	151
Табела 3.4-33 Меродавна комбинација оптерећења CO 258	154
Табела 3.4-34 Меродавна комбинација оптерећења CO 67	155
Табела 3.4-35 Меродавна комбинација оптерећења CO32	157
Табела 3.4-36 Меродавна комбинација оптерећења CO 258	159
Табела 3.4-37 Меродавна комбинација оптерећења CO 29	161
Табела 3.4-38 Меродавна комбинација оптерећења CO 48	164
Табела 3.4-39 Меродавна комбинација оптерећења CO 258	166
Табела 3.4-40 Меродавне силе за димензионисање рожњаче надстрешнице	166
Табела 3.5-1 Парцијални коефицијенти граничног стања губитка равнотеже	168
Табела 3.6-1 Карактеристичне комбинације оптерећења	179

1. ТЕКСТУАЛНА ДОКУМЕНТАЦИЈА

1.1 ТЕХНИЧКИ ОПИС КОНСТРУКЦИЈЕ

Спортски центар се налази у улици Светог Саве, Инђија, Република Србија. Објекат је намењен као простор за одржавање спортских такмичења, спортских тренинга и осталих манифестације друштвеног карактера. У склопу објекта је предвиђен простор за кафић који се налази на спрату.

Геометрија објекта

Објекат је спољашњих димензија 88,8m x 32,5m што укључује и надстрешницу дужине 4,5m која покрива простор испред главног улаза у објекат читавом ширином. Корисна висина објекта је 9,9m у делу који је предвиђен за спортске активности, док је висина корисног простора у кафићу 4,6m односно 3,2m у приземљу. Кровна површина је закривљеног облика, описана обликом кружног лука чија тетива одговара распону објекта (32 метра), а стрела 2,8m у средини. Укупна висина објекта у врху је 13,2m.

Распоред просторија

Приземље објекта се састоји од улазног хола поред кога је портирница/информативни пулт иза ког се налазе административне просторије са једне стране, док су са супротне стране тоалети за посетиоце и две свлачионице у оквиру којих се налазе засебни тоалети и купатила. Између портирнице и административних просторија се налазе степенице, а административне просторије и свлачионице дели ходник који води до главног корисног простора са теренима. Иза кафића се налазе ложе којима се може приступити и са спрата и са трибина. Кафић поседује тоалете позициониране директно изнад оних у приземљу.

У оквиру главног корисног простора је површина 68m x 21m поред ког се налазе трибине које су одвојене заштитном оградом. На трибине се може доћи преко три приступне тачке у виду степеница позиционираних на крајевима и средини, са тим што се поред степеништа најближег улазу налази платформа за особе са инвалидитетом. На зачељу спортског објекта је смештена остава за реквизите димензија 4m x 17m изнад ког је још једна ложа. У углу ложе изнад оставе са реквизитима и трибине је евакуациони излаз са степеницама у случају опасности које се налазе са спољашње стране објекта. Додатни излази у случају опасности се налазе код терена. Око објекта се налази паркинг, а објекту се може приступити са све четири стране, јер нема суседних објеката у радијусу од 20 метара.

Конструкција објекта

Објекат је пројектован као једнобродна хала која није предвиђена за настављање, са решеткастим главним носачима ослоњеним на стубове чији је растер 12m. Тангента кровне равни на крајевима је 20°. Темелна конструкција је у виду темелја самаца.

Тло је ниског хидролошког кондуктивитета са високим садржајем глине, свеукупно средње носивости, ката нивоа подземних вода је испод максималне дубине фундарања која износи 1,3m испод главних стубова и међуспратне конструкције код улаза, а 1,0m испод осталих стубова. Веза темелја и стубова је крута код главних стубова и стубова међуспратних конструкција, а зглобна испод фасадних стубова у подужним и калканским зидовима. Јављају се три типа темелја:

T1 – 250cm x 170cm x 50cm – дубина фундарања 1,3m (испод главних стубова)

T2 – 110cm x 110cm x 30cm – дубина фундарања 1,0m (испод фасадних стубова и ложе 2)

T3 – 180cm x 180cm x 40cm – дубина фундарања 1,3m (испод међуспратне конструкције)

Сви бетонски радови у оквиру објекта се изводе од бетона класе С30/37, што обухвата темеље и подну плочу, а армирано је арматурним челиком В500В. Челик од кога је конструкција је конструктивни S355. Главни стубови су НЕВ 280, за које су зглобно везани појасеви главног носача попречног пресека SHS 180x180x8, чија је испуна профил SHS 90x90x4. Испуна главног носача и рожњача је конфигурације Pratt-ове решетке, односно при доминантном гравитационом оптерећењу дијагонале су затегнуте, док су вертикале притиснуте. Главни носач долази на градилиште из три дела која се спајају монтажним наставцима. Профили од ког су сачињене рожњаче су SHS 90x90x5 у горњем појасу, односно SHS 100x100x3,6 у доњем појасу, њихова испуна је SHS 50x50x4. Све рожњаче су истих карактеристика, са тим што се на трећим рожњачама гледајући од подужних зидова налазе косници који се причвршћују за главни носач у зони доњег појаса. Фасадни стубови су IPE 220 и у подужном зиду и у калкану са задње стране објекта на међусобном размаку од 4m. Стубови у калкану код главног улаза су попречног пресека HEA 160. Унутрашњи стубови међуспратне конструкције су HEA 200 на растојању од 8 метара, а на њих су ослоњене подвлаке IPE 550, односно подни носачи IPE 500 осим крајњих који су пресека IPE 400. Изузетак је подвлага која уједно представља ослоначку греду степеница која је НЕВ 450. Степениште је двокрако, сваки крак је ширине 1,8 метара, а главни степенишни носачи су пресека IPE 270, степенишни носач је повезан са подестном гредом истог попречног пресека монтажном моментном везом која се остварује на градилишту пре дизања степеништа са намером да се уштеди транспортни простор и избегне заваривање на градилишту. Газишта степеништа као подконструкцију имају UPE 120 профиле заварене за главне носаче у дну анкерисане тракасти темељ дужине 2 метра који је спојен са темељом испод стуба међуспратне конструкције. Сви распони подвлака и подних носача су 8m у статичком систему просте греде, а међусобно растојање подних носача је 4m што се подудар са растојањем стубова за које су везани. Изнад подних носача и подвлага се налази профилисани лим са неармираним бетоном. Са друге стране објекта, то јест, код ложе 2 изнад оставе са реквизитима размак унутрашњих стубова прати размак фасадних стубова у калкану између којих су постављене греде IPE 270 у средини и IPE 220 на крајевима. Профилисани лим и бетонска плоча су истих карактеристика као и код међуспратне конструкције 1. Унутрашњи стубови су HEA 120. Сви вертикални спрегови објекта су формирану унакрсног облика и налазе се на крајевима подужних и калканских зидова. Профили коришћени за формирање вертикалних спрегова су L 50x50x5. Подужни кровни спрег је формиран од дијагонала L 80x80x8, вертикала L 50x50x5, појаса који спаја главне носаче SHS 150x150x7 и венчаница UPE 160. Попречни кровни спрегови формирају конструкцијску целину са вертикалним спреговима и састоје се од истих профила (L 50x50x5). Појасеви попречног кровног спрега су SHS 70x70x3,2 са обе стране.

Постоји могућност извођења горњег појаса као закривљеног и као полигоналног у зависности од могућности произвођача, а исто се односи и на кровну облогу, сматраће се да је извођач у стању да композитно изведе кровну облогу закривљеног облика. Све спољашње облоге су од термоизолационих сендвич панела. Будући да распоред прозора и стаклене столарије није крајње дефинисан, диспозиција је подложна додавању додатних фасадних стубова које би захтевала правилна инсталација стаклене столарије. Надстрешница је конзолног типа чији су носачи решеткасти, висине 1,5m и ослоњени на све калканске стубове преко чеоне плоче заварене за појасеве решетке. Горњи појас носача надстрешнице је пресека SHS 70x70x3,2, а доњи је SHS 80x80x3,2. Испуна надстрешнице је профила SHS 40x40x2,9. Рожњаче надстрешнице се ослањају на горњи појас исте у чворовима, односно на сваких 1616mm што представља трећину дужине горњег појаса. Попречни пресек рожњача надстрешнице је RHS 120x40x4, а за покривач је одабран профилисани лим.

Фасадне ригле су око читавог објекта истог попречног пресека RHS 120x40x4 међусобног осовинског размака који износи 250cm. У горњој зони калканског зида су предвиђени хладно обликовани U профили 120x50x4 који би дошли у склопу поклапаче.

Значајно је напоменути да улогу хоризонталног спрега у калкану преузимају међуспратне конструкције које се налазе уз оба калканска зида. Дужина средња 3 стуба у калканским зидовима превазилази 12m што изискује додатну потребу за специјалним транспортом, уколико се установи да је превише захтеван услов транспорта неопходно је наведене стубове на градилишту спојити од два дела, од којих је дужи део 7 метара.

Укупно маса челика конструкције објекта је 115,538 тона на бруто грађевинском земљишту површине 2886 m². Од тога међуспратна конструкција је тешка 18,396 тона, а надстрешница 1,618 тона. Укупна површина корисног простора унутар објекта, не рачунајући површину испод надстрешнице, је 3328 m².

**Конструкција предвиђених трибина унутар објекта није предмет пројектног задатка.*

1.2 КРИТЕРИЈУМИ ПРОЈЕКТОВАЊА

Приликом пројектовања поштовани су следећи стандарди:

- Еврокод 0: SRPS EN 1990:2019, Основе прорачуна конструкција;
- Еврокод 1: SRPS EN 1991-1-1:2022, Дејства на конструкције – Део 1-1: Општа дејства – запреминске тежине, сопствена тежина, корисна оптерећења за зграде;
- Еврокод 1: SRPS EN 1991-1-3-2022, Дејства на конструкције - Део 1-3: Општа дејства — Оптерећења снегом;
- Еврокод 1: SRPS EN 1991-1-4-2022, Дејства на конструкције - Део 1-4: Општа дејства — Дејства ветра
- Еврокод 2: SRPS EN 1992-2-2014, Пројектовање бетонских конструкција, Бетонски мостови ,Правила пројектовања и конструисања
- Еврокод 2: SRPS EN 1992-4-2014, Пројектовање бетонских конструкција, Бетонски мостови ,Правила пројектовања и конструисања
- Еврокод 2: SRPS EN 192-4-2018, Пројектовање бетонских конструкција – део 4: Пројектовање спојних средстава
- Еврокод 3: SRPS EN 1993-1-1-2020, Прорачун челичних конструкција;
- Еврокод 3: SRPS EN 1993-1-8:2020, Пројектовање челичних конструкција – део 1 8: Пројектовање веза
- Еврокод 7: SRPS EN 1997-1:2004, Пројектовање и прорачун геотехничких конструкција;
- Еврокод 8: SRPS EN 1998:2004, Прорачун сеизмички отпорних конструкција;
- Закон о заштити од пожара: *Правилник о техничким нормативима за заштиту од пожара стамбених и пословних објеката и објеката јавне намене 22/2019-3;*
- Правилник о енергетској ефикасности зграда.

Објекат се у потпуности изводи од челика квалитета S355 и високовредних завртњева изузев темеља и базена који су од армираног бетона класе C30/37 са одговарајућим додацима за водонепропустљивост.

Конструкција је пројектована да задовољи гранична стања носивости и употребљивости на основу резултата димензионисања елемената конструкције на разматрана оптерећења и дејства у тачки *3.1. АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА*

- Стално оптерећење – оптерећење елемената услед њихове сопствене тежине;
- Додатно стално оптерећење - оптерећење од инсталација, фасадних и кровних облога, спуштеног плафона,...
- Корисно оптерећење – оптерећење од људи, опреме,...
- Дејство ветра;
- Оптерећење од снега;
- Сеизмичко дејство.

1.3 МОНТАЖА КОНСТРУКЦИЈЕ

Монтажу конструкције може да изврши само специјализовано лице које мора доказати своју подобност за извођење овакве врсте радова списком успешно извршених сличних радова. Извођач је дужан да изводи све према пројектној документацији на основу које разрађује план монтаже водећи рачуна да не промени пројектом замишљену концепцију објекта и условљене фазе монтаже. План монтаже треба да буде усаглашен са радионичком документацијом и да обезбеди стабилност конструкције у свим њеним фазама израде уз поштовање свих важећих правилника и стандарда.

1.3.1 ПЛАН МОНТАЖЕ

Готови елементи се допремају на градилиште, по њиховом доласку потребно је извршити њихову контролу, проверу да ли су елементи изведени према захтеву и пројекту, да ли је дошло до оштећења елемената у току транспорта, преглед површина ради увида да ли је дошло до појаве корозије и да ли су заштитни слојеви правилно и уједначено изведени. Контролу елемената врши стручно лице овлашћено од стране извођача.

Поступак монтаже челичне конструкције креће након достизања потребне чврстоће темеља постављањем крајњих главних рамова у пројектовани положај помоћу крана уз контролу геодетског инжењера. Када се утврди вертикални положај стубова рама уграђује се слој цементног малтера испод ослоначке плоче стуба и анкера. Стубови се могу отпустити тек након завршеног везивања цементног малтера. Поступак важи за све наредне стубове конструкције. Након монтаже главних стубова постављају се главни носачи који се на градилиште допремају из делова, склопова који се помоћу дизалице постављају на пројектовану висину и завртњевима спајају.

Након постављања крајњих главних рамова поставља се конструкција калкана заједно са фасадним стубовима неопходним за формирање спрегова. По постављању свих стубова у крајњим пољима формира се подужни кровни спрег. Рамови два и пет се истом поступку као и крајњи рамови. Између суседних главних рамова постављају се фасадни стубови са једне стране. Док се фасадни стубови монтирају са друге стране врши се повезивање већ постављених фасадних стубова настављањем подужног кровног спрега. Процес се понавља до коначног уграђивања фасадних стубова и главних рамова, а просторна стабилност је омогућена мимо привремених спрегова. Сви носећи и фасадни стубови долазе на градилиште са завареним чеоним плочама које су неопходне за формирање везе. За спој са фасадне ригле и стуба неопходно је да фасадне ригле долазе са завареним чеоним плочама ради минимизирања потребе заваривања на градилишту.

Међуспратну конструкцију је неопходно монтирати пре постављања рожњача крајњих поља, а најранији могући почетак је након формирања свих стубова за које се везује. Подни носачи се постављају након монтаже подвлака и на градилиште се допремају према пројектом предвиђеној обради крајева који се спајају завртњевима са подвлакама.

По завршетку међуспратне конструкције постављају се рожњаче ПОС Р1 у крајњим пољима конструкције а потом рожњаче ПОС Р2 у другом и шестом пољу, након њих у трећем и петом пољу и на крају у четвртом пољу. Монтажа рожњача једног поља не може да почне пре завршетка подужног дела зида у том пољу. Рожњаче ПОС Р1 и ПОС Р2 се са главним носачем спајају преко угаоника од L профила који су заварени за главни носач, рожњача ПОС Р1 се потом спаја помоћу завртња са угаоником док се рожњача ПОС Р2 спаја помоћу завртња са угаоником који је заварен на рожњачу.

Када су формиране рожњаче крајњих поља може се поставити попречни кровни спрег, а по завршетку монтаже фасадних ригли могуће је отпочети са постављањем свих облога и преграда.

2. НУМЕРИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА

2.1 АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА

Пројектом су разматрана:

- Стална оптерећења услед: сопствене тежине елемената, тежине кровног покривача и фасадних облога, тежине инсталација (вентилациони и климатизациони системи, системи за гашење пожара, водовод, електро инсталације), тежине заштитних ограда, тежине гипскартонских преграда и отвора.
- Корисно оптерећење која потичу од кретања људи кроз објекат као и услед постојања инвентара унутар објекта;
- Дејство од ветра на конструкцију према српском стандарду усаглашеном са Еврокод стандардом *SRPS EN 1991-1-4*;
- Оптерећење од снега према српском стандарду усаглашеном са Еврокод стандардом *SRPS EN 1991-1-3*;
- Сеизмичко дејство према српском стандарду усаглашеном са Еврокод стандардом *SRPS EN 1998-1*;

Пројектом нису разматрана оптерећења термичке природе због присуства термоизо-лације објекта и уједначене температуре у истом током читаве године.

2.1.1 СТАЛНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

Стално оптерећење услед сопствене тежине конструкцијских елемената у анализи конструкције аутоматски је узето у обзир у софтверском пакету „Dlubal RFEM6“ у којем је вршен прорачун конструкције.

2.1.2 ДОДАТНО СТАЛНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

Додатна стално оптерећење које делује на конструкцију поред сопствене тежине конструкцијских елемената су:

- Тежина фасадних сендвич панела0,100 kN/m²;
- Тежина кровних сендвич панела.....0,100 kN/m²;
- Тежина стаклене фасаде.....0,300 kN/m²;
- Тежина бетонске међуспратне конструкције.....3,125 kN/m²;
- Тежина конструкције преградних зидова.....0,260 kN/m²;
- Тежина конструкције спуштеног плафона.....0,150 kN/m²;
- Тежина подне облоге.....0,200 kN/m²;
- Тежина инсталација.....0,100 kN/m².

С обзиром да није познат тачан положај фасадних панела и стаклене фасаде усвојено је да на зидовима делује оптерећење од 0,3000kN/m².

Укупно додатно стално оптерећење које делује на кровну конструкцију: $g_{k.k.}=0.200kN/m^2$

Укупно додатно стално оптерећење које делује на спољашње зидове конструкције:
 $g_z=0.4000kN/m^2$

Укупно додатно стално оптерећење које делује на међуспратну конструкцију:
 $g_{mk}=3,575kN/m^2$

2.1.3 КОРИСНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

Корисно оптерећење које је разматрано у анализи конструкције потиче од присуства људи и инвентара у објекту.

Категорија	Опис	Пример	q_k	Q_k
С	Површине на којима је могуће окупљање људи (узвез категорија А, Б и Д).	Ц5: површине осетљиве на велико окупљање људи. Концертне двора-не, спортске дворане укључујући трибине, терасе и приступне повр-шине, као и железни-чке плат-форме.	kN/m^2	kN
Н	Неприступачни кровови	Непроходни кровови, коси кровови	5,0	4,5
			0,4	1

Табела 2.1-1 *Корисно оптерећење у објекту*

2.1.4 ДЕЈСТВО ОД ВЕТРА

Прорачун дејства од ветра је вршен према Еврокод стандарду усаглашеном са српским стандардом SRPS EN 1991-1-4.

2.1.4.1 ДЕЈСТВО ВЕТРА НА ОБЈЕКАТ

Фундаментална основна брзина ветра према Националном анексу SRPS EN 1991-1-4 (2017) за територију општине Инђија.

$$v_{b0}=21m/s$$

Густина ваздуха:

$$\rho=1.225kg/m^3$$

Основна брзина ветра:

$$v_b=C_{dir}C_{season}v_{b0}$$

$$v_b=1.0 \times 1.0 \times 21$$

$$v_b=21m/s$$

где су:

C_{dir} – коефицијент правца

C_{season} – коефицијент сезонског деловања

v_{b0} – фундаментална вредност основне брзине ветра

Основни притисак ветра:

$$q_b = 1/2 \times \rho \times v_b^2$$

$$q_b = 1/2 \times 1.225 \times 212 \times 10^{-3}$$

$$q_b = 0.27 \text{ kN/m}^2$$

где су:

ρ – густина ваздуха

v_b – основна брзина ветра

Средња брзина ветра:

$$v_m = C_T(z) \times C_o(z) \times v_b$$

где су:

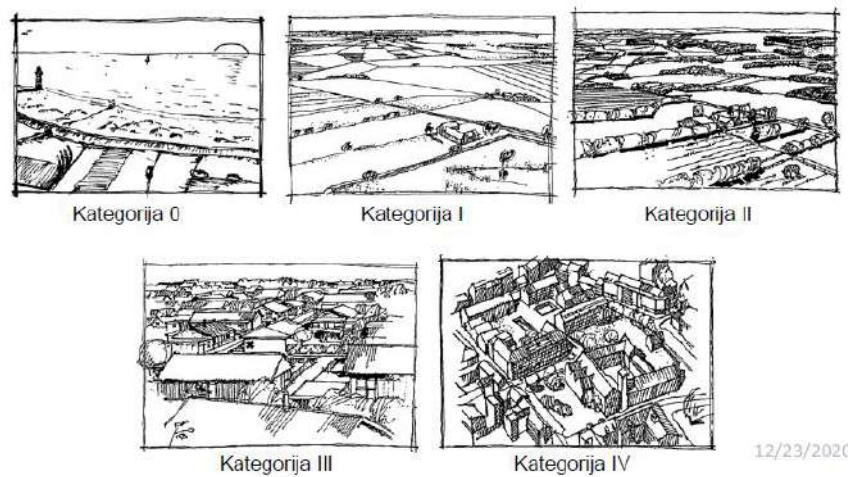
v_m - средња брзина ветра

$C_T(z)$ - коефицијент храпавости

$C_o(z)$ - коефицијент топографије терена

Terrain category		z_0 m	z_{min} m
0	Sea or coastal area exposed to the open sea	0,003	1
I	Lakes or flat and horizontal area with negligible vegetation and without obstacles	0,01	1
II	Area with low vegetation such as grass and isolated obstacles (trees, buildings) with separations of at least 20 obstacle heights	0,05	2
III	Area with regular cover of vegetation or buildings or with isolated obstacles with separations of maximum 20 obstacle heights (such as villages, suburban terrain, permanent forest)	0,3	5
IV	Area in which at least 15 % of the surface is covered with buildings and their average height exceeds 15 m	1,0	10
NOTE: The terrain categories are illustrated in A.1.			

Слика 2.1-1 Класификација терена при анализи ветра



Слика 2.1-2 Илустровани приказ категорије терена

$$z_0 = 0.3m \quad z_{min} = 5.0m \quad z = 12.8m \quad z_{0II} = 0.05m$$

$$k_r = 0.19 \cdot (z_0 / z_{0,II})^{0.07} = 0.19 \cdot (0.300 \text{ m} / 0.050 \text{ m})^{0.07} = 0.2154$$

$$c_r(z_e) = k_r \cdot \ln(\max\{z_e, z_{min}\} / z_0) = 0.2154 \cdot \ln(\max\{12.800 \text{ m}, 5.0 \text{ m}\} / 0.300 \text{ m}) = 0.8084$$

$$v_m = C_r(z) \times C_o(z) \times v_b(z) = 0,8084 \times 1,0 \times 21 = 16,98 \text{ m/s}$$

Интензитет турбуленције:

$$I_v(z) = k_l / [c_o(z) \cdot \ln(\max\{z_e, z_{min}\} / z_0)]$$

$$I_v(z) = 1.000 / [1.000 \cdot \ln(\max\{12.800 \text{ m}, 5.0 \text{ m}\} / 0.300 \text{ m})] = 0.2664$$

где су:

$I_v(z)$ - интензитет турбуленције

k_l - коефицијент турбуленције

$C_o(z)$ - коефицијент топографије терена

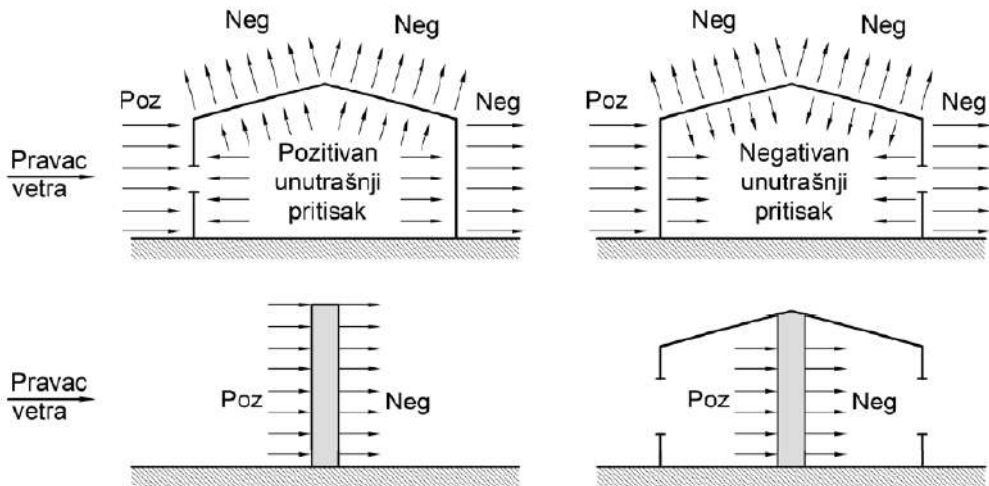
Ударни притисак ветра:

$$q_p(z) = (1 + 7 \times I_v(z)) \times 0,5 \times \rho \times v_m^2$$

$$q_p(z) = (1 + 7 \times 0,2664) \times 0,5 \times 1,225 \times 16,98^2 \quad q_p(z) = 0.516 \text{ kN/m}^2$$

Унутрашњи и спољашњи притисак ветра на објекат:

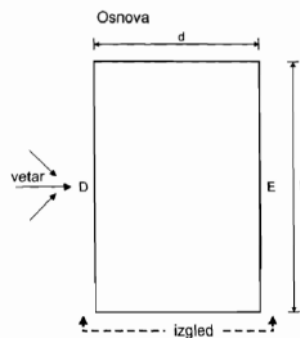
$$C_{pi} = +0.20 \quad C_{pe} = -0.30$$



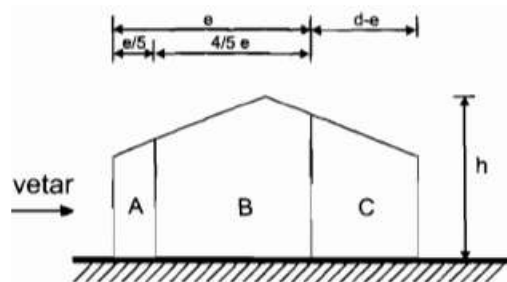
Слика 2.1-3 Негативни и спољашњи притисци

Притискујуће (позитивно) дејство ветра.
Сишуће (негативно) дејство ветра.

Дејство ветра у правцу Х-осе (правац управан на подужни зид)



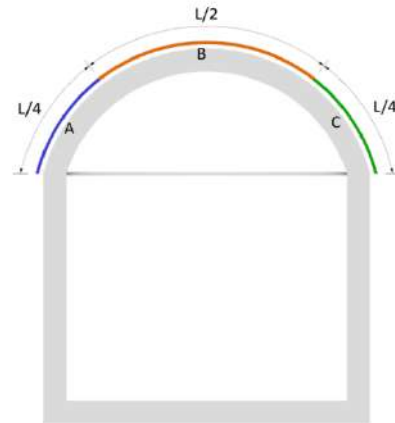
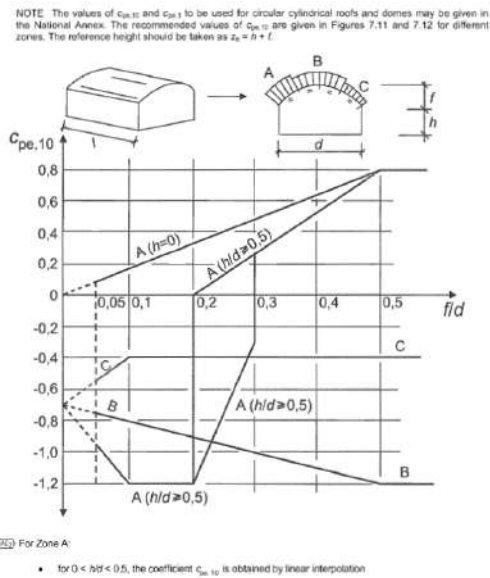
Слика 2.1-4 Обележја основе правоугаоног објекта



Слика 2.1-5 Обележја зона зидова правоугаоног објекта

Zona	A		B		C		D		E	
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-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	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Слика 2.1-6 Табела коефицијената спољашњег притиска на вертикалне зидове објекта



Слика 2.1-7 Шема зона на закривљеној кровној површини

Слика 2.1-8 Шема коефицијента спољашњег притиска на закривљени кров

$d=32m$

$b=84.0m$

$h=10m$

$e = \min (b, 2h) = \min (84; 25.6) e = 25.6m$

$h/d=0,3125 < 1$

Површина	C_{pe}	C_{pi}	q_p	$w=q_p*(C_{pe}-C_{pi})$
A	-1,2	0,2	0,514	-0,720
B	-0,8	0,2	0,514	-0,514
C	-0,5	0,2	0,514	-0,360
D	0,72	0,2	0,514	0,267
E	-0,34	0,2	0,514	-0,278

Табела 2.1-2 Вредности оптерећења на зидовима објекта 1

Површина	C_{pe}	C_{pi}	q_p	$w=q_p*(C_{pe}-C_{pi})$
A	-1,2	-0,3	0,514	-0,463
B	-0,8	-0,3	0,514	-0,257
C	-0,5	-0,3	0,514	-0,103
D	0,72	-0,3	0,514	0,524
E	-0,34	-0,3	0,514	-0,021

Табела 2.1-3 Вредности оптерећења на зидовима објекта 2

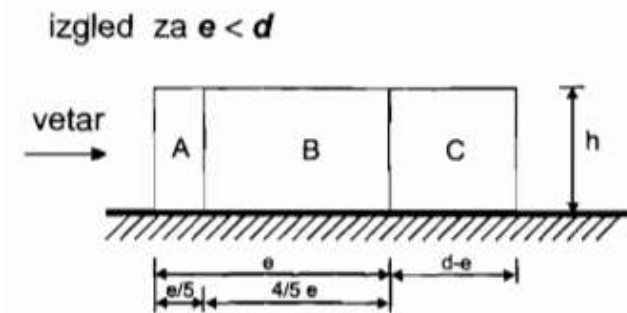
Површина	C_{pe}	C_{pi}	q_p	$w=q_p*(C_{pe}-C_{pi})$
A	-0,66	0,2	0,514	-0,442
B	-0,8	0,2	0,514	-0,514
C	-0,45	0,2	0,514	-0,334

Табела 2.1-4 Вредности оптерећења на крову објекта 1

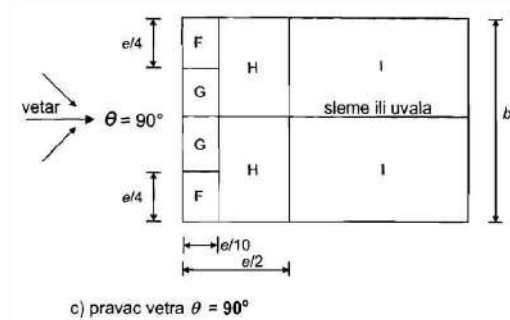
Површина	C_{pe}	C_{pi}	q_p	$w=q_p*(C_{pe}-C_{pi})$
A	-0,66	-0,3	0,514	-0,185
B	-0,8	-0,3	0,514	-0,257
C	-0,45	-0,3	0,514	-0,077

Табела 2.1-5 Вредности оптерећења на крову објекта 2

Дејство ветра у правцу Y осе (управо на калкански зид)



Слика 2.1-10 Зоне оптерећења вертикалних зидова



Слика 2.1-9 Зоне оптерећења на крову

$$d=84\text{m}$$

$$b=32\text{m}$$

$$h=12,8\text{m}$$

$$e=\min(b, 2h) = \min(32,0\text{m}; 25,6\text{m}) e=25,6\text{m}$$

$$h/d=0,1524 < 0.250$$

***Напомена:** У недостатку смерница из стандарда за дати облик крова узете су конзервативније вредности за $C_{pe,10}$ разматрајући дати кров као двоводни. Еквивалентни угао би био око 20 степени што одговара углу који тангента заклапа са хоризонталом на месту спајања главног носача и стуба.

Pitch angle α	Zone for wind direction $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
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	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

Слика 2.1-11 Коефицијенти спољашњег притиска двоводних кровова

Површина	C_{pe}	C_{pi}	q_p	$w=q_p*(C_{pe}-C_{pi})$
A	-1,2	0,2	0,514	-0,720
B	-0,8	0,2	0,514	-0,514
C	-0,5	0,2	0,514	-0,360
D	0,7	0,2	0,514	0,257
E	-0,3	0,2	0,514	-0,257

Табела 2.1-6 Вредности оптерећења на зидовима објекта

Површина	C_{pe}	C_{pi}	q_p	$w=q_p*(C_{pe}-C_{pi})$
A	-1,2	-0,3	0,514	-0,463
B	-0,8	-0,3	0,514	-0,257
C	-0,5	-0,3	0,514	-0,103
D	0,7	-0,3	0,514	0,514
E	-0,3	-0,3	0,514	0,000

Табела 2.1-7 Вредности оптерећења на зидовима објекта

Површина	C_{pe}	C_{pi}	q_p	$w=q_p*(C_{pe}-C_{pi})$
F	-1,45	0,2	0,514	-0,848
G	-1,3	0,2	0,514	-0,771
H	-0,65	0,2	0,514	-0,437
I	-0,55	0,2	0,514	-0,386

Табела 2.1-8 Вредности оптерећења на крову објекта

Површина	C_{pe}	C_{pi}	q_p	$w=q_p*(C_{pe}-C_{pi})$
F	-1,45	-0,3	0,514	-0,591
G	-1,3	-0,3	0,514	-0,514
H	-0,65	-0,3	0,514	-0,180
I	-0,55	-0,3	0,514	-0,129

Табела 2.1-9 Вредности оптерећења на крову објекта

2.1.4.2 ДЕЈСТВО ВЕТРА НА НАДСТРЕШНИЦУ

Локацијски параметри остају исти као за прорачун дејства ветра на Фундаментална основна брзина ветра према Националном анексу SRPS EN 1991-1-4 (2017) за територију општине Инђија.

$$v_{b0}=21m/s$$

Густина ваздуха:

$$\rho=1.225kg/m^3$$

Основна брзина ветра:

$$v_b=C_{dir} \times C_{season} \times v_{b0}$$

$$v_b=1.0 \times 1.0 \times 21$$

$$v_b=21m/s$$

где су:

C_{dir} – коефицијент правца

C_{season} – коефицијент сезонског деловања

v_{b0} – фундаментална вредност основне брзине ветра

Основни притисак ветра:

$$q_b = 1/2 \times \rho \times v_b^2$$

$$q_b = 1/2 \times 1.225 \times 21^2 \times 10^{-3}$$

$$q_b = 0.27kN/m^2$$

где су:

ρ – густина ваздуха

v_b – основна брзина ветра

Средња брзина ветра:

$$v_m = C_T(z) \times C_o(z) \times v_b$$

где су:

v_m - средња брзина ветра

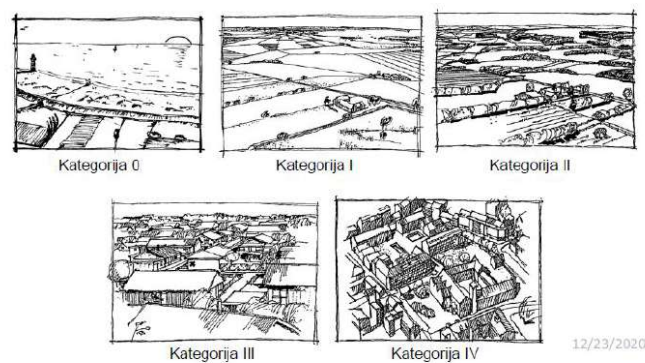
$C_T(z)$ - коефицијент храпавости

$C_o(z)$ - коефицијент топографије терена

Terrain category		z_0 m	z_{min} m
0	Sea or coastal area exposed to the open sea	0,003	1
I	Lakes or flat and horizontal area with negligible vegetation and without obstacles	0,01	1
II	Area with low vegetation such as grass and isolated obstacles (trees, buildings) with separations of at least 20 obstacle heights	0,05	2
III	Area with regular cover of vegetation or buildings or with isolated obstacles with separations of maximum 20 obstacle heights (such as villages, suburban terrain, permanent forest)	0,3	5
IV	Area in which at least 15 % of the surface is covered with buildings and their average height exceeds 15 m	1,0	10

NOTE: The terrain categories are illustrated in A.1.

Слика 2.1-12 Класификација терена при анализи ветра



Слика 2.1-13 Илустровани приказ категорије терена

$$z_0 = 0.3m \quad z_{min} = 5.0m \quad z = 6,5m \quad z_{0II} = 0.05m$$

$$k_r = 0.19 \cdot (z_0 / z_{0,II})^{0.07} = 0.19 \cdot (0.300 \text{ m} / 0.050 \text{ m})^{0.07} = 0.2154$$

$$c_r(z_e) = k_r \cdot \ln(\max\{z_e, z_{min}\} / z_0) = 0.2154 \cdot \ln(\max\{6,5 \text{ m}, 5.0 \text{ m}\} / 0.300 \text{ m}) = 0.6625$$

$$v_m = C_r(z) \times C_o(z) \times v_b(z) = 0,6625 \times 1,0 \times 21 = 13,91 \text{ m/s}$$

Интензитет турбуленције:

$$I_v(z_e) = k_l / [c_o(z_e) \cdot \ln(\max\{z_e, z_{min}\} / z_0)]$$

$$I_v(z_e) = 1.000 / [1.000 \cdot \ln(\max\{6,5 \text{ m}, 5.0 \text{ m}\} / 0.300 \text{ m})] = 0.3251$$

где су:

$I_v(z)$ - интензитет турбуленције

k_l - коефицијент турбуленције

$C_o(z)$ - коефицијент топографије терена

Ударни притисак ветра:

$$q_p(z) = (1 + 7 \cdot I_v(z)) \times 0,5 \times \rho \times v_m^2$$

$$q_p(z) = (1 + 7 \times 0,3251) \times 0,5 \times 1,225 \times 13,91^2 \quad q_p(z) = 0.396 \text{ kN/m}^2$$

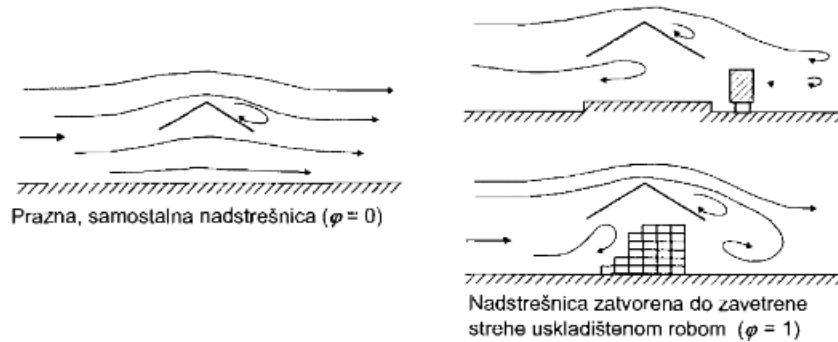
Дејство ветра у правцу Y-осе (*правац управан на калкан*)

$d=4,5\text{m}$

$b=32\text{m}$

$h=6,5\text{m}$

Нагиб кровне равни је 20 степени.



Слика 2.1-14 Илустрација коефицијента испуњености надстреишнице

Коефицијенти нето притиска $C_{p,net}$
Објашњење у основи

Угао нагиба крова α	Коефицијент попуњености ϕ	Коефицијенти глобалне силе C_r	Зона А	Зона В	Зона С
0°	максимум за све ϕ	+0,2	+0,5	+1,8	+1,1
	минимум $\phi=0$	-0,5	-0,6	-1,3	-1,4
	минимум $\phi=1$	-1,3	-1,5	-1,8	-2,2
5°	максимум за све ϕ	+0,4	+0,8	+2,1	+1,3
	минимум $\phi=0$	-0,7	-1,1	-1,7	-1,8
	минимум $\phi=1$	-1,4	-1,6	-2,2	-2,5
10°	максимум за све ϕ	+0,5	+1,2	+2,4	+1,6
	минимум $\phi=0$	-0,9	-1,5	-2,0	-2,1
	минимум $\phi=1$	-1,4	-2,1	-2,6	-2,7
15°	максимум за све ϕ	+0,7	+1,4	+2,7	+1,8
	минимум $\phi=0$	-1,1	-1,8	-2,4	-2,5
	минимум $\phi=1$	-1,4	-1,6	-2,9	-3,0
20°	максимум за све ϕ	+0,8	+1,7	+2,9	+2,1
	минимум $\phi=0$	-1,3	-2,2	-2,8	-2,9
	минимум $\phi=1$	-1,4	-1,6	-2,9	-3,0
25°	максимум за све ϕ	+1,0	+2,0	+3,1	+2,3
	минимум $\phi=0$	-1,6	-2,6	-3,2	-3,2
	минимум $\phi=1$	-1,4	-1,5	-2,5	-2,8
30°	максимум за све ϕ	+1,2	+2,2	+3,2	+2,4
	минимум $\phi=0$	-1,8	-3,0	-3,8	-3,6
	минимум $\phi=1$	-1,4	-1,5	-2,2	-2,7

Напомена: Позитивне вредности представљају нето дејство ветра, које делује наниже, а негативне вредности представљају нето дејство ветра, који делује навише.

Слика 2.1-15 Коефицијенти спољашњег притиска ветра надстреишнице

Површина	C_{pe}	q_p	$w=q_p \cdot (C_{pe}-C_{pi})$
А	-1,6	0,514	-0,822
В	-2,9	0,514	-1,491
С	-3	0,514	-1,542

Слика 2.1-16 Вредности оптерећења ветра на надстреишницу

2.1.5 ОПТЕРЕЋЕЊЕ ОД СНЕГА

Прорачун оптерећења од снега је вршен према Еврокод стандарду усаглашеном са српским стандардом SRPS EN 1991-1-3. У даљем делу се приказује прорачун оптерећења од снега на конструкцију према одговарајућем стандарду.

Карактеристична вредност оптерећења од снега на тло за територију Инђије

$$s_k = 1.00 \text{ kN/m}^2$$

Топографиа	C_e
Izložena vetru ^a	0,8
Uobičajena ^b	1,0
Zaklonjena ^c	1,2

^a **Топографиа изложена ветру:** равничарске површине без сметњи, изложене са свих страна, без, или са малим заклонима које пружа терен, виши грађевински објекти или дрвеће.

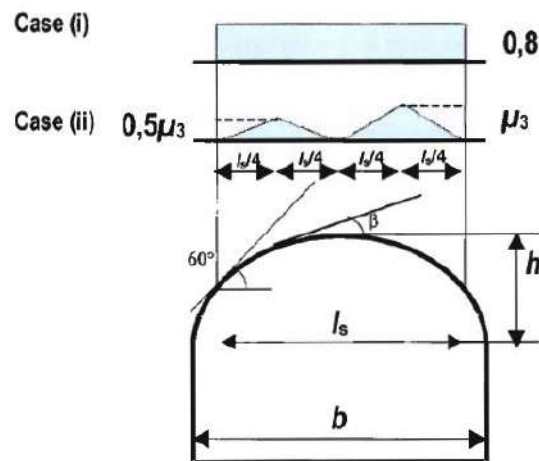
^b **Уобичајена топографиа:** површине код којих услед дејства ветра нема значајног уклањања снега са грађевинских објеката, како због терена, тако и због других грађевинских објеката или дрвећа.

^c **Заклонјена топографиа:** површине код којих је разматрани грађевински објекат знатно нижи од околног терена, или је окружен високим дрвећем и/или вишим грађевинским објектима.

Слика 2.1-17 Одређивање коефицијента изложености

Коефицијент изложености: $C_e = 1.00$

Термички коефицијент: $C_t = 1.00$



Слика 2.1-18 Случајеви оптерећења снега на закривљени кров

5.3.5. Cylindrical roofs

(1) The snow load shape coefficients that should be used for cylindrical roofs, in absence of snow fences, are given in the following expressions (see also Figure 5.6).

$$\text{For } \beta > 60^\circ, \quad \mu_3 = 0 \quad (5.4)$$

$$\text{For } \beta \leq 60^\circ, \quad \mu_3 = 0,2 + 10 h/b \quad (5.5)$$

An upper value of μ_3 should be specified.

Оптерећење од снега на крову:

Случај 1: $s_{\max} = \mu_3 \cdot C_e \cdot C_{ts} = 0,8 \cdot 1,00 \cdot 1,00s = 0,8kN/m^2$

Случај 2: $\mu_3 = 0,2 + 10 \cdot 2,8/32 = 1,075$ $s_{\max} = \mu_3 \cdot C_e \cdot C_{ts} = 1,075 \cdot 1,00 \cdot 1,00s = 1,075kN/m^2$

2.1.6 СЕИЗМИЧКО ДЕЈСТВО

Сеизмичко дејство је прорачунато према Еврокод стандарду усаглашеним са српским стандардом SRPS EN 1998-1, за тип прорачуна одабрана је модална анализа.

Klasa značaja	Opis objekta	γ_1
I	Zgrade manjeg značaja sa stanovišta bezbednosti, na primer poljoprivredni objekti.	0,8
II	Obične zgrade, koje ne pripadaju ni jednoj drugoj klasi.	1,0
III	Zgrade čija seizmička otpornost je važna sa stanovišta posledica loma, kao što su škole, hale za okupljanje ljudi, kulturne institucije...	1,2
IV	Zgrade čiji integritet u toku zemljotresa je od vitalnog značaja za civilnu zaštitu, na primer bolnice, vatrogasne stanice, elektrane,...	1,4

Klase značaja I, II i III ili IV približno odgovaraju klasama prema posledicama CC1, CC2 i CC3, koje su definisane u Evrokodu 0 (SRPS EN 1990).
Referentna vrednost je $\gamma_1 = 1,0$ (klasa značaj II, odnosno klasa pouzdanosti RC2).

Слика 2.1-19 Класе значајаса описима

$$\text{Фактор значаја } \gamma_1 = 1,2$$

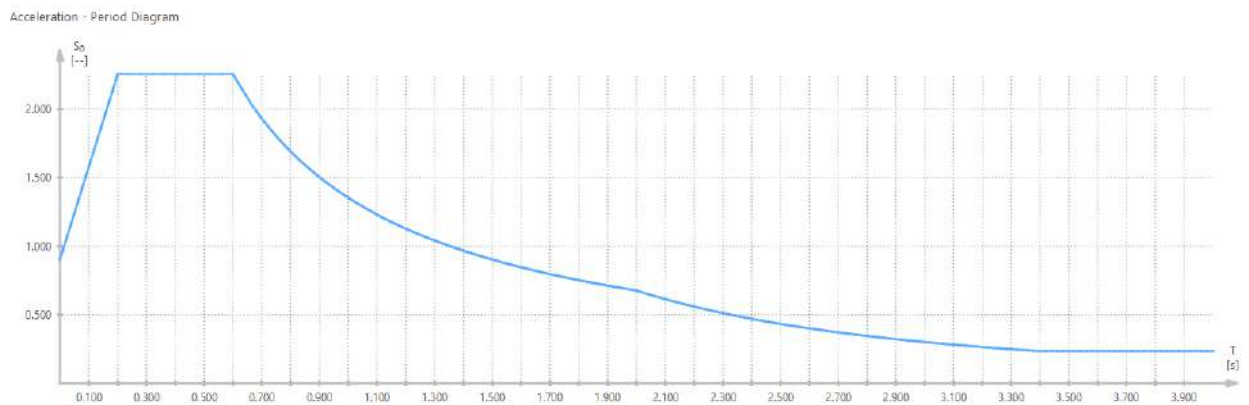
$$\text{Пројектно убрзање тла: } a_g = \gamma_1 * a_{gR} \quad a_g = 1,2 * 9,81 * 0,1 \quad a_g = 1,177m/s^2$$

Категорија тла	Опис геолошког профила	Параметри		
		$V_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (ударци /30 cm)	C_u (kPa)
A	Stena ili stenska geološka formacija, uključujući najviše 5 m slabijeg materijala na površini	> 800	-	-
B	Depoziti vrlo gustog peska, šljunka ili vrlo krute gline, debljine barem nekoliko desetina metara, sa povećanjem mehaničkih osobina sa dubinom	360 - 800	> 50	> 250
C	Duboki depoziti gustog ili srednje gustog peska, šljunka ili krute gline, sa debljinama od nekoliko desetina do više stotina metara	180 - 360	15 - 50	70-250
D	Depoziti slabo-do-srednje nekohezivnog tla (sa ili bez mekih kohezivnih slojeva) ili dominantno meko-do-čvrsto kohezivno tlo	< 180	< 15	< 70
E	Tlo čiji se profil sastoji iz aluvijalnog sloja sa vrednostima v_s za Tip C ili D i sa debljinom koja varira između oko 5m i 20m, ispod kojeg je kruće tlo sa $v_s > 800$ m/s			
S1	Depoziti koji se sastoje ili sadrže sloj od barem 10 m debljine mekih glina/mulja sa visokim indeksom plastičnosti ($PI > 40$) i sa visokim sadržajem vode	< 100	-	10 - 20
S2	Depoziti likvefabilnog tla, sastavljenih od osetljivih glina ili od bilo kog drugog profila tla koji nije uključen u Tipove A-E ili S1			

Слика 2.1-20 Категорије тла

За предметни објекат усвојена је категорија тла C која одговара тлу на територији општине у којој се објекат гради, тип спектра 2 и фактор понашања $q=1,5$.

На основу усвојених карактеристика добијају се следеће вредности за еластични спектар одговора:



Слика 2.1-21 Спектар одговора

Ground type parameters		
Soil factor Ground type C	S	1.150 --
Control period Ground type C	TB	0.200 s
Control period Ground type C	TC	0.600 s
Control period Ground type C	TD	2.000 s
Maximum period	T_{max}	4.000 s

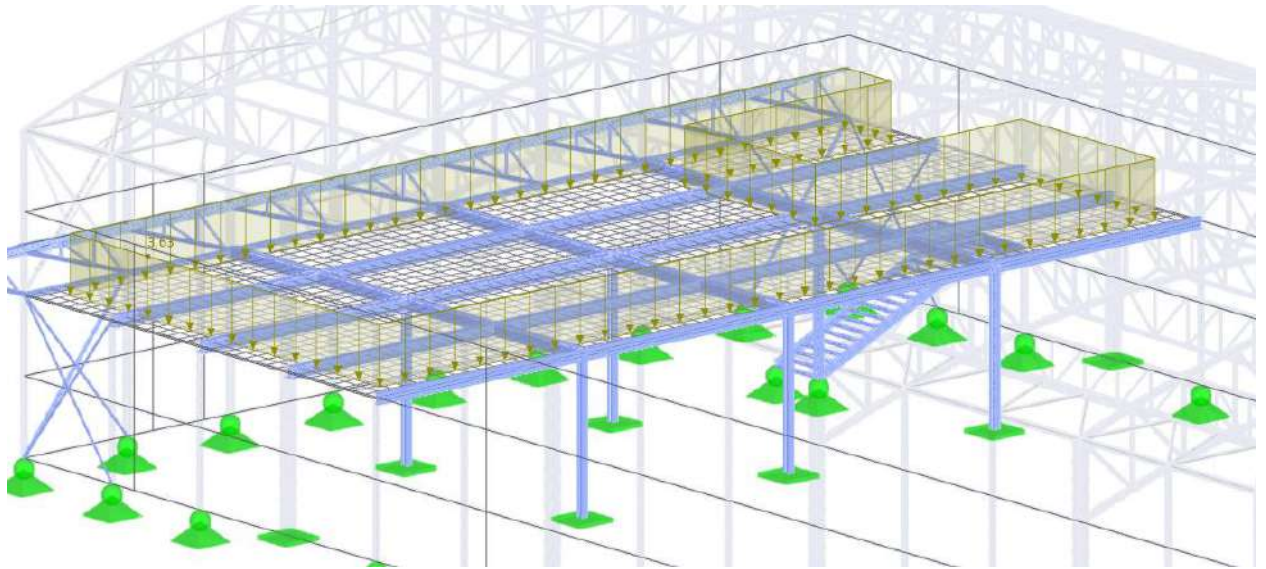
Слика 2.1-22 Подаци за спектар одговора

2.2 НУМЕРИЧКИ МОДЕЛ КОНСТРУКЦИЈЕ

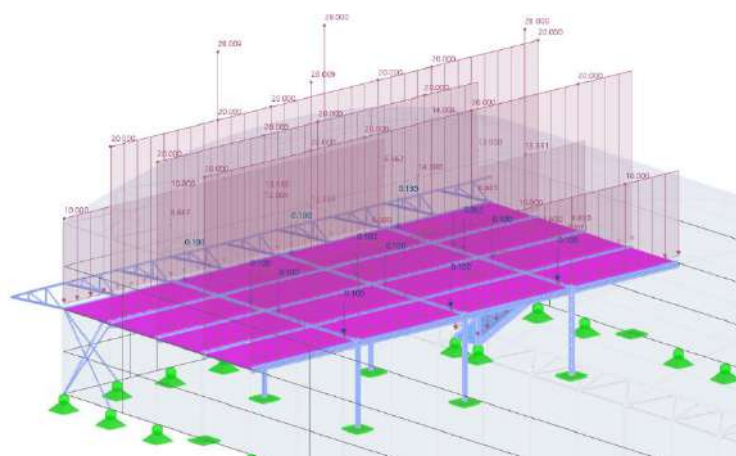
2.2.1 МОДЕЛИРАЊЕ КОНСТРУКЦИЈЕ – ЕЛЕМЕНТИ, МАТЕРИЈАЛИ, ОСЛОНЦИ, РАМОВИ

Целокупан модел конструкције спортске хале је израђен у софтверу „RFEM 6“ који нуди низ алата за пројектовање конструкција почевши од челичних и алуминијумских, па до дрвених, бетонских и зиданих.

Модел конструкције је превасходно сачињен од линијских коначних елемената, затим површинских који служе за трансфер оптерећења на жељени начин имитирајући ефекте облога и међуспратне таванице за коју се због дебљине сматра да је апсолутно крута у својој равни. Упркос томе што је међуспратна таваница спрегнута, она је моделирана као чисто челична уз напомену да је у контролама сматрано да су гредне ножице уз таваницу бочно придржане на растојањима која одговарају растојању можданика који су предвиђени за спрезање бетонске плоче на профилисаном лиму и челичне греде.

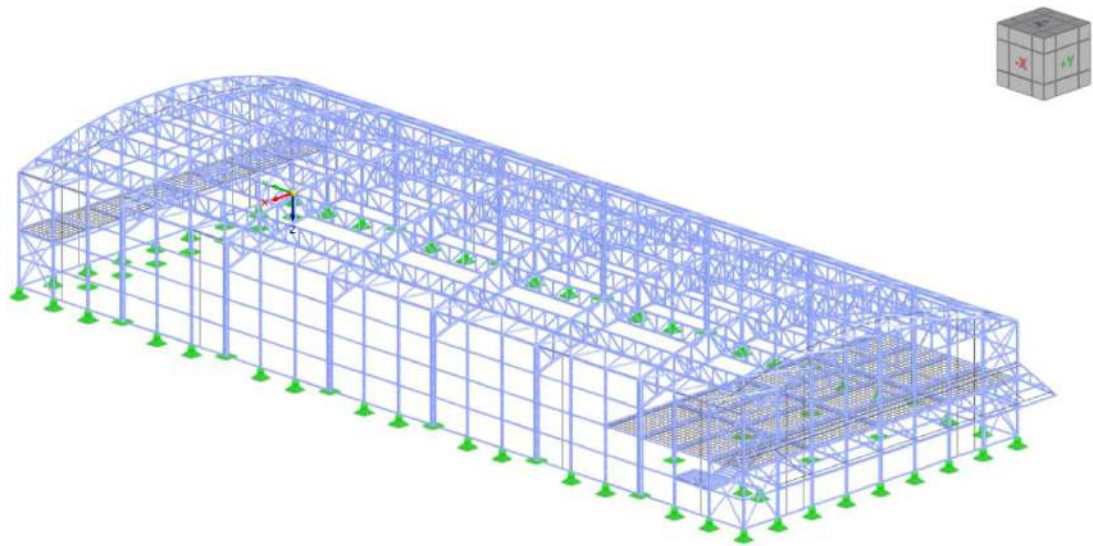


Слика 2.2-1 Приказ површинског оптерећења на међуспратној конструкцији

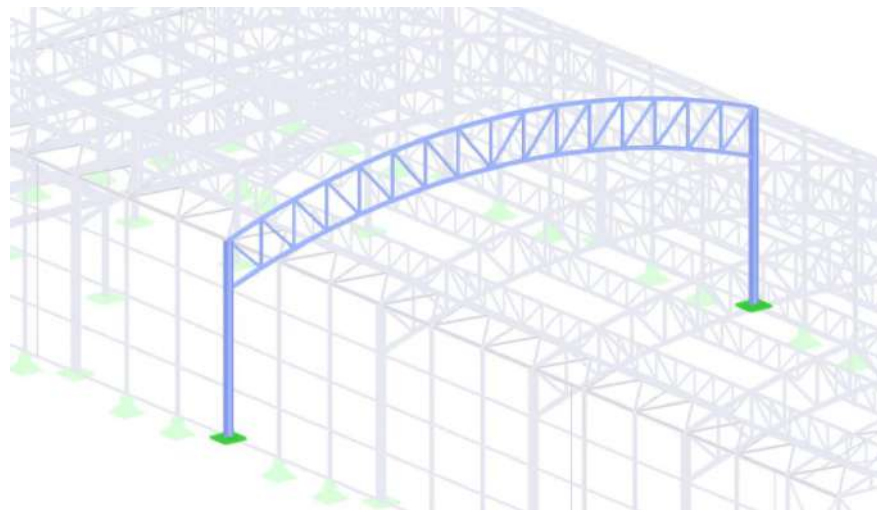


Слика 2.2-2 Приказ развијеног површинског оптерећења на одговарајуће линијске елементе

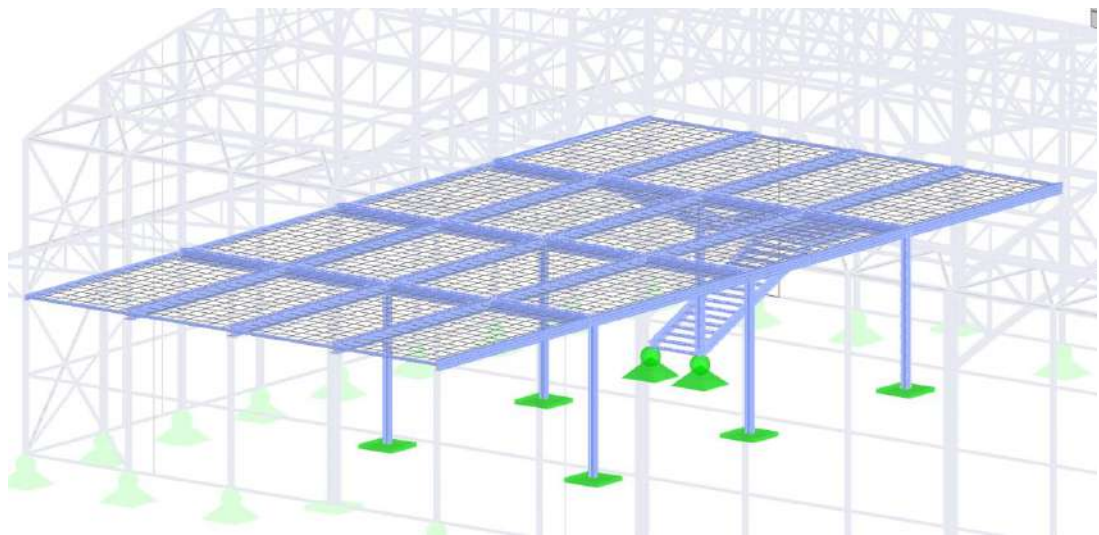
Појаси главног носача су моделирани као јединствени закривљени линијски елементи које је могуће формирати у оквиру овог програма, што је у великој мери олакшало описивање геометрије објекта.



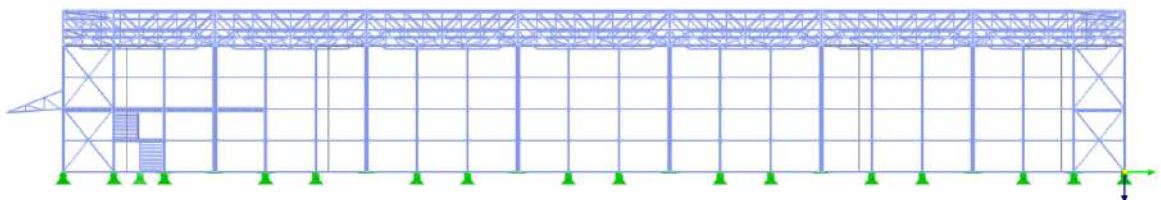
Слика 2.2-3 3Д модел објекта



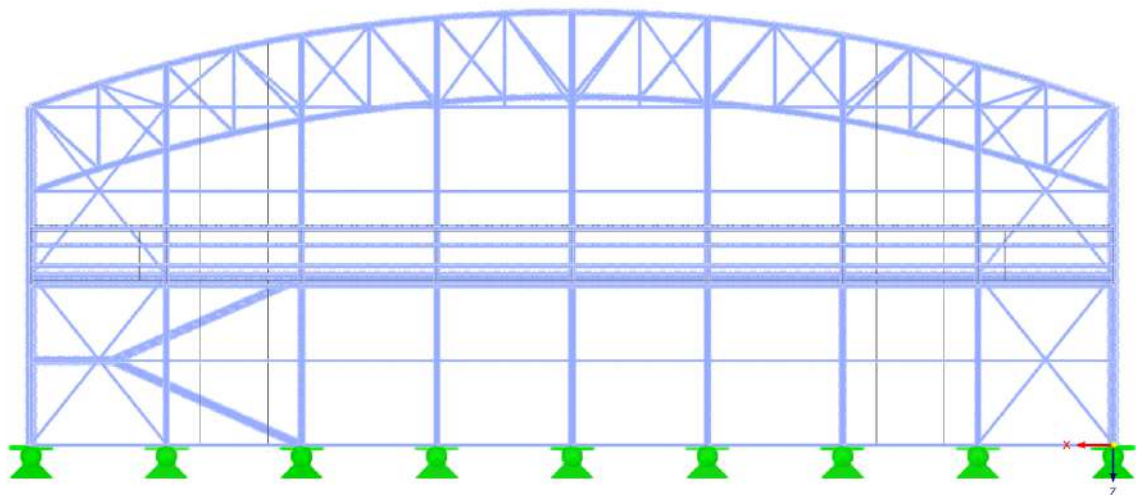
Слика 2.2-4 Приказ главног носача



Слика 2.2-5 Приказ међуспратне конструкције 1 објекта



Слика 2.2-6 Подужни изглед објекта



Слика 2.2-7 Попречни изглед објекта

Коришћени профили:

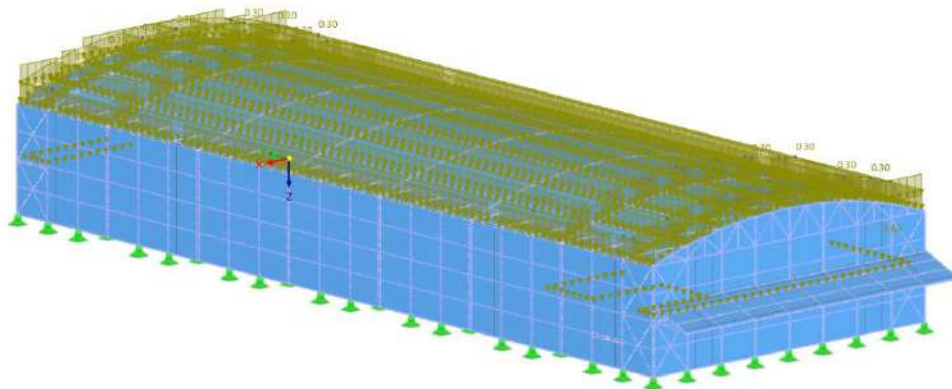
2.2.2 МОДЕЛИРАЊЕ ОПТЕРЕЋЕЊА

Load Case	Name	Analysis Type	Static Analysis Settings	EN 1990 CEN 2010-04
				Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Static Analysis	SA1 - Geometrically linear Newton-Raphson	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Static Analysis	SA1 - Geometrically linear Newton-Raphson	Imposed loads - category C: congre
LC3	Sneg 1	Static Analysis	SA1 - Geometrically linear Newton-Raphson	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC4	Sneg 2	Static Analysis	SA1 - Geometrically linear Newton-Raphson	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC5	Vetar - upravno na kalkan 0,2 +Y	Static Analysis	SA1 - Geometrically linear Newton-Raphson	Wind
LC6	Vetar - upravno na kalkan -0,3 +Y	Static Analysis	SA1 - Geometrically linear Newton-Raphson	Wind
LC7	Vetar - upravno na podužni zid 0,2	Static Analysis	SA1 - Geometrically linear Newton-Raphson	Wind
LC8	Vetar - upravno na podužni zid -0,3	Static Analysis	SA1 - Geometrically linear Newton-Raphson	Wind
LC9	Vetar - upravno na kalkan 0,2 -Y	Static Analysis	SA1 - Geometrically linear Newton-Raphson	Wind
LC10	Vetar - upravno na kalkan -0,3 -Y	Static Analysis	SA1 - Geometrically linear Newton-Raphson	Wind
LC11	Korisno - krov	Static Analysis	SA1 - Geometrically linear Newton-Raphson	Imposed loads - category H: roofs

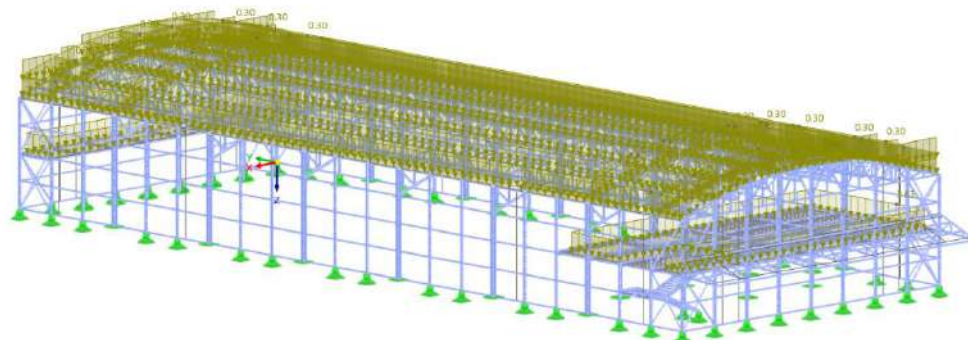
Слика 2.2-8 *Случајеви оптерећења*

2.2.2.1 СТАЛНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

Стално оптерећење од сопствених тежина конструкцијских елемената се аутоматски генерише у програму приликом прављења случаја оптерећења „Self Weight“. Поред сопствених тежина конструкцијских елемената у случај оптерећења *LC1 Self Weight* задате су и тежине фасадних, кровних, подних и плафонских облога, тежина армиранобетонске међуспратне конструкције и инсталација.



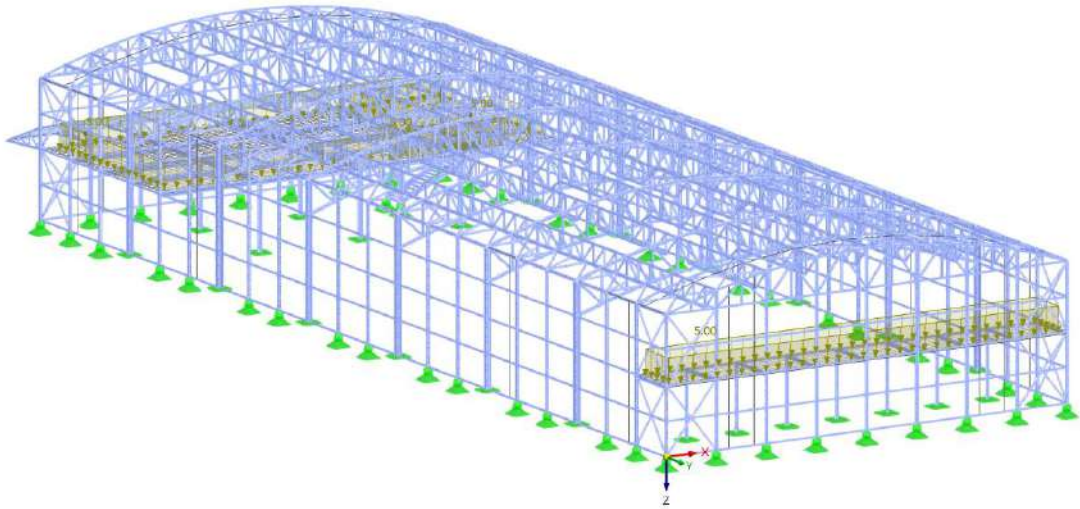
Слика 2.2-9 *Приказ нанесеног сталног оптерећења са панелима*



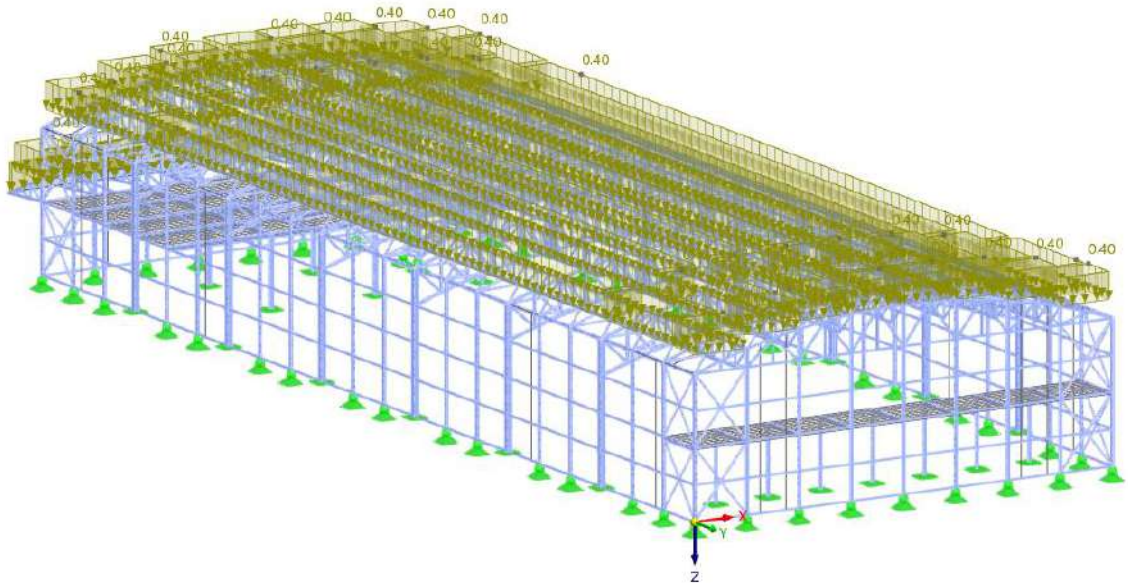
Слика 2.2-10 *Приказ нанесеног сталног оптерећења без панела*

2.2.2.2 КОРИСНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

Корисно оптерећење је нането опцијом „Surface Load“ преко граничних површина како је приказано испод. Разматрана су корисна оптерећења на међуспратним конструкцијама и крову.



Слика 2.2-11 Корисно оптерећење на међуспратним конструкцијама

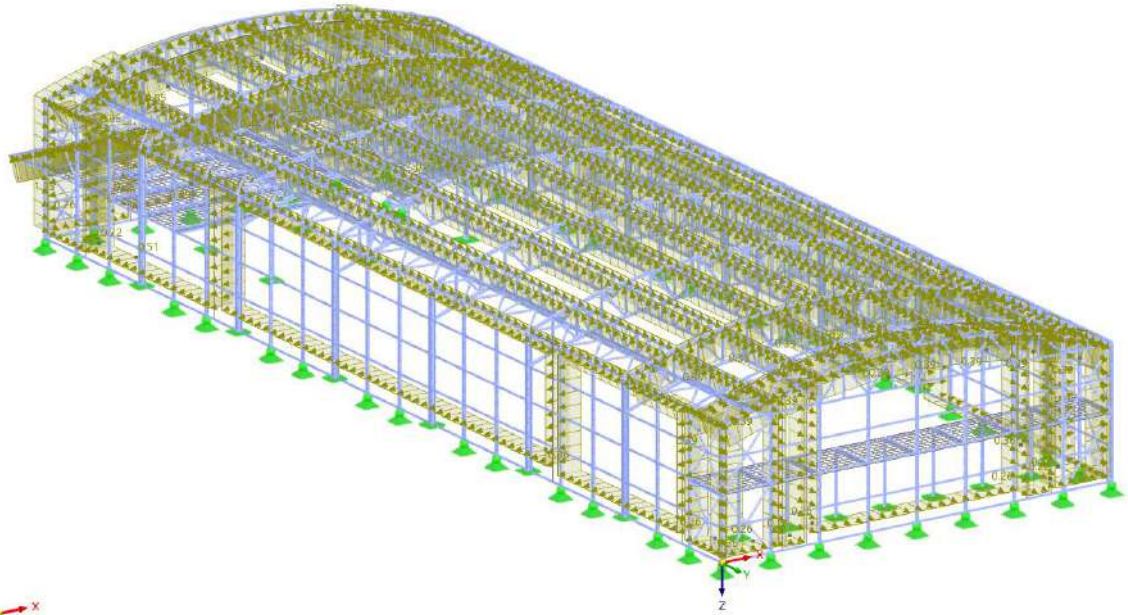


Слика 2.2-12 Корисно оптерећење на крову

2.2.2.3 ОПТЕРЕЋЕЊЕ ВЕТРОМ

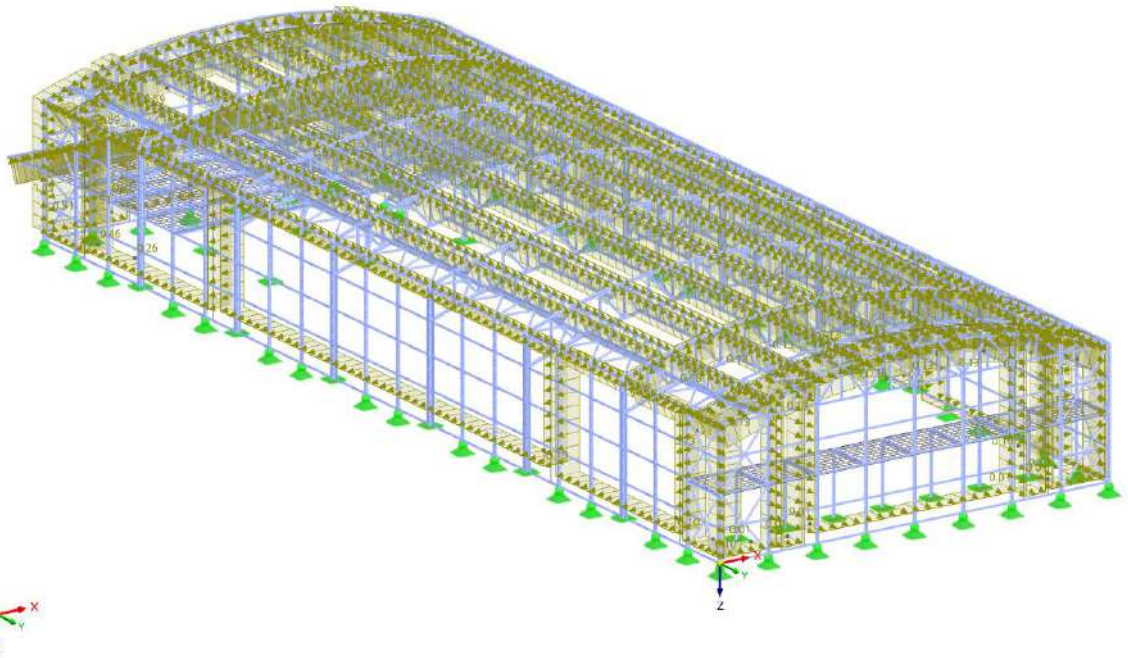
Оптерећење ветром је нането у одговарајућем интензитету правцем осе управне на одговарајућу површину.

LC5 - Vetar - upravno na kalkan 0,2 +Y
Loads [kN/m²]



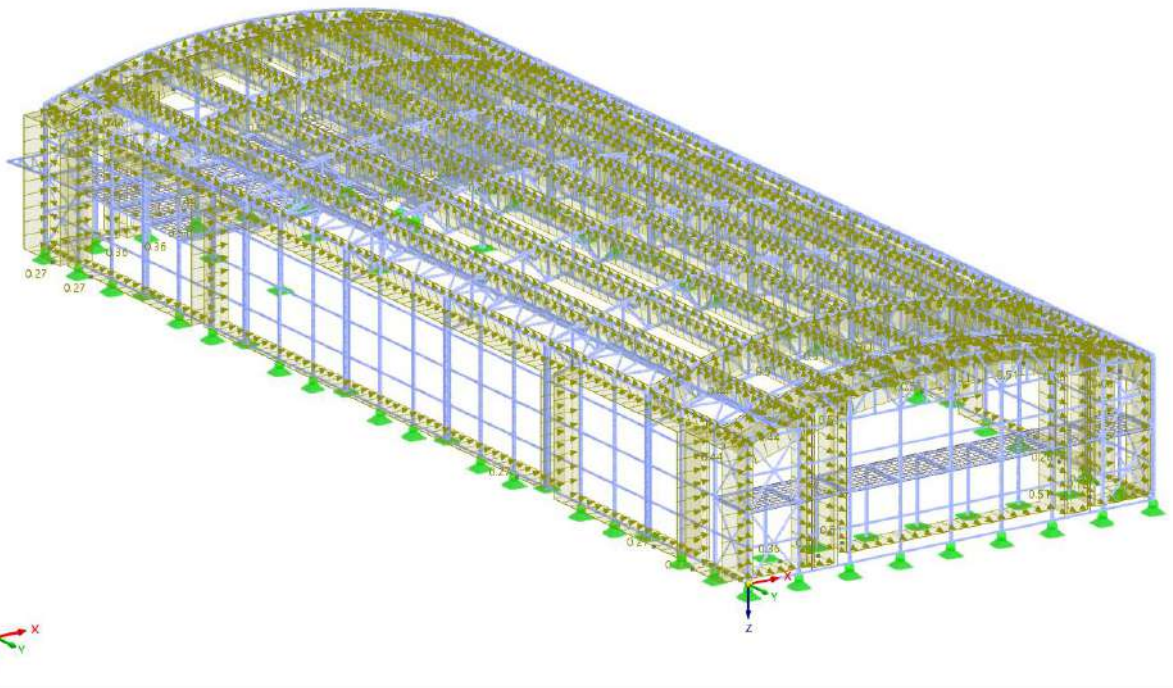
Слика 2.2-13 Ветар управан на калкан 0,2 +Y

LC6 - Vetar - upravno na kalkan -0,3 +Y
Loads [kN/m²]



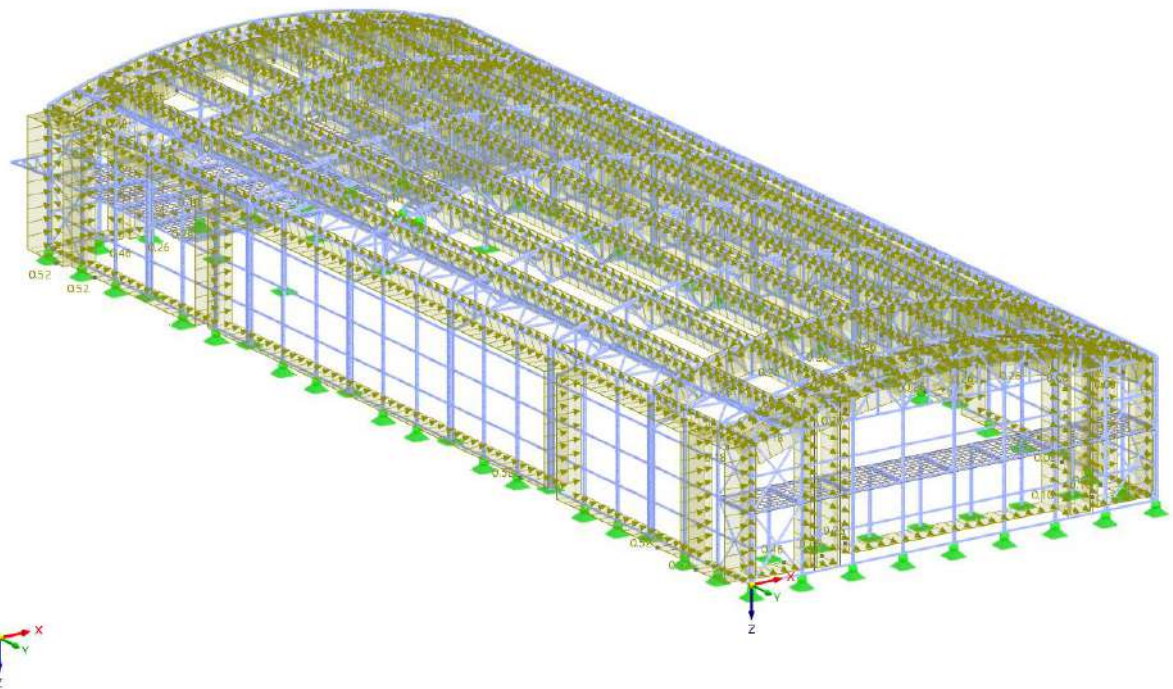
Слика 2.2-14 Ветар управан на калкан -0,3 +Y

LC7 - Vetar - upravno na podužni zid 0,2 +X
Loads [kN/m²]



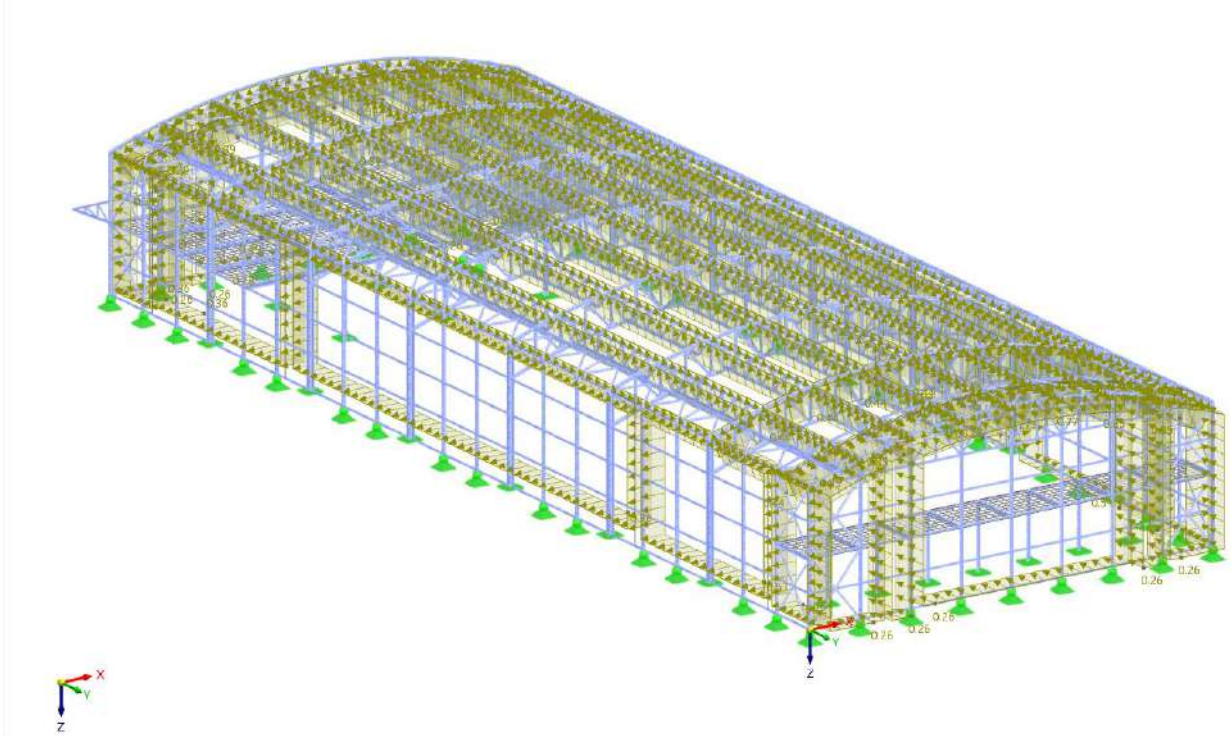
Слика 2.2-15 Ветар управан на подужни зид 0,2 +X

LC8 - Vetar - upravno na podužni zid -0,3 +X
Loads [kN/m²]



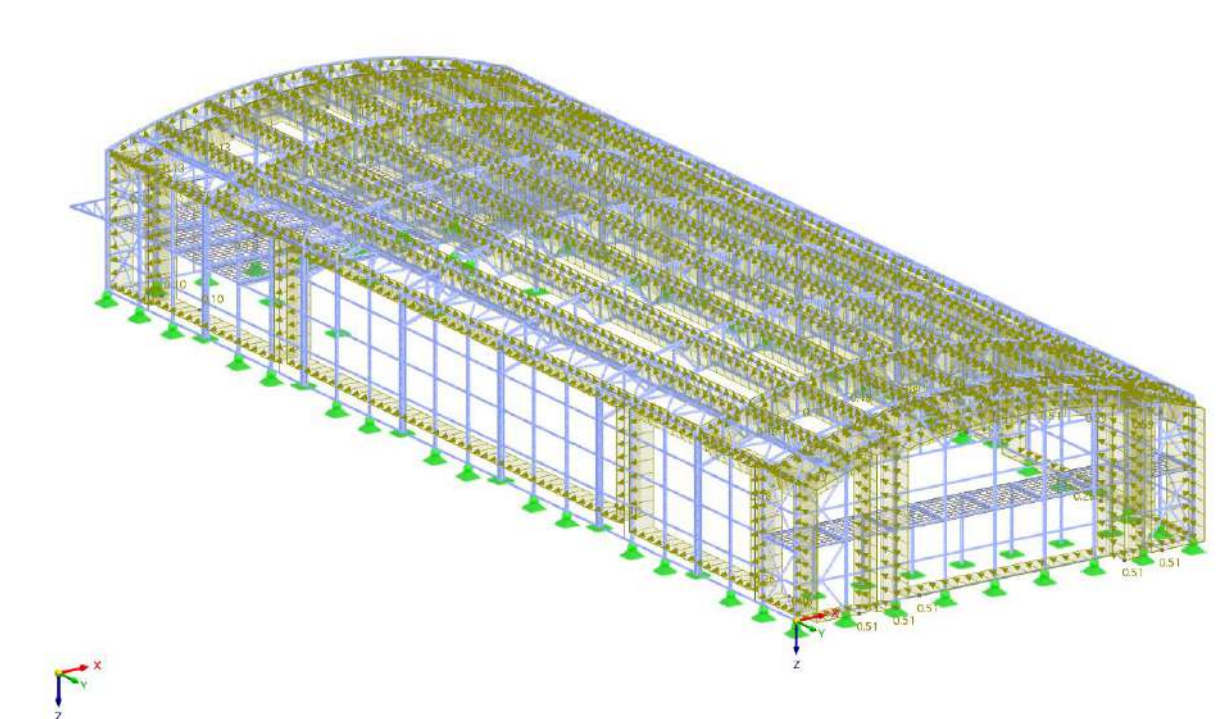
Слика 2.2-16 Ветар управан на подужни зид -0,3 +X

LC9 - Vetar - upravno na kalkan 0,2 -Y
 Loads [kN/m²]



Слика 2.2-17 Ветар управан на калкан 0,2 -Y

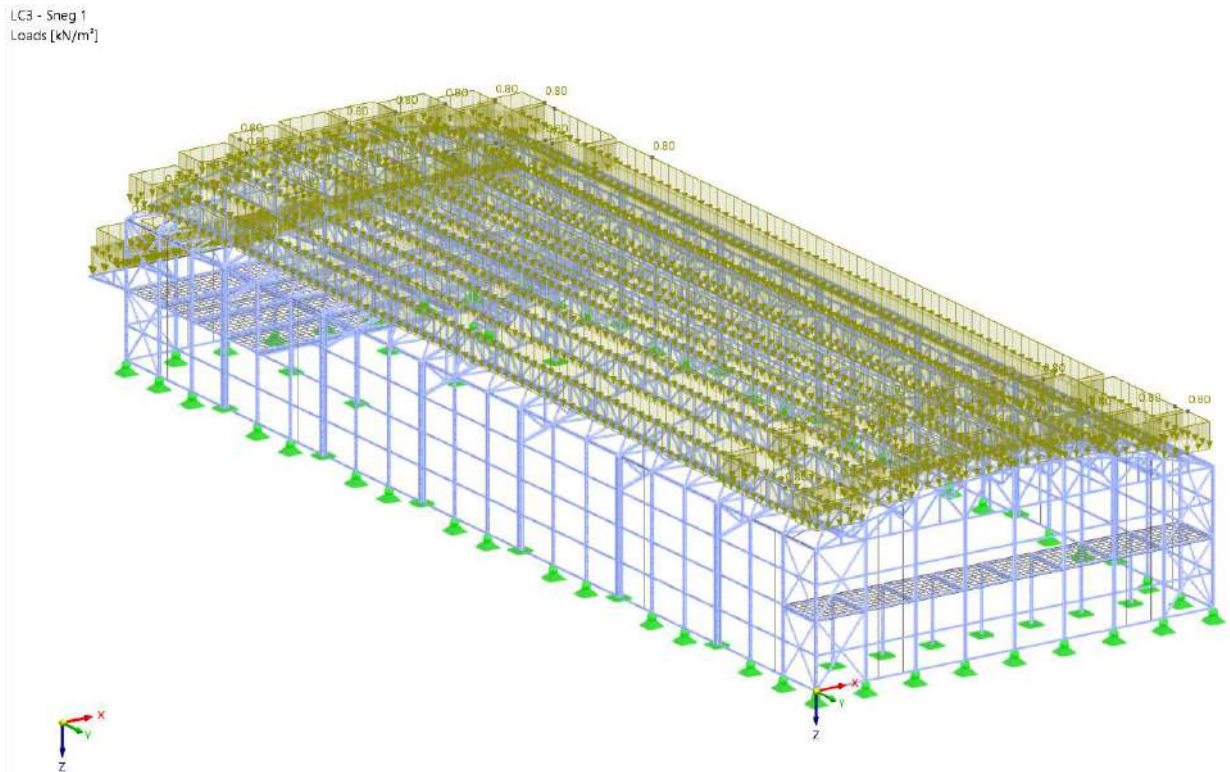
LC10 - Vetar - upravno na kalkan -0,3 -Y
 Loads [kN/m²]



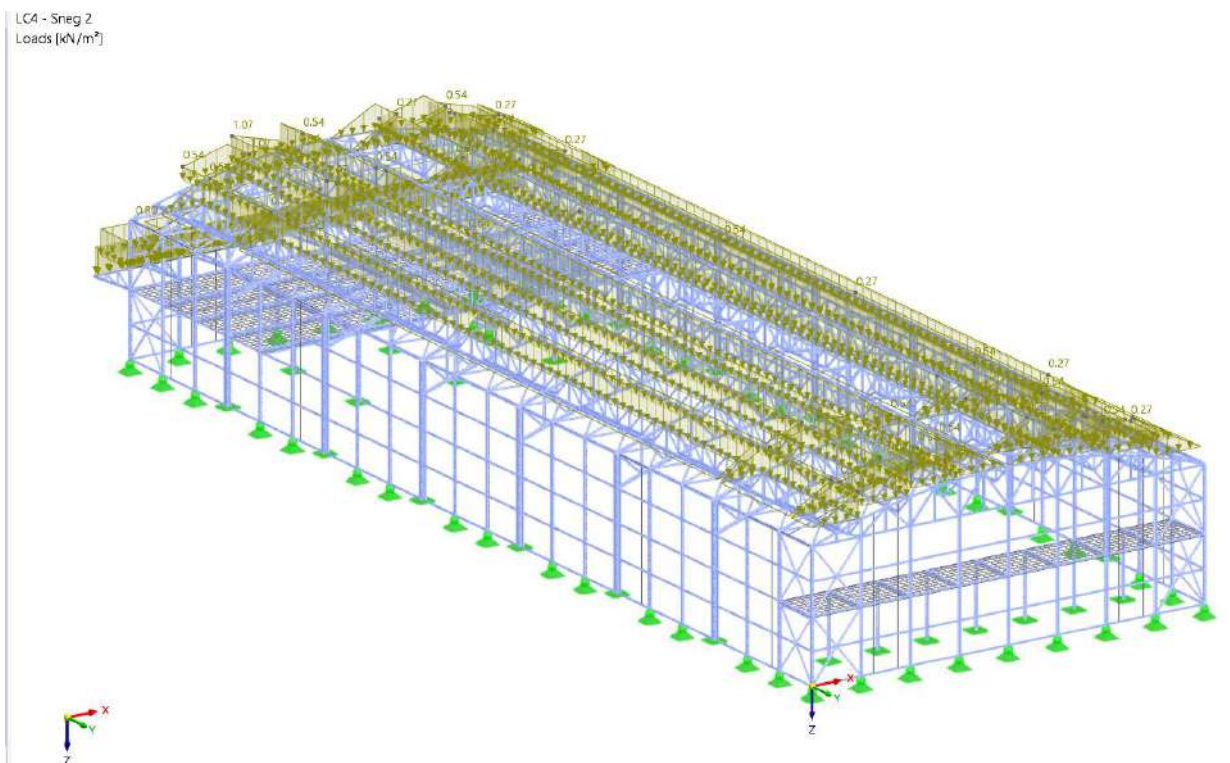
Слика 2.2-18 Ветар управан на калкан -0,3 -Y

2.2.2.4 ОПТЕРЕЋЕЊЕ ОД СНЕГА

Оптерећење од снега је нането по пројекцији основе у правцу глобалне Z-осе у две варијанте, по прописима.



Слика 2.2-19 *Равномерно расподељено оптерећење од снега на кровној површини*



Слика 2.2-20 *Неравномерно расподељено оптерећење од снега на кровној површини*

2.2.2.5 СЕИЗМИЧКО ДЕЈСТВО

Сеизмичко дејство на конструкцију је нането преко и аутоматски генерисано преко програмске опције „Seismic Load“.

2.2.3 МОДАЛНА АНАЛИЗА

Mode No.	Modal Mass	Effective Modal Mass - Translational Direction [kg]		
	Mi [kg]	meX	meY	meZ
1	12182,9	54936,8	0,0	0,0
2	9671,0	494,4	0,0	0,0
3	5924,8	3528,8	0,0	0,0
4	5727,3	117,9	0,0	0,0
5	5854,1	0,0	0,0	0,0
6	4885,3	9,0	0,0	0,0
7	3739,1	92,3	0,0	0,0
8	5792,6	0,1	0,0	0,0
9	7251,6	0,1	0,0	0,0
10	4459,8	2,5	0,0	0,0
11	11465,4	574,2	0,0	0,0
12	9654,6	29,3	0,0	0,0
13	5925,0	1275,4	0,0	0,0
14	5623,7	91,9	0,0	0,0
15	4321,6	97,9	0,0	0,0
16	5803,4	0,0	0,0	0,0
17	7647,2	0,0	0,0	0,0
18	5698,2	0,1	0,0	0,0
19	7238,4	0,1	0,0	0,0
20	4441,3	2,3	0,0	0,0
21	3378,3	266,4	0,0	0,0
22	3455,8	10,9	0,0	0,0
23	2802,8	412,6	0,0	0,0
24	2935,5	38,2	0,0	0,0
25	2799,3	48,6	0,0	0,0
26	5715,5	5785,9	0,0	0,0
27	5919,7	121,0	0,0	0,0
28	5090,9	1728,2	0,0	0,0
29	5314,3	99,8	0,0	0,0
30	5524,0	0,0	0,0	0,0
31	7049,3	0,0	0,0	0,0
32	3968,6	101,7	0,0	0,0
33	5394,0	0,1	0,0	0,0
34	6826,9	0,2	0,0	0,0
35	4103,1	3,1	0,0	0,0
36	19939,5	0,0	58182,9	0,0
37	11072,3	36,7	0,5	0,0
38	19806,1	0,0	0,0	0,0
39	11102,5	0,0	0,0	0,0
40	170340,5	48,8	416078,7	0,0

41	30110,5	60453,4	75,3	0,0
42	16207,9	10,0	0,0	0,0
43	17656,5	0,0	0,0	0,0
44	21387,1	44,1	0,0	0,0
45	17517,1	0,0	0,0	0,0
46	11340,5	29,5	0,0	0,0
47	17401,6	0,0	0,0	0,0
48	11634,4	212274,5	201,7	0,0
49	10315,3	2632,1	4209,6	0,0
50	2285,6	10367,5	110,0	0,0
51	2125,9	1,3	2,2	0,0
52	975,5	225,9	109,2	0,0
53	1180,7	246,3	46,9	0,0
54	2420,6	320,9	0,1	0,0
55	1323,0	2,8	140,9	0,0
56	1705,4	3,2	2,2	0,0
57	1381,1	192,3	25,3	0,0
58	733,4	245,1	0,4	0,0
59	733,6	2,2	72,8	0,0
60	1673,0	17970,1	21,3	0,0
Σ	605954,6	374976,8	479280,3	0,0
ΣM		562414,9	562414,9	0,0
%		66,67	85,22	

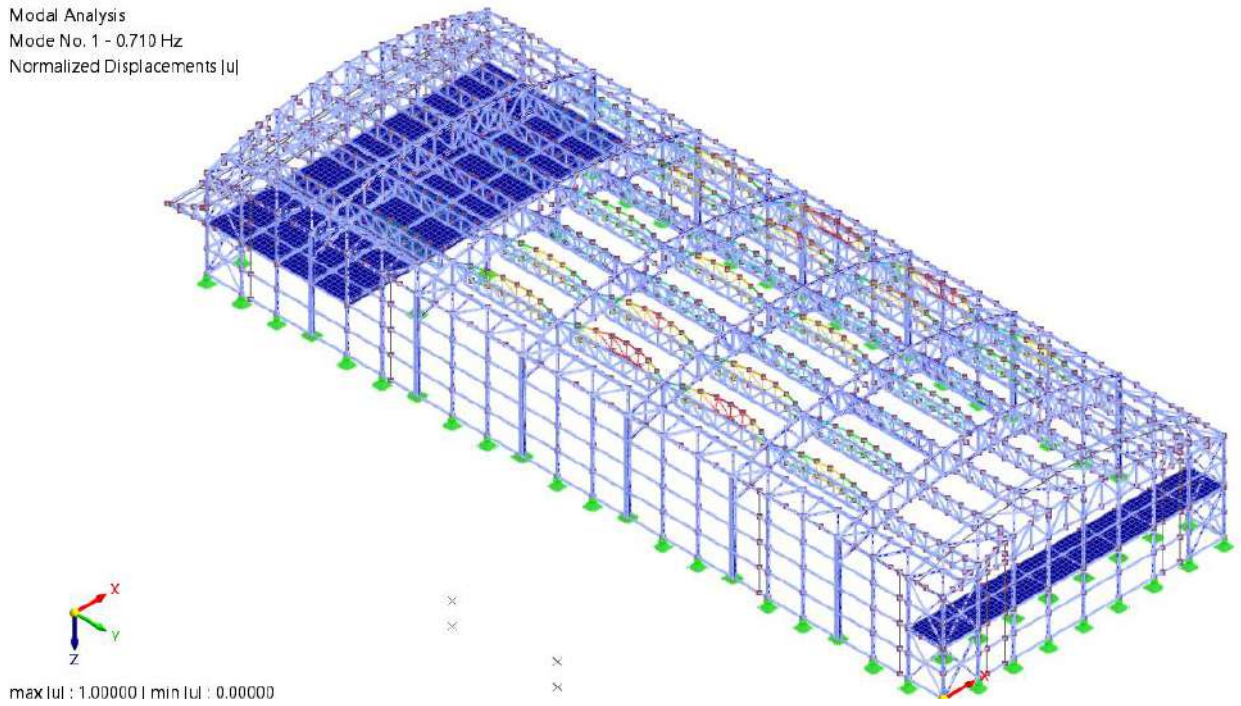
Табела 2.2-1 Осцилаторни тонови добијени модалном анализом објекта

Mode No.	Eigenvalue	Angular Frequency	Natural Frequency	Natural Period
	λ [1/s ²]	ω [rad/s]	f [Hz]	T [s]
1	19,916	4,463	0,710	1,408
2	20,847	4,566	0,727	1,376
3	21,262	4,611	0,734	1,363
4	21,352	4,621	0,735	1,360
5	21,373	4,623	0,736	1,359
6	21,374	4,623	0,736	1,359
7	21,374	4,623	0,736	1,359
8	21,376	4,623	0,736	1,359
9	21,377	4,624	0,736	1,359
10	21,379	4,624	0,736	1,359
11	21,537	4,641	0,739	1,354
12	21,562	4,643	0,739	1,353
13	21,625	4,650	0,740	1,351
14	21,674	4,656	0,741	1,350
15	21,694	4,658	0,741	1,349
16	21,694	4,658	0,741	1,349
17	21,695	4,658	0,741	1,349
18	21,696	4,658	0,741	1,349
19	21,697	4,658	0,741	1,349
20	21,698	4,658	0,741	1,349

21	21,886	4,678	0,745	1,343
22	21,897	4,679	0,745	1,343
23	21,918	4,682	0,745	1,342
24	21,936	4,684	0,745	1,342
25	21,945	4,685	0,746	1,341
26	24,062	4,905	0,781	1,281
27	24,255	4,925	0,784	1,276
28	24,422	4,942	0,787	1,271
29	24,494	4,949	0,788	1,270
30	24,517	4,951	0,788	1,269
31	24,518	4,952	0,788	1,269
32	24,519	4,952	0,788	1,269
33	24,520	4,952	0,788	1,269
34	24,522	4,952	0,788	1,269
35	24,524	4,952	0,788	1,269
36	30,649	5,536	0,881	1,135
37	31,176	5,584	0,889	1,125
38	31,355	5,600	0,891	1,122
39	31,356	5,600	0,891	1,122
40	82,838	9,102	1,449	0,690
41	86,611	9,307	1,481	0,675
42	96,056	9,801	1,560	0,641
43	96,539	9,825	1,564	0,639
44	97,320	9,865	1,570	0,637
45	98,120	9,906	1,577	0,634
46	99,067	9,953	1,584	0,631
47	99,669	9,983	1,589	0,629
48	114,615	10,706	1,704	0,587
49	131,924	11,486	1,828	0,547
50	132,453	11,509	1,832	0,546
51	138,912	11,786	1,876	0,533
52	139,304	11,803	1,878	0,532
53	139,805	11,824	1,882	0,531
54	140,072	11,835	1,884	0,531
55	140,791	11,866	1,888	0,530
56	140,828	11,867	1,889	0,529
57	141,690	11,903	1,894	0,528
58	141,953	11,914	1,896	0,527
59	142,326	11,930	1,899	0,527
60	151,832	12,322	1,961	0,510

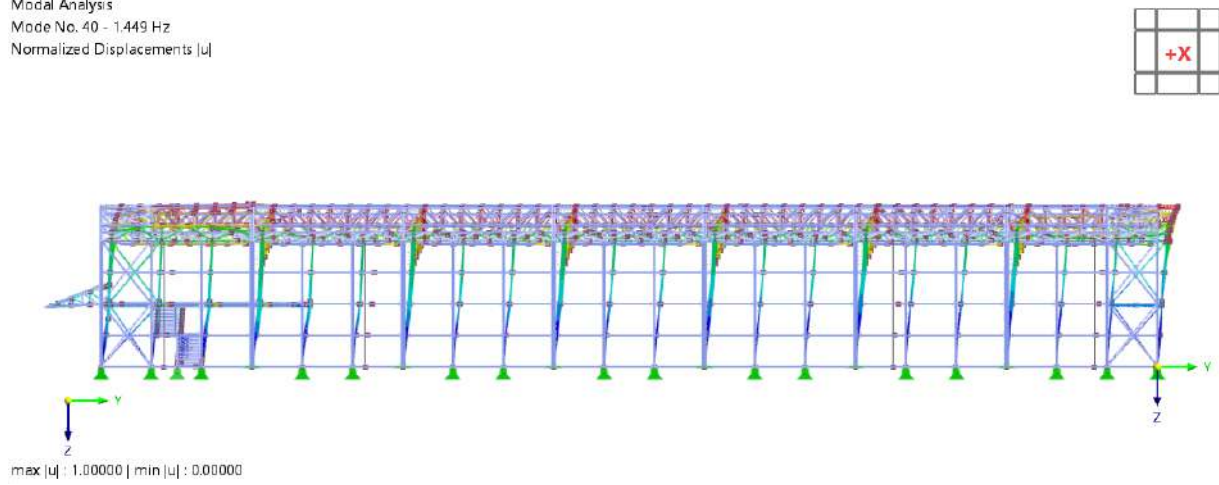
Табела 2.2-2 Природне фреквенције периоди објекта

LC12
 Modal Analysis
 Mode No. 1 - 0.710 Hz
 Normalized Displacements [u]



Слика 2.2-21 Приказ карактеристичног осцилаторног тона у X правцу

LC12
 Modal Analysis
 Mode No. 40 - 1.449 Hz
 Normalized Displacements [u]

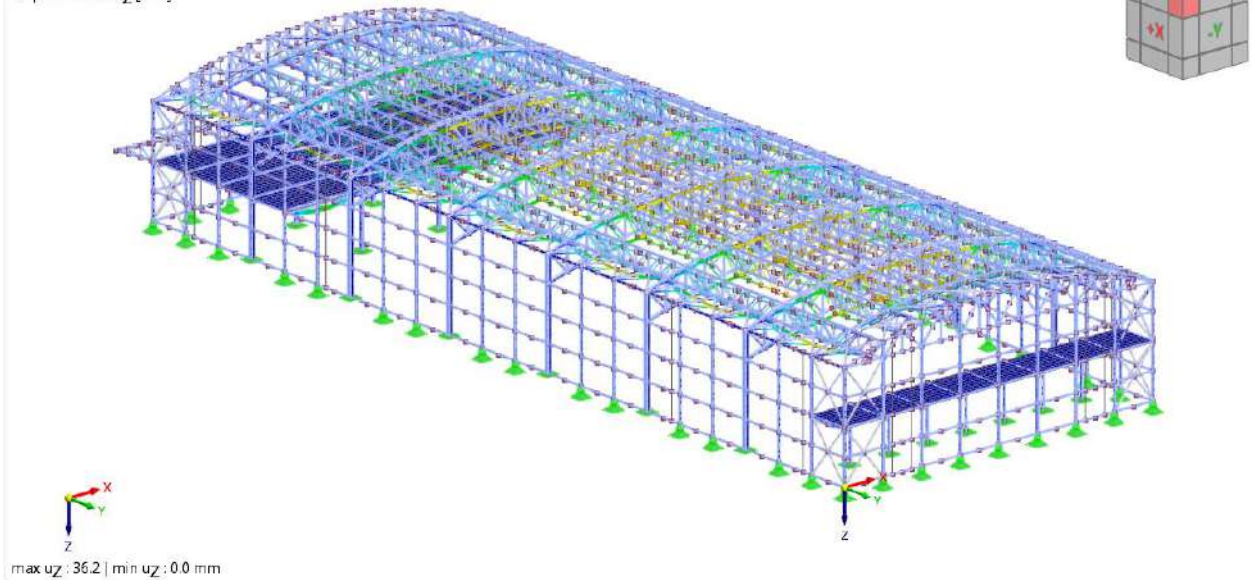


Слика 2.2-22 Приказ карактеристичног осцилаторног тона у Y правцу

2.2.4 ВЕРИФИКАЦИЈА НУМЕРИЧКОГ МОДЕЛА – ПРИКАЗ ФОРМИ ДЕФОРМАЦИЈЕ ЗА РАЗМАТРАНЕ СЛУЧАЈЕВЕ ОПТЕРЕЋЕЊА

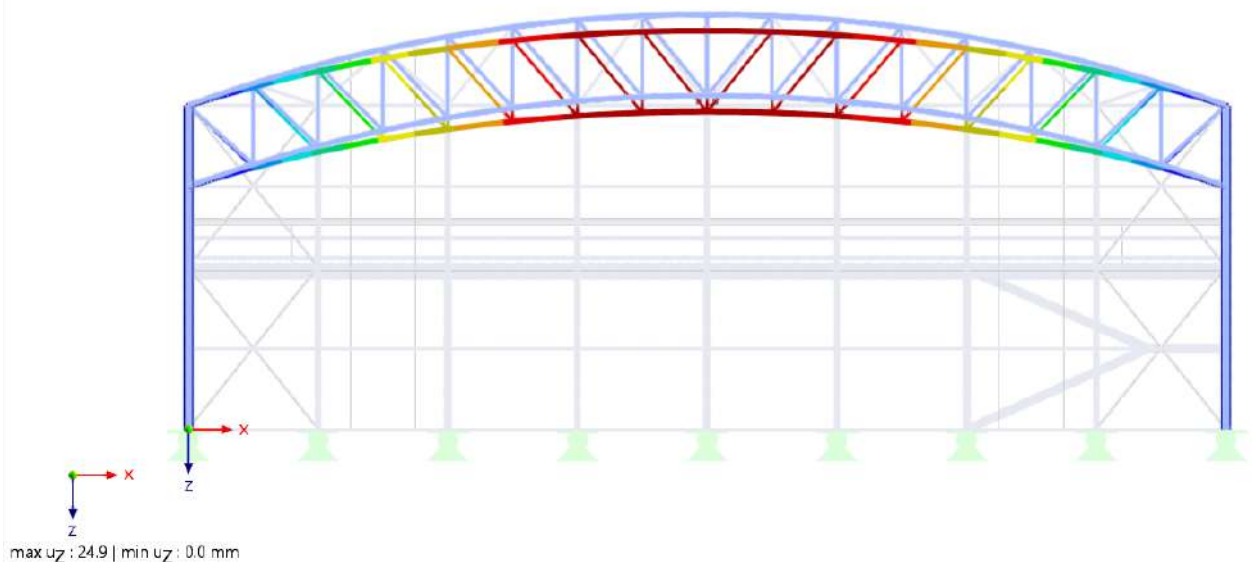
2.2.4.1 Стално оптерећење

LC1 - Stalno opterećenje
Static Analysis
Displacements uz [mm]



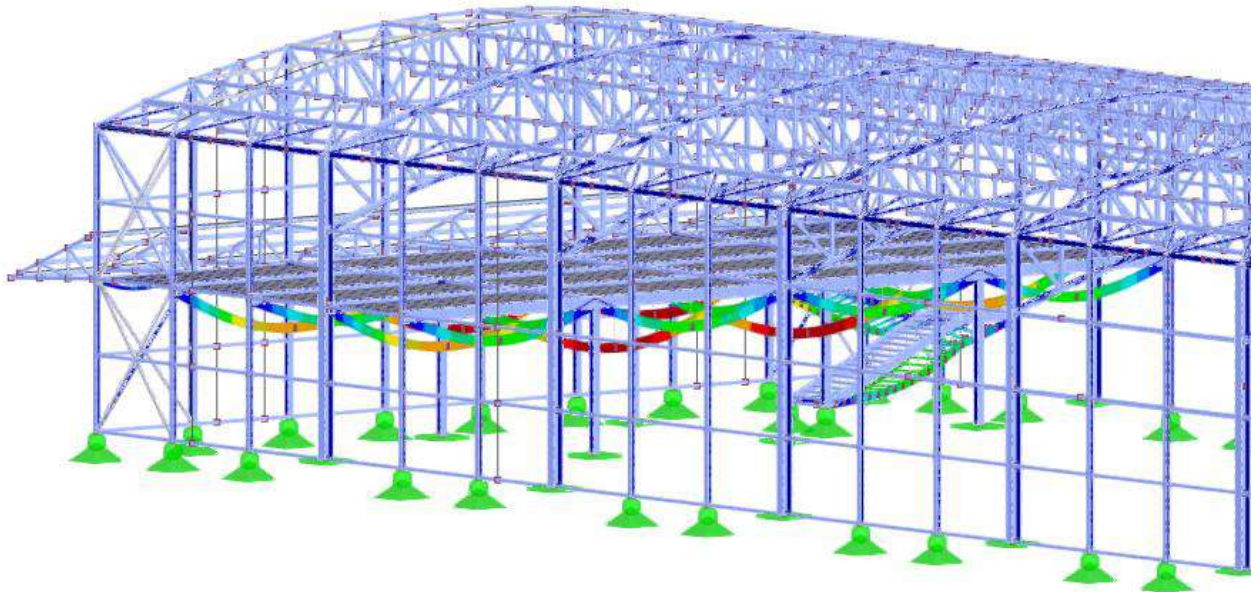
Слика 2.2-23 Деформациони облик конструкције услед сталног оптерећења

Visibility mode
LC1 - Stalno opterećenje
Static Analysis
Displacements uz [mm]



Слика 2.2-24 Деформациони облик главног носача услед сталног оптерећења

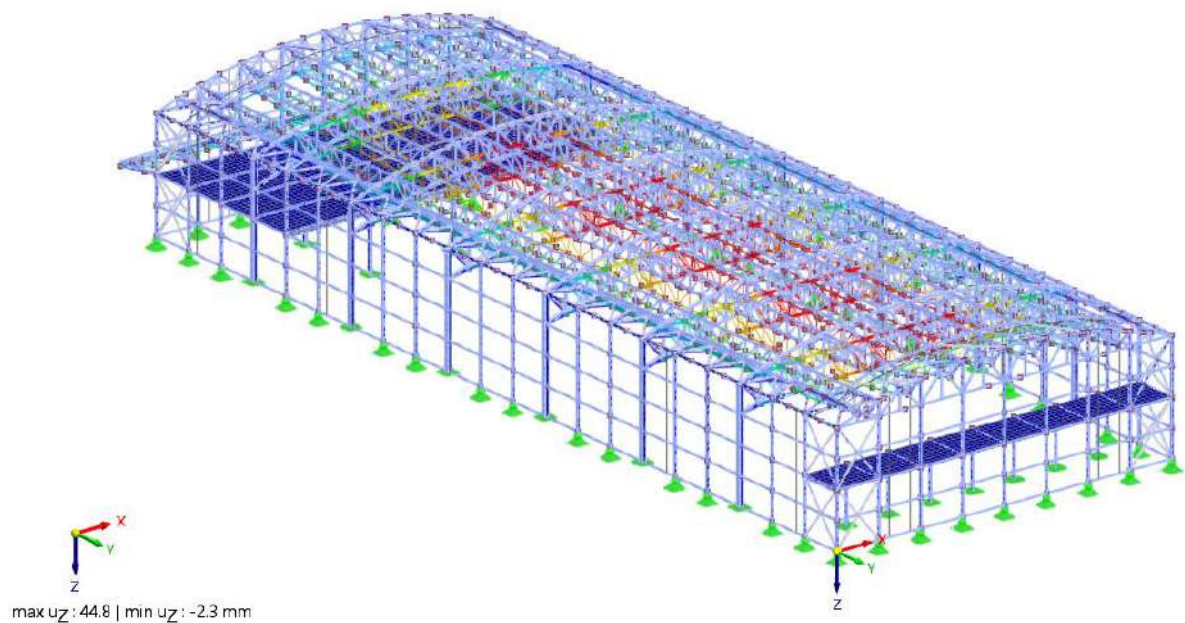
2.2.4.2 Корисно оптерећење на међуспратној конструкцији и степеништу



Слика 2.2-25 Деформациони облик конструкције услед корисног оптерећења

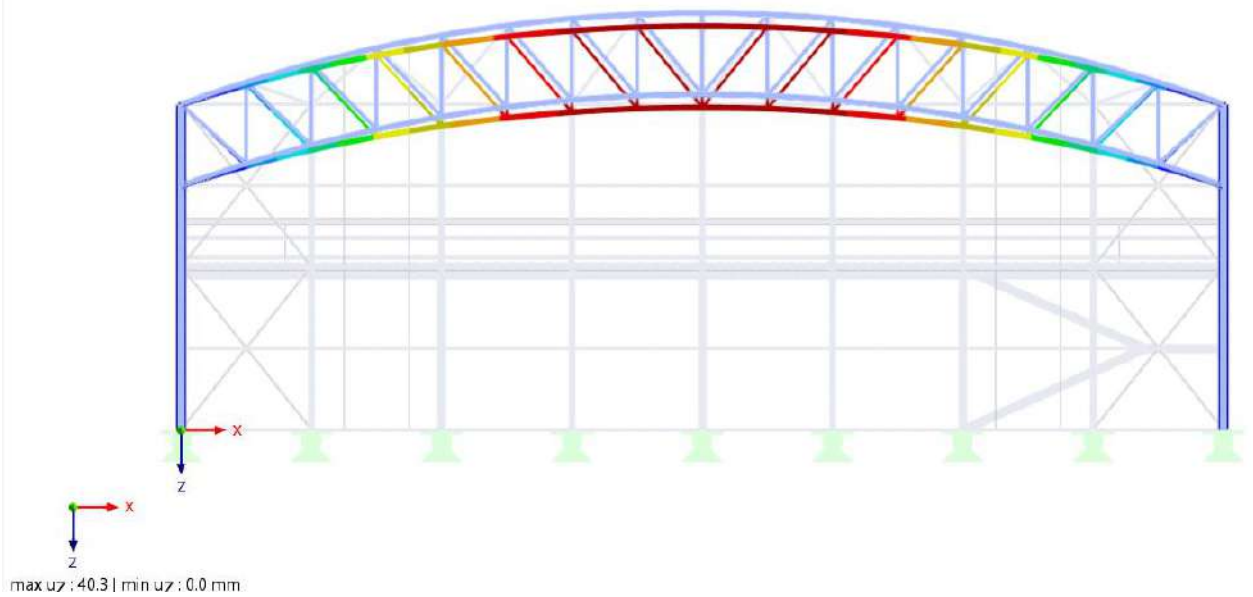
2.2.4.3 Оптерећење снегом

LC3 - Sneg 1
Static Analysis
Displacements uz [mm]



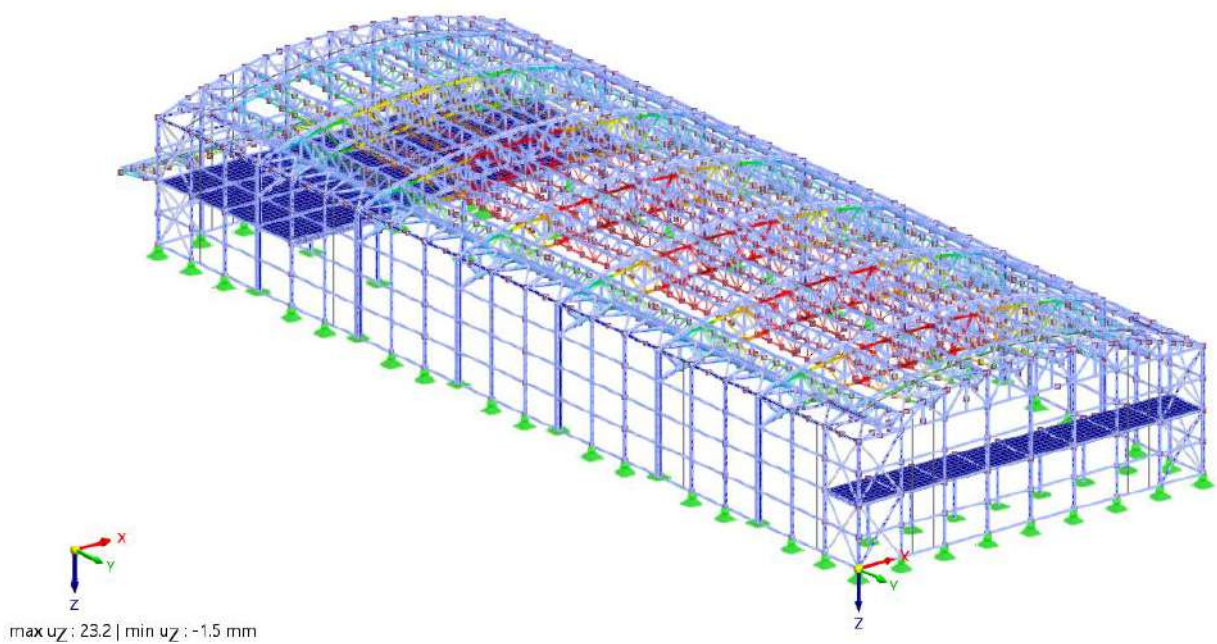
Слика 2.2-26 Деформациони облик конструкције услед снежног оптерећења

Visibility mode
LC3 - Sneg 1
Static Analysis
Displacements u_z [mm]



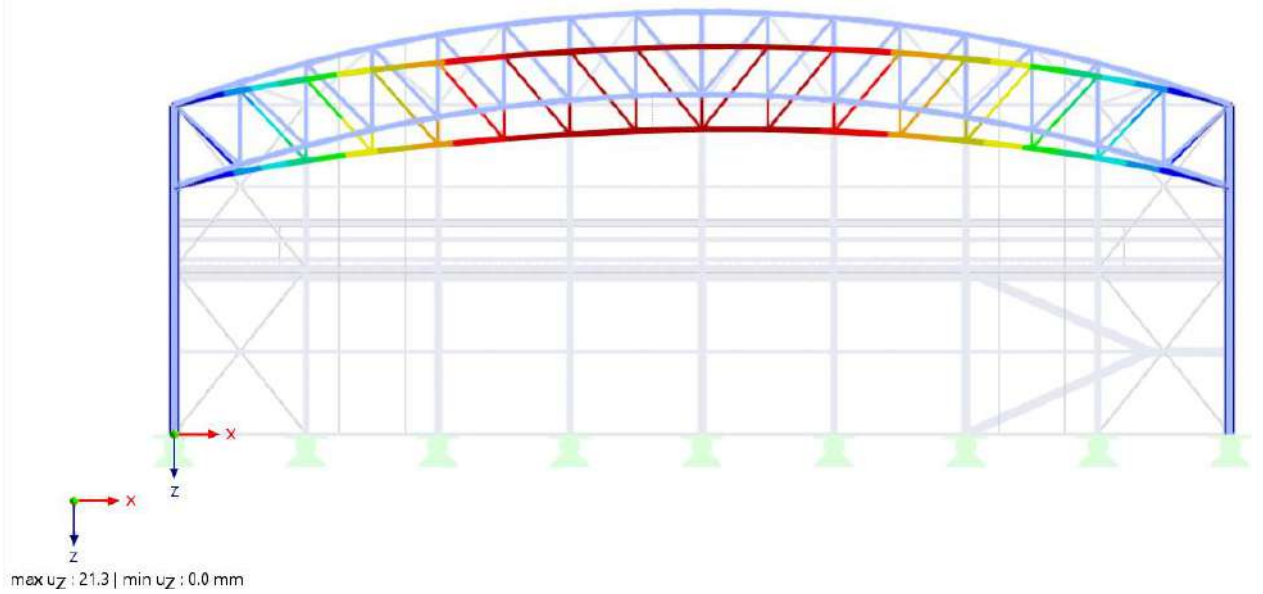
Слика 2.2-27 Деформациони облик главног носача услед снежног оптерећења

LC4 - Sneg 2
Static Analysis
Displacements u_z [mm]



Слика 2.2-28 Деформациони облик конструкције услед снежног оптерећења

Visibility mode
LC4 - Sneg 2
Static Analysis
Displacements uz [mm]



Слика 2.2-29 Деформациони облик главног носача услед неравномерно распоређеног дејства снега

2.3 СТАТИЧКИ ПРОРАЧУН

2.3.1 Комбинације дејстава за гранична стања носивости

Load Combin.	Name	Analysis Type	Design Situation
CO1	$1.35 * LC1$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO2	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO3	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC3$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO4	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC4$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO5	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC5$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO6	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC6$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO7	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC7$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO8	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC8$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO9	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC9$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO10	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC10$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO11	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC5$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO12	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC6$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO13	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC7$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO14	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC8$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO15	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC9$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO16	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC10$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO17	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.90 * LC5$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO18	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.90 * LC6$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO19	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.90 * LC7$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO20	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.90 * LC8$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO21	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.90 * LC9$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO22	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.90 * LC10$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO23	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC3$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO24	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC4$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10

CO25	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC3$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO26	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC4$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO27	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC5$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO28	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC6$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO29	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC7$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO30	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC8$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO31	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC9$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO32	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC10$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO33	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC4 + 0.90 * LC5$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO34	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC4 + 0.90 * LC6$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO35	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC4 + 0.90 * LC7$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO36	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC4 + 0.90 * LC8$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO37	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC4 + 0.90 * LC9$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO38	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC4 + 0.90 * LC10$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO39	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC5$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO40	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC6$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO41	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC7$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO42	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC8$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO43	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC9$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO44	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC10$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO45	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC4 + 0.90 * LC5$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO46	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC4 + 0.90 * LC6$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO47	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC4 + 0.90 * LC7$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO48	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC4 + 0.90 * LC8$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO49	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC4 + 0.90 * LC9$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO50	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC4 + 0.90 * LC10$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO51	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC5$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO52	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC6$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO53	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC7$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10

CO54	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC8$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO55	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC9$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO56	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC10$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO57	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC5$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO58	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC6$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO59	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC7$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO60	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC8$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO61	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC9$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO62	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC10$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO63	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC5$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO64	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC6$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO65	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC7$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO66	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC8$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO67	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC9$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO68	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC10$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO69	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC5$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO70	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC6$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO71	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC7$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO72	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC8$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO73	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC9$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO74	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC10$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO75	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC5$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO76	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC6$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO77	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC7$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO78	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC8$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO79	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC9$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO80	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC10$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO81	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC5$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO82	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC6$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10

CO83	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC7$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO84	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC8$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO85	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC9$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO86	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC10$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO87	$1.35 * LC1 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO88	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO89	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO90	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO91	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC5 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO92	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC6 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO93	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC7 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO94	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC8 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO95	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC9 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO96	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC10 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO97	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC5 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO98	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC6 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO99	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC7 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO100	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC8 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO101	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC9 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO102	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC10 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO103	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.90 * LC5 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO104	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.90 * LC6 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO105	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.90 * LC7 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO106	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.90 * LC8 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO107	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.90 * LC9 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO108	$1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.90 * LC10 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO109	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO110	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO111	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC5 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10

CO112	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC6 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO113	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC7 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO114	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC8 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO115	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC9 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO116	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC10 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO117	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC5 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO118	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC6 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO119	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC7 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO120	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC8 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO121	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC9 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO122	$1.35 * LC1 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC10 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO123	$1.35 * LC1 + 0.90 * LC5 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO124	$1.35 * LC1 + 0.90 * LC6 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO125	$1.35 * LC1 + 0.90 * LC7 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO126	$1.35 * LC1 + 0.90 * LC8 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO127	$1.35 * LC1 + 0.90 * LC9 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO128	$1.35 * LC1 + 0.90 * LC10 + 1.50 * LC11$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO258	$LC1 + 1.5 LC5$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO259	$LC1 + 1.5 LC6$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO260	$LC1 + 1.5 LC7$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO261	$LC1 + 1.5 LC8$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO262	$LC1 + 1.5 LC9$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10
CO263	$LC1 + 1.5 LC10$	Static Analysis	DS1 - ULS (STR/GEO) - Permanent and transient - Eq. 6.10

Табела 2.3-1 Комбинације оптерећења по граничном стању носивости

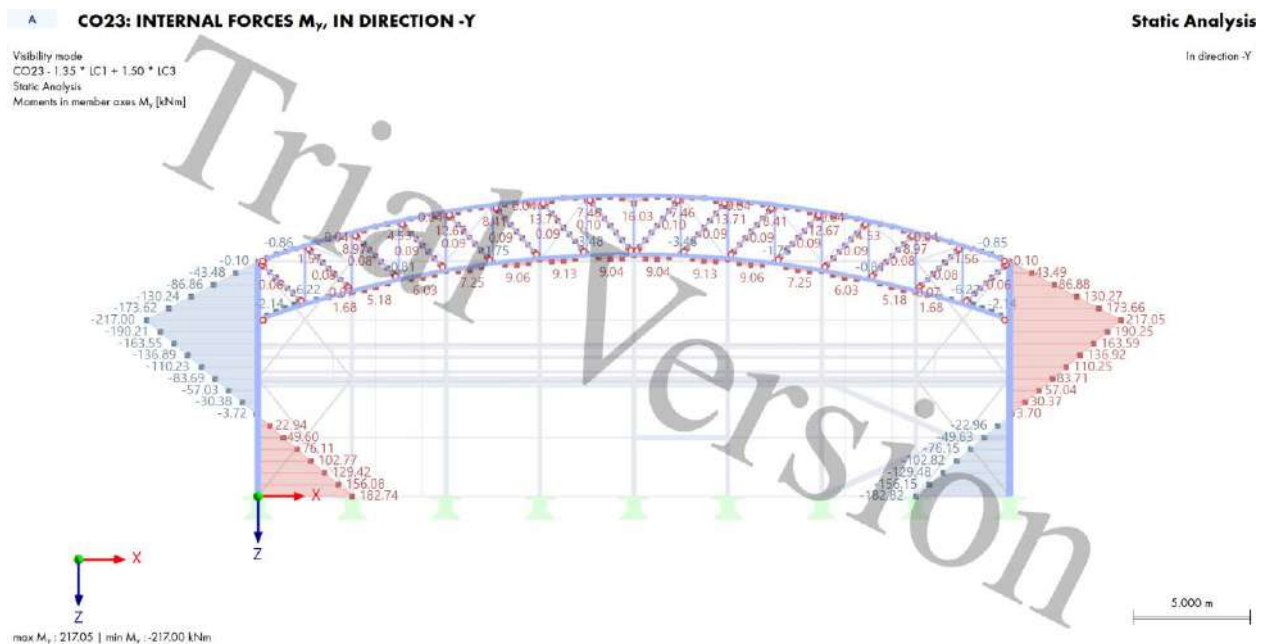
2.3.2 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ

2.3.2.1 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ ЕЛЕМЕНАТА У ГЛАВНОМ НОСАЧУ

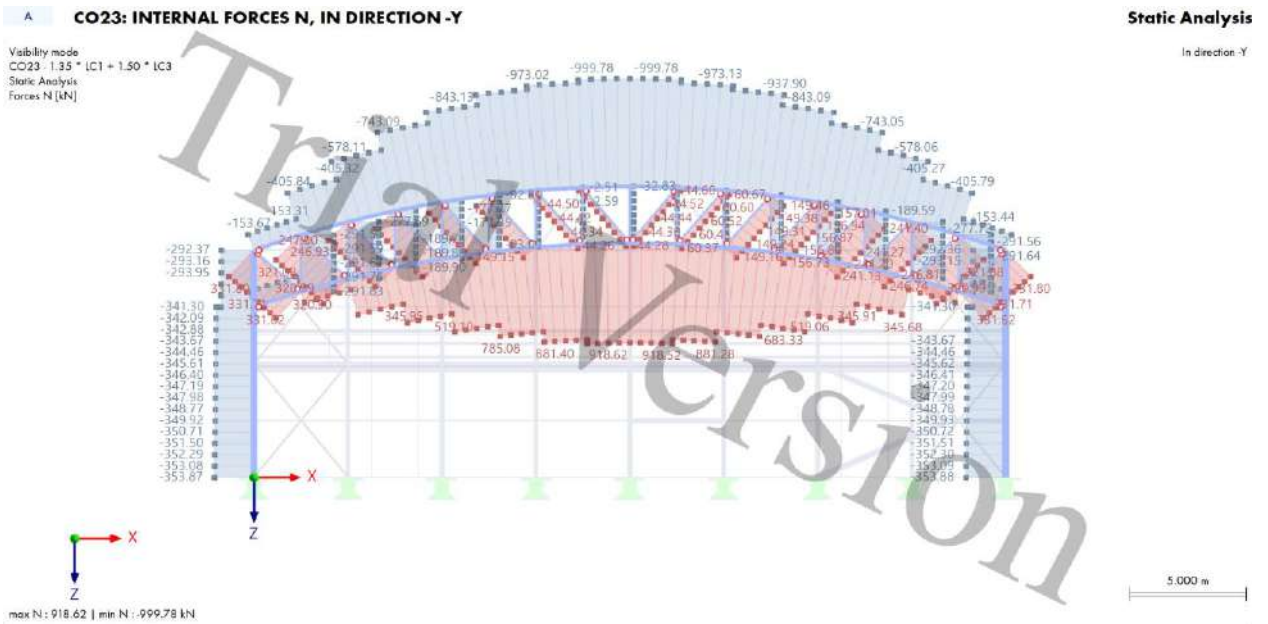
Појасни штапови главног носача за меродавну комбинацију:

CO 23: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC3		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m

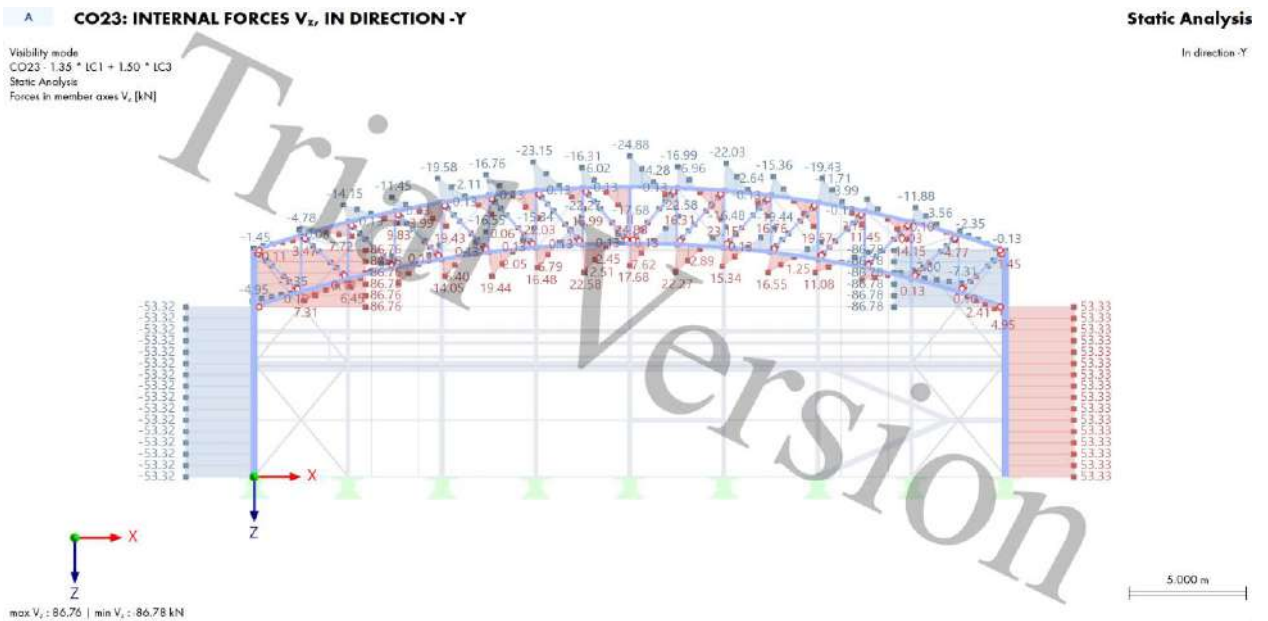
Табела 2.3-2 Меродавна комбинација оптерећења CO 23



Слика 2.3-1 Моменти савијања у главном носачу M_y [kNm]



Слика 2.3-2 Нормалне силе у главном носачу N [kN]



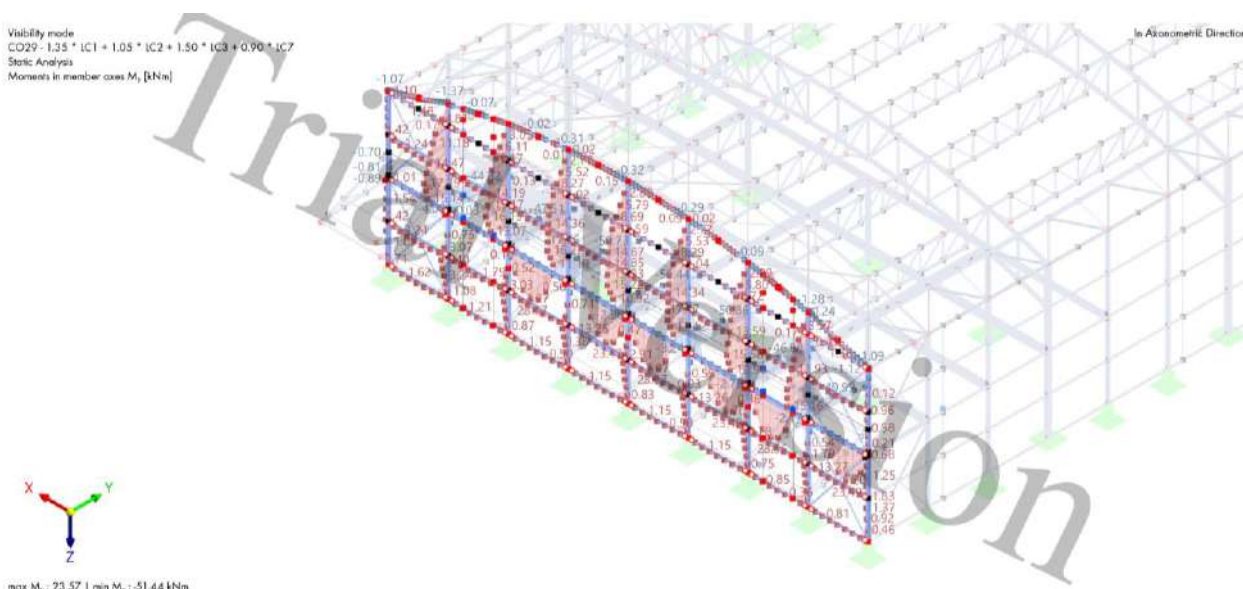
Слика 2.3-3 Трансверзалне у главном носачу Vz [kN]

2.3.2.2 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ ЕЛЕМЕНАТА У КАЛКАНСКОМ ЗИДУ ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

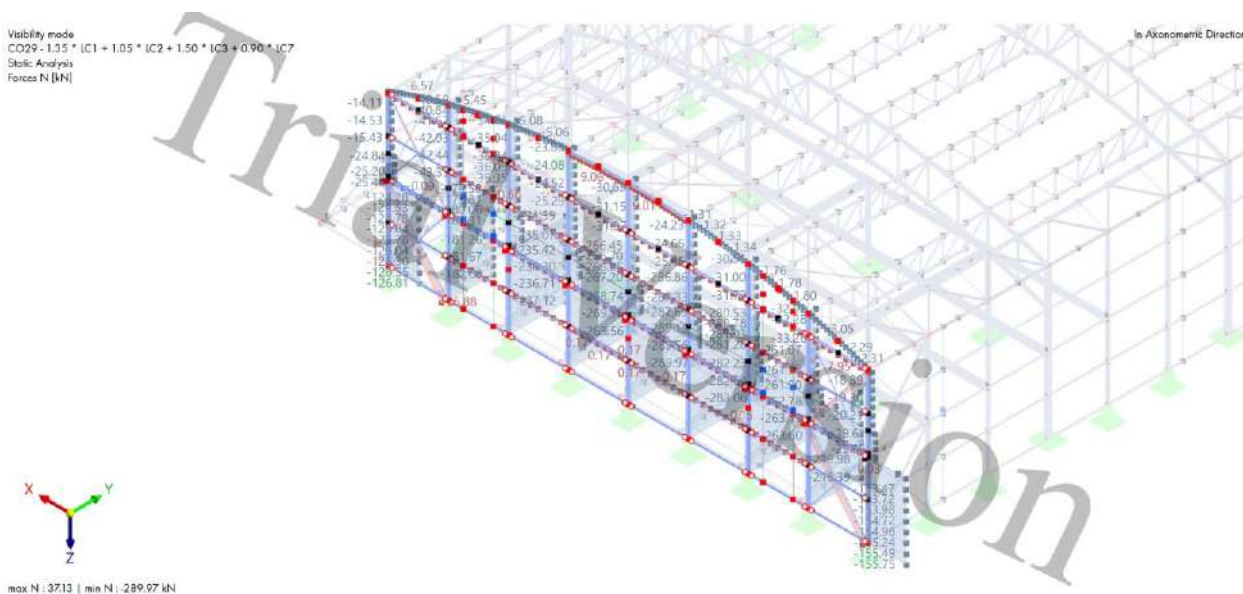
2.1.1.1.1 Меродавна комбинација за фасадне стубове у калканском зиду код надстрешнице:

CO41: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC7		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04 Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC7	Vetar - upravno na podužni zid 0,2 +X	Wind

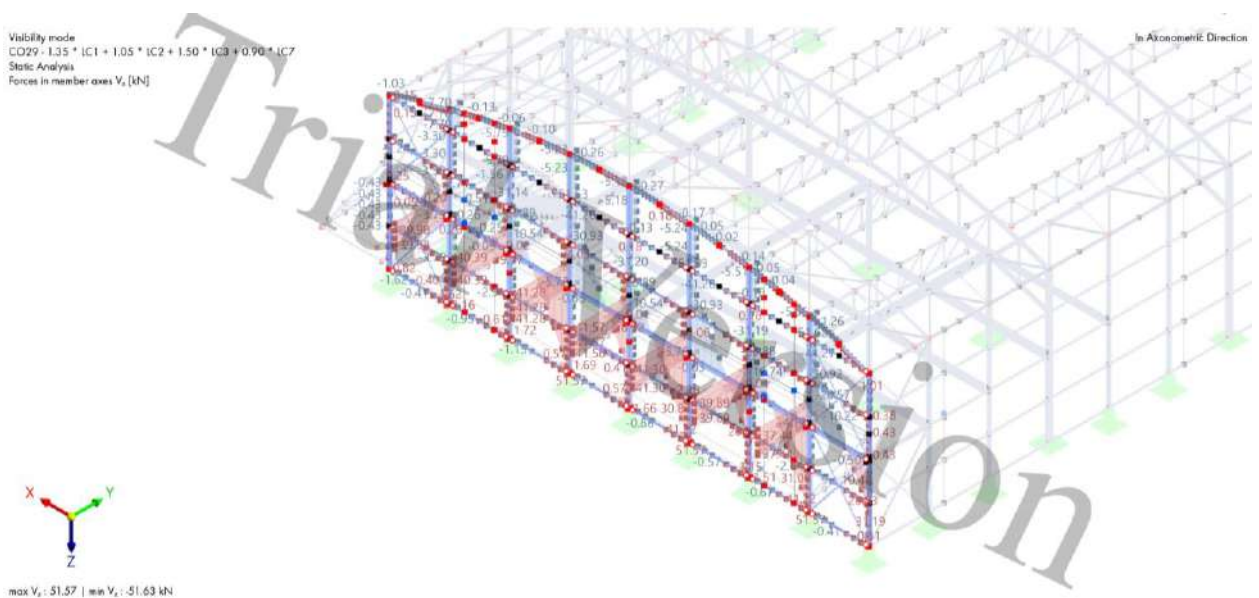
Табела 2.3-3 Меродавна комбинација оптерећења CO 41



Слика 2.3-4 Моменти савијања елемената калканског зида M_x [kNm]



Слика 2.3-5 Нормалне силе елемената калканског зида N [kN]

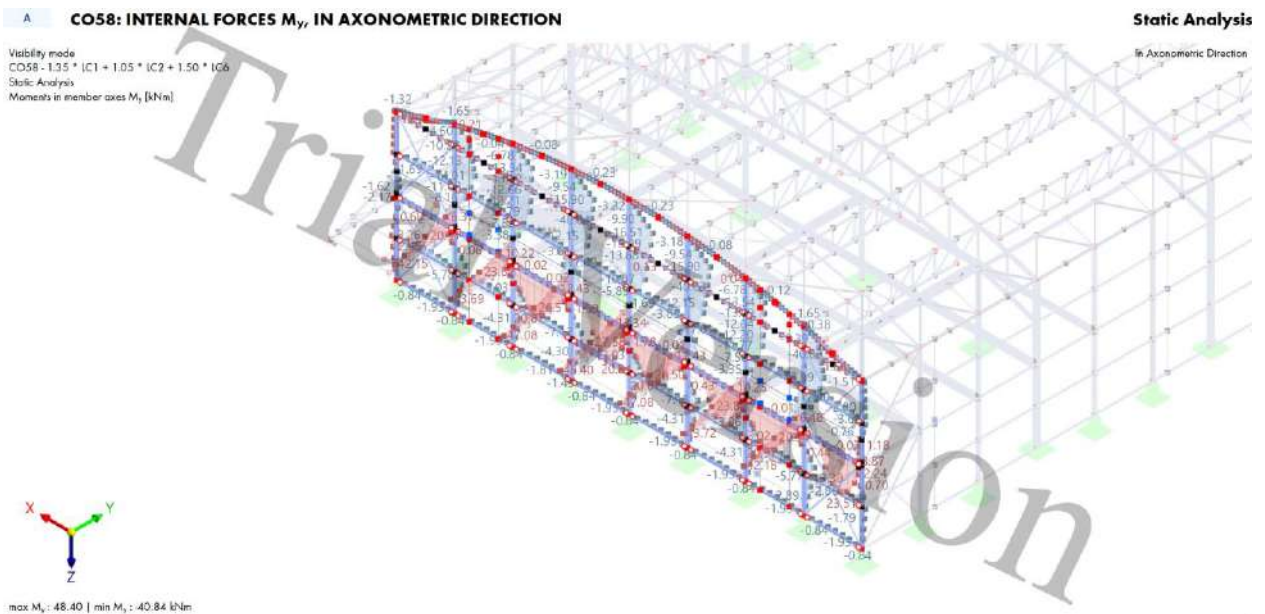


Слика 2.3-6 Нормалне силе елемената калканског зида N [kN]

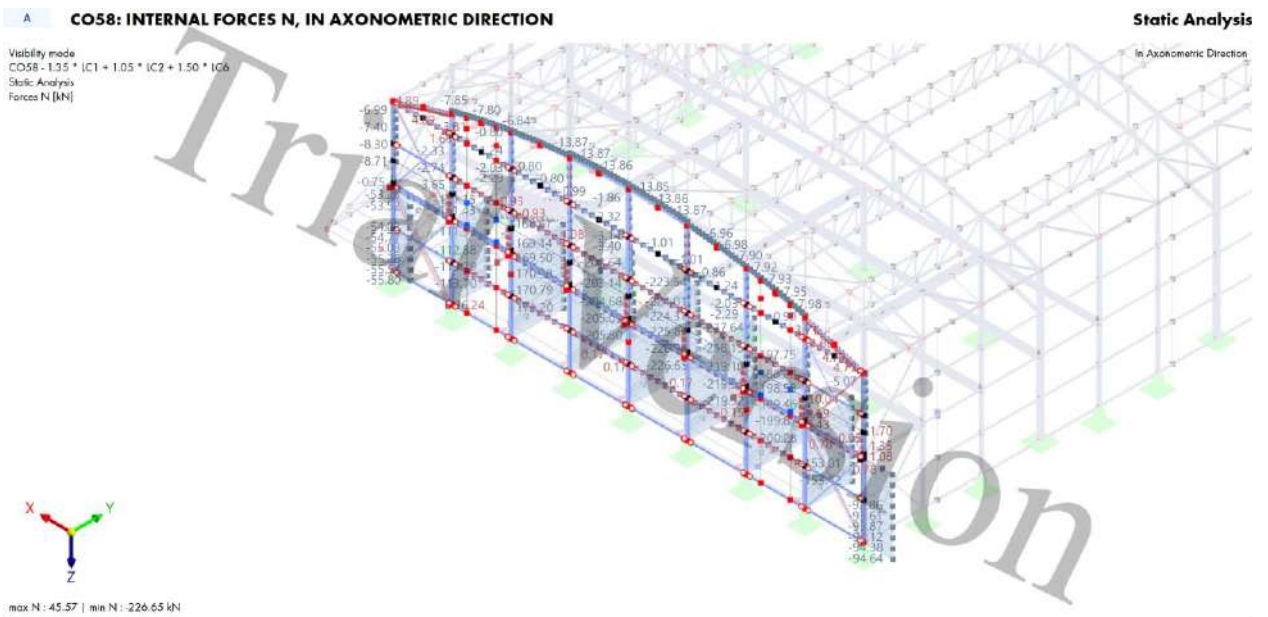
2.1.1.1.2 Меродавна комбинација за фасадне ригле у калкану:

CO58: 1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC6		
Load Case	EN 1990 CEN 2010-04	
	Name	Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC6	Vetar - upravno na kalkan -0,3 +Y	Wind

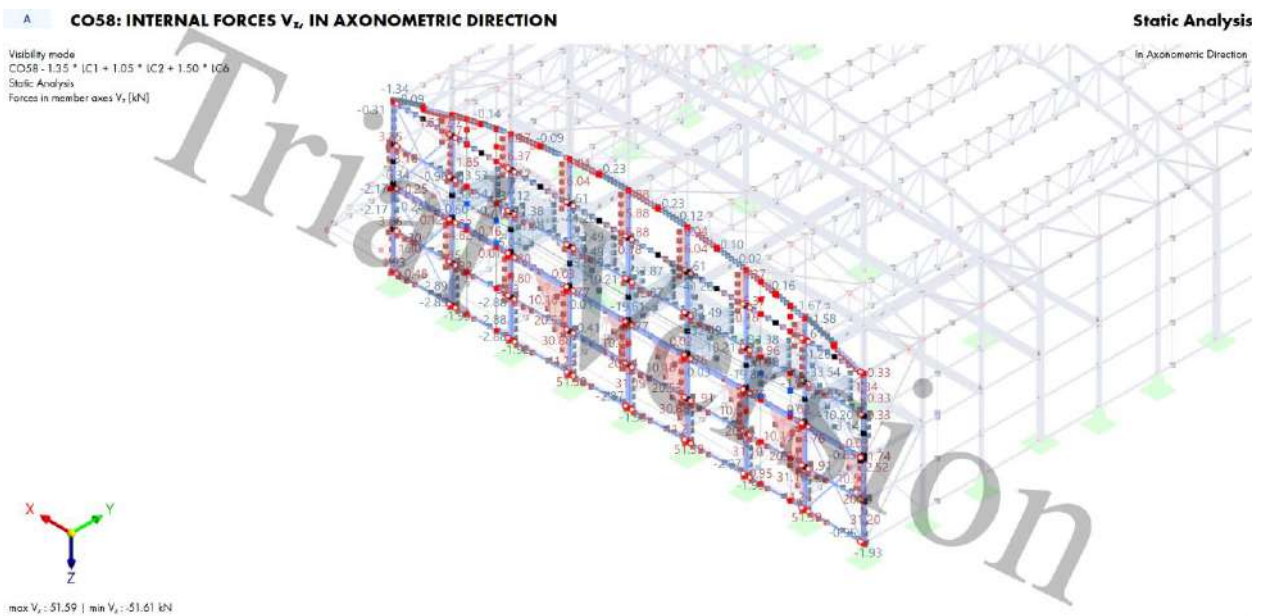
Табела 2.3-4 Меродавна комбинација оптерећења CO 58



Слика 2.3-7 Моменти савијања елемената калканског зида M_y [kNm]



Слика 2.3-8 Нормалне силе елемената калканског зида N [kN]

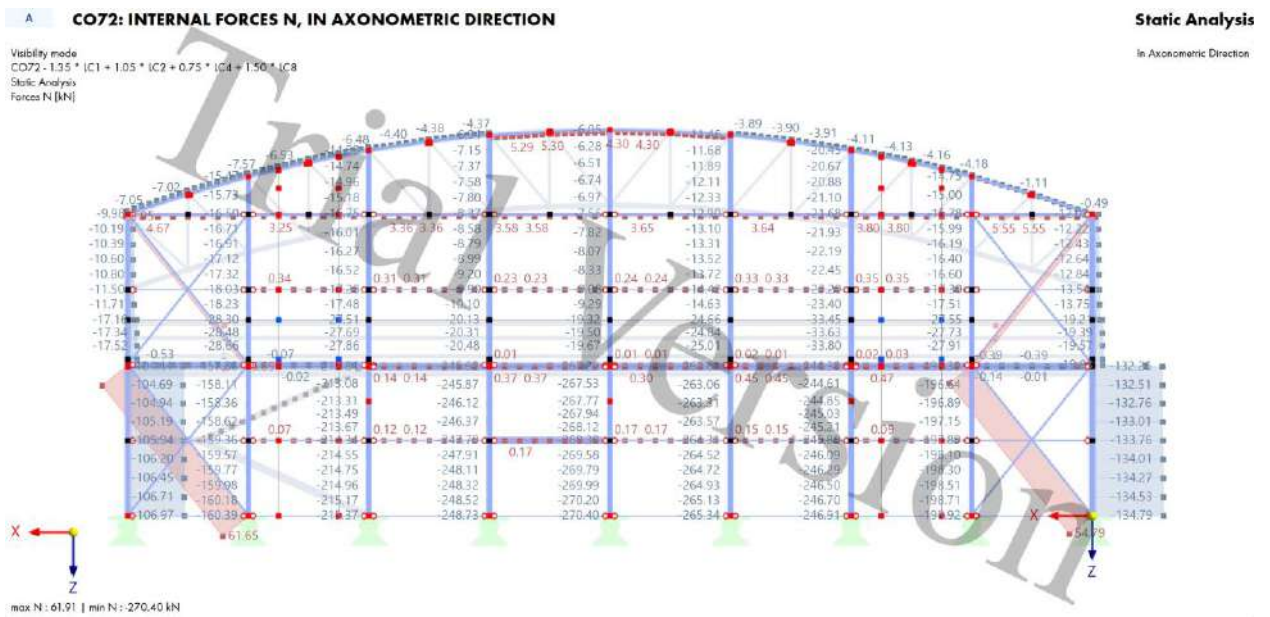


Слика 2.3-9 Трансверзалне силе елемената калканског зида Vz [kN]

Меродавна комбинација за вертикалне спрегове у калканском зиду:

CO72: 1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC8		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC4	Sneg 2	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC8	Vetar - upravno na podužni zid -0,3 +X	Wind

Табела 2.3-5 Меродавна комбинација оптерећења CO 72



Слика 2.3-10 Нормалне силе елемената калканског зида N [kN]

2.3.2.3 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ ЕЛЕМЕНАТА У ПОДУЖНОМ ЗИДУ ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

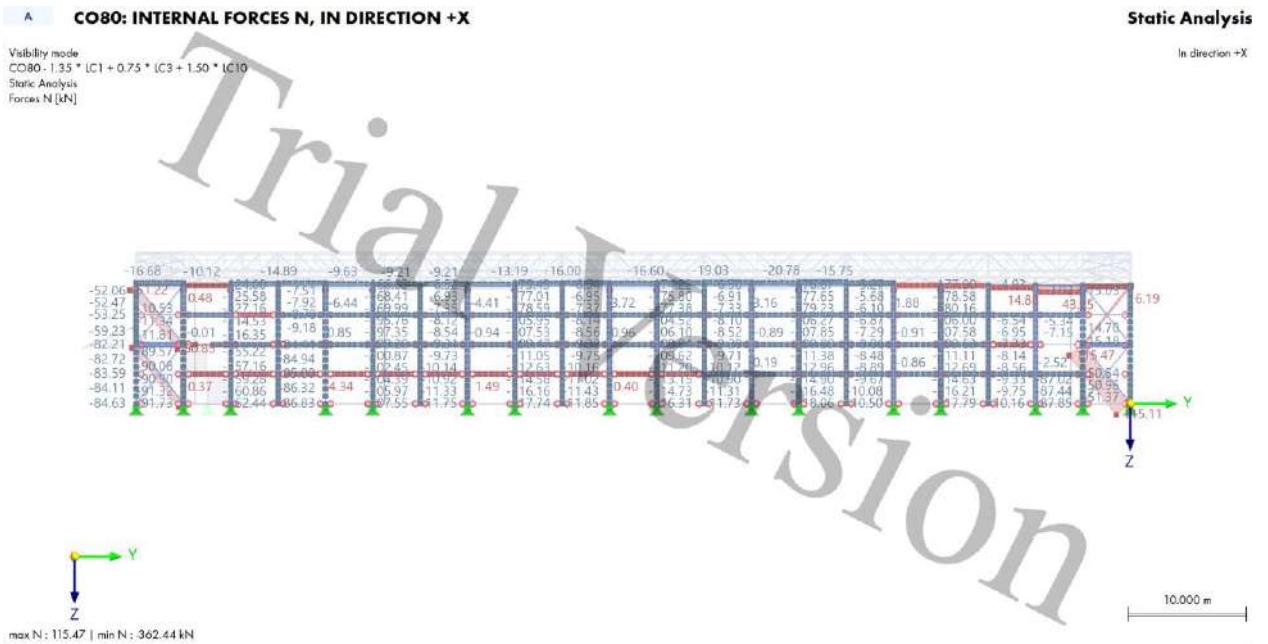
Меродавна комбинација за вертикалне спрегове у подужном зиду:

CO80: 1.35 * LC1 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC10		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC10	Vetar - upravno na kalkan -0,3 -Y	Wind

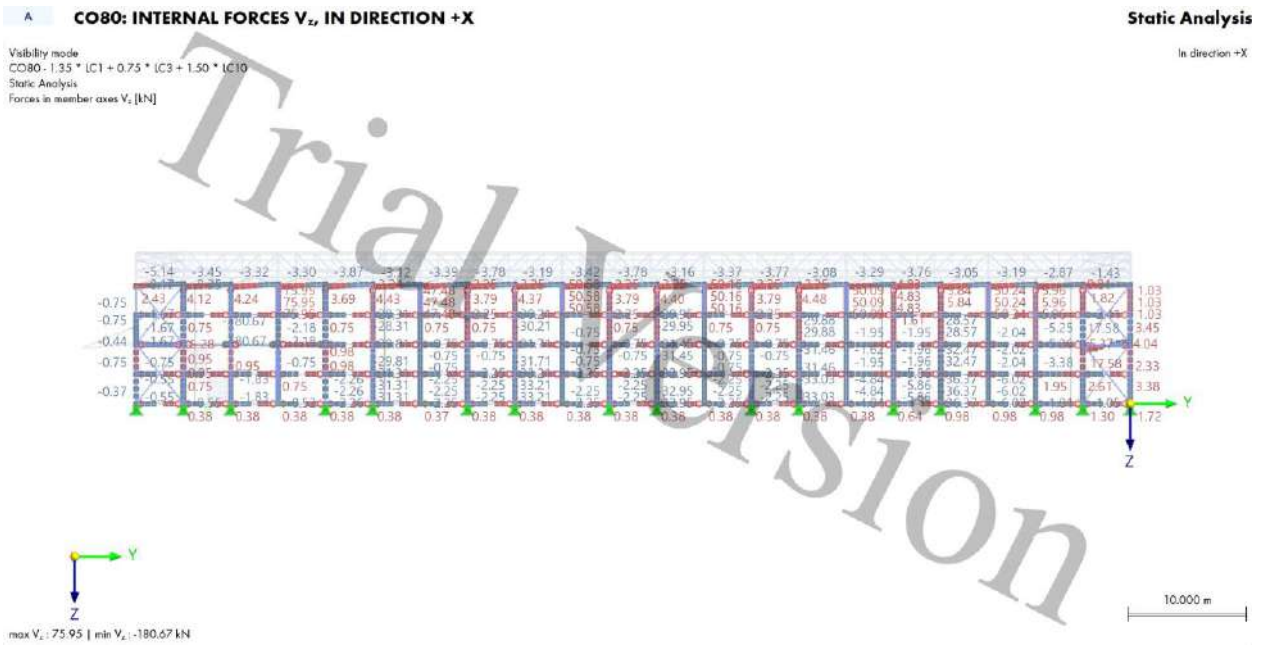
Табела 2.3-6 Меродавна комбинација оптерећења CO 80



Слика 2.3-11 Моменти савијања елемента у подужном зиду M_y [kNm]



Слика 2.3-12 Нормалне силе елемента у подужном зиду N [kN]

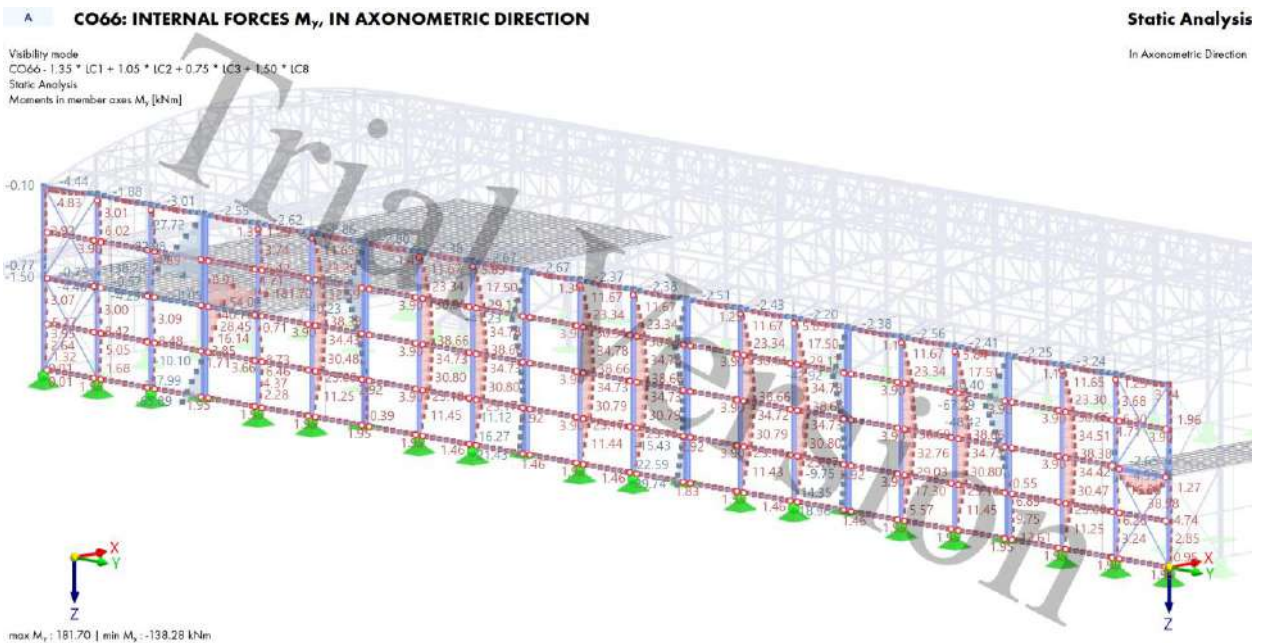


Слика 2.3-13 Трансверзалне силе елемената у подужном зиду V_z [kN]

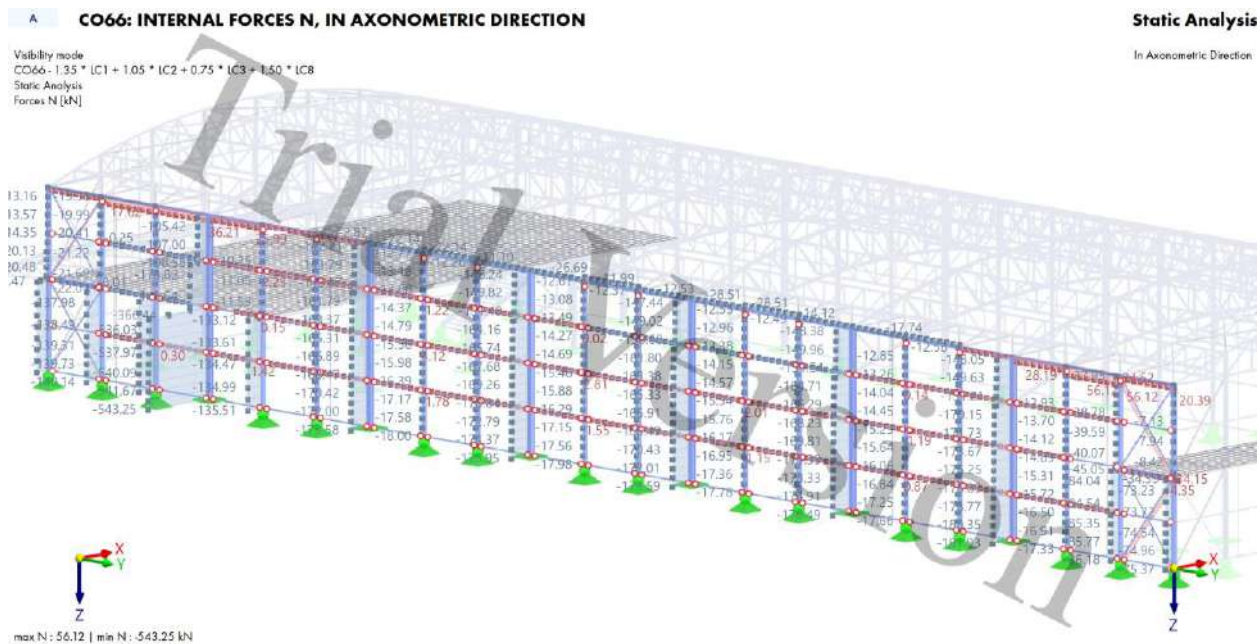
Меродавна комбинација за фасадне стубове у подужном зиду:

CO66: 1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC8		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC8	Vetar - upravno na podužni zid -0,3 +X	Wind

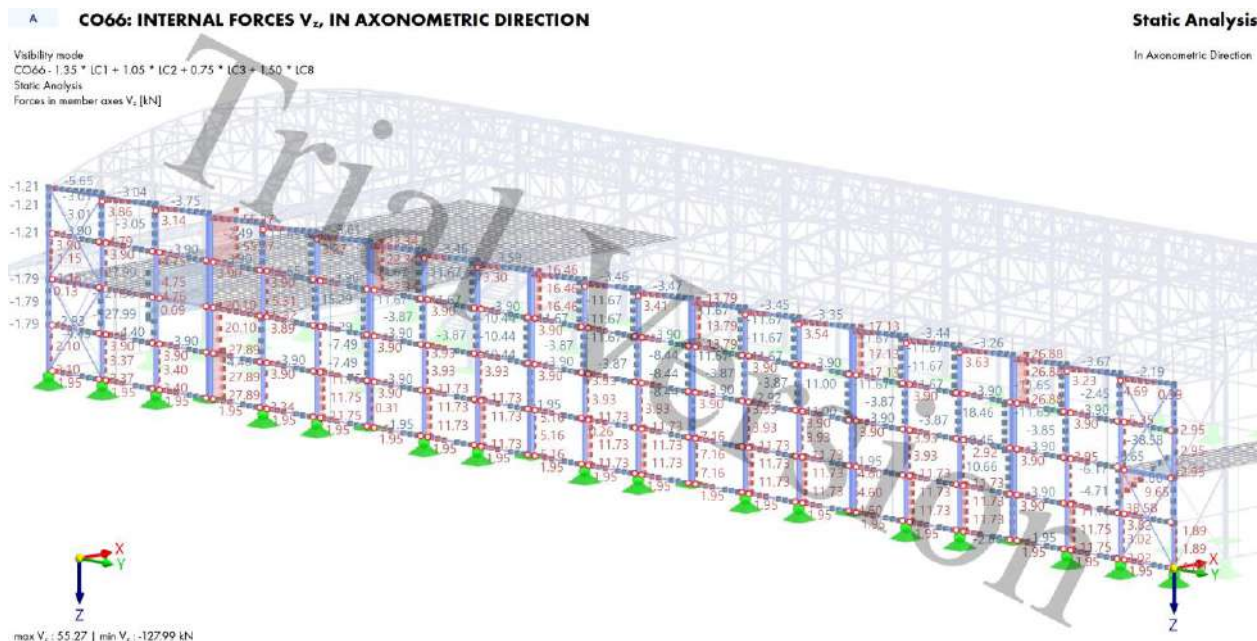
Табела 2.3-7 Меродавна комбинација оптерећења CO 66



Слика 2.3-14 Моменти савијања елемената у подужном зиду M_y [kNm]



Слика 2.3-15 Нормалне силе елемената у подужном зиду N [kN]

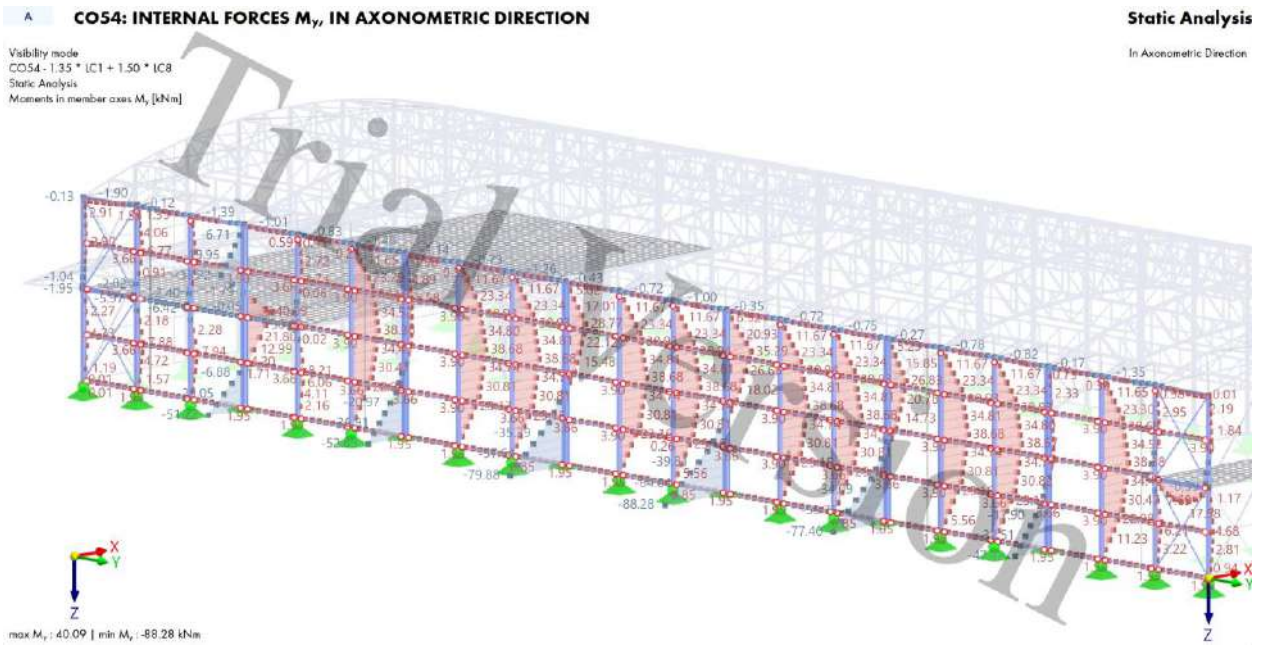


Слика 2.3-16 Трансверзалне силе елемената у подужном зиду Vz [kN]

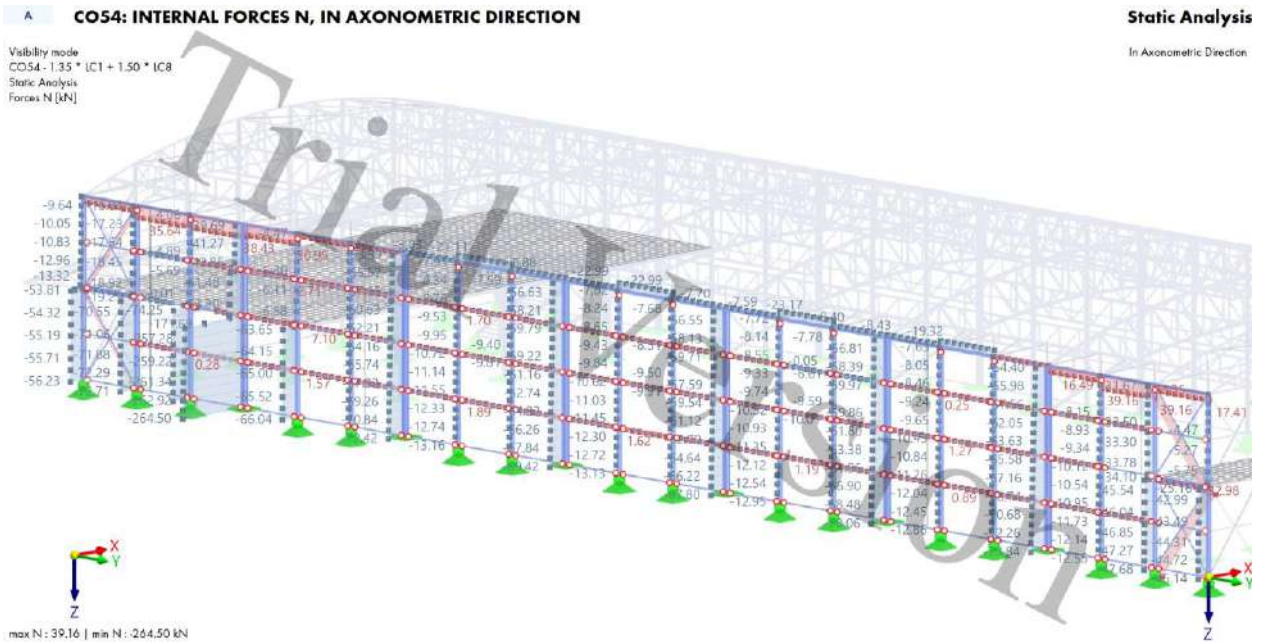
Меродавна комбинација за фасадне ригле у подужном зиду:

CO54: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC8		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04 Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC8	Vetar - upravno na podužni zid -0,3 +X	Wind

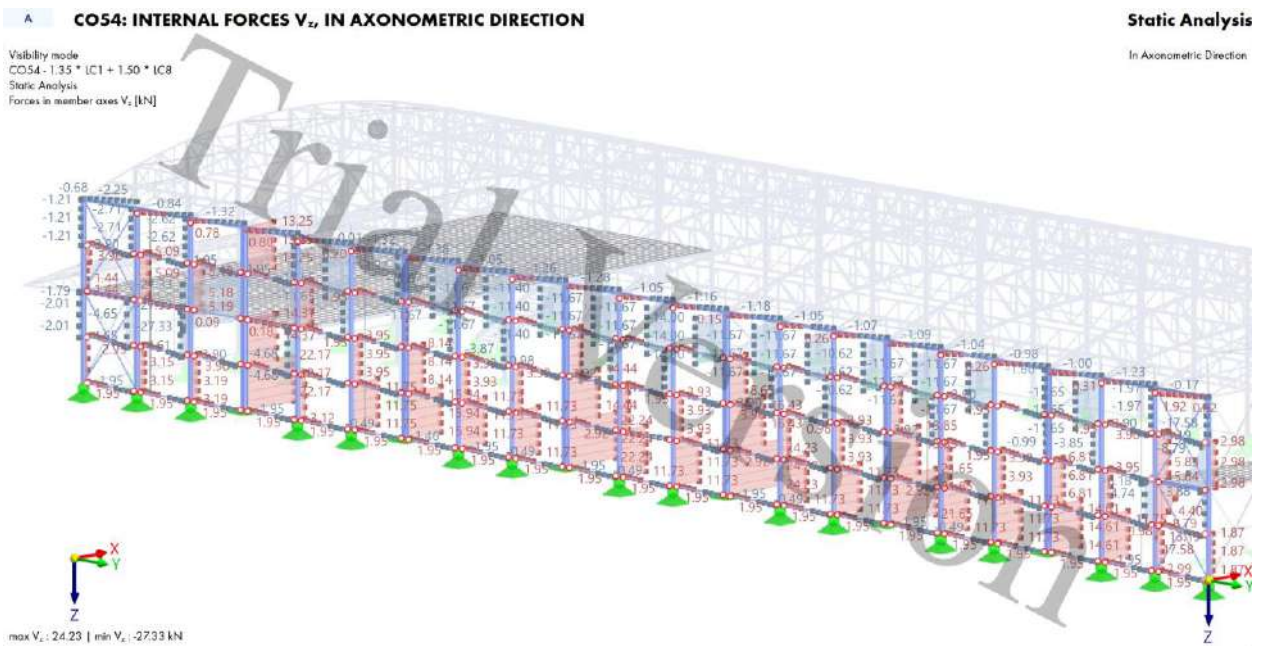
Табела 2.3-8 Меродавна комбинација оптерећења CO 54



Слика 2.3-17 Моменти савијања елемента у подужном зиду M_y [kNm]



Слика 2.3-18 Нормалне силе елемента у подужном зиду N [kN]

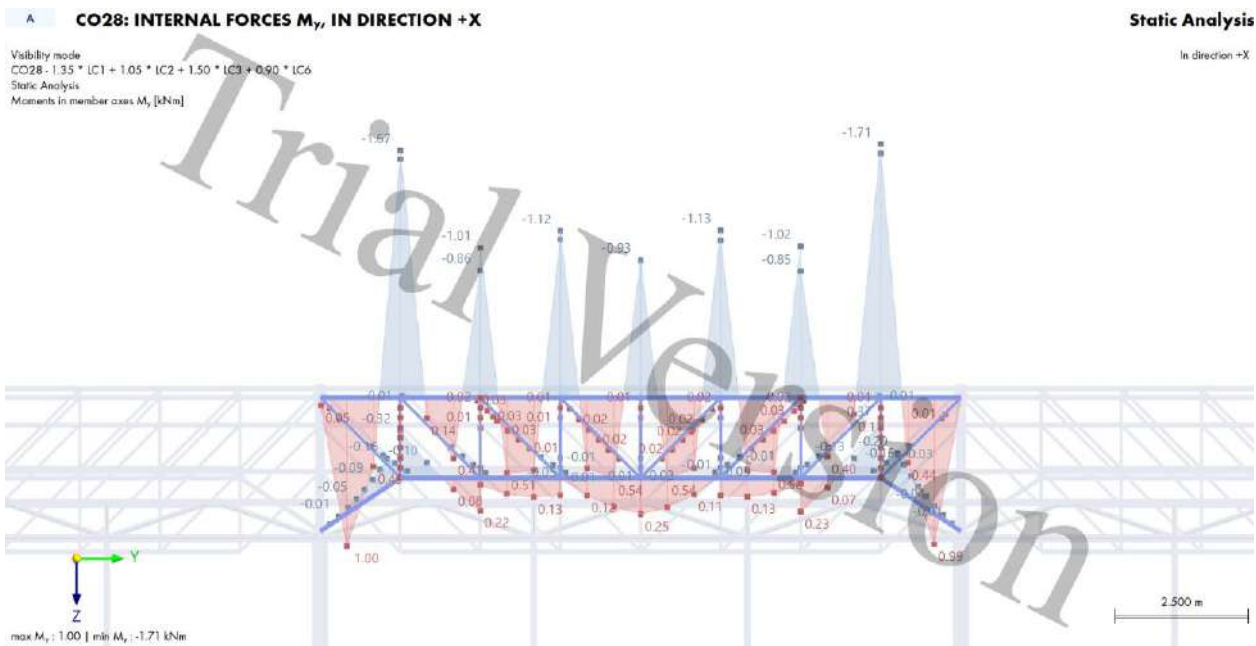
Слика 2.3-19 Трансверзалне силе елемената у подужном зиду V_z [kN]

2.3.2.4 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ ЕЛЕМЕНАТА У РОЖЊАЧАМА ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

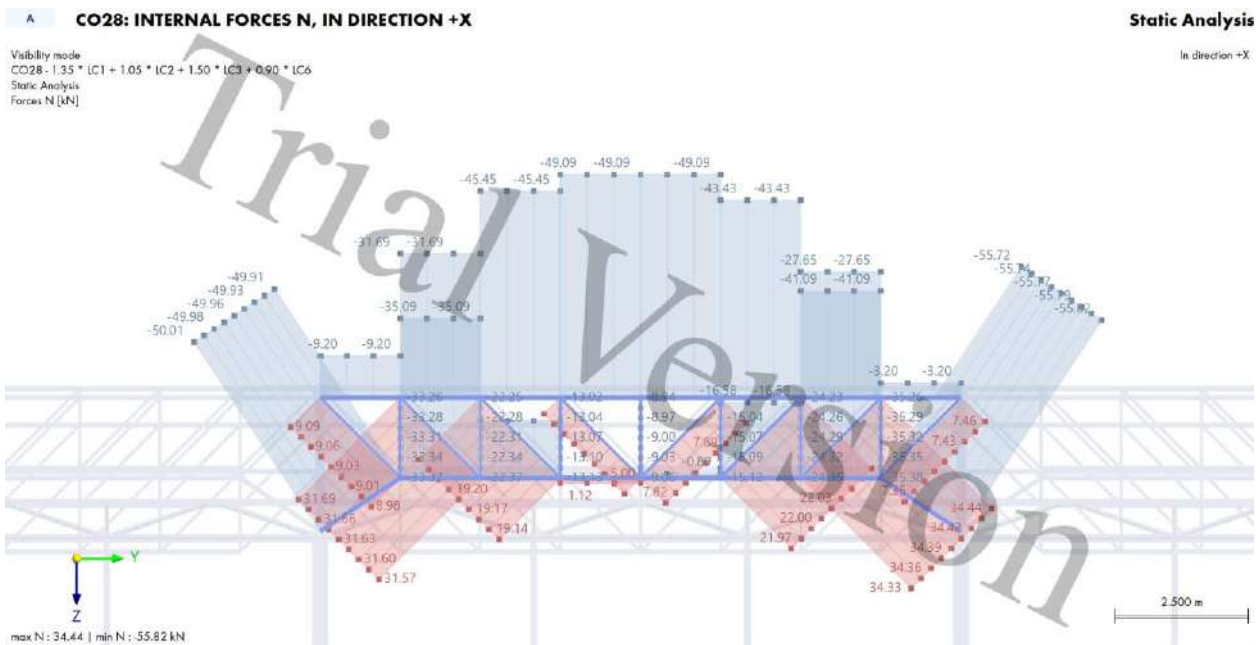
Меродавна комбинација за рођаче ПОС Р1:

CO28: 1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC6		
Load Case	EN 1990 CEN 2010-04	
	Name	Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC6	Vetar - upravno na kalkan -0,3 +Y	Wind

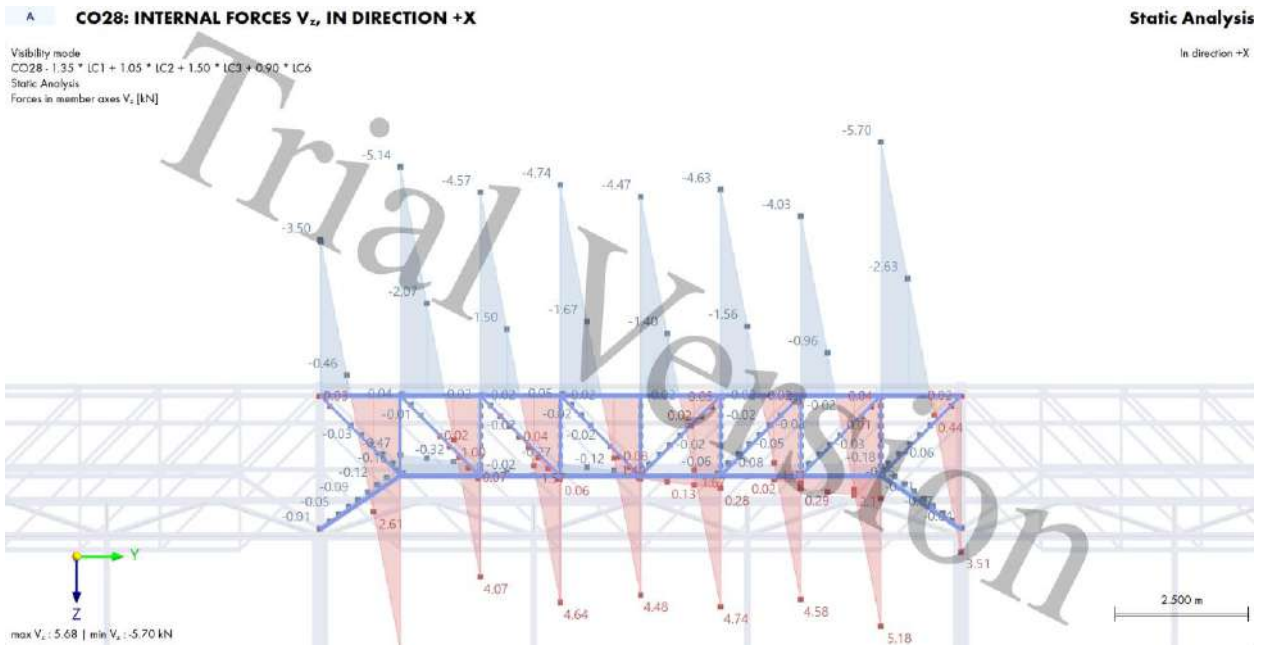
Табела 2.3-9 Меродавна комбинација оптерећења CO 28



Слика 2.3-20 Моменти савијања елемената у рожњачи M_y [kNm]



Слика 2.3-21 Нормалне силе елемената рожњаче N [kN]

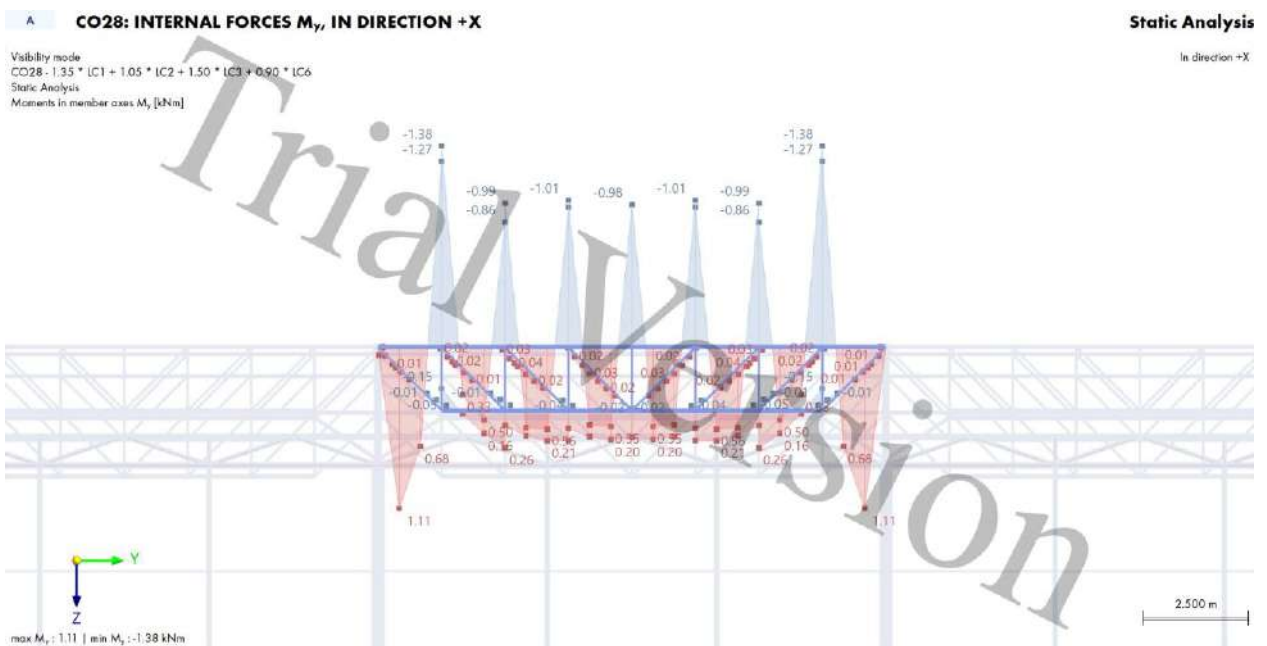


Слика 2.3-22 Трансверзалне силе елемената рожњаче V_z [kN]

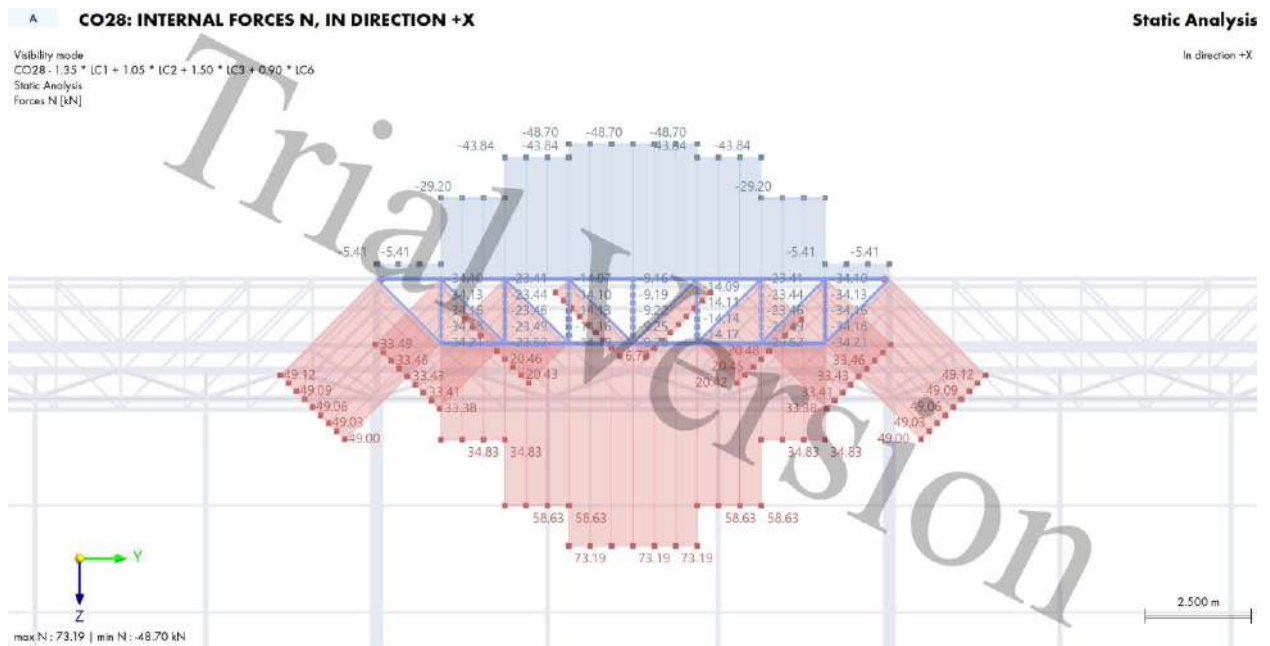
Меродавна комбинација за рожњаче ПОС Р2:

CO28: 1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC6		
Load Case	EN 1990 CEN 2010-04	
	Name	Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC6	Vetar - upravno na kalkan -0,3 +Y	Wind

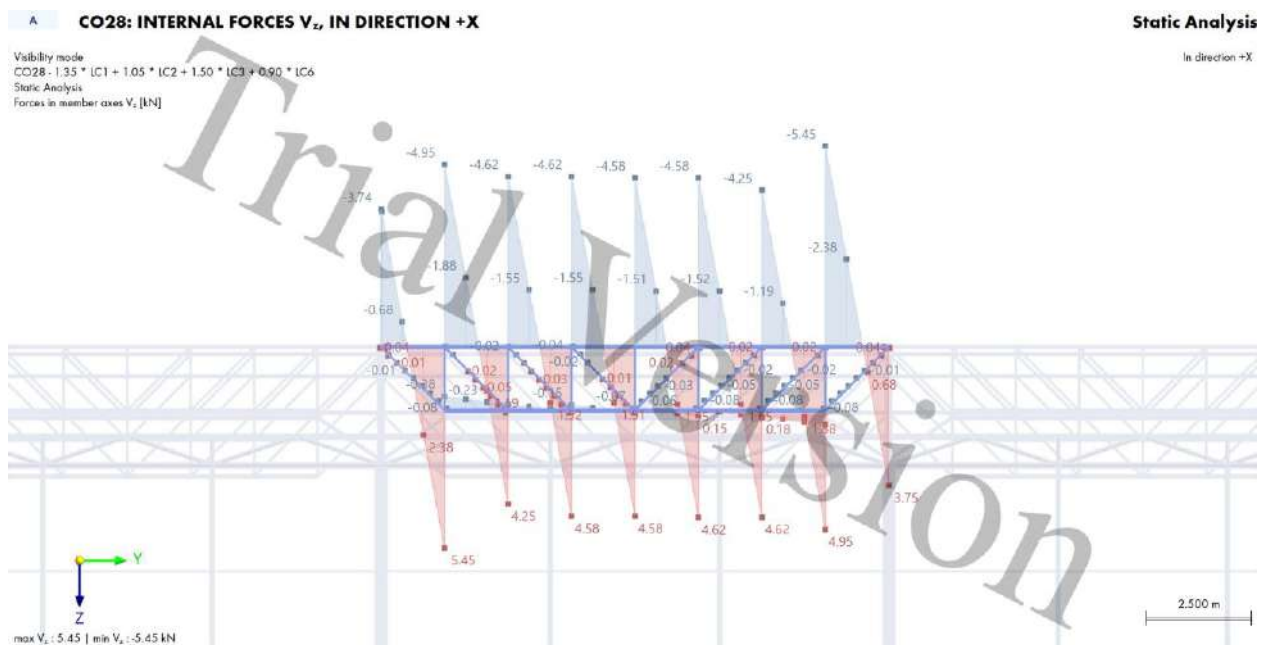
Табела 2.3-10 Меродавна комбинација оптерећења CO 28



Слика 2.3-23 Моменти савијања елемената у рожњачи M_y [kNm]



Слика 2.3-24 Нормалне силе елемената рожњаче N [kN]



Слика 2.3-25 Трансверзалне силе елемената рожњаче Vz [kN]

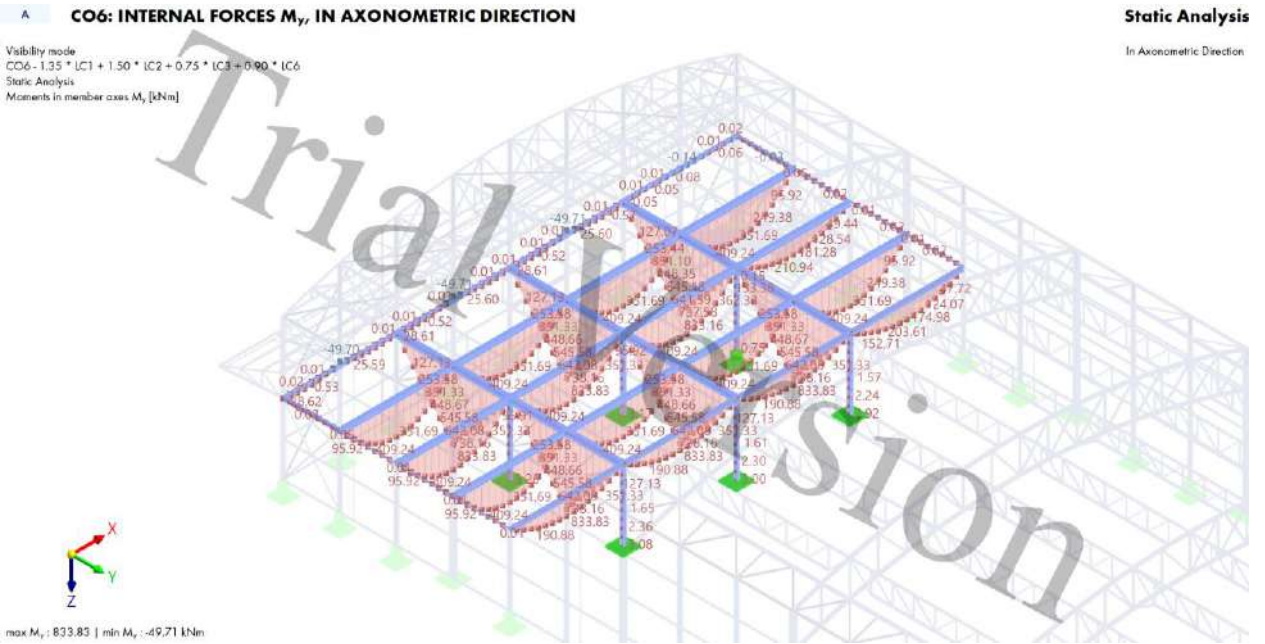
2.3.2.5 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ ЕЛЕМЕНАТА МЕЋУСПРАТНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ 1 ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

Меродавна комбинација за подвлаке међуспратне конструкције 1:

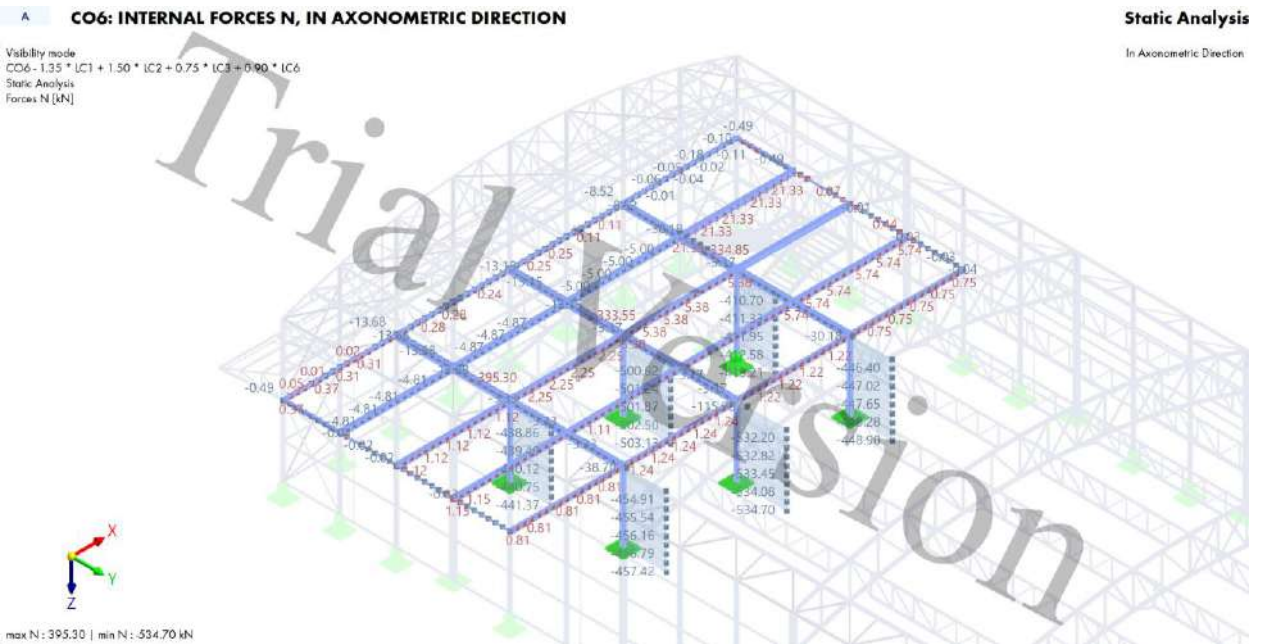
CO6: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC6		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m

LC6	Vetar - upravno na kalkan -0,3 +Y	Wind
-----	-----------------------------------	------

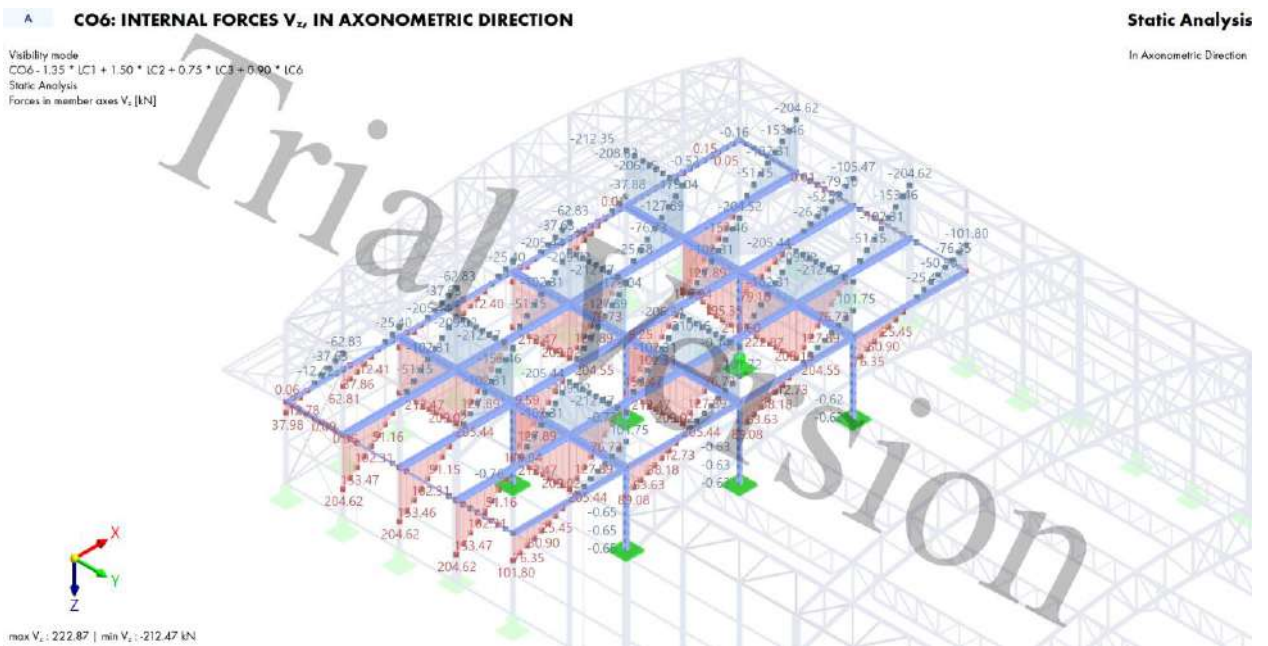
Табела 2.3-11 Мередавна комбинација оптерећења CO 6



Слика 2.3-26 Моменти савијања међусратне конструкције 1 M_y [kNm]



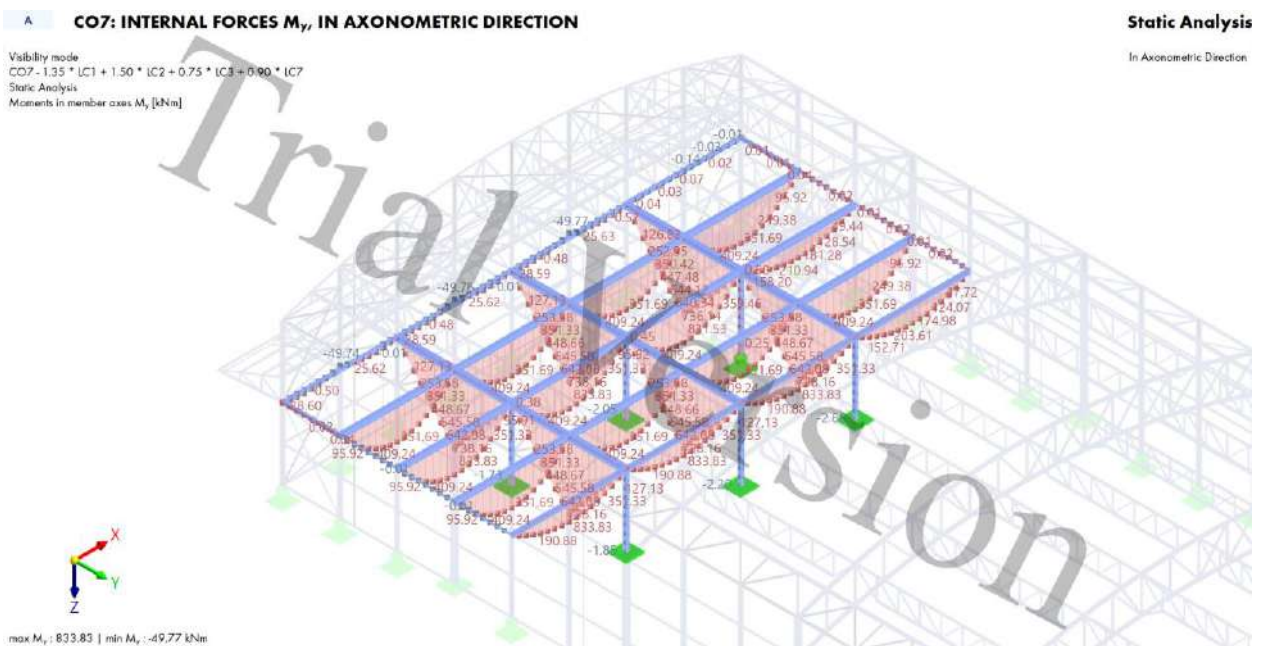
Слика 2.3-27 Нормалне силе елемената у међусратној конструкцији 1 N [kN]



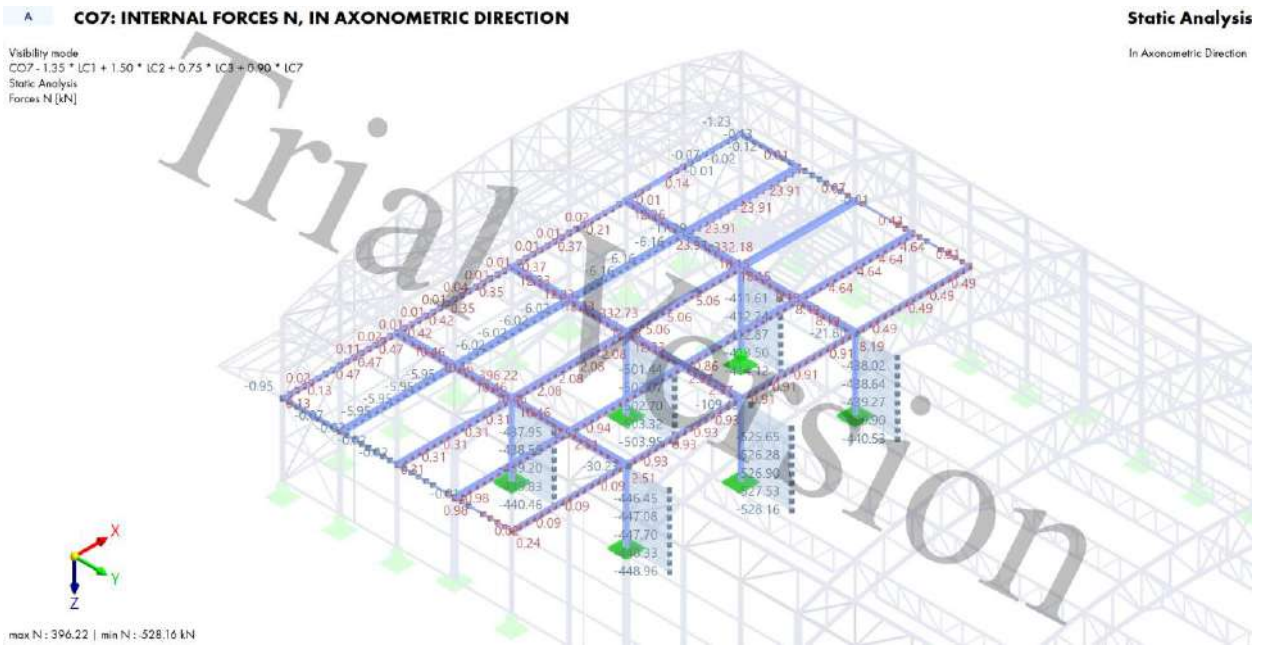
Слика 2.3-28 Трансверзалне силе елемената у међуспратној конструкцији 1 N [kN]
Меродавна комбинација за подне носаче међуспратне конструкције 1:

CO7: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC7		
Load Case	EN 1990 CEN 2010-04	
	Name	Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC7	Vetar - upravno na podužni zid 0,2 +X	Wind

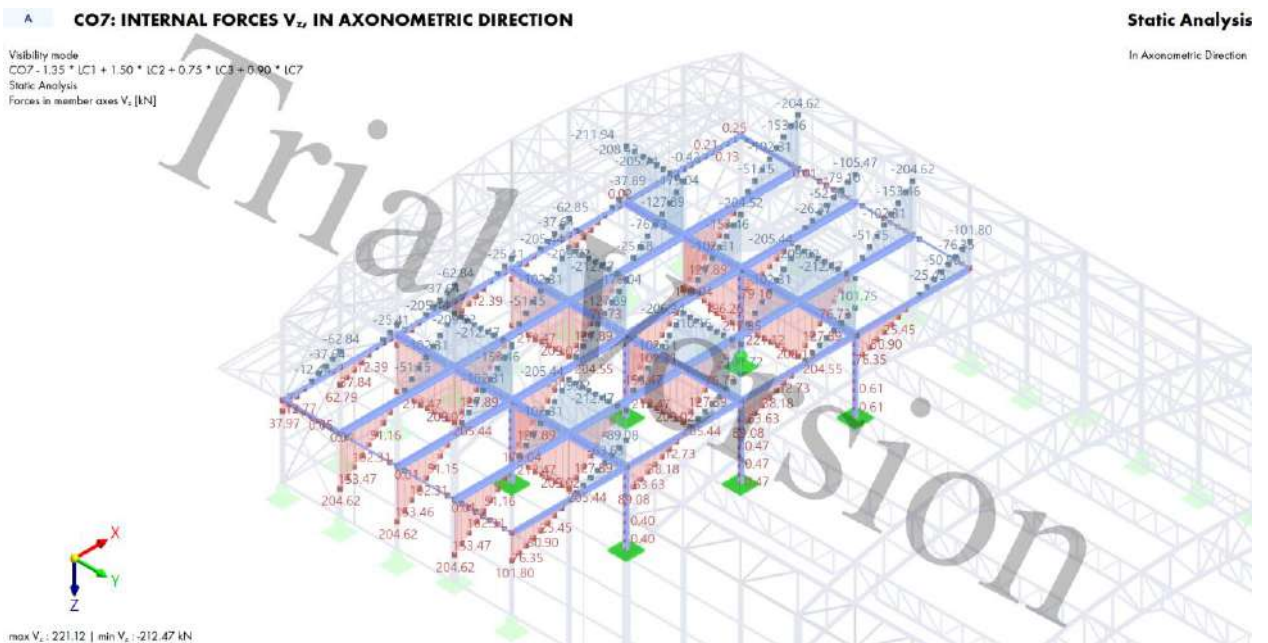
Табела 2.3-12 Меродавна комбинација оптерећења CO 7



Слика 2.3-29 Моменти савијања међуспратне конструкције 1 M_y [kNm]



Слика 2.3-30 Нормалне силе елемената у међуспратној конструкцији 1 N [kN]

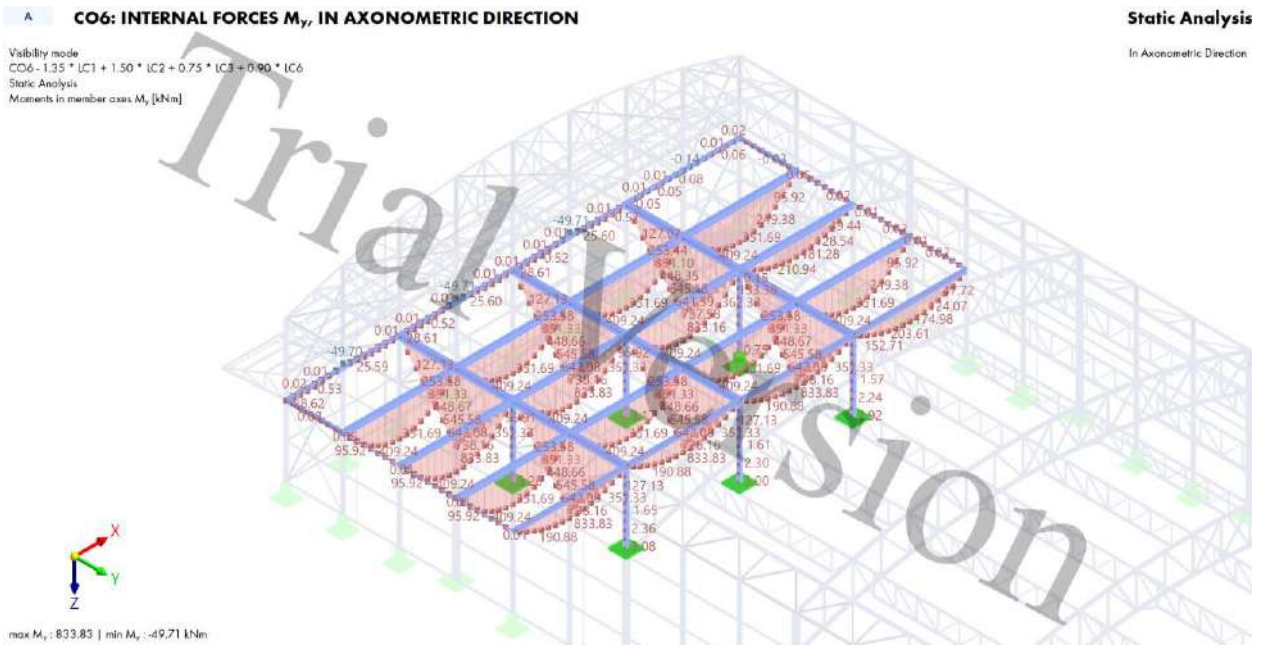


Слика 2.3-31 Трансверзалне силе елемената у међуспратној конструкцији 1 N [kN]

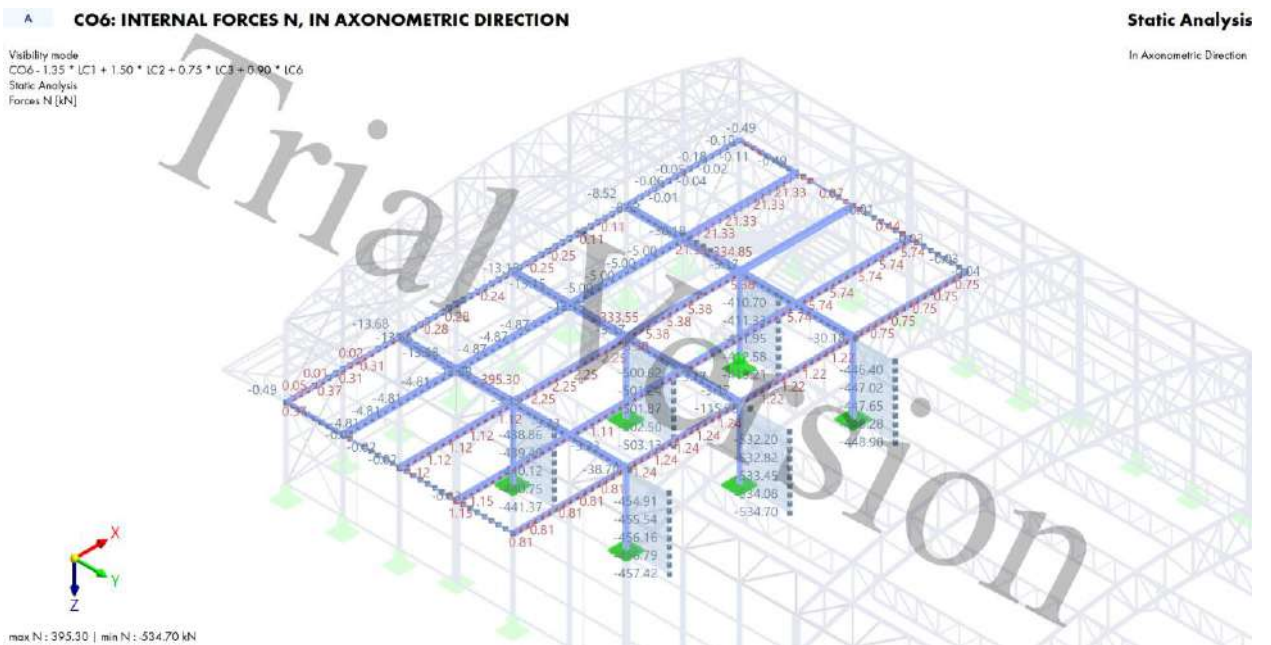
Меродавна комбинација за стубове међуспратне конструкције 1:

CO6: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC6		
Load Case		EN 1990 CEN 2010-04
	Name	Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC6	Vetar - upravno na kalkan -0,3 +Y	Wind

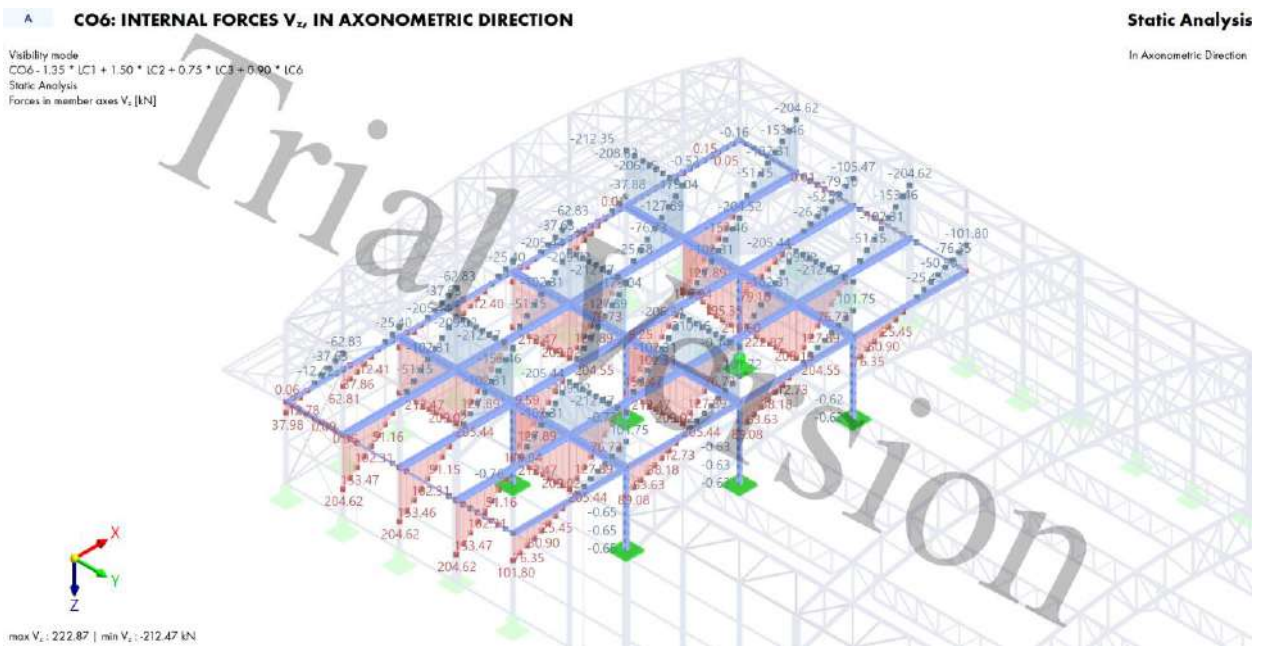
Табела 2.3-13 Меродавна комбинација оптерећења CO 6



Слика 2.3-32 Моменти савијања међусратне конструкције 1 M_y [kNm]



Слика 2.3-33 Нормалне силе елемената у међусратној конструкцији 1 N [kN]



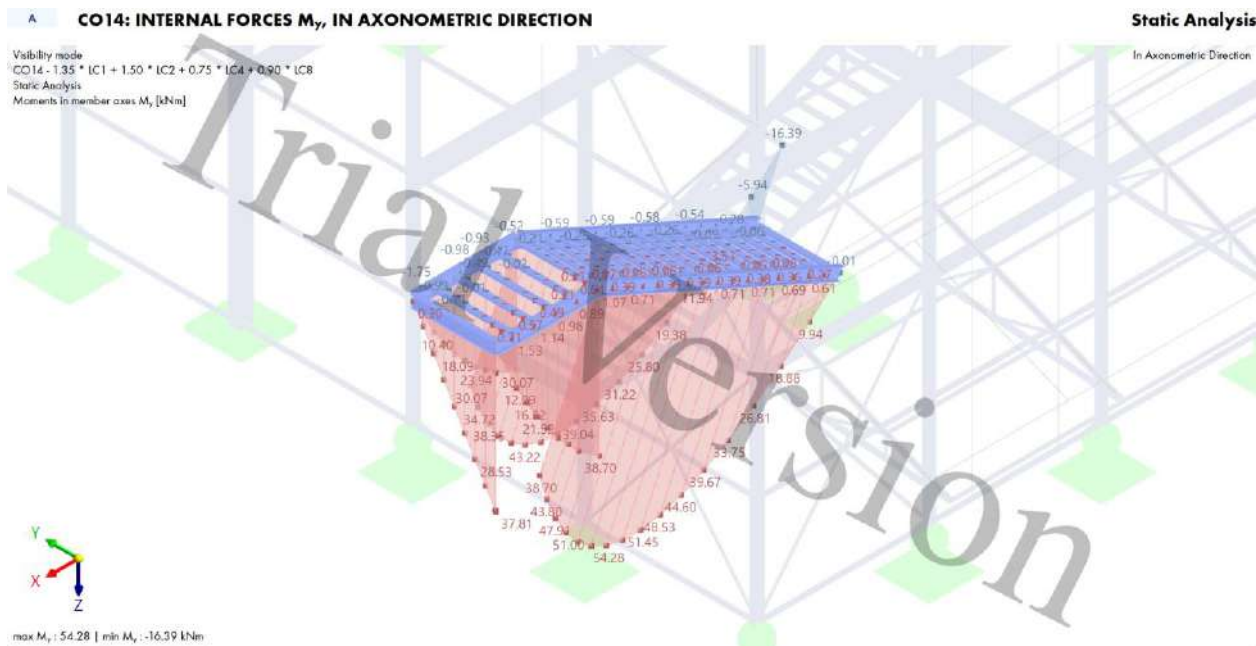
Слика 2.3-34 Трансверзалне силе елемената у међуспратној конструкцији 1 N [kN]

2.3.2.6 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ ЕЛЕМЕНАТА СТЕПЕНИШТА ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

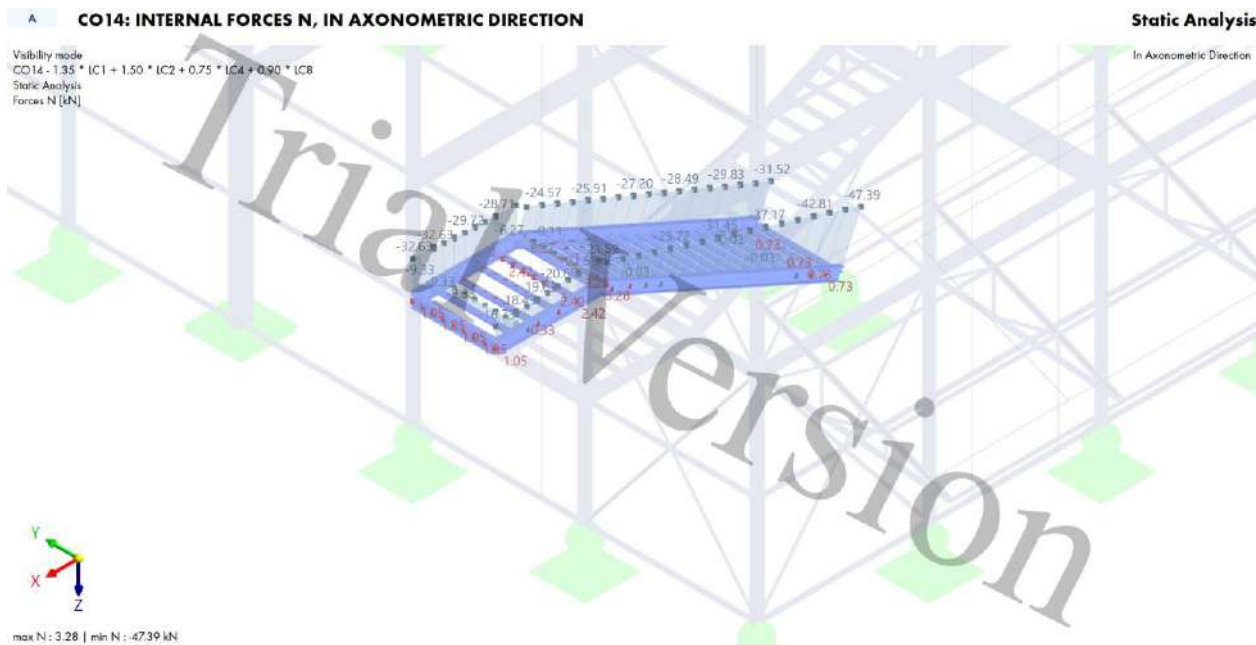
Меродавна комбинација за утицаје у главним носачима степеница:

CO14: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC8		
Load Case	EN 1990 CEN 2010-04	
	Name	Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC4	Sneg 2	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC8	Vetar - upravno na podužni zid -0,3 +X	Wind

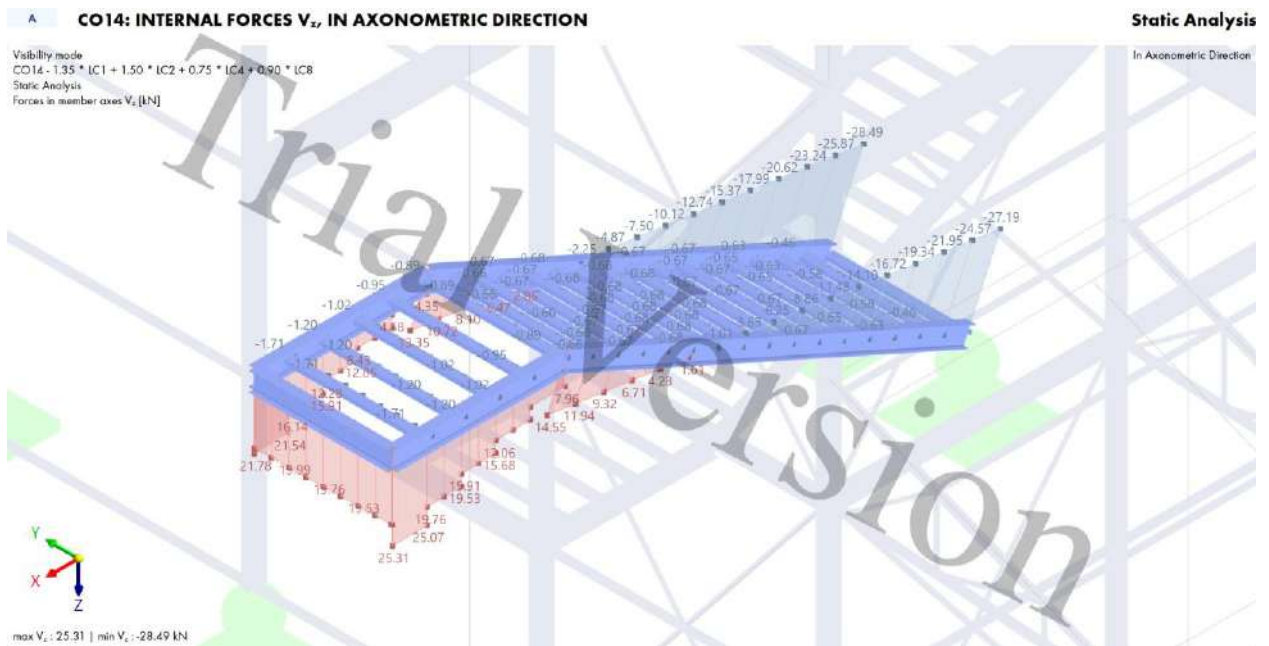
Табела 2.3-14 Меродавна комбинација оптерећења CO 14



Слика 2.3-35 Моменти савијања степенишних носача M_y [kNm]



Слика 2.3-36 Нормалне силе степенишних носача N [kN]

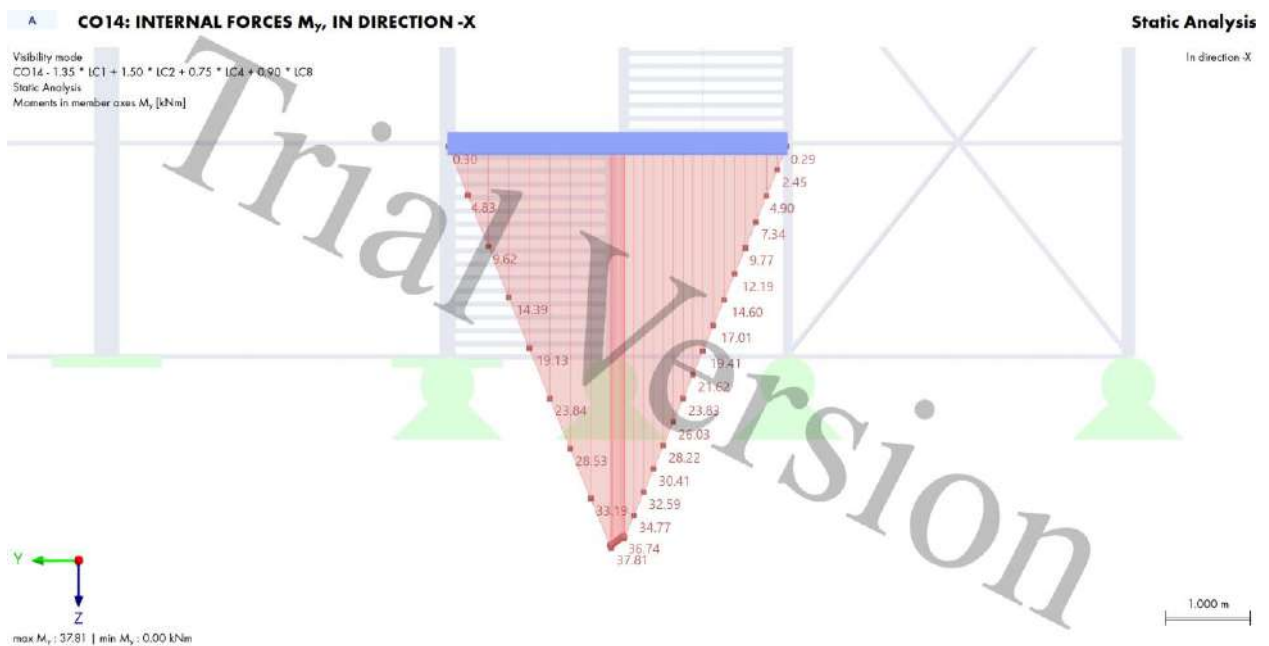


Слика 2.3-37 Трансверзалне силе степенишних носача V_z [kN]

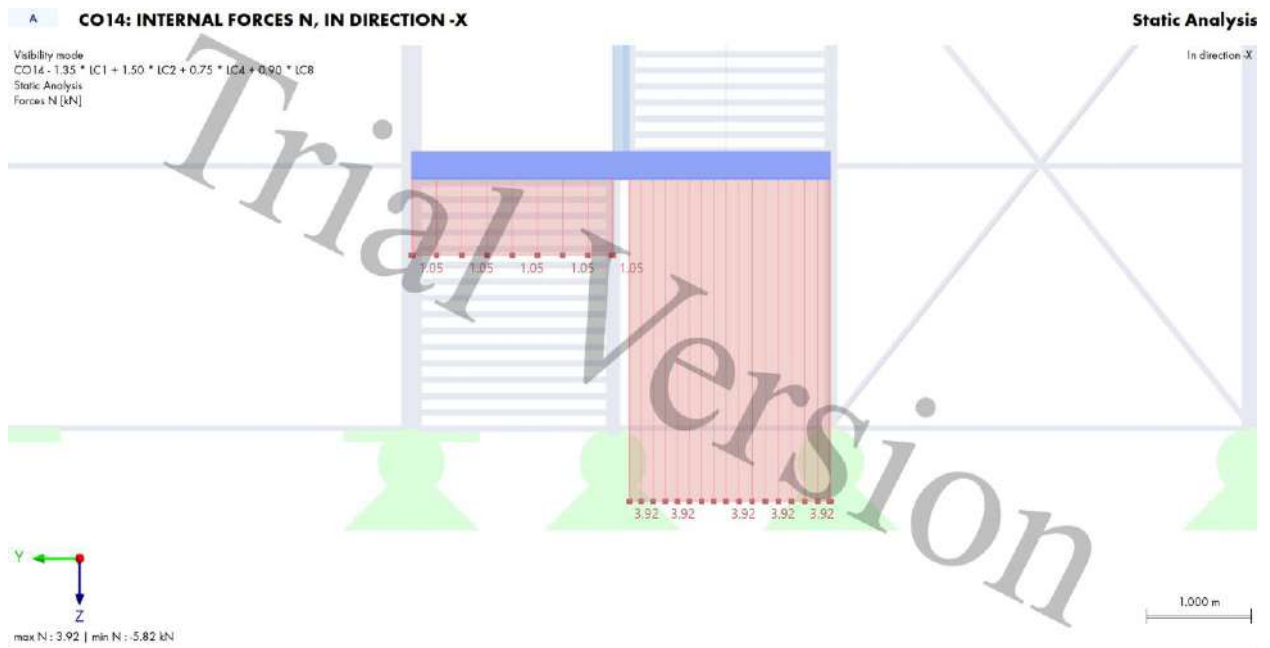
Меродавна комбинација за утицаје у ослоначкој греди:

CO14: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC8		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC4	Sneg 2	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC8	Vetar - upravno na podužni zid -0,3 +X	Wind

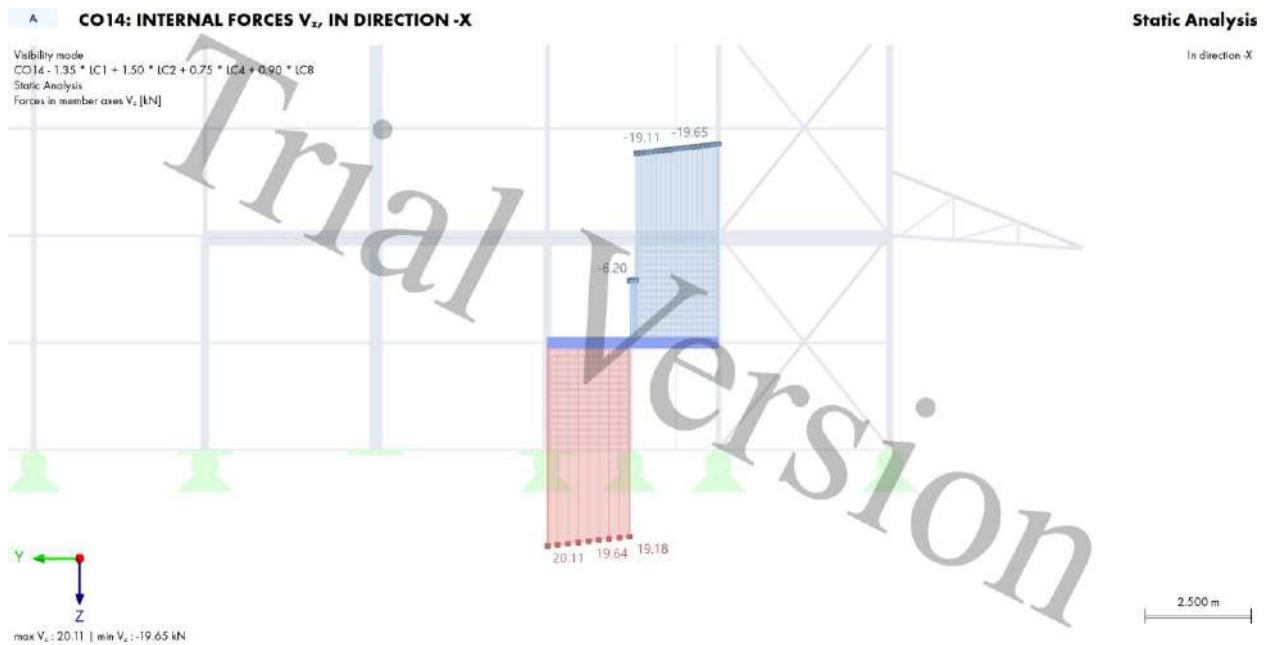
Табела 2.3-15 Меродавна комбинација оптерећења CO 14



Слика 2.3-38 Моменти савијања степенишне греде M_y [kNm]



Слика 2.3-39 Нормалне силе степенишне греде N [kN]

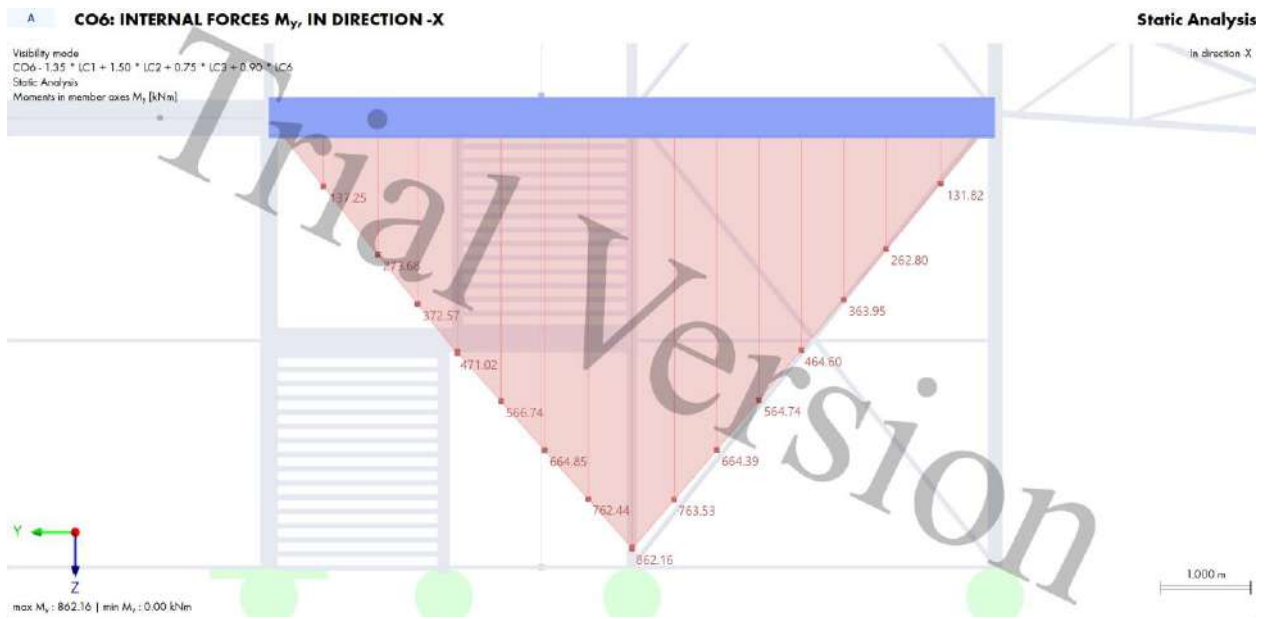


Слика 2.3-40 Трансверзалне силе степенишне греде Vz [kN]

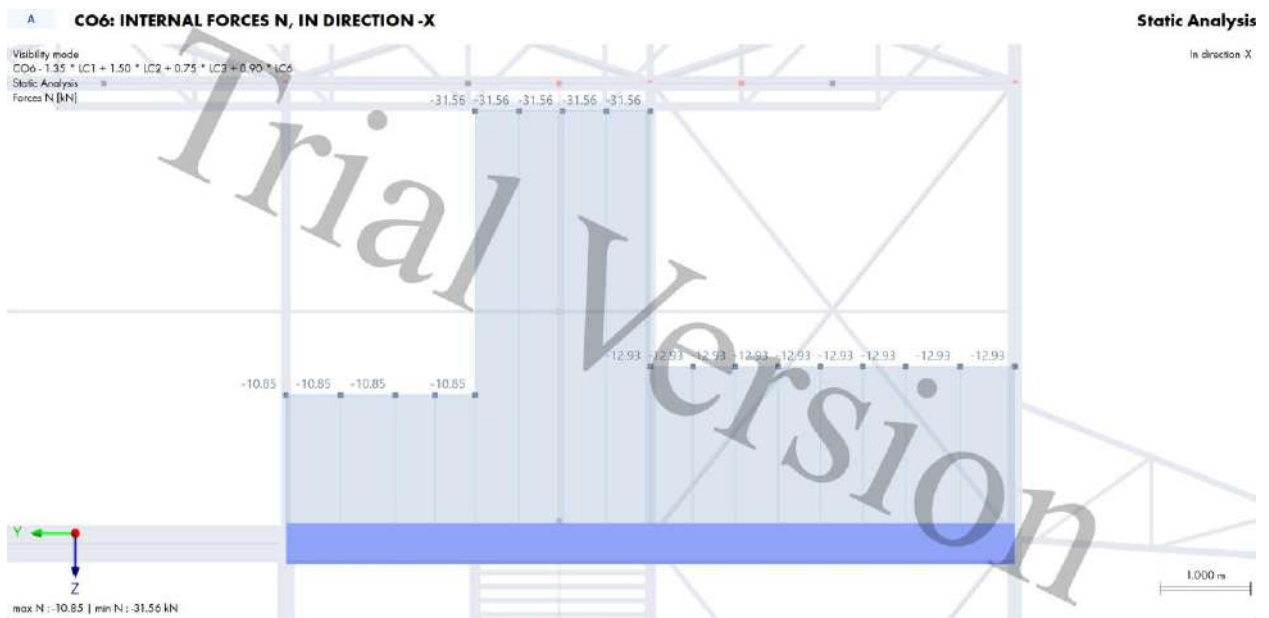
Меродавна комбинација за утицаје у ослоначкој греди 2:

CO6: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC6		
Load Case	EN 1990 CEN 2010-04	
	Name	Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC6	Vetar - upravno na kalkan -0,3 +Y	Wind

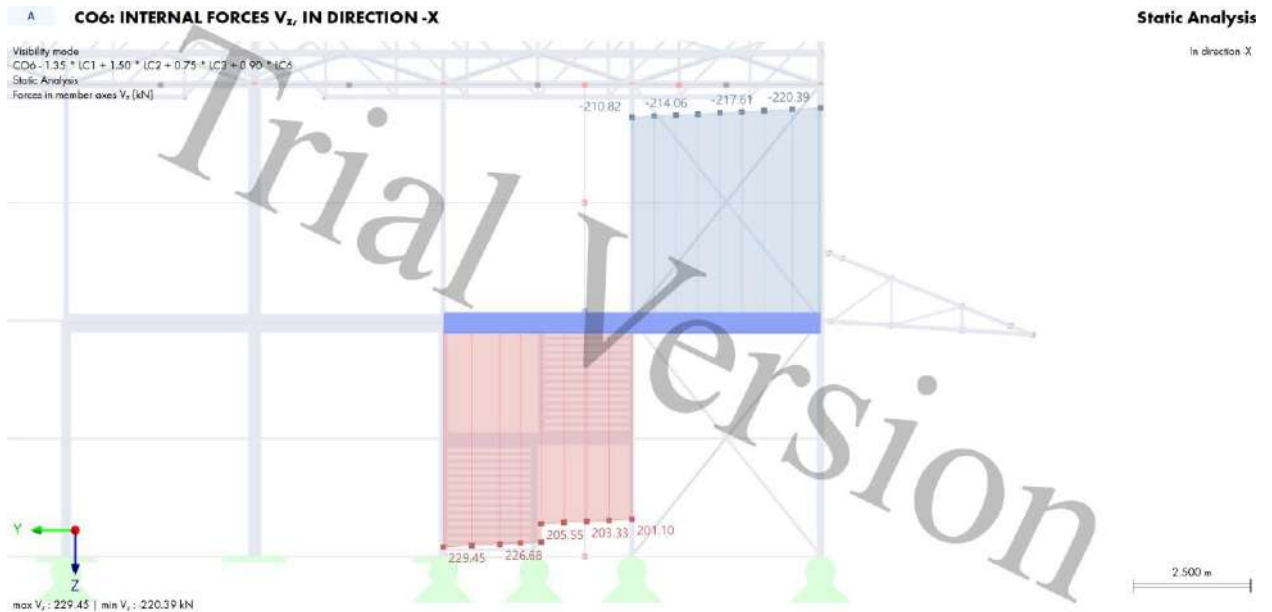
Табела 2.3-16 Меродавна комбинација оптерећења CO6



Слика 2.3-41 Моменти савијања степенишне греде M_y [kNm]



Слика 2.3-42 Нормалне силе степенишне греде N [kN]



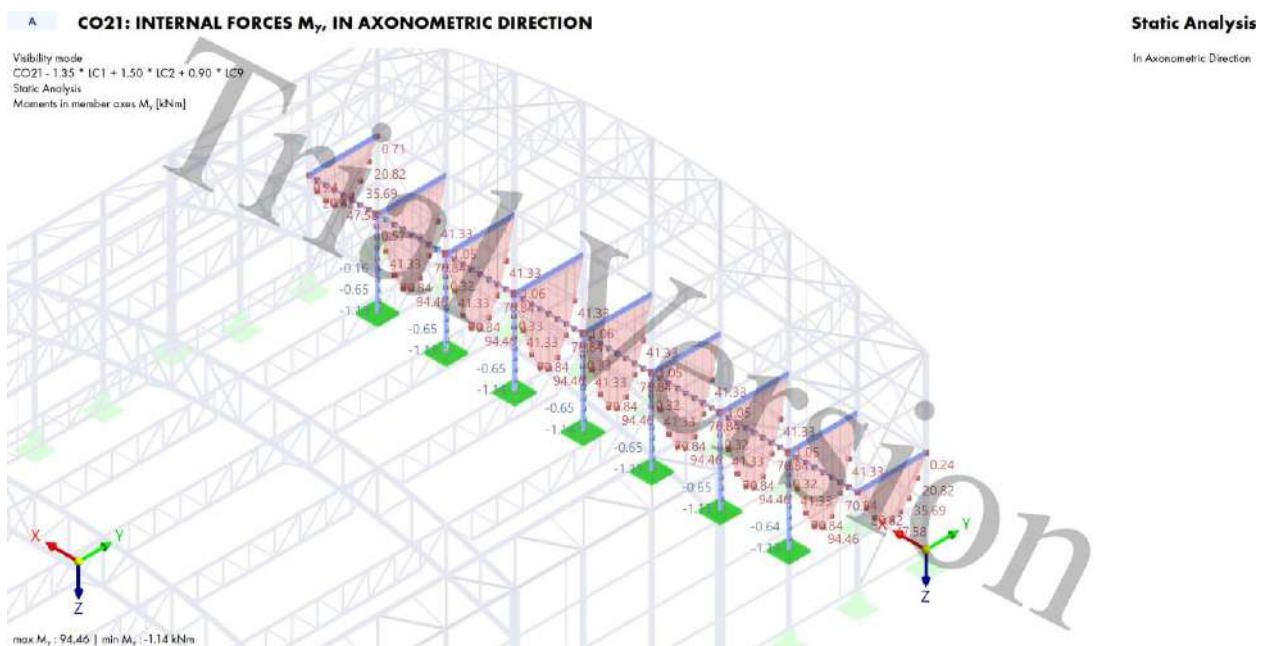
Слика 2.3-43 Трансверзалне силе степенишне греде V_z [kN]

2.3.2.7 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ ЕЛЕМЕНАТА МЕЋУСПРАТНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ 2 ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

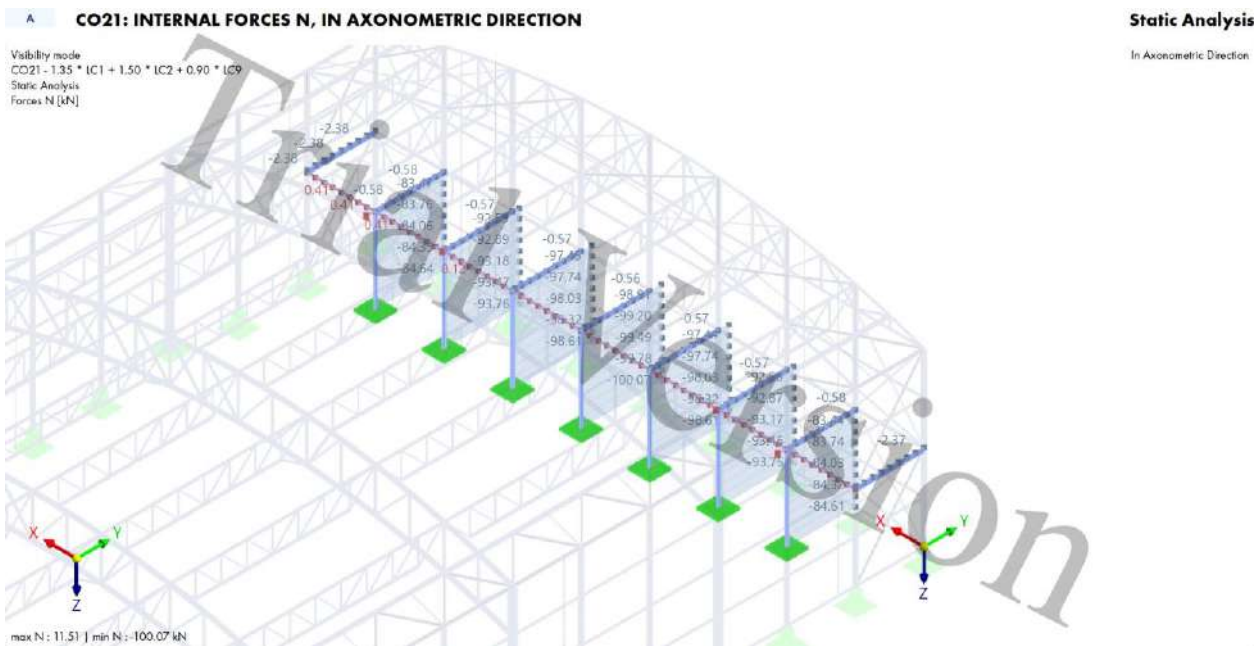
Меродавна комбинација за подне носаче међуспратне конструкције 2:

CO21: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.90 * LC9		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC9	Vetar - upravno na kalkan 0,2 -Y	Wind

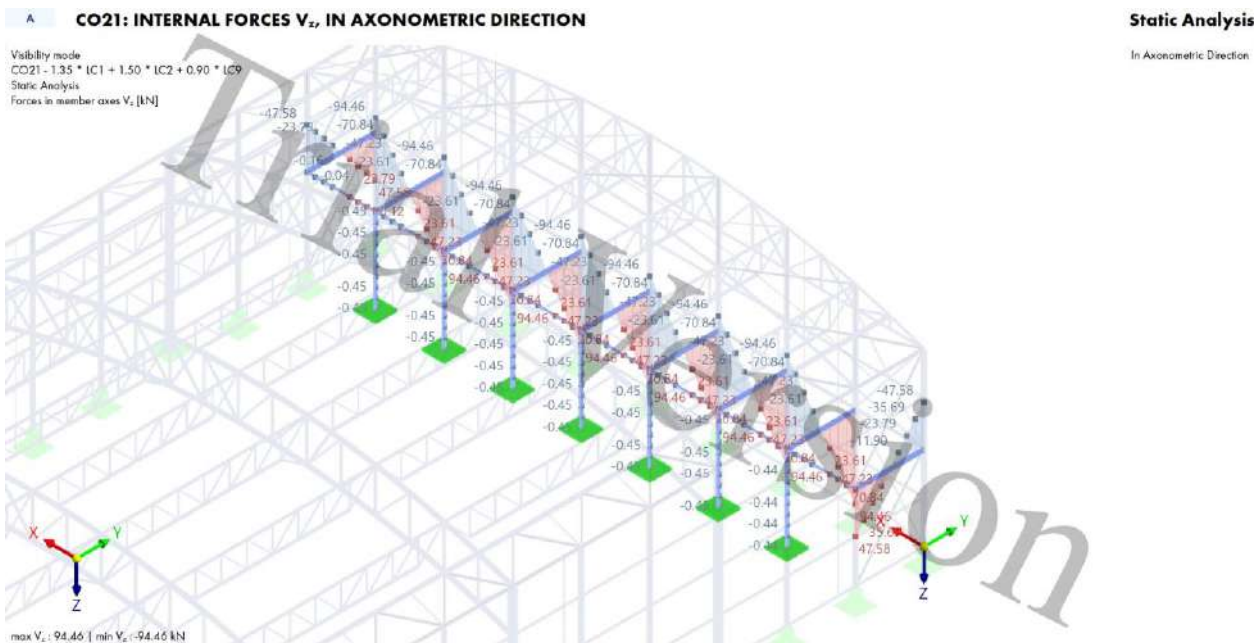
Табела 2.3-17 Меродавна комбинација оптерећења CO 21



Слика 2.3-44 Моменти савијања међуспратне конструкције 2 M_y [kNm]



Слика 2.3-45 Нормалне силе међусpratне конструкције 2 N [kN]

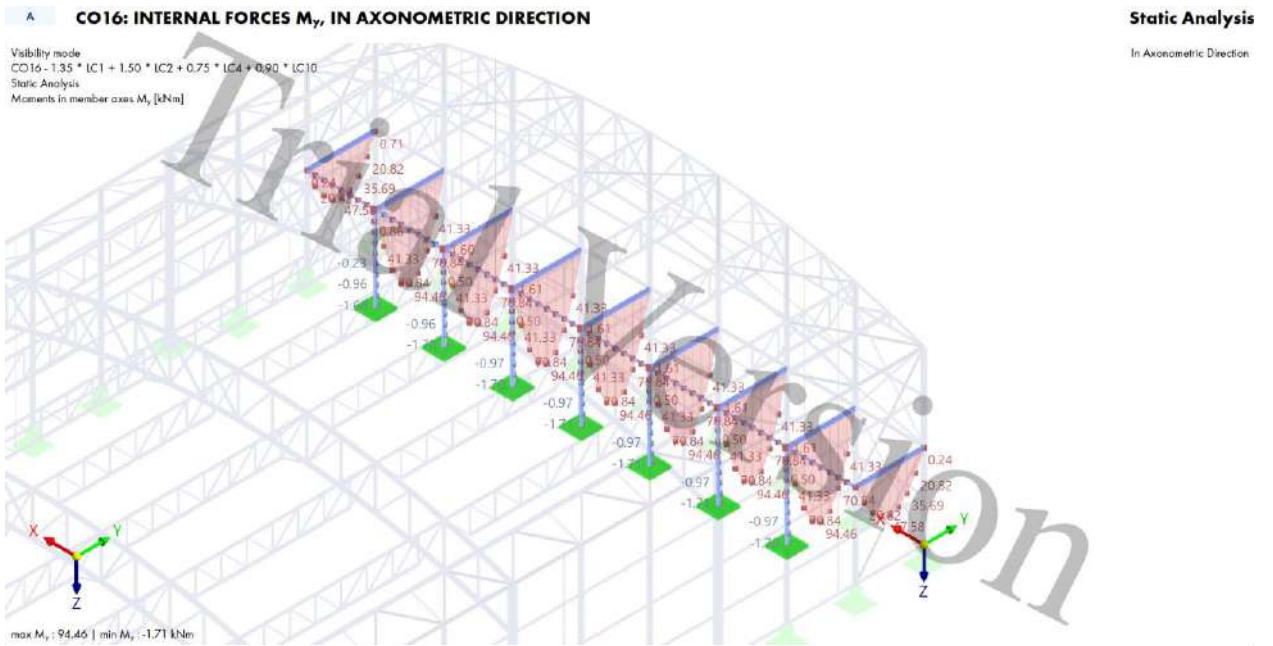


Слика 2.3-46 Трансверзалне силе међусpratне конструкције 2 Vz [kN]

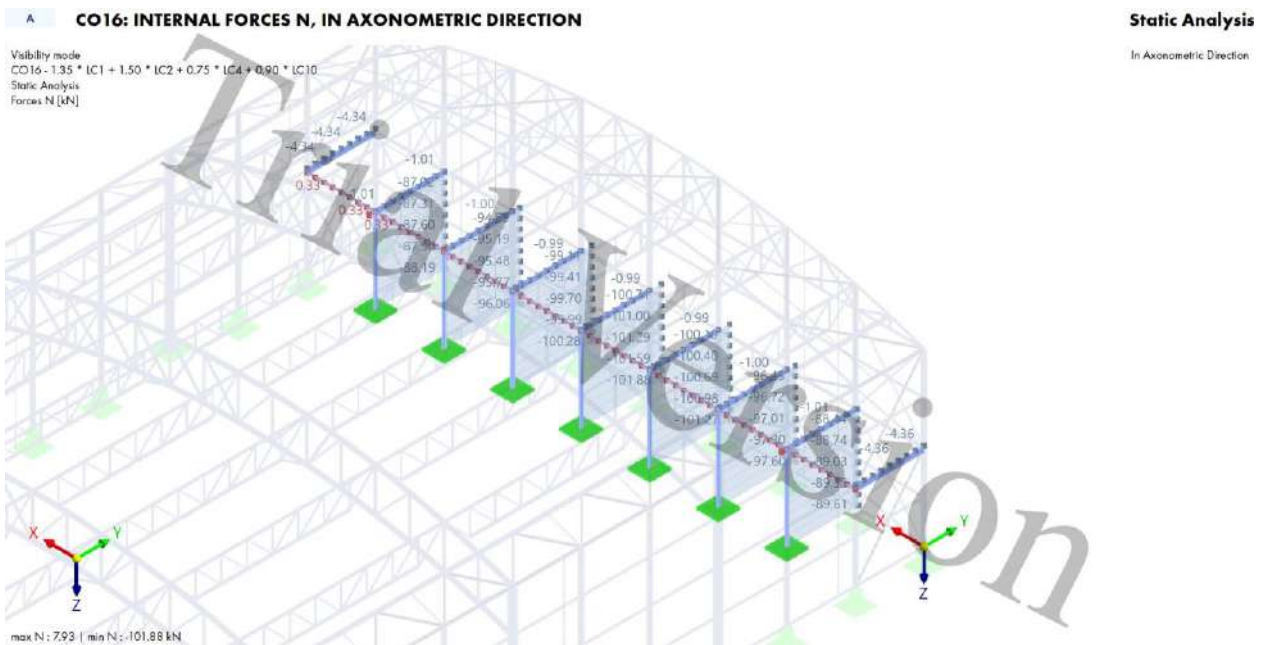
Меродавна комбинација за стубове међусpratне конструкције 2:

CO16: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC10		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC4	Sneg 2	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC10	Vetar - upravno na kalkan -0,3 -Y	Wind

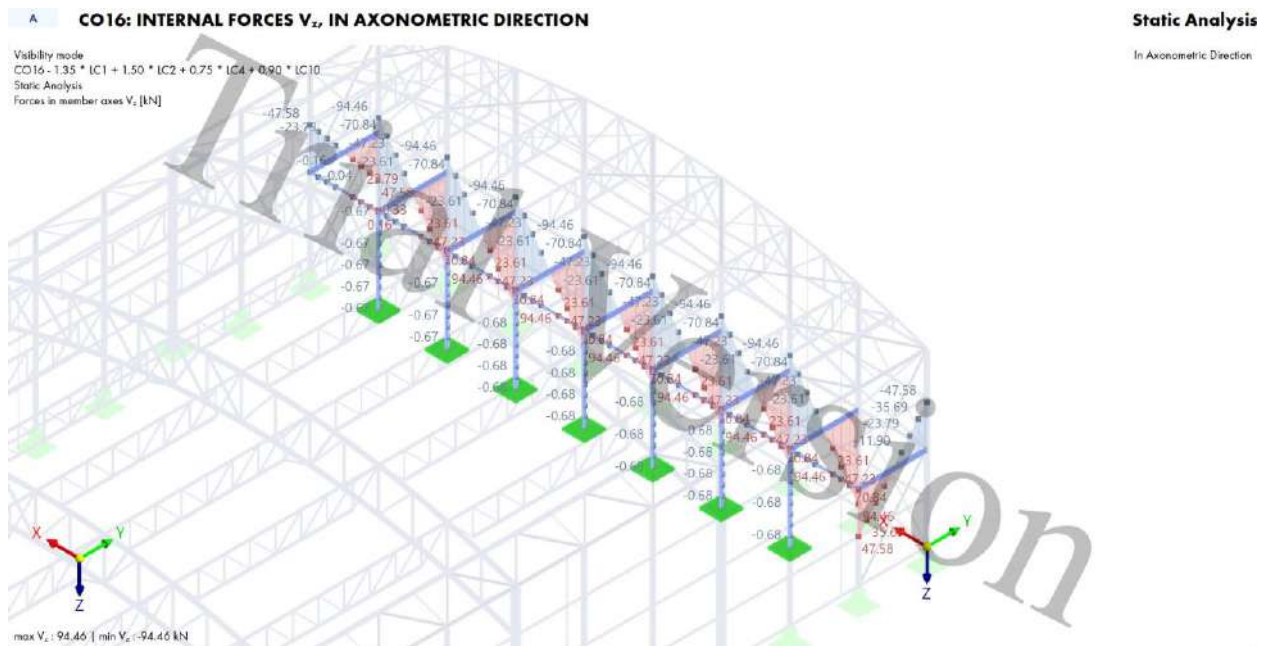
Табела 2.3-18 Меродавна комбинација оптерећења CO 16



Слика 2.3-47 Моменти савијања међусратне конструкције 2 M_y [kNm]



Слика 2.3-48 Нормалне силе међусратне конструкције 2 N [kN]

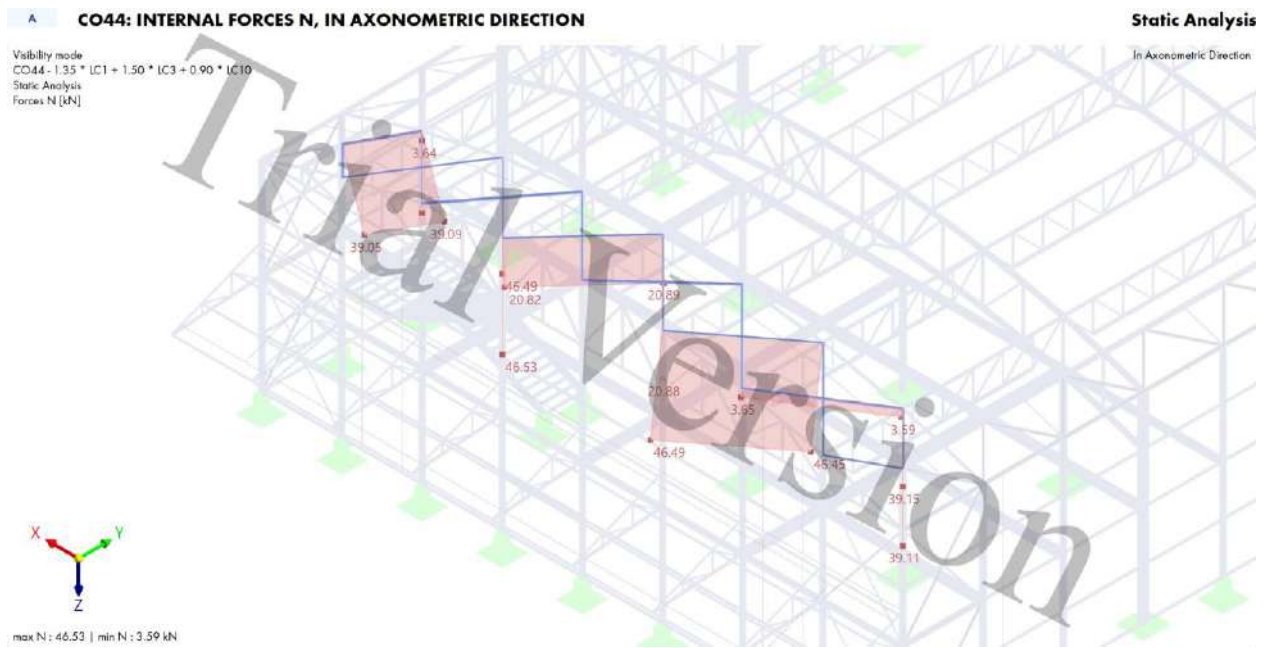
Слика 2.3-49 Трансверзалне силе међусратне конструкције 2 V_z [kN]

2.3.2.8 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ ЕЛЕМЕНАТА ПОПРЕЧНОГ КРОВНОГ СПРЕГА ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

Меродавна комбинација за елементе попречног кровног спрега:

CO44: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC10		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC10	Vetar - upravno na kalkan -0,3 -Y	Wind

Табела 2.3-19 Меродавна комбинација оптерећења CO 44



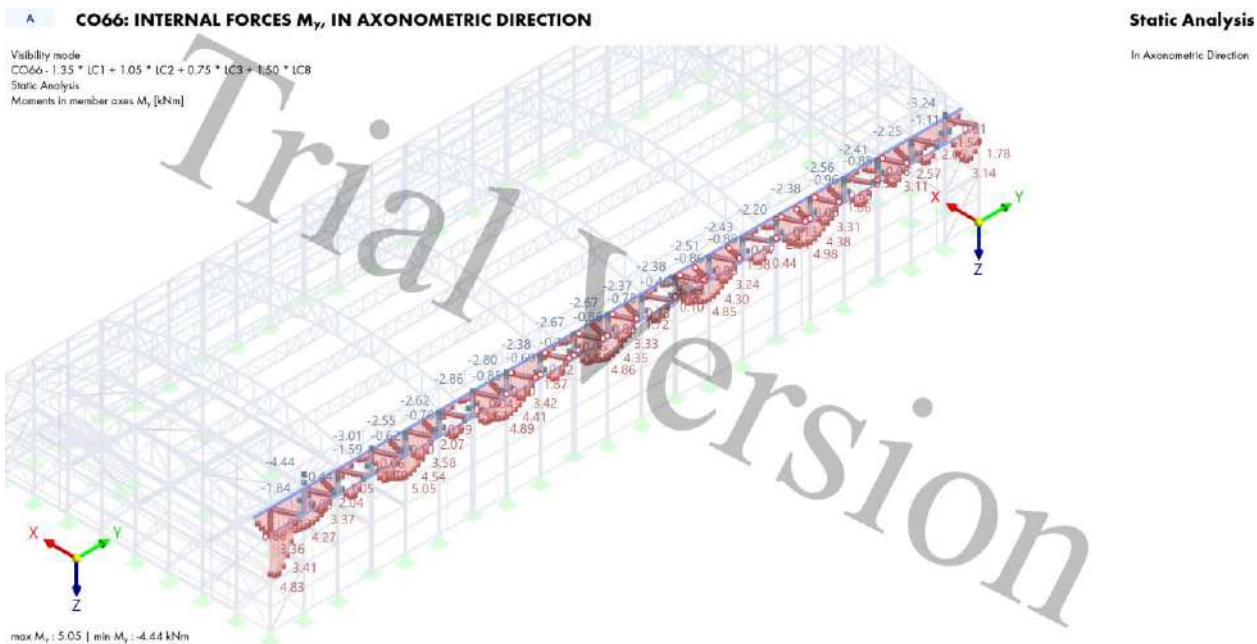
Слика 2.3-50 Нормалне силе попречног кровног спрега 2 N [kN]

2.3.2.9 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ ЕЛЕМЕНАТА ПОДУЖНОГ КРОВНОГ СПРЕГА ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

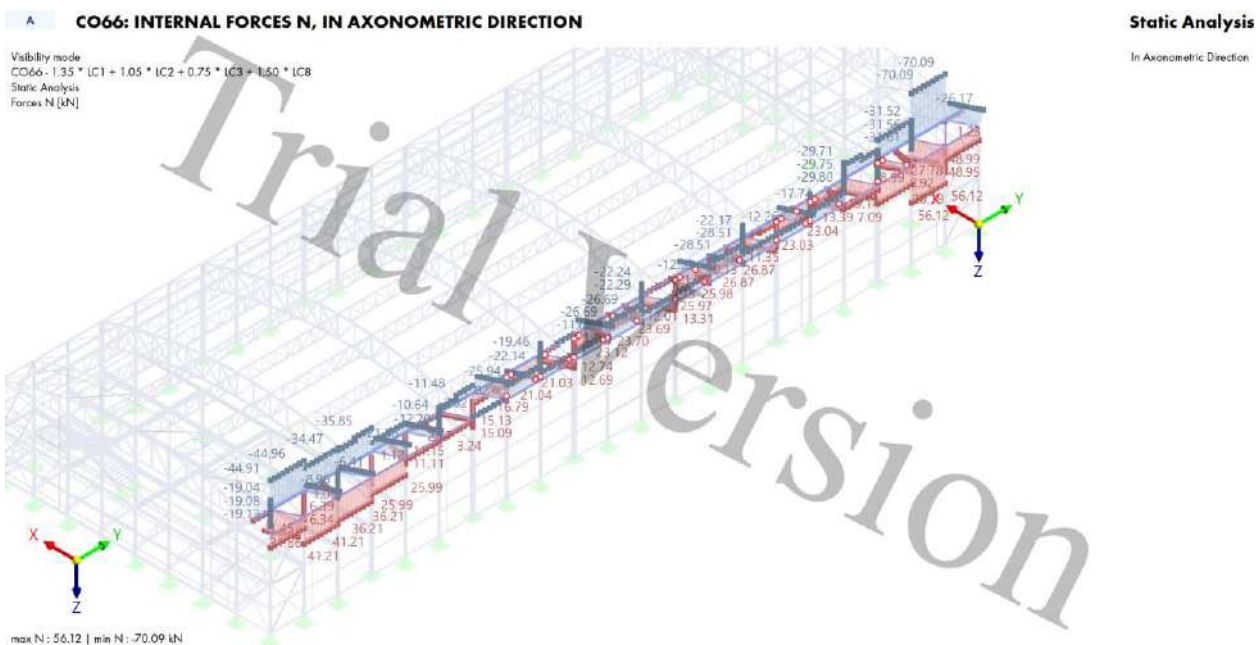
Меродавна комбинација за подужни кровни спрег:

CO66: 1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC8		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC5	Vetar - upravno na kalkan 0,2 +Y	Wind

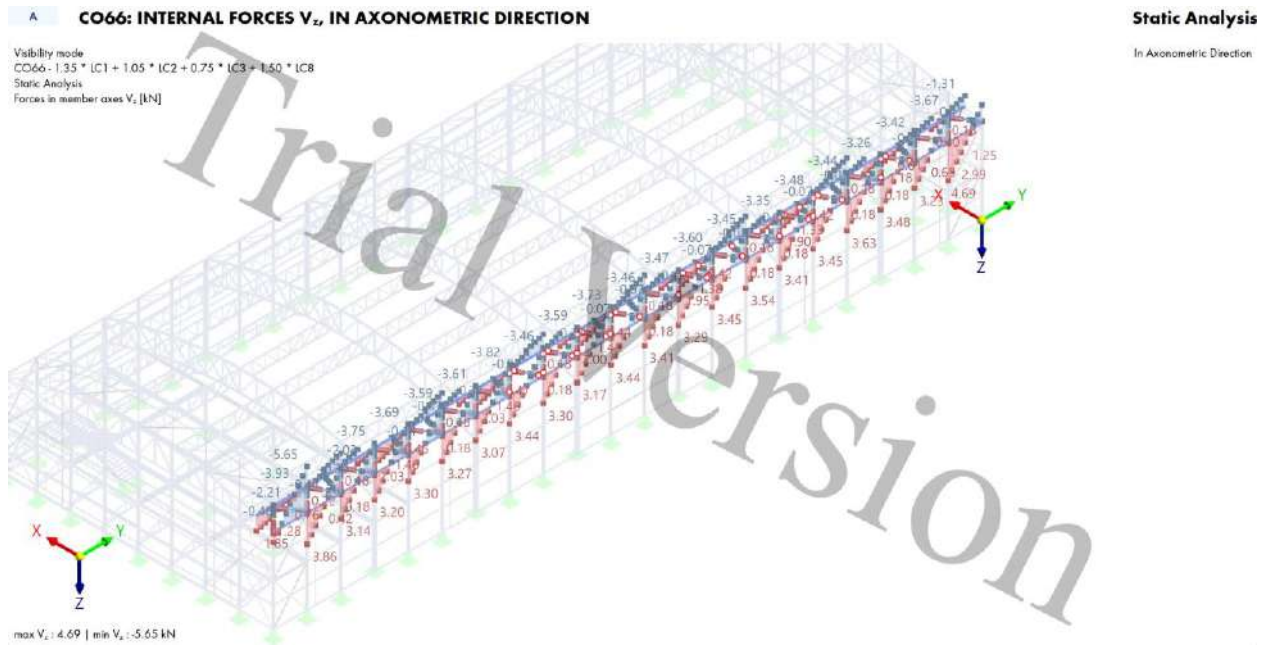
Табела 2.3-20 Меродавна комбинација оптерећења CO 66



Слика 2.3-51 Моменти савијања подужног кровног спрега и венчанице M_y [kNm]



Слика 2.3-52 Нормалне силе подужног кровног спрега и венчанице N [kN]



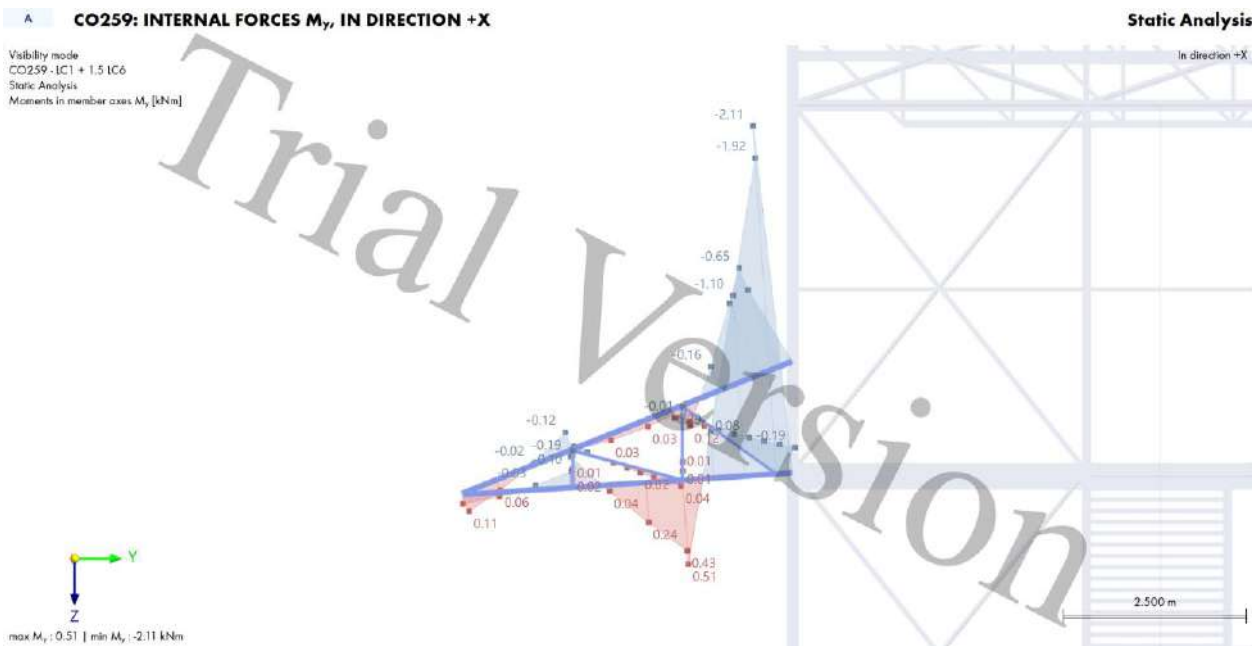
Слика 2.3-53 Трансверзалне силе подужног кровног спрега и венчанице V_z [kN]

2.3.2.10 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ ЕЛЕМЕНАТА НАДСТРЕШНИЦЕ ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

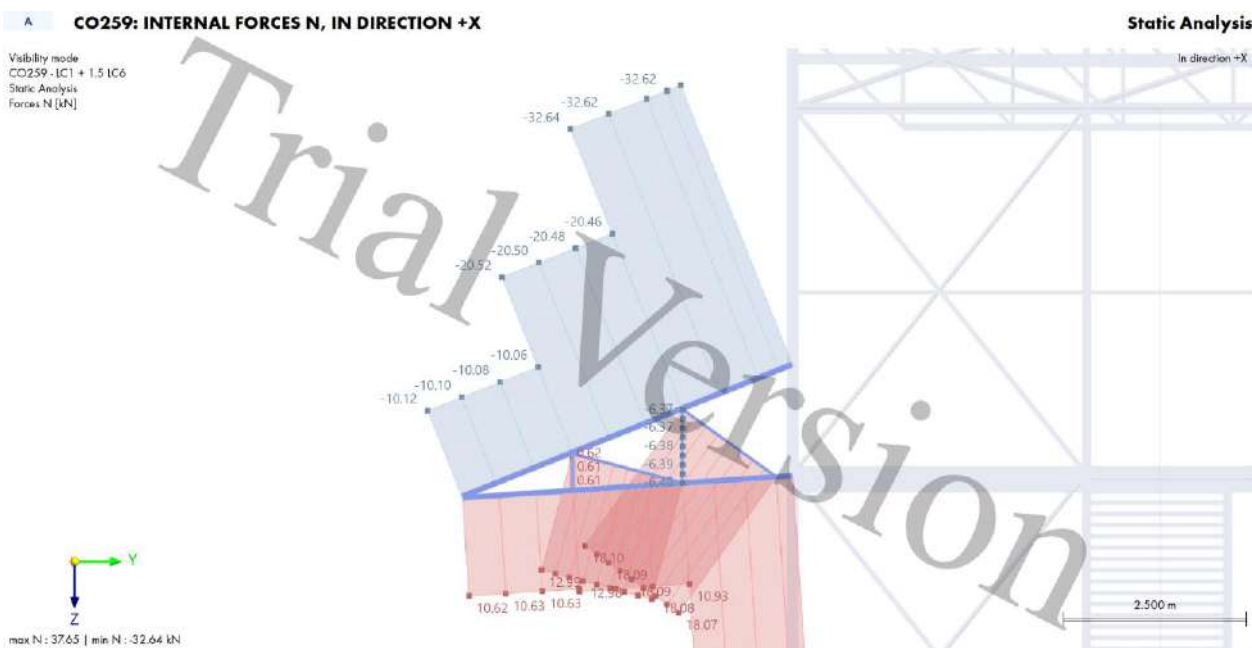
Меродавна комбинација за горњи појас надстрешнице:

CO258: LC1 + 1.5 LC5		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC5	Vetar - upravno na kalkan 0,2 +Y	Wind

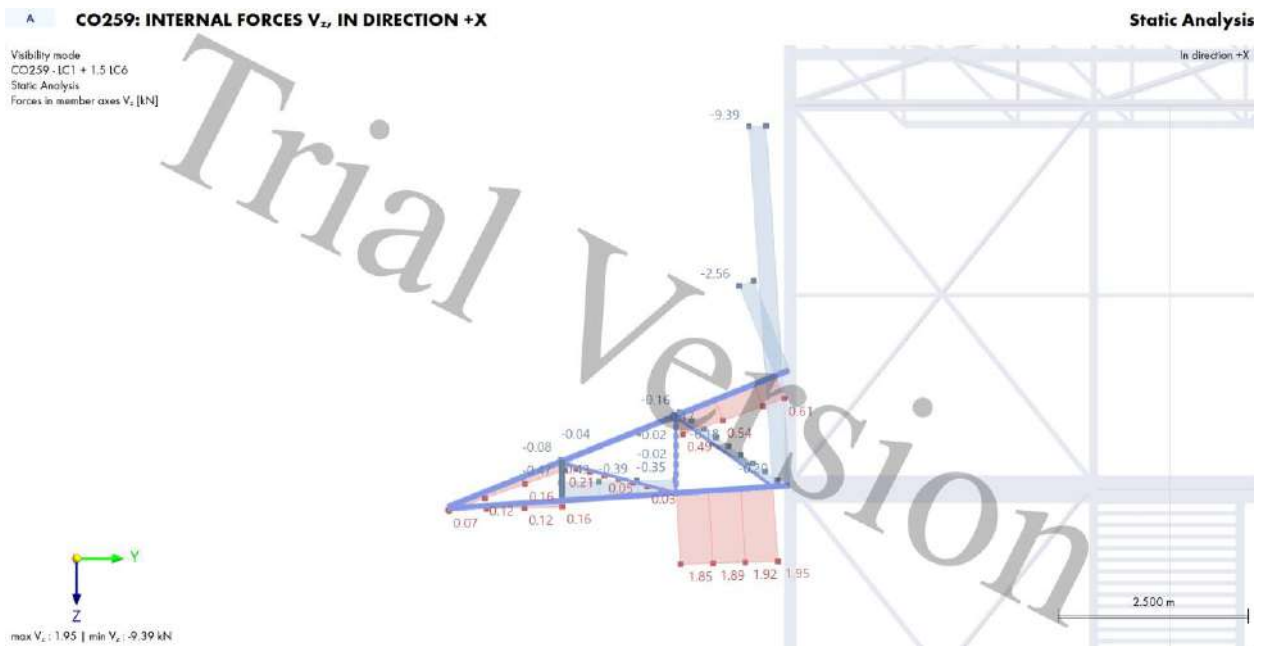
Табела 2.3-21 Меродавна комбинација оптерећења CO 258



Слика 2.3-54 Моменти савијања носача надстрешнице M_y [kNm]



Слика 2.3-55 Нормалне силе носача надстрешнице N [kN]

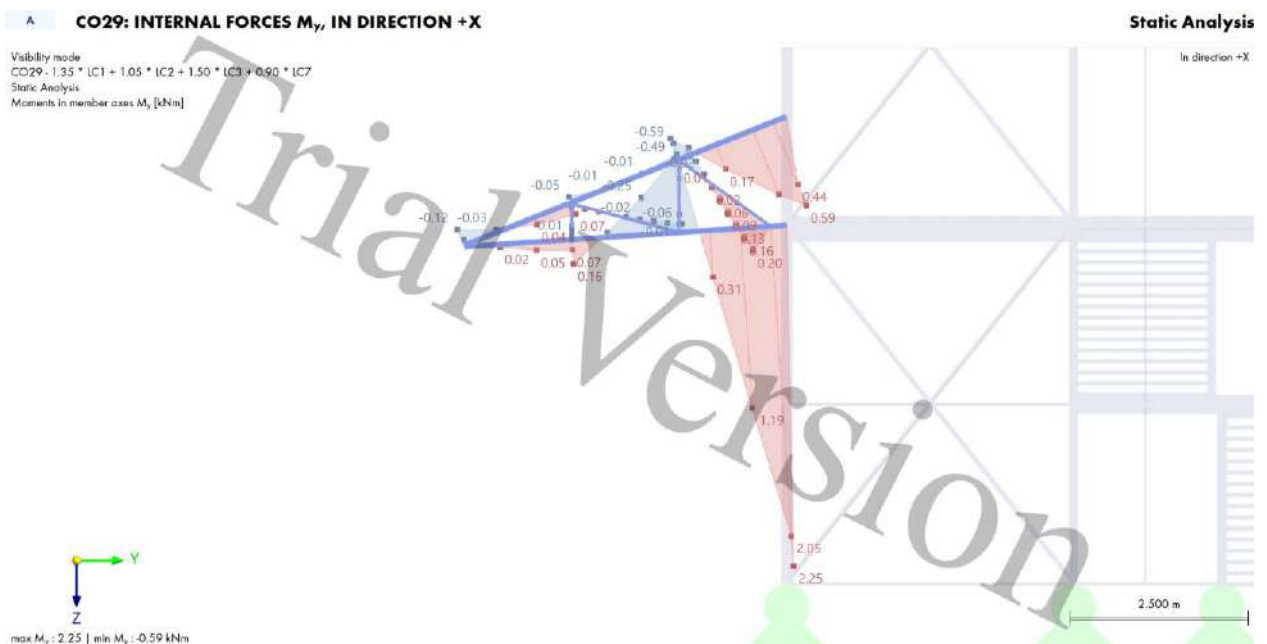


Слика 2.3-56 Трансверзалне силе носача надстрешнице Vz [kN]

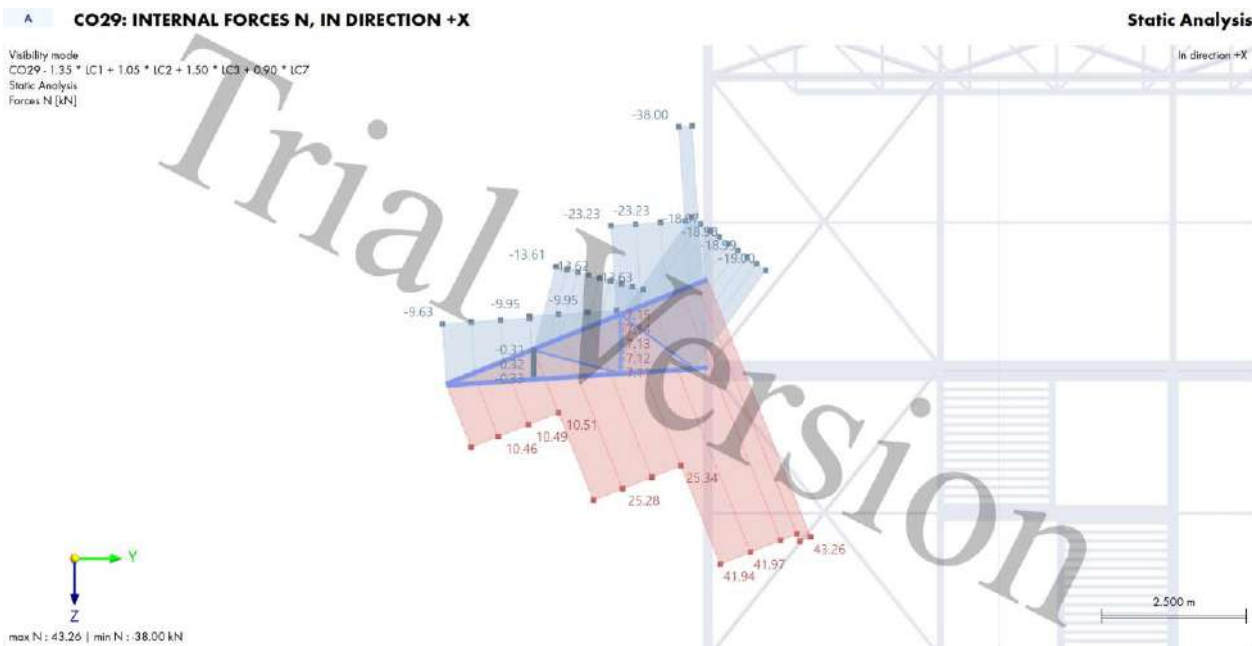
Меродавна комбинација за доњи појас надстрешнице:

CO29: 1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC7		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC7	Vetar - upravno na podužni zid 0,2 +X	Wind

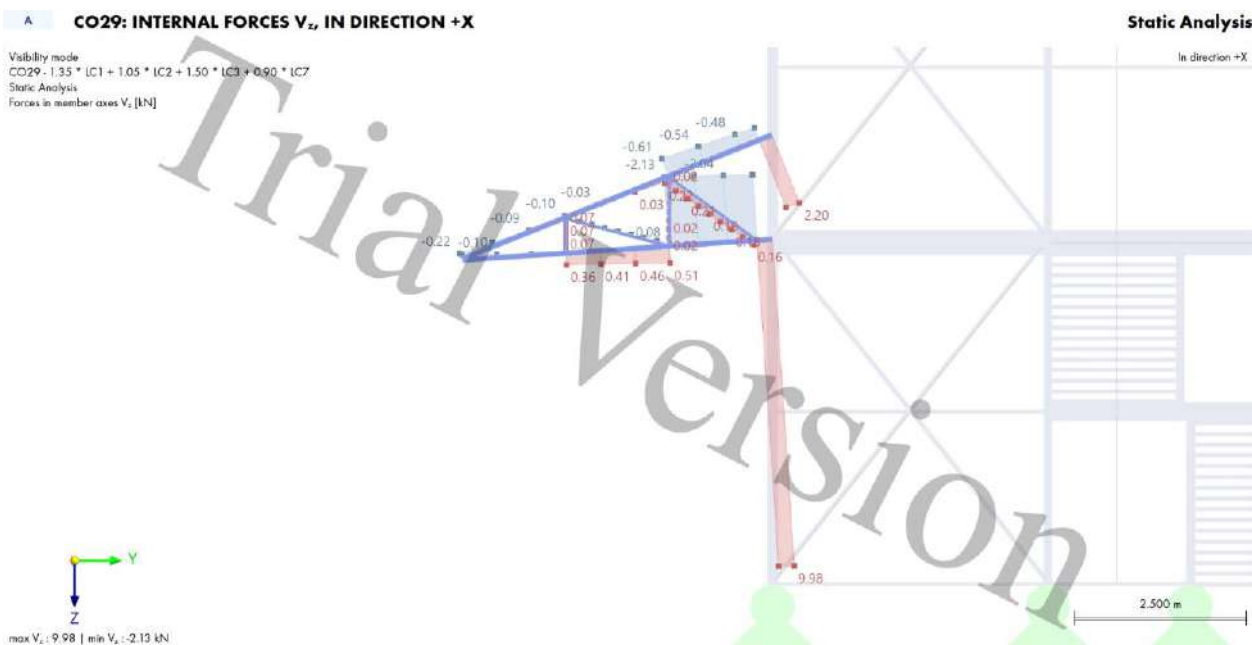
Табела 2.3-22 Меродавна комбинација оптерећења CO 29



Слика 2.3-57 Моменти савијања носача надстрешнице My [kNm]



Слика 2.3-58 Нормалне силе носача надстрешнице N [kN]



Слика 2.3-59 Трансверзалне силе носача надстрешнице Vz [kN]

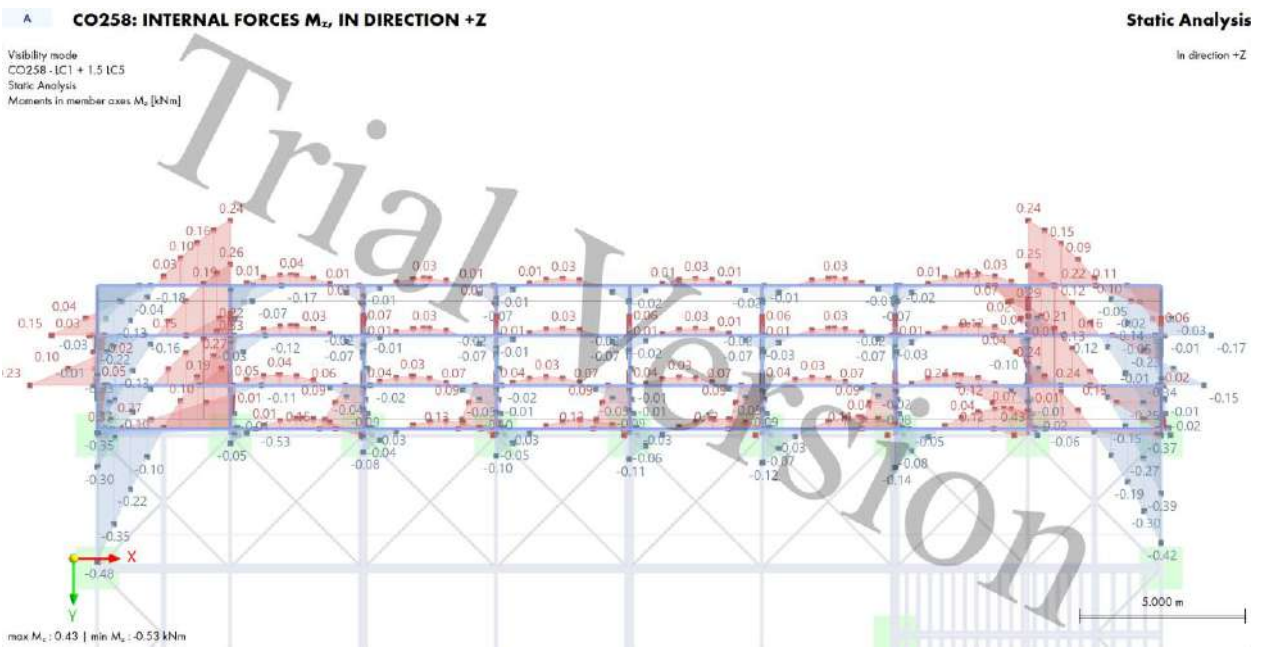
Меродавна комбинација за рођаче надстрешнице:

CO258: LC1 + 1.5 LC5		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC5	Vetar - upravno na kalkan 0,2 +Y	Wind

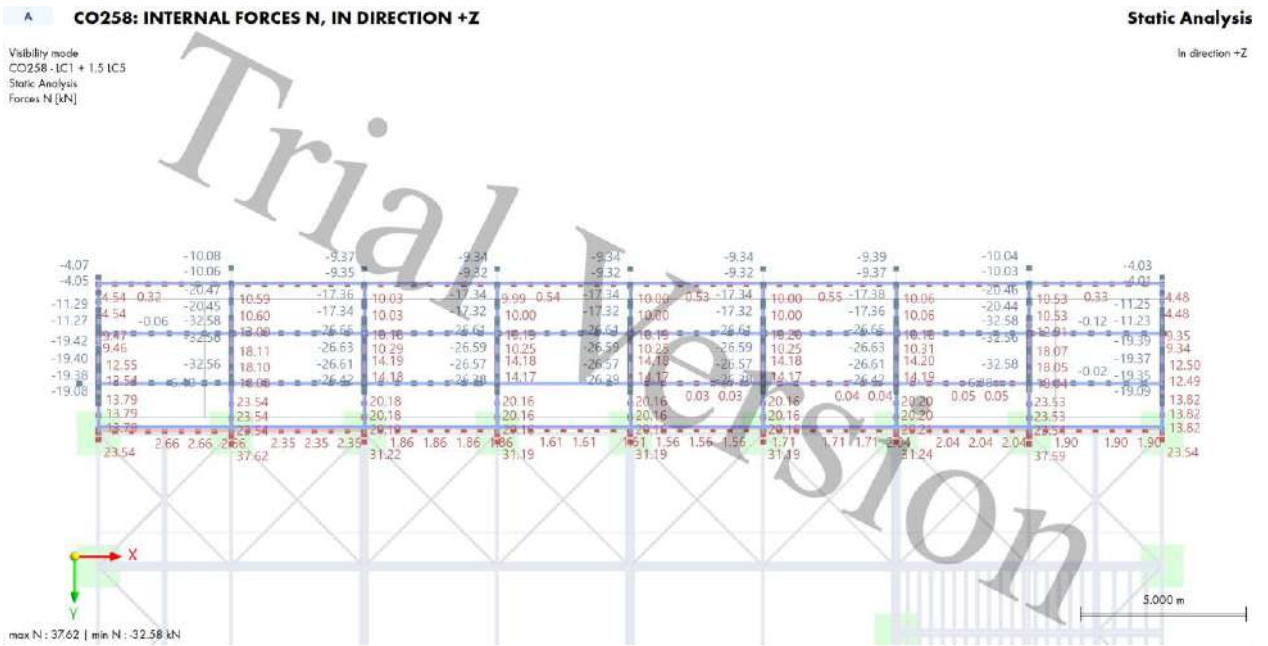
Табела 2.3-23 Меродавна комбинација оптерећења CO 258



Слика 2.3-60 Моменти савијања рожњача надстрешнице M_y [kNm]



Слика 2.3-61 Моменти савијања рожњача надстрешнице M_z [kNm]



Слика 2.3-62 Нормалне силе рожњача надстрешнице N [kN]

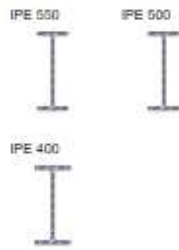


Слика 2.3-63 Трансверзалне силе рожњача надстрешнице Vz [kN]

2.4 ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕЦИ

1.1 MATERIALS		Material No.	Material Name	Material Type	Analysis Model
1	S355	Isotropic Linear Elastic	Steel	Isotropic Linear Elastic	

1.2 SECTIONS		Section No.	Material No.	Section Type	Manufacturing Type	h [cm] A [cm ²]	I _{yy} [cm ⁴] A _{yy} [cm ³]	I _{zz} [cm ⁴] A _{zz} [cm ³]	Overall Dimensions b [mm] h [mm]
2	CELSIUS 355 SHS 150x150x6.3	1	Standardized - Steel	Hot rolled	12.90 39.10	3892.00 19.79	284.00 13.70	120.0 240.0	
3	CELSIUS 355 SHS 80x80x3	1	Standardized - Steel	Hot rolled	19.00 35.80	1223.00 15.30	1223.00 15.30	150.0 150.0	
4	CELSIUS 355 SHS 80x80x3	1	Standardized - Steel	Hot rolled	14.00 9.14	89.80 3.90	89.80 3.90	80.0 80.0	
5	LNP 50x50x5	1	Standardized - Steel	Hot rolled	0.38 4.80	17.48 2.04	4.55 1.98	50.0 50.0	
6	LNP 80x80x5	1	Standardized - Steel	Hot rolled	2.51 12.30	116.00 5.24	29.90 5.11	80.0 80.0	
7	IPE 220	1	Standardized - Steel	Hot rolled	9.03 33.40	2772.00 17.00	205.00 11.94	110.0 220.0	
8	UPE 120	1	Standardized - Steel	Hot rolled	2.90 15.40	964.00 5.48	95.50 4.92	60.0 120.0	
9	IPE 270	1	Standardized - Steel	Hot rolled	15.90 45.90	5790.00 23.11	420.00 16.48	135.0 270.0	
10	UPE 160	1	Standardized - Steel	Hot rolled	5.20 21.70	911.00 6.94	107.00 7.44	70.0 160.0	
11	CELSIUS 355 SHS 40x40x2.9	1	Standardized - Steel	Hot rolled	15.30 4.21	9.54 1.83	9.54 1.83	40.0 40.0	
12	HYBOX 355 RHS 120x40x4	1	Standardized - Steel	Cold formed	54.20 9.72	187.00 4.16	31.90 4.16	40.0 120.0	
13	IPE 80	1	Standardized - Steel	Hot rolled	11.70 0.70	1.58 80.00	8.67 8.50	46.0 80.0	
14	HE 200 A	1	Standardized - Steel	Hot rolled	7.60 20.98 53.80	4.05 3692.00 33.51	2.69 1336.00 10.67	200.0 190.0	
15	IPE 240	1	Standardized - Steel	Hot rolled	12.74 39.12	3892.00 19.74	283.60 13.70	120.0 240.0	
16	HE 120 A	1	Standardized - Steel	Hot rolled	5.99 25.30	606.20 16.07	230.90 4.84	120.0 114.0	
17	CELSIUS 355 SHS 80x80x4	1	Standardized - Steel	Hot rolled	18.00 12.00	114.00 5.11	114.00 5.11	80.0 80.0	
18	CELSIUS 355 SHS 80x80x4	1	Standardized - Steel	Hot rolled	18.00 12.00	114.00 5.11	114.00 5.11	80.0 80.0	
19	CELSIUS 355 SHS 90x90x5	1	Standardized - Steel	Hot rolled	316.00 16.70	200.00 7.24	200.00 7.24	90.0 90.0	
20	CELSIUS 355 SHS 50x50x4	1	Standardized - Steel	Hot rolled	40.40 7.19	25.00 3.15	25.00 3.15	50.0 50.0	
21	CELSIUS 355 SHS 100x100x3.6	1	Standardized - Steel	Hot rolled	326.00 13.70	212.00 5.88	212.00 5.88	100.0 100.0	
22	CELSIUS 355 SHS 180x180x8.8	1	Standardized - Steel	Hot rolled	4524.00 59.40	2880.00 25.52	2880.00 25.52	180.0 180.0	
23	CELSIUS 355 SHS 80x80x3.2	1	Standardized - Steel	Hot rolled	148.00 9.72	95.00 4.16	95.00 4.16	80.0 80.0	



Section No.	Material No.	Section Type	Manufacturing Type	I_x [cm ⁴]	I_y [cm ⁴]	I_{xy} [cm ⁴]	Overall Dimensions b [mm]	h [mm]
24	1	Standardized - Steel	Hot rolled	9.72	4.16	4.16		
	1	Standardized - Steel	Hot rolled	97.50	62.30	62.30	70.0	70.0
25	1	Standardized - Steel	Hot rolled	8.44	3.62	3.62		
	1	Standardized - Steel	Hot rolled	15.71	5790.00	419.90	135.0	270.0
26	1	Standardized - Steel	Hot rolled	45.95	23.10	16.46		
	1	Standardized - Steel	Hot rolled	8.98	2772.00	204.90	110.0	220.0
27	1	Standardized - Steel	Hot rolled	33.37	16.99	11.94		
	1	Standardized - Steel	Hot rolled	145.30	19270.00	6595.00	288.0	280.0
				131.40	84.37	25.37		
Section No.	Material No.	Section Type	Manufacturing Type	I_x [cm ⁴]	I_y [cm ⁴]	I_{xy} [cm ⁴]	Overall Dimensions b [mm]	h [mm]
28	1	Standardized - Steel	Hot rolled	11.84	1673.00	615.60	160.0	152.0
	1	Standardized - Steel	Hot rolled	38.77	24.10	7.80		
29	1	Standardized - Steel	Hot rolled	442.00	79890.00	11720.00	300.0	450.0
	1	Standardized - Steel	Hot rolled	218.00	130.67	96.58		
30	1	Standardized - Steel	Hot rolled	123.00	67120.00	2668.00	210.0	550.0
	1	Standardized - Steel	Hot rolled	134.40	60.70	57.30		
31	1	Standardized - Steel	Hot rolled	89.30	48200.00	2142.00	200.0	500.0
	1	Standardized - Steel	Hot rolled	115.50	53.75	47.80		
32	1	Standardized - Steel	Hot rolled	51.10	23130.00	1318.00	180.0	400.0
	1	Standardized - Steel	Hot rolled	84.60	40.77	53.00		

2.5 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ КОНСТРУКЦИЈЕ НА ГРАНИЧНА СТАЊА НОСИВОСТИ И СТАБИЛНОСТИ

2.5.1 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У ГЛАВНОМ НОСАЧУ ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

Појасни штапови у главном носачу:

Горњи појас SHS 180x180x8.8:

CO 23: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC3		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04 Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m

Табела 2.5-1 Меродавна комбинација оптерећења CO 23

Design Internal Forces				
Design axial force	NEd	-1024.78	kN	
Design shear force	Vz,Ed	4.21	kN	
Design shear force	Vy,Ed	-0.08	kN	Negligible
Design torsional moment	TEd	0.01	kNm	Negligible
Design bending moment	My,Ed	1.47	kNm	
Design bending moment	Mz,Ed	0.10	kNm	Negligible

Слика 2.5-1 Меродавне силе за димензионисање појаса главног носача

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{2880.00 \text{ cm}^4}{(4.000 \text{ m})^2}$$

$$= 3730.71 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{59.40 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{3730.71 \text{ kN}}}$$

$$= 0.752$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.752 - 0.2) + (0.752)^2 \right]$$

$$= 0.841$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{0.841 + \sqrt{(0.841)^2 - (0.752)^2}}$$

$$= 0.82$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{2880.00 \text{ cm}^4}{(4.000 \text{ m})^2}$$

$$= 3730.71 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{59.40 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{3730.71 \text{ kN}}}$$

$$= 0.752$$

$$6.3.1.2(1) \quad \Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right] \quad 6.3.1.2(1)$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.752 - 0.2) + (0.752)^2 \right]$$

$$= 0.841$$

$$6.3.1.3(1) \quad \chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}} \quad 6.3.1.2(1), \text{ Eq. 6.49}$$

$$= \frac{1}{0.841 + \sqrt{(0.841)^2 - (0.752)^2}}$$

$$= 0.82$$

$$6.3.1.2(1) \quad N_{Rk} = A \cdot f_y \quad 6.3.3, \text{ Tab. 6.7}$$

$$= 59.40 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 2108.700 \text{ kN}$$

$$6.3.1.2(1), \text{ Eq. 6.49} \quad M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y \quad 6.3.3, \text{ Tab. 6.7}$$

$$= 379.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 134.54 \text{ kNm}$$

$$6.3.1.2(1), \text{ Eq. 6.49} \quad M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y \quad 6.3.3, \text{ Tab. 6.7}$$

$$= 379.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 134.54 \text{ kNm}$$

$$6.3.1.2(1) \quad c_{b,y} = \frac{M_{1,y}}{M_{2,y}} \quad \text{Tab. B.3}$$

$$= \frac{0.00 \text{ kNm}}{16.25 \text{ kNm}}$$

$$= 0.000$$

$$6.3.1.3(1) \quad C_{my} = 0.9 + 0.1 \cdot \alpha_{b,y} \quad \text{Tab. B.3}$$

$$= 0.9 + 0.1 \cdot 0.000$$

$$= 0.900$$

$$c_{s,z} = \frac{M_{1,z}}{M_{R,z}} \quad \text{Tab. B.3}$$

$$= \frac{0.18 \text{ kNm}}{0.21 \text{ kNm}} = 0.847$$

$$C_{mz} = 0.2 + 0.8 \cdot \alpha_{1,z}$$

$$= 0.2 + 0.8 \cdot 0.847 = 0.878$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.900 \cdot \left(1 + (0.752 - 0.2) \cdot \frac{1024.78 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) = 1.194$$

$$k_{yy} = \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(1.194, 0.900 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{1024.78 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) = 1.194$$

$$k_{yz} = 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.878 \cdot \left(1 + (0.752 - 0.2) \cdot \frac{1024.78 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) = 0.698$$

$$k_{yz} = \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.698, 0.6 \cdot 0.878 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{1024.78 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) = 0.698$$

$$k_{zy} = 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.900 \cdot \left(1 + (0.752 - 0.2) \cdot \frac{1024.78 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) = 0.716$$

$$k_{zy} = \min \left(k_{zy}, 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.716, 0.6 \cdot 0.900 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{1024.78 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) = 0.716$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.878 \cdot \left(1 + (0.752 - 0.2) \cdot \frac{1024.78 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) = 1.164$$

$$k_{zz} = \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(1.164, 0.878 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{1024.78 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

Tab. B.3

$$= \min \left(1.164, 0.878 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{1024.78 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) = 1.164$$

$$\eta_{N6.61} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{1024.78 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} = 0.591$$

6.3.3(4), Eq. 6.61

$$\eta_{My6.61} = k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 1.194 \cdot \frac{|16.25 \text{ kNm}|}{\frac{134.54 \text{ kNm}}{1.00}} = 0.144$$

6.3.3(4), Eq. 6.61

$$\eta_{Mz6.61} = k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.698 \cdot \frac{|-2.57 \text{ kNm}|}{\frac{134.54 \text{ kNm}}{1.00}} = 0.013$$

6.3.3(4), Eq. 6.61

$$\eta_{6.61} = \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61} + \eta_{Mz6.61} = 0.591 + 0.144 + 0.013 = 0.749$$

6.3.3(4), Eq. 6.61

$$\eta_{N6.62} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{1024.78 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} = 0.591$$

6.3.3(4), Eq. 6.62

$$\eta_{My6.62} = k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.716 \cdot \frac{|16.25 \text{ kNm}|}{\frac{134.54 \text{ kNm}}{1.00}} = 0.086$$

6.3.3(4), Eq. 6.62

$$\eta_{Mz6.62} = k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 1.164 \cdot \frac{|-2.57 \text{ kNm}|}{\frac{134.54 \text{ kNm}}{1.00}} = 0.022$$

6.3.3(4), Eq. 6.62

$$\eta_{6.62} = \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62} + \eta_{Mz6.62} = 0.591 + 0.086 + 0.022 = 0.700$$

6.3.3(4), Eq. 6.62

$$\eta = \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62}) = \max(0.749, 0.700) = 0.749$$

6.3.3(4), Eq. 6.61, 6.62

$$\eta = 0.749 \leq 1 \checkmark$$

- $N_{cr,y}$ Elastic critical force
- E Modulus of elasticity
- I_y Moment of inertia
- $L_{cr,y}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_y$ Non-dimensional slenderness
- A Sectional area
- f_y Yield strength
- Φ_y Value to determine reduction factor χ
- α_y Imperfection factor
- χ_y Reduction factor for buckling
- $N_{cr,z}$ Elastic critical force
- I_z Moment of inertia

$L_{cr,z}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_z$	Non-dimensional slenderness
Φ_z	Value to determine reduction factor χ
α_z	Imperfection factor
χ_z	Reduction factor
N_{Rk}	Characteristic value of resistance to compression
$M_{y,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,y}$	Plastic section modulus
$M_{z,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,z}$	Plastic section modulus
$\alpha_{h,y}$	Factor
$M_{h,y}$	Hogging moment
$M_{s,y}$	Sagging moment
C_{my}	Equivalent uniform moment factor
$\alpha_{s,z}$	Factor
$M_{s,z}$	Sagging moment
$M_{h,z}$	Hogging moment
C_{mz}	Equivalent uniform moment factor
k_{yy}	Interaction factor
$N_{c,Ed}$	Design compression force
γ_{M1}	Partial factor
k_{yz}	Interaction factor
k_{zy}	Interaction factor
k_{zz}	Interaction factor
$\eta_{N,6.61}$	Design component for N
$\eta_{My,6.61}$	Design component for M_y
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{Mz,6.61}$	Design component for M_z
$M_{z,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{N,6.61}$	Design component for N
$\eta_{My,6.61}$	Design component for M_y
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{Mz,6.61}$	Design component for M_z
$M_{z,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{6.61}$	Design ratio
$\eta_{N,6.62}$	Design component for N
$\eta_{My,6.62}$	Design component for M_y
$\eta_{Mz,6.62}$	Design component for M_z
$\eta_{6.62}$	Design ratio

Доњи појас SHS 180x180x8.8:

CO 42: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC8		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC8	Vetar - upravno na podužni zid -0,3 +X	Wind

Табела 2.5-2 Меродавна комбинација оптерећења CO 42

Design axial force	N_{Ed}	-136.18 kN		
Design shear force	$V_{z,Ed}$	4.53 kN		
Design shear force	$V_{y,Ed}$	0.01 kN		Negligible
Design torsional moment	T_{Ed}	0.03 kNm		Negligible
Design bending moment	$M_{y,Ed}$	0.00 kNm		Negligible
Design bending moment	$M_{z,Ed}$	-0.01 kNm		Negligible

Слика 2.5-2 Меродавне силе за димензионисање доњег појаса главног носача

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{2880.00 \text{ cm}^4}{(10.000 \text{ m})^2}$$

$$= 596.91 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{59.40 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{596.91 \text{ kN}}}$$

$$= 1.880$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (1.880 - 0.2) + (1.880)^2 \right]$$

$$= 2.443$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{2.443 + \sqrt{(2.443)^2 - (1.880)^2}}$$

$$= 0.25$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{2880.00 \text{ cm}^4}{(10.000 \text{ m})^2}$$

$$= 596.91 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{59.40 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{596.91 \text{ kN}}}$$

$$= 1.880$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (1.880 - 0.2) + (1.880)^2 \right]$$

$$= 2.443$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{2.443 + \sqrt{(2.443)^2 - (1.880)^2}}$$

$$= 0.25$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y$$

$$= 59.40 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 2108.700 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y$$

$$= 379.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 134.54 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y$$

$$= 379.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 134.54 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{k,y} = \frac{M_{k,y}}{M_{s,y}}$$

$$= \frac{0.00 \text{ kNm}}{1.01 \text{ kNm}}$$

$$= 0.000$$

$$C_{my} = 0.9 + 0.1 \cdot \alpha_{k,y}$$

$$= 0.9 + 0.1 \cdot 0.000$$

$$= 0.900$$

$$\alpha_{t,z} = \frac{M_{k,z}}{M_{s,z}}$$

$$= \frac{0.04 \text{ kNm}}{0.04 \text{ kNm}}$$

$$= 0.856$$

$$C_{mz} = 0.9 + 0.1 \cdot \alpha_{t,z}$$

$$= 0.9 + 0.1 \cdot 0.856$$

$$= 0.986$$

6.3.1.2(1)

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

6.3.1.3(1)

$$= 0.900 \cdot \left(1 + (1.880 - 0.2) \cdot \frac{136.18 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 1.291$$

6.3.1.2(1)

$$k_{yy} = \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

6.3.1.2(1), Eq. 6.49

$$= \min \left(1.291, 0.900 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{136.18 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 1.086$$

6.3.1.2(1)

$$k_{yz} = 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.986 \cdot \left(1 + (1.880 - 0.2) \cdot \frac{136.18 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.848$$

6.3.1.3(1)

$$k_{yz} = \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

6.3.1.2(1)

$$k_{zy} = 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.900 \cdot \left(1 + (1.880 - 0.2) \cdot \frac{136.18 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.774$$

6.3.1.2(1), Eq. 6.49

$$k_{zy} = \min \left(k_{zy}, 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

6.3.3, Tab. 6.7

$$= \min \left(0.774, 0.6 \cdot 0.900 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{136.18 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.652$$

6.3.3, Tab. 6.7

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

6.3.3, Tab. 6.7

$$= 0.986 \cdot \left(1 + (1.880 - 0.2) \cdot \frac{136.18 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 1.414$$

Tab. B.3

$$k_{zz} = \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

Tab. B.3

$$= \min \left(1.414, 0.986 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{136.18 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 1.189$$

Tab. B.3

$$\eta_{N6.61} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

Tab. B.3

6.3.3(4)

6.3.3(4)

6.3.3(4)

6.3.3(4)

6.3.3(4)

6.3.3(4)

6.3.3(4), Eq. 6.61

$$\begin{aligned}
 &= \frac{136.18 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \\
 &= 0.259 \\
 \eta_{M_y,6.61} &= k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \\
 &= 1.086 \cdot \frac{|8.36 \text{ kNm}|}{\frac{134.54 \text{ kNm}}{1.00}} \\
 &= 0.068 \\
 \eta_{M_z,6.61} &= k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \\
 &= 0.714 \cdot \frac{|-0.33 \text{ kNm}|}{\frac{134.54 \text{ kNm}}{1.00}} \\
 &= 0.002 \\
 \eta_{6.61} &= \eta_{N6.61} + \eta_{M_y,6.61} + \eta_{M_z,6.61} \\
 &= 0.259 + 0.068 + 0.002 \\
 &= 0.328 \\
 \eta_{N6.62} &= \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\
 &= \frac{136.18 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{2108.700 \text{ kN}}{1.00}} \\
 &= 0.259 \\
 \eta_{M_y,6.62} &= k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \\
 &= 0.652 \cdot \frac{|8.36 \text{ kNm}|}{\frac{134.54 \text{ kNm}}{1.00}} \\
 &= 0.041 \\
 \eta_{M_z,6.62} &= k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \\
 &= 1.189 \cdot \frac{|-0.33 \text{ kNm}|}{\frac{134.54 \text{ kNm}}{1.00}} \\
 &= 0.003 \\
 \eta_{6.62} &= \eta_{N6.62} + \eta_{M_y,6.62} + \eta_{M_z,6.62} \\
 &= 0.259 + 0.041 + 0.003 \\
 &= 0.302 \\
 \eta &= \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62}) \\
 &= \max(0.328, 0.302) \\
 &= 0.328 \\
 \eta &= 0.328 \leq 1 \quad \checkmark
 \end{aligned}$$

6.3.3(4), Eq. 6.61

6.3.3(4), Eq. 6.61

6.3.3(4), Eq. 6.61

6.3.3(4), Eq. 6.62

6.3.3(4), Eq. 6.62

6.3.3(4), Eq. 6.62

6.3.3(4), Eq. 6.62

6.3.3(4), Eq. 6.61, 6.62

- $M_{y,Rk}$: Characteristic value of resistance to bending moments
- $W_{pl,y}$: Plastic section modulus
- $M_{z,Rk}$: Characteristic value of resistance to bending moments
- $W_{pl,z}$: Plastic section modulus
- α_{yy} : Factor
- $M_{0,y}$: Hogging moment
- $M_{s,y}$: Sagging moment
- C_{my} : Equivalent uniform moment factor
- α_{yz} : Factor
- $M_{0,z}$: Hogging moment
- $M_{s,z}$: Sagging moment
- C_{mz} : Equivalent uniform moment factor
- k_{yy} : Interaction factor
- $N_{c,Ed}$: Design compression force
- γ_{M1} : Partial factor
- k_{yz} : Interaction factor
- k_{zy} : Interaction factor
- k_{zz} : Interaction factor
- $\eta_{N,6.61}$: Design component for N
- $\eta_{M_y,6.61}$: Design component for M_y
- $M_{y,Ed}$: Design bending moment (maximum on segment)
- $\eta_{M_z,6.61}$: Design component for M_z
- $M_{z,Ed}$: Design bending moment (maximum on segment)
- $\eta_{6.61}$: Design ratio
- $\eta_{N,6.62}$: Design component for N
- $\eta_{M_y,6.62}$: Design component for M_y
- $\eta_{M_z,6.62}$: Design component for M_z
- $\eta_{6.62}$: Design ratio

- $N_{cr,y}$: Elastic critical force
- E : Modulus of elasticity
- I_y : Moment of inertia
- $L_{cr,y}$: Buckling length
- $\bar{\lambda}_y$: Non-dimensional slenderness
- A : Sectional area
- f_y : Yield strength
- ω_y : Value to determine reduction factor χ
- α_y : Imperfection factor
- χ_y : Reduction factor for buckling
- $N_{cr,z}$: Elastic critical force
- I_z : Moment of inertia
- $L_{cr,z}$: Buckling length
- $\bar{\lambda}_z$: Non-dimensional slenderness
- ω_z : Value to determine reduction factor χ
- α_z : Imperfection factor
- χ_z : Reduction factor
- N_{Rk} : Characteristic value of resistance to compression

Штапови испуне SHS 90x90x4: (Вертикале су меродавне због конфигурације носача)

CO 23: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC3		
Load Case		EN 1990 CEN 2010-04
	Name	Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m

Табела 2.5-3 Меродавна комбинација оптерећења CO 23

Design Internal Forces			
Design axial force	N _{Ed}	-300.37 kN	
Design shear force	V _{z,Ed}	0.00 kN	Negligible
Design shear force	V _{y,Ed}	-0.06 kN	Negligible
Design torsional moment	T _{Ed}	-0.01 kNm	Negligible
Design bending moment	M _{y,Ed}	0.00 kNm	Negligible
Design bending moment	M _{z,Ed}	0.04 kNm	

Табела 2.5-4 Меродавне силе за димензионисање испуне главног носача

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{114.00 \text{ cm}^4}{(2.250 \text{ m})^2}$$

$$= 466.72 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{12.00 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{466.72 \text{ kN}}}$$

$$= 0.955$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.955 - 0.2) + (0.955)^2 \right]$$

$$= 1.036$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{1.036 + \sqrt{(1.036)^2 - (0.955)^2}}$$

$$= 0.70$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{114.00 \text{ cm}^4}{(2.250 \text{ m})^2}$$

$$= 466.72 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{12.00 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{466.72 \text{ kN}}}$$

$$= 0.955$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.955 - 0.2) + (0.955)^2 \right]$$

$$= 1.036$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{1.036 + \sqrt{(1.036)^2 - (0.955)^2}}$$

$$= 0.70$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y$$

$$= 12.00 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 426.000 \text{ kN}$$

6.3.1.2(1) $M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y$

$$= 34.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 12.07 \text{ kNm}$$

6.3.1.3(1) $C_{mz} = 0.6 + 0.4 \cdot \Psi_z$

$$= 0.6 + 0.4 \cdot -0.397$$

$$= 0.441$$

6.3.1.2(1) $k_{yz} = 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$

$$= 0.6 \cdot 0.441 \cdot \left(1 + (0.955 - 0.2) \cdot \frac{300.37 \text{ kN}}{0.70 \cdot \frac{426.000 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.467$$

6.3.1.2(1), Eq. 6.49 $k_{yz} = \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$

$$= \min \left(0.467, 0.6 \cdot 0.441 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{300.37 \text{ kN}}{0.70 \cdot \frac{426.000 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.467$$

6.3.1.2(1) $k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$

6.3.1.3(1) $= 0.441 \cdot \left(1 + (0.955 - 0.2) \cdot \frac{300.37 \text{ kN}}{0.70 \cdot \frac{426.000 \text{ kN}}{1.00}} \right)$

$$= 0.778$$

6.3.1.2(1) $k_{zz} = \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$

$$= \min \left(0.778, 0.441 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{300.37 \text{ kN}}{0.70 \cdot \frac{426.000 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.778$$

6.3.1.2(1), Eq. 6.45 $\eta_{N6.61} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$

$$= \frac{300.37 \text{ kN}}{0.70 \cdot \frac{426.000 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 1.012$$

6.3.3, Tab. 6.7

6.3.3, Tab. 6.7

Tab. B.3

6.3.3(4)

6.3.3(4)

6.3.3(4)

6.3.3(4)

6.3.3(4), Eq. 6.61

$$\begin{aligned}\eta_{Mz6.62} &= k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,Rk}} \\ &= 0.778 \cdot \frac{|-0.10 \text{ kNm}|}{\frac{12.07 \text{ kNm}}{1.00}} \\ &= 0.006\end{aligned}$$

6.3.3(4), Eq. 6.62

$$\begin{aligned}\eta_{6.62} &= \eta_{N6.62} + \eta_{Mz6.62} \\ &= 1.012 + 0.006 \\ &= 1.019\end{aligned}$$

6.3.3(4), Eq. 6.62

$$\begin{aligned}\eta &= \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62}) \\ &= \max(1.016, 1.019) \\ &= 1.019\end{aligned}$$

6.3.3(4), Eq. 6.61, 6.62

$$\eta = 1.019 > 1 \quad \color{red}\blacktriangledown$$

$N_{cr,y}$	Elastic critical force
E	Modulus of elasticity
I_y	Moment of inertia
$L_{cr,y}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_y$	Non-dimensional slenderness
A	Sectional area
f_y	Yield strength
Φ_y	Value to determine reduction factor χ
α_y	Imperfection factor
χ_y	Reduction factor for buckling
$N_{cr,z}$	Elastic critical force
I_z	Moment of inertia
$L_{cr,z}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_z$	Non-dimensional slenderness
Φ_z	Value to determine reduction factor χ
α_z	Imperfection factor
χ_z	Reduction factor
N_{Rk}	Characteristic value of resistance to compression
I_z	Moment of inertia
$L_{cr,z}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_z$	Non-dimensional slenderness
Φ_z	Value to determine reduction factor χ
α_z	Imperfection factor
χ_z	Reduction factor
N_{Rk}	Characteristic value of resistance to compression
$M_{z,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,z}$	Plastic section modulus
C_{mz}	Equivalent uniform moment factor
Ψ_z	Ratio of end moments
k_{yz}	Interaction factor
$N_{c,Ed}$	Design compression force
γ_{M1}	Partial factor
k_{zz}	Interaction factor
$\eta_{N 6.61}$	Design component for N
$\eta_{Mz 6.61}$	Design component for M_z
$M_{z,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{6.61}$	Design ratio
$\eta_{N 6.62}$	Design component for N
$\eta_{Mz 6.62}$	Design component for M_z
$\eta_{6.62}$	Design ratio

Стубови главног носача: НЕВ 280

CO 23: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC3		
Load Case		EN 1990 CEN 2010-04
	Name	Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m

Табела 2.5-5 Меродавна комбинација оптерећења CO 23

Design Internal Forces			
Design axial force	N _{Ed}	-351.90 kN	
Design shear force	V _{z,Ed}	-44.38 kN	
Design shear force	V _{y,Ed}	-0.22 kN	Negligible
Design torsional moment	T _{Ed}	0.01 kNm	Negligible
Design bending moment	M _{y,Ed}	-69.68 kNm	
Design bending moment	M _{z,Ed}	-1.12 kNm	

Слика 2.5-3 Меродавне силе за димензионисање главног стуба

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{19270.00 \text{ cm}^4}{(20.000 \text{ m})^2}$$

$$= 998.48 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{131.40 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{998.48 \text{ kN}}}$$

$$= 2.161$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (2.161 - 0.2) + (2.161)^2 \right]$$

$$= 3.169$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{3.169 + \sqrt{(3.169)^2 - (2.161)^2}}$$

$$= 0.18$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{6595.00 \text{ cm}^4}{(5.000 \text{ m})^2}$$

$$= 5467.56 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{131.40 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{5467.56 \text{ kN}}}$$

$$= 0.924$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.490 \cdot (0.924 - 0.2) + (0.924)^2 \right]$$

$$= 1.104$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{1.104 + \sqrt{(1.104)^2 - (0.924)^2}}$$

$$= 0.59$$

6.3.1.2(1) $M_{cr} = \alpha_{cr} \cdot |M_{y,Ed}|$ 6.3.2.2(1)

$$= 7.19 \cdot |-180.78 \text{ kNm}|$$

$$= 1300.22 \text{ kNm}$$

6.3.1.3(1) $\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$ 6.3.2.2(1)

$$= \sqrt{\frac{1534.76 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{1300.22 \text{ kNm}}}$$

$$= 0.647$$

6.3.1.2(1) $\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2 \right]$ 6.3.2.3(1)

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (0.647 - 0.400) + 0.750 \cdot (0.647)^2 \right]$$

$$= 0.699$$

6.3.1.2(1), Eq. 6. $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT})^2 - \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2}}$ 6.3.2.3(1), Eq. 6.57

$$= \frac{1}{0.699 + \sqrt{(0.699)^2 - 0.750 \cdot (0.647)^2}}$$

$$= 0.90$$

6.3.1.2(1) $f = 1 - 0.5 \cdot (1 - k_c) \cdot \left(1 - 2 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2 \right)$ 6.3.2.3(2)

$$= 1 - 0.5 \cdot (1 - 1.000) \cdot \left(1 - 2 \cdot (0.647 - 0.8)^2 \right)$$

$$= 1.000$$

6.3.1.3(1) $\chi_{LT,mod} = \frac{\chi_{LT}}{f}$ 6.3.2.3(2), Eq. 6.58

$$= \frac{0.90}{1.000}$$

$$= 0.90$$

6.3.1.2(1) $N_{Rk} = A \cdot f_y$ 6.3.3, Tab. 6.7

$$= 131.40 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 4664.700 \text{ kN}$$

6.3.1.2(1) $M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y$ 6.3.3, Tab. 6.7

$$= 1534.76 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 544.84 \text{ kNm}$$

6.3.1.2(1) $M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y$ 6.3.3, Tab. 6.7

$$= 717.57 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 254.74 \text{ kNm}$$

6.3.1.2(1), Eq. 6. $\alpha_{s,y} = \frac{M_{s,y}}{M_{h,y}}$ Tab. B.3

$$= \frac{-69.75 \text{ kNm}}{151.91 \text{ kNm}}$$

$$\begin{aligned}
 &= -0.459 \\
 C_{my} &= 0.2 \cdot (-\Psi_y) - 0.8 \cdot \alpha_{s,y} \\
 &= 0.2 \cdot (- - 0.001) - 0.8 \cdot -0.459 \\
 &= 0.367 \\
 C_{my} &= 0.4 \\
 \alpha_{h,y,LT} &= \frac{M_{h,y,LT}}{M_{s,y,LT}} \\
 &= \frac{-69.68 \text{ kNm}}{-180.70 \text{ kNm}} \\
 &= 0.386 \\
 C_{mLT} &= 0.9 + 0.1 \cdot \alpha_{h,y,LT} \\
 &= 0.9 + 0.1 \cdot 0.386 \\
 &= 0.939 \\
 \alpha_{s,z} &= \frac{M_{s,z}}{M_{h,z}} \\
 &= \frac{-0.62 \text{ kNm}}{-1.12 \text{ kNm}} \\
 &= 0.551 \\
 C_{mz} &= 0.2 + 0.8 \cdot \alpha_{s,z} \\
 &= 0.2 + 0.8 \cdot 0.551 \\
 &= 0.641 \\
 k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\
 &= 0.400 \cdot \left(1 + (2.161 - 0.2) \cdot \frac{351.90 \text{ kN}}{0.18 \cdot \frac{4664.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\
 &= 0.725 \\
 k_{yy} &= \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\
 &= \min \left(0.725, 0.400 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{351.90 \text{ kN}}{0.18 \cdot \frac{4664.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\
 &= 0.532 \\
 k_{yz} &= 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\
 &= 0.6 \cdot 0.641 \cdot \left(1 + (2 \cdot 0.924 - 0.6) \cdot \frac{351.90 \text{ kN}}{0.59 \cdot \frac{4664.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\
 &= 0.446 \\
 k_{yz} &= \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\
 &= \min \left(0.446, 0.6 \cdot 0.641 \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{351.90 \text{ kN}}{0.59 \cdot \frac{4664.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\
 &= 0.446 \\
 k_{zy} &= 1 - 0.1 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \cdot \chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\
 &= 1 - 0.1 \cdot 0.924 \cdot \frac{351.90 \text{ kN}}{(0.939 - 0.25) \cdot 0.59 \cdot \frac{4664.700 \text{ kN}}{1.00}} \\
 &= 0.983 \\
 k_{zy} &= \max \left(k_{zy}, 1 - 0.1 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \cdot \chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\
 &= \max \left(0.983, 1 - 0.1 \cdot \frac{351.90 \text{ kN}}{(0.939 - 0.25) \cdot 0.59 \cdot \frac{4664.700 \text{ kN}}{1.00}} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.983 \\
 \text{Tab. B.3} \quad k_{zz} &= C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\
 &= 0.641 \cdot \left(1 + (2 \cdot 0.924 - 0.6) \cdot \frac{351.90 \text{ kN}}{0.59 \cdot \frac{4664.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\
 &= 0.744 \\
 \text{Tab. A.1} \\
 \text{Tab. B.3} \quad k_{zz} &= \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\
 &= \min \left(0.744, 0.641 \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{351.90 \text{ kN}}{0.59 \cdot \frac{4664.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\
 &= 0.744 \\
 \text{Tab. B.3} \\
 \text{Tab. B.3} \quad \eta_{N6.61} &= \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\
 &= \frac{351.90 \text{ kN}}{0.18 \cdot \frac{4664.700 \text{ kN}}{1.00}} \\
 &= 0.414 \\
 \text{Tab. B.3} \\
 \eta_{My6.61} &= k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\
 &= 0.532 \cdot \frac{|-180.78 \text{ kNm}|}{0.90 \cdot \frac{544.84 \text{ kNm}}{1.00}} \\
 &= 0.197 \\
 \eta_{Mz6.61} &= k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\
 &= 0.446 \cdot \frac{|-1.12 \text{ kNm}|}{\frac{254.74 \text{ kNm}}{1.00}} \\
 &= 0.002 \\
 \eta_{6.61} &= \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61} + \eta_{Mz6.61} \\
 &= 0.414 + 0.197 + 0.002 \\
 &= 0.613 \\
 6.3.3(4) \quad \eta_{N6.62} &= \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\
 &= \frac{351.90 \text{ kN}}{0.59 \cdot \frac{4664.700 \text{ kN}}{1.00}} \\
 &= 0.129 \\
 6.3.3(4) \quad \eta_{My6.62} &= k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\
 &= 0.983 \cdot \frac{|-180.78 \text{ kNm}|}{0.90 \cdot \frac{544.84 \text{ kNm}}{1.00}} \\
 &= 0.364 \\
 6.3.3(4) \quad \eta_{Mz6.62} &= k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\
 &= 0.744 \cdot \frac{|-1.12 \text{ kNm}|}{\frac{254.74 \text{ kNm}}{1.00}} \\
 &= 0.003 \\
 \eta_{6.62} &= \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62} + \eta_{Mz6.62} \\
 &= 0.129 + 0.364 + 0.003 \\
 &= 0.496 \\
 6.3.3(4) \quad \eta &= \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62}) \\
 &= \max(0.613, 0.496) \\
 &= 0.613 \\
 \eta &= 0.613 \leq 1 \quad \checkmark
 \end{aligned}$$

2.5.2 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У КАЛКАНСКОМ ЗИДУ 1 ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

Фасадни стубови у калкану 1 НЕА 160:

CO41: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC7		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC7	Vetar - upravno na podužni zid 0,2 +X	Wind

Табела 2.5-6 Меродавна комбинација оптерећења CO41

Design Internal Forces			
Design axial force	N _{Ed}	-34.01 kN	
Design shear force	V _{z,Ed}	4.29 kN	
Design shear force	V _{y,Ed}	-0.05 kN	Negligible
Design torsional moment	T _{Ed}	0.00 kNm	Negligible
Design bending moment	M _{y,Ed}	10.94 kNm	
Design bending moment	M _{z,Ed}	-0.10 kNm	

Табела 2.5-7 Меродавне силе за димензионисање фасадних стубова

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{1673.00 \text{ cm}^4}{(7.800 \text{ m})^2}$$

$$= 569.94 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{38.77 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{569.94 \text{ kN}}}$$

$$= 1.554$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (1.554 - 0.2) + (1.554)^2 \right]$$

$$= 1.938$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{1.938 + \sqrt{(1.938)^2 - (1.554)^2}}$$

$$= 0.32$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{615.60 \text{ cm}^4}{(6.300 \text{ m})^2}$$

$$= 321.47 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{38.77 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{321.47 \text{ kN}}}$$

$$= 2.069$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.490 \cdot (2.069 - 0.2) + (2.069)^2 \right]$$

$$= 3.099$$

$$\lambda_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{3.099 + \sqrt{(3.099)^2 - (2.069)^2}}$$

$$= 0.19$$

6.3.1.2(1) $M_{cr} = \alpha_{cr} \cdot |M_{y,Ed}|$

$$= 6.02 \cdot |-51.41 \text{ kNm}|$$

$$= 309.27 \text{ kNm}$$

6.3.1.3(1) $\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$

$$= \sqrt{\frac{245.22 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{309.27 \text{ kNm}}}$$

$$= 0.531$$

6.3.1.2(1) $\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2 \right]$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (0.531 - 0.400) + 0.750 \cdot (0.531)^2 \right]$$

$$= 0.628$$

6.3.1.2(1), Eq. 6.4f $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT})^2 - \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2}}$

$$= \frac{1}{0.628 + \sqrt{(0.628)^2 - 0.750 \cdot (0.531)^2}}$$

$$= 0.95$$

6.3.1.2(1) $f = 1 - 0.5 \cdot (1 - k_c) \cdot (1 - 2 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2)$

$$= 1 - 0.5 \cdot (1 - 1.000) \cdot (1 - 2 \cdot (0.531 - 0.8)^2)$$

$$= 1.000$$

6.3.1.2(1) $\chi_{LT,mod} = \frac{\chi_{LT}}{f}$

$$= \frac{0.95}{1.000}$$

$$= 0.95$$

6.3.1.3(1) $N_{Ed} = A \cdot f_y$

$$= 38.77 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 1376.340 \text{ kN}$$

6.3.1.2(1) $M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y$

$$= 245.22 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 87.05 \text{ kNm}$$

6.3.1.2(1) $M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y$

$$= 117.63 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 41.76 \text{ kNm}$$

6.3.1.2(1), Eq. 6.4 $\alpha_{s,y} = \frac{M_{s,y}}{M_{h,y}}$

6.3.2.2(1)

6.3.2.2(1)

6.3.2.3(1)

6.3.2.3(1), Eq. 6.57

6.3.2.3(2)

6.3.2.3(2), Eq. 6.58

6.3.3, Tab. 6.7

6.3.3, Tab. 6.7

6.3.3, Tab. 6.7

Tab. B.3

$$= \frac{14.82 \text{ kNm}}{-51.41 \text{ kNm}}$$

$$= -0.288$$

$$C_{my} = -0.8 \cdot \alpha_{s,y}$$

$$= -0.8 \cdot -0.288$$

$$= 0.231$$

$$C_{my} = 0.4$$

$$\alpha_{h,y,LT} = \frac{M_{h,y,LT}}{M_{s,y,LT}}$$

$$= \frac{10.94 \text{ kNm}}{14.60 \text{ kNm}}$$

$$= 0.750$$

$$C_{mLT} = 0.9 + 0.1 \cdot \alpha_{h,y,LT}$$

$$= 0.9 + 0.1 \cdot 0.750$$

$$= 0.975$$

$$\alpha_{s,z} = \frac{M_{s,z}}{M_{h,z}}$$

$$= \frac{0.09 \text{ kNm}}{-0.10 \text{ kNm}}$$

$$= -0.894$$

$$C_{mz} = -0.8 \cdot \alpha_{s,z}$$

$$= -0.8 \cdot -0.894$$

$$= 0.716$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.400 \cdot \left(1 + (1.554 - 0.2) \cdot \frac{34.01 \text{ kN}}{0.32 \cdot \frac{1376.340 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.441$$

$$k_{yy} = \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.441, 0.400 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{34.01 \text{ kN}}{0.32 \cdot \frac{1376.340 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.424$$

$$k_{yz} = 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.716 \cdot \left(1 + (2 \cdot 2.069 - 0.6) \cdot \frac{34.01 \text{ kN}}{0.19 \cdot \frac{1376.340 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.632$$

$$k_{yz} = \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.632, 0.6 \cdot 0.716 \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{34.01 \text{ kN}}{0.19 \cdot \frac{1376.340 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.510$$

$$k_{zy} = 1 - 0.1 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \cdot \chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 1 - 0.1 \cdot 2.069 \cdot \frac{34.01 \text{ kN}}{(0.975 - 0.25) \cdot 0.19 \cdot \frac{1376.340 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.962$$

$$k_{zy} = \max \left(k_{zy}, 1 - 0.1 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \cdot \chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= \max \left(0.962, 1 - 0.1 \cdot \frac{34.01 \text{ kN}}{(0.975 - 0.25) \cdot 0.19 \cdot \frac{1376.340 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

Tab. B.3

$$= 0.982$$

Tab. A.1

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

Tab. B.3

$$= 0.716 \cdot \left(1 + (2 \cdot 2.069 - 0.6) \cdot \frac{34.01 \text{ kN}}{0.19 \cdot \frac{1376.340 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 1.054$$

Tab. B.3

$$k_{zz} = \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

Tab. B.3

$$= \min \left(1.054, 0.716 \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{34.01 \text{ kN}}{0.19 \cdot \frac{1376.340 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.849$$

Tab. B.3

$$\eta_{N6.61} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{34.01 \text{ kN}}{0.32 \cdot \frac{1376.340 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.076$$

$$\eta_{My6.61} = k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.424 \cdot \frac{|-51.41 \text{ kNm}|}{0.95 \cdot \frac{87.05 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.265$$

$$\eta_{Mz6.61} = k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\chi_{Mz} \cdot \frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.510 \cdot \frac{|0.11 \text{ kNm}|}{\frac{41.76 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.001$$

6.3.3(4)

$$\eta_{6.61} = \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61} + \eta_{Mz6.61}$$

$$= 0.076 + 0.265 + 0.001$$

$$= 0.342$$

$$\eta_{N6.62} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{34.01 \text{ kN}}{0.19 \cdot \frac{1376.340 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.134$$

6.3.3(4)

$$\eta_{My6.62} = k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.982 \cdot \frac{|-51.41 \text{ kNm}|}{0.95 \cdot \frac{87.05 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.612$$

$$\eta_{Mz6.62} = k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\chi_{Mz} \cdot \frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

6.3.3(4)

$$= 0.849 \cdot \frac{|0.11 \text{ kNm}|}{\frac{41.76 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.002$$

$$\eta_{6.62} = \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62} + \eta_{Mz6.62}$$

$$= 0.134 + 0.612 + 0.002$$

$$= 0.748$$

6.3.3(4)

$$\eta = \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62})$$

$$= \max(0.342, 0.748)$$

= 0.748

 $\eta = 0.748 \leq 1$ ✓

$N_{cr,y}$	Elastic critical force
E	Modulus of elasticity
I_y	Moment of inertia
$L_{cr,y}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_y$	Non-dimensional slenderness
A	Sectional area
f_y	Yield strength
Φ_y	Value to determine reduction factor χ
α_y	Imperfection factor
χ_y	Reduction factor for buckling
$N_{cr,z}$	Elastic critical force
I_z	Moment of inertia
$L_{cr,z}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_z$	Non-dimensional slenderness
Φ_z	Value to determine reduction factor χ
α_z	Imperfection factor
χ_z	Reduction factor
M_{cr}	Elastic critical moment for lateral-torsional buckling
α_{cr}	Amplifier
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on member or set)
$\bar{\lambda}_{LT}$	Non-dimensional slenderness
$W_{pl,y}$	Plastic section modulus
Φ_{LT}	Value to determine reduction factor χ
α_{LT}	Imperfection factor
$\bar{\lambda}_{LT,0}$	Limiting slenderness
β	Parameter
χ_{LT}	Reduction factor for lateral-torsional buckling
f	Modification factor
k_c	Correction factor
$\chi_{LT,mod}$	Modified reduction factor for lateral-torsional buckling
N_{Rk}	Characteristic value of resistance to compression
$M_{y,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$M_{z,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,z}$	Plastic section modulus
$\alpha_{s,y}$	Factor
$M_{s,y}$	Sagging moment
$M_{h,y}$	Hogging moment
C_{my}	Equivalent uniform moment factor
$\alpha_{h,y,LT}$	Factor
$M_{h,y,LT}$	Hogging moment
$M_{s,y,LT}$	Sagging moment
C_{mLT}	Equivalent uniform moment factor
$\alpha_{s,z}$	Factor
$M_{s,z}$	Sagging moment
$M_{h,z}$	Hogging moment
C_{mz}	Equivalent uniform moment factor
k_{yy}	Interaction factor
$N_{c,Ed}$	Design compression force
γ_{M1}	Partial factor
k_{yz}	Interaction factor
k_{zy}	Interaction factor
k_{zz}	Interaction factor
$\eta_{N 6.61}$	Design component for N
$\eta_{My 6.61}$	Design component for M_y
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{Mz 6.61}$	Design component for M_z
$M_{z,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{6.61}$	Design ratio
$\eta_{N 6.62}$	Design component for N
$\eta_{My 6.62}$	Design component for M_y
$\eta_{Mz 6.62}$	Design component for M_z
$\eta_{6.62}$	Design ratio

Фасадне ригле у калкану 1 Нувох RHS 120x40x4:

CO58: 1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC6		
Load Case	EN 1990 CEN 2010-04	
	Name	Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC6	Vetar - upravno na kalkan -0,3 +Y	Wind

Табела 2.5-8 Меродавна комбинација оптерећења CO 58

Design Internal Forces					
Design axial force	NEd	0.04	kN		Negligible
Design shear force	Vz,Ed	0.00	kN		Negligible
Design shear force	Vy,Ed	0.00	kN		Negligible
Design torsional moment	TEd	0.00	kNm		Negligible
Design bending moment	My,Ed	-3.82	kNm		
Design bending moment	Mz,Ed	-0.25	kNm		

Слика 2.5-4 Меродавне силе за димензионисање фасадне ригле

Design Check SP4100.03 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Section Proof

Bending about y-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.5 | Plastic design

$$\begin{aligned}
 M_{pl,y,Rd} &= W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \\
 &= 41.20 \text{ cm}^3 \cdot \frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{1.00} \\
 &= 14.63 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

6.2.5, Eq. 6.13

$$\begin{aligned}
 \eta_{My} &= \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} \\
 &= \frac{|-3.82 \text{ kNm}|}{14.63 \text{ kNm}} \\
 &= 0.261
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \eta_{My} \\
 &= 0.261
 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.261 \leq 1 \quad \checkmark$$

 $M_{pl,y,Rd}$ Design moment resistance $W_{pl,y}$ Plastic section modulus f_y Yield strength γ_{M0} Partial factor η_{My} Design component for M_y $M_{y,Ed}$ Design bending moment

Вертикални спрегови у калкану 1 L 50x50x5:

CO72: 1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC8		
Load Case	EN 1990 CEN 2010-04	
	Name	Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC4	Sneg 2	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC8	Vetar - upravno na podužni zid -0,3 +X	Wind

Табела 2.5-9 Меродавна комбинација оптерећења CO 72

Design Internal Forces			
Design axial force	N _{Ed}	44.22 kN	
Design shear force	V _{v,Ed}	0.00 kN	Negligible
Design shear force	V _{u,Ed}	0.00 kN	Negligible
Design torsional moment	T _{Ed}	0.00 kNm	Negligible
Design bending moment	M _{u,Ed}	0.00 kNm	Negligible
Design bending moment	M _{v,Ed}	0.00 kNm	Negligible

Слика 2.5-5 Меродавне силе за димензионисање вертикалног спрега у калкану

Design Check SP1100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Section Proof

Tension acc. to EN 1993-1-1, 6.2.3

$$\begin{aligned}
 N_{pl,Rd} &= A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} && 6.2.3, \text{ Eq. 6.6} \\
 &= 4.80 \text{ cm}^2 \cdot \frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{1.00} \\
 &= 170.400 \text{ kN} \\
 N_{t,Rd} &= N_{pl,Rd} && 6.2.3(2) \\
 &= 170.40 \text{ kN} \\
 \eta &= \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} && 6.2.3, \text{ Eq. 6.5} \\
 &= \frac{44.22 \text{ kN}}{170.40 \text{ kN}} \\
 &= 0.260 \\
 \eta &= 0.260 \leq 1 \quad \checkmark
 \end{aligned}$$

$N_{pl,Rd}$ Design plastic axial resistance

A Sectional area

f_y Yield strength

γ_{M0} Partial factor

$N_{t,Rd}$ Design axial force resistance

$N_{t,Ed}$ Design tension force

Поклапача у калкану 1 SHS 70x70x3,2:

CO260: LC1 + 1.50 * LC7		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC7	Vetar - upravno na podužni zid 0,2 +X	Wind

Слика 2.5-6 Меродавна комбинација оптерећења CO 260

Design Internal Forces			
Design axial force	N _{Ed}	-24.86	kN
Design shear force	V _{z,Ed}	-0.99	kN
Design shear force	V _{y,Ed}	0.45	kN
Design torsional moment	T _{Ed}	0.15	kNm
Design bending moment	M _{y,Ed}	-1.01	kNm
Design bending moment	M _{z,Ed}	-0.62	kNm

Слика 2.5-7 Меродавне силе за димензионисање поклапаче у калкану 1

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{62.30 \text{ cm}^4}{(4.220 \text{ m})^2}$$

$$= 72.52 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{8.44 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{72.52 \text{ kN}}}$$

$$= 2.033$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (2.033 - 0.2) + (2.033)^2 \right]$$

$$= 2.758$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{2.758 + \sqrt{(2.758)^2 - (2.033)^2}}$$

$$= 0.22$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{62.30 \text{ cm}^4}{(4.220 \text{ m})^2}$$

$$= 72.52 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{8.44 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{72.52 \text{ kN}}}$$

$$= 2.033$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (2.033 - 0.2) + (2.033)^2 \right]$$

$$= 2.758$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{2.758 + \sqrt{(2.758)^2 - (2.033)^2}}$$

$$= 0.22$$

$$M_{cr} = \alpha_{cr} \cdot |M_{y,Ed}|$$

$$= 393.36 \cdot |-1.01 \text{ kNm}|$$

$$= 396.55 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$= \sqrt{\frac{21.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{396.55 \text{ kNm}}}$$

$$= 0.137$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + (\bar{\lambda}_{LT})^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.760 \cdot (0.137 - 0.2) + (0.137)^2 \right]$$

$$= 0.486$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT})^2 - (\bar{\lambda}_{LT})^2}}$$

$$= \frac{1}{0.486 + \sqrt{(0.486)^2 - (0.137)^2}}$$

$$= 1.05$$

$$\chi_{LT} = \min(\chi_{LT}, 1)$$

$$= \min(1.05, 1)$$

$$= 1.00$$

$$\begin{aligned} N_{Rk} &= A \cdot f_y \\ &= 8.44 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 299.620 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y,Rk} &= W_{pl,y} \cdot f_y \\ &= 21.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 7.45 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{z,Rk} &= W_{pl,z} \cdot f_y \\ &= 21.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 7.45 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{my} &= 0.6 + 0.4 \cdot \Psi_y \\ &= 0.6 + 0.4 \cdot -0.943 \\ &= 0.223 \end{aligned}$$

$$C_{my} = 0.4$$

$$\begin{aligned} C_{mLT} &= 0.6 + 0.4 \cdot \Psi_{y,LT} \\ &= 0.6 + 0.4 \cdot -0.943 \\ &= 0.223 \end{aligned}$$

$$C_{mLT} = 0.4$$

$$\begin{aligned} \alpha_{s,z} &= \frac{M_{s,z}}{M_{h,z}} \\ &= \frac{-0.11 \text{ kNm}}{-0.62 \text{ kNm}} \\ &= 0.182 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{mz} &= 0.2 + 0.8 \cdot \alpha_{s,z} \\ &= 0.2 + 0.8 \cdot 0.182 \\ &= 0.346 \end{aligned}$$

$$C_{mz} = 0.4$$

$$\begin{aligned} k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.400 \cdot \left(1 + (2.033 - 0.2) \cdot \frac{24.86 \text{ kN}}{0.22 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.681 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{yy} &= \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.681, 0.400 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{24.86 \text{ kN}}{0.22 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.523 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{yz} &= 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.6 \cdot 0.400 \cdot \left(1 + (2.033 - 0.2) \cdot \frac{24.86 \text{ kN}}{0.22 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.409 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{yz} &= \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.409, 0.6 \cdot 0.400 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{24.86 \text{ kN}}{0.22 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.314 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{zy} &= 1 - 0.1 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \cdot \chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= 1 - 0.1 \cdot 2.033 \cdot \frac{24.86 \text{ kN}}{(0.400 - 0.25) \cdot 0.22 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \\ &= 0.480 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{zy} &= \max \left(k_{zy}, 1 - 0.1 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \cdot \chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= \max \left(0.480, 1 - 0.1 \cdot \frac{24.86 \text{ kN}}{(0.400 - 0.25) \cdot 0.22 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.744 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{zz} &= C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.400 \cdot \left(1 + (2.033 - 0.2) \cdot \frac{24.86 \text{ kN}}{0.22 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.681 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{zz} &= \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.681, 0.400 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{24.86 \text{ kN}}{0.22 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.523 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{N6.61} &= \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{24.86 \text{ kN}}{0.22 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \\ &= 0.384 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{My6.61} &= k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= 0.523 \cdot \frac{|-1.01 \text{ kNm}|}{1.00 \cdot \frac{7.45 \text{ kNm}}{1.00}} \\ &= 0.071 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{Mz6.61} &= k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= 0.314 \cdot \frac{|-0.62 \text{ kNm}|}{\frac{7.45 \text{ kNm}}{1.00}} \\ &= 0.026 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{6.61} &= \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61} + \eta_{Mz6.61} \\ &= 0.384 + 0.071 + 0.026 \\ &= 0.480 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{N6.62} &= \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{24.86 \text{ kN}}{0.22 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \\ &= 0.384 \end{aligned}$$

$$\eta_{My6.62} = k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.744 \cdot \frac{|-1.01 \text{ kNm}|}{1.00 \cdot \frac{7.45 \text{ kNm}}{1.00}} \\
 &= 0.101 \\
 \eta_{Mz6.62} &= k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\
 &= 0.523 \cdot \frac{|-0.62 \text{ kNm}|}{\frac{7.45 \text{ kNm}}{1.00}} \\
 &= 0.044 \\
 \eta_{6.62} &= \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62} + \eta_{Mz6.62} \\
 &= 0.384 + 0.101 + 0.044 \\
 &= 0.528 \\
 \eta &= \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62}) \\
 &= \max(0.480, 0.528) \\
 &= 0.528 \\
 \eta &= 0.528 \leq 1 \quad \checkmark
 \end{aligned}$$

$N_{cr,y}$	Elastic critical force
E	Modulus of elasticity
I_y	Moment of inertia
$L_{cr,y}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_y$	Non-dimensional slenderness
A	Sectional area
f_y	Yield strength
Φ_y	Value to determine reduction factor χ
α_y	Imperfection factor
χ_y	Reduction factor for buckling
$N_{cr,z}$	Elastic critical force
I_z	Moment of inertia
$L_{cr,z}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_z$	Non-dimensional slenderness
Φ_z	Value to determine reduction factor χ
α_z	Imperfection factor
χ_y	Reduction factor for buckling
$N_{cr,z}$	Elastic critical force
I_z	Moment of inertia
$L_{cr,z}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_z$	Non-dimensional slenderness
Φ_z	Value to determine reduction factor χ
α_z	Imperfection factor
χ_z	Reduction factor
M_{cr}	Elastic critical moment for lateral-torsional buckling
α_{cr}	Amplifier
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on member or set)
$\bar{\lambda}_{LT}$	Non-dimensional slenderness
$W_{pl,y}$	Plastic section modulus
Φ_{LT}	Value to determine reduction factor χ
α_{LT}	Imperfection factor
χ_{LT}	Reduction factor for lateral-torsional buckling
N_{Rk}	Characteristic value of resistance to compression
$M_{y,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments

$M_{z,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,z}$	Plastic section modulus
C_{my}	Equivalent uniform moment factor
Ψ_y	Ratio of end moments
C_{mLT}	Equivalent uniform moment factor
$\Psi_{y,LT}$	Ratio of end moments
$\alpha_{s,z}$	Factor
$M_{s,z}$	Sagging moment
$M_{h,z}$	Hogging moment
C_{mz}	Equivalent uniform moment factor
k_{yy}	Interaction factor
$N_{c,Ed}$	Design compression force
γ_{M1}	Partial factor
k_{yz}	Interaction factor
k_{zy}	Interaction factor
k_{zz}	Interaction factor
$\eta_{N 6.61}$	Design component for N
$\eta_{My 6.61}$	Design component for M_y
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{Mz 6.61}$	Design component for M_z
$M_{z,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{6.61}$	Design ratio
$\eta_{N 6.62}$	Design component for N
$\eta_{My 6.62}$	Design component for M_y
$\eta_{Mz 6.62}$	Design component for M_z
$\eta_{6.62}$	Design ratio

Надвратна греда IPE 240:

CO52: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC6		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC6	Vetar - upravno na kalkan -0,3 +Y	Wind

Табела 2.5-10 Меродавна комбинација оптерећења CO 52

Design Internal Forces					
Design axial force	NEd	0.08	kN		Negligible
Design shear force	Vz,Ed	0.00	kN		Negligible
Design shear force	Vy,Ed	0.00	kN		Negligible
Design torsional moment	TEd	0.00	kNm		Negligible
Design bending moment	My,Ed	0.83	kNm		
Design bending moment	Mz,Ed	-3.82	kNm		

Слика 2.5-8 Меродавне силе за димензионисање надвратне греде

Design Check SP6500.04 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Section Proof

Biaxial bending and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.1 and 6.2.10 | Plastic design

$$\begin{aligned}
 M_{pl,y,Rd} &= W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \\
 &= 366.76 \text{ cm}^3 \cdot \frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{1.00} \\
 &= 130.20 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pl,z,Rd} &= W_{pl,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \\
 &= 73.92 \text{ cm}^3 \cdot \frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{1.00} \\
 &= 26.24 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\alpha = 2$$

$$\begin{aligned}
 \beta &= 5 \cdot n \\
 &= 5 \cdot 0.000 \\
 &= 0.00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta &= \max(\beta, 1) \\
 &= \max(0.00, 1) \\
 &= 1.00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_{My} &= \left(\frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} \right)^\alpha \\
 &= \left(\frac{|0.83 \text{ kNm}|}{130.20 \text{ kNm}} \right)^{2.00} \\
 &= 0.000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_{Mz} &= \left(\frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} \right)^\beta \\
 &= \left(\frac{|-3.82 \text{ kNm}|}{26.24 \text{ kNm}} \right)^{1.00} \\
 &= 0.145
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \eta_{My} + \eta_{Mz} \\
 &= 0.000 + 0.145 \\
 &= 0.145
 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.145 \leq 1 \checkmark$$

$M_{pl,y,Rd}$	Design moment resistance
$W_{pl,y}$	Plastic section modulus
f_y	Yield strength
γ_{M0}	Partial factor
$M_{pl,z,Rd}$	Design moment resistance
$W_{pl,z}$	Plastic section modulus
α	Parameter introducing effect of biaxial bending
β	Parameter introducing effect of biaxial bending
n	Ratio of design axial force to design plastic resistance
η_{My}	Design component for M_y
$M_{y,Ed}$	Design bending moment
η_{Mz}	Design component for M_z
$M_{z,Ed}$	Design bending moment

2.5.3 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У КАЛКАНСКОМ ЗИДУ 2 ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

Фасадни стубови у калкану 1 IPE 220:

CO44: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC10		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC10	Vetar - upravno na kalkan -0,3 -Y	Wind

Табела 2.5-11 Меродавна комбинација оптерећења CO 44

Design Internal Forces				
Design axial force	NEd	-37.01	kN	
Design shear force	Vz,Ed	2.79	kN	
Design shear force	Vy,Ed	0.00	kN	Negligible
Design torsional moment	TEd	0.00	kNm	Negligible
Design bending moment	My,Ed	-1.22	kNm	
Design bending moment	Mz,Ed	0.00	kNm	Negligible

Слика 2.5-9 Меродавне силе за димензионисање фасадних стубова

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{2772.00 \text{ cm}^4}{(7.800 \text{ m})^2}$$

$$= 944.33 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{33.37 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{944.33 \text{ kN}}}$$

$$= 1.120$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (1.120 - 0.2) + (1.120)^2 \right]$$

$$= 1.224$$

$$\lambda_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{1.224 + \sqrt{(1.224)^2 - (1.120)^2}}$$

$$= 0.58$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{204.90 \text{ cm}^4}{(5.300 \text{ m})^2}$$

$$= 151.19 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{33.37 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{151.19 \text{ kN}}}$$

$$= 2.799$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (2.799 - 0.2) + (2.799)^2 \right]$$

$$= 4.860$$

$$\lambda_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{4.860 + \sqrt{(4.860)^2 - (2.799)^2}}$$

$$= 0.11$$

$$M_{cr} = \alpha_{cr} \cdot |M_{y,Ed}|$$

$$= 8.41 \cdot |-19.75 \text{ kNm}|$$

$$= 166.05 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$= \sqrt{\frac{285.48 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{166.05 \text{ kNm}}}$$

$$= 0.781$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (0.781 - 0.400) + 0.750 \cdot (0.781)^2 \right]$$

$$= 0.794$$

$$\lambda_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT})^2 - \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2}}$$

$$= \frac{1}{0.794 + \sqrt{(0.794)^2 - 0.750 \cdot (0.781)^2}}$$

$$= 0.83$$

$$f = 1 - 0.5 \cdot (1 - k_c) \cdot \left(1 - 2 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2 \right)$$

$$= 1 - 0.5 \cdot (1 - 0.820) \cdot \left(1 - 2 \cdot (0.781 - 0.8)^2 \right)$$

$$= 0.910$$

$$\chi_{LT,mod} = \frac{\chi_{LT}}{f}$$

$$= \frac{0.83}{0.910}$$

$$= 0.91$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y$$

$$= 33.37 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 1184.640 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y$$

$$= 285.48 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 101.34 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{s,y} = \frac{M_{s,y}}{M_{h,y}}$$

$$= \frac{2.70 \text{ kNm}}{-19.75 \text{ kNm}}$$

$$= -0.137$$

$$C_{my} = 0.2 \cdot (-\Psi_y) - 0.8 \cdot \alpha_{s,y}$$

$$= 0.2 \cdot (-(-0.002)) - 0.8 \cdot -0.137$$

$$= 0.110$$

$$C_{my} = 0.4$$

$$\alpha_{h,y,LT} = \frac{M_{h,y,LT}}{M_{s,y,LT}}$$

$$= \frac{-1.22 \text{ kNm}}{5.44 \text{ kNm}}$$

$$= -0.224$$

$$C_{mLT} = 0.9 + 0.1 \cdot \alpha_{h,y,LT} \cdot (1 + 2 \cdot \Psi_{y,LT})$$

$$= 0.9 + 0.1 \cdot -0.224 \cdot (1 + 2 \cdot -0.029)$$

$$= 0.879$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.400 \cdot \left(1 + (1.120 - 0.2) \cdot \frac{37.01 \text{ kN}}{0.58 \cdot \frac{1184.640 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.420$$

$$k_{yy} = \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.420, 0.400 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{37.01 \text{ kN}}{0.58 \cdot \frac{1184.640 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.417$$

$$k_{zy} = 1 - 0.1 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \cdot \chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 1 - 0.1 \cdot 2.799 \cdot \frac{37.01 \text{ kN}}{(0.879 - 0.25) \cdot 0.11 \cdot \frac{1184.640 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.877$$

$$k_{zy} = \max \left(k_{zy}, 1 - 0.1 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \cdot \chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= \max \left(0.877, 1 - 0.1 \cdot \frac{37.01 \text{ kN}}{(0.879 - 0.25) \cdot 0.11 \cdot \frac{1184.640 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.956$$

$$\eta_{N6.61} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{37.01 \text{ kN}}{0.58 \cdot \frac{1184.640 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.054$$

$$\eta_{My6.61} = k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.417 \cdot \frac{|-19.75 \text{ kNm}|}{0.91 \cdot \frac{101.34 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.089$$

$$\eta_{6.61} = \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61}$$

$$= 0.054 + 0.089$$

$$= 0.143$$

$$\eta_{N6.62} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{37.01 \text{ kN}}{0.11 \cdot \frac{1184.640 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.276$$

$$\eta_{My6.62} = k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.956 \cdot \frac{|-19.75 \text{ kNm}|}{0.91 \cdot \frac{101.34 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.205$$

$$\eta_{6.62} = \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62}$$

$$= 0.276 + 0.205$$

$$= 0.481$$

$$\eta = 0.481 \leq 1 \quad \checkmark$$

- $N_{cr,y}$ Elastic critical force
- E Modulus of elasticity
- I_y Moment of inertia
- $L_{cr,y}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_y$ Non-dimensional slenderness
- A Sectional area
- f_y Yield strength
- Φ_y Value to determine reduction factor χ
- α_y Imperfection factor
- χ_y Reduction factor for buckling
- $N_{cr,z}$ Elastic critical force
- I_z Moment of inertia
- $L_{cr,z}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_z$ Non-dimensional slenderness
- Φ_z Value to determine reduction factor χ
- α_z Imperfection factor
- χ_z Reduction factor
- M_{cr} Elastic critical moment for lateral-torsional buckling
- α_{cr} Amplifier
- $M_{y,Ed}$ Design bending moment (maximum on member or set)
- $\bar{\lambda}_{LT}$ Non-dimensional slenderness

$W_{pl,y}$	Plastic section modulus
Φ_{LT}	Value to determine reduction factor χ
α_{LT}	Imperfection factor
$\lambda_{LT,0}$	Limiting slenderness
β	Parameter
χ_{LT}	Reduction factor for lateral-torsional buckling
f	Modification factor
k_c	Correction factor
$\chi_{LT,mod}$	Modified reduction factor for lateral-torsional buckling
N_{Rk}	Characteristic value of resistance to compression
$M_{y,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$\alpha_{s,y}$	Factor
$M_{s,y}$	Sagging moment
$M_{h,y}$	Hogging moment
C_{my}	Equivalent uniform moment factor
Ψ_y	Ratio of end moments
$\alpha_{h,y,LT}$	Factor
$M_{h,y,LT}$	Hogging moment
$M_{s,y,LT}$	Sagging moment
C_{mLT}	Equivalent uniform moment factor
$\Psi_{y,LT}$	Ratio of end moments
k_{yy}	Interaction factor
$N_{c,Ed}$	Design compression force
γ_{M1}	Partial factor
k_{zy}	Interaction factor
$\eta_{N 6.61}$	Design component for N
$\eta_{My 6.61}$	Design component for M_y
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{6.61}$	Design ratio
$\eta_{N 6.62}$	Design component for N
$\eta_{My 6.62}$	Design component for M_y
$\eta_{6.62}$	Design ratio

Фасадне ригле у калканском зиду 2 Нувох RHS 120x40x4:

CO53: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC7		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC7	Vetar - upravno na podužni zid 0,2 +X	Wind

Табела 2.5-12 Меродавна комбинација оптерећења CO 53

Design Internal Forces					
Design axial force	N _{Ed}	0.31	kN		Negligible
Design shear force	V _{z,Ed}	0.00	kN		Negligible
Design shear force	V _{y,Ed}	0.00	kN		Negligible
Design torsional moment	T _{Ed}	-0.01	kNm		Negligible
Design bending moment	M _{y,Ed}	-3.85	kNm		
Design bending moment	M _{z,Ed}	-0.25	kNm		

Слика 2.5-10 Меродавне силе за димензионисање фасадне ригле у калкану

Design Check SP4100.03 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Section Proof

Bending about y-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.5 | Plastic design

$$\begin{aligned}
 M_{pl,y,Rd} &= W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \\
 &= 41.20 \text{ cm}^3 \cdot \frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{1.00} \\
 &= 14.63 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

6.2.5, Eq. 6.13

$$\begin{aligned}
 \eta_{My} &= \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} \\
 &= \frac{|-3.85 \text{ kNm}|}{14.63 \text{ kNm}} \\
 &= 0.264
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \eta_{My} \\
 &= 0.264
 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.264 \leq 1 \quad \checkmark$$

- $M_{pl,y,Rd}$ Design moment resistance
- $W_{pl,y}$ Plastic section modulus
- f_y Yield strength
- γ_{M0} Partial factor
- η_{My} Design component for M_y
- $M_{y,Ed}$ Design bending moment

Вертикални спрегови у калканском зиду 2 L 50x50x5:

CO72: 1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC8		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC4	Sneg 2	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC8	Vetar - upravno na podužni zid -0,3 +X	Wind

Табела 2.5-13 Мерадавна комбинација оптерећења CO 72

Design Internal Forces				
Design axial force	N _{Ed}	44.68	kN	
Design shear force	V _{v,Ed}	0.00	kN	Negligible
Design shear force	V _{u,Ed}	0.00	kN	Negligible
Design torsional moment	T _{Ed}	0.00	kNm	Negligible
Design bending moment	M _{u,Ed}	0.00	kNm	Negligible
Design bending moment	M _{v,Ed}	0.00	kNm	Negligible

Слика 2.5-11 Мерадавне силе за димензионисање вертикалног спрега у калканском зиду

Design Check SP1100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Section Proof

Tension acc. to EN 1993-1-1, 6.2.3

$$\begin{aligned}
 N_{pl,Rd} &= A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} && 6.2.3, \text{ Eq. 6.6} \\
 &= 4.80 \text{ cm}^2 \cdot \frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{1.00} \\
 &= 170.400 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{t,Rd} &= N_{pl,Rd} && 6.2.3(2) \\
 &= 170.40 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} && 6.2.3, \text{ Eq. 6.5} \\
 &= \frac{44.68 \text{ kN}}{170.40 \text{ kN}} \\
 &= 0.262
 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.262 \leq 1 \quad \checkmark$$

$N_{pl,Rd}$ Design plastic axial resistance

A Sectional area

f_y Yield strength

γ_{M0} Partial factor

$N_{t,Rd}$ Design axial force resistance

$N_{t,Ed}$ Design tension force

2.5.4 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У ПОДУЖНОМ ЗИДУ ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

Вертикални спрегови у подужном зиду L 50x50x5

CO86: 1.35 * LC1 + 0.75 * LC4 + 1.50 * LC10		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC4	Sneg 2	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC10	Vetar - upravno na kalkan -0,3 -Y	Wind

Табела 2.5-14 Меродавна комбинација оптерећења CO86

Design Internal Forces			
Design axial force	N _{Ed}	111.71 kN	
Design shear force	V _{v,Ed}	0.00 kN	Negligible
Design shear force	V _{u,Ed}	0.00 kN	Negligible
Design torsional moment	T _{Ed}	0.00 kNm	Negligible
Design bending moment	M _{u,Ed}	0.00 kNm	Negligible
Design bending moment	M _{v,Ed}	0.00 kNm	Negligible

Слика 2.5-12 Меродавне силе за димензионисање вертикалног спрега у подужном зиду

Design Check SP1100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Section Proof

Tension acc. to EN 1993-1-1, 6.2.3

$$\begin{aligned}
 N_{pl,Rd} &= A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} && 6.2.3, \text{ Eq. 6.6} \\
 &= 4.80 \text{ cm}^2 \cdot \frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{1.00} \\
 &= 170.400 \text{ kN} \\
 N_{t,Rd} &= N_{pl,Rd} && 6.2.3(2) \\
 &= 170.40 \text{ kN} \\
 \eta &= \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} && 6.2.3, \text{ Eq. 6.5} \\
 &= \frac{111.71 \text{ kN}}{170.40 \text{ kN}} \\
 &= 0.656 \\
 \eta &= 0.656 \leq 1 \quad \checkmark
 \end{aligned}$$

$N_{pl,Rd}$ Design plastic axial resistance

A Sectional area

f_y Yield strength

γ_{M0} Partial factor

$N_{t,Rd}$ Design axial force resistance

$N_{t,Ed}$ Design tension force

Фасадни стубови у подужном зиду IPE 220:

CO80: 1.35 * LC1 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC10		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC10	Vetar - upravno na kalkan -0,3 -Y	Wind

Design Internal Forces				
Design axial force	N _{Ed}	-17.58	kN	
Design shear force	V _{z,Ed}	11.74	kN	
Design shear force	V _{y,Ed}	0.01	kN	Negligible
Design torsional moment	T _{Ed}	0.00	kNm	Negligible
Design bending moment	M _{y,Ed}	-0.42	kNm	
Design bending moment	M _{z,Ed}	0.00	kNm	Negligible

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{2772.00 \text{ cm}^4}{(10.000 \text{ m})^2}$$

$$= 574.53 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{33.37 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{574.53 \text{ kN}}}$$

$$= 1.436$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (1.436 - 0.2) + (1.436)^2 \right]$$

$$= 1.661$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{1.661 + \sqrt{(1.661)^2 - (1.436)^2}}$$

$$= 0.40$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{204.90 \text{ cm}^4}{(5.000 \text{ m})^2}$$

$$= 169.87 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{33.37 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{169.87 \text{ kN}}}$$

$$= 2.641$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (2.641 - 0.2) + (2.641)^2 \right]$$

$$= 4.402$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{4.402 + \sqrt{(4.402)^2 - (2.641)^2}}$$

$$= 0.13$$

$$M_{cr} = \alpha_{cr} \cdot |M_{y,Ed}|$$

$$= 1.34 \cdot |38.50 \text{ kNm}|$$

$$= 51.54 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$= \sqrt{\frac{285.48 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{51.54 \text{ kNm}}}$$

$$= 1.402$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (1.402 - 0.400) + 0.750 \cdot (1.402)^2 \right]$$

$$= 1.408$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT})^2 - \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2}}$$

$$= \frac{1}{1.408 + \sqrt{(1.408)^2 - 0.750 \cdot (1.402)^2}}$$

$$= 0.47$$

$$f = 1 - 0.5 \cdot (1 - k_c) \cdot \left(1 - 2 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2 \right)$$

$$= 1 - 0.5 \cdot (1 - 1.000) \cdot \left(1 - 2 \cdot (1.402 - 0.8)^2 \right)$$

$$= 1.000$$

$$\begin{aligned} \chi_{LT,mod} &= \frac{\chi_{LT}}{f} \\ &= \frac{0.47}{1.000} \\ &= 0.47 \\ N_{Rk} &= A \cdot f_y \\ &= 33.37 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1184.640 \text{ kN} \\ M_{y,Rk} &= W_{ply} \cdot f_y \\ &= 285.48 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 101.34 \text{ kNm} \\ M_{z,Rk} &= W_{plx} \cdot f_y \\ &= 58.11 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 20.63 \text{ kNm} \\ \alpha_{h,y} &= \frac{M_{h,y}}{M_{s,y}} \\ &= \frac{-0.43 \text{ kNm}}{38.49 \text{ kNm}} \\ &= -0.011 \\ C_{my} &= 0.9 + 0.1 \cdot \alpha_{h,y} \\ &= 0.9 + 0.1 \cdot -0.011 \\ &= 0.899 \\ \alpha_{s,y,LT} &= \frac{M_{s,y,LT}}{M_{h,y,LT}} \\ &= \frac{28.78 \text{ kNm}}{38.50 \text{ kNm}} \\ &= 0.748 \\ C_{mLT} &= 0.2 + 0.8 \cdot \alpha_{s,y,LT} \\ &= 0.2 + 0.8 \cdot 0.748 \\ &= 0.798 \\ \alpha_{s,z} &= \frac{M_{s,z}}{M_{h,z}} \\ &= \frac{-0.01 \text{ kNm}}{0.05 \text{ kNm}} \\ &= -0.242 \\ C_{mz} &= -0.8 \cdot \alpha_{s,z} \\ &= -0.8 \cdot -0.242 \\ &= 0.194 \\ \bar{C}_{mz} &= 0.4 \\ k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.899 \cdot \left(1 + (1.436 - 0.2) \cdot \frac{17.48 \text{ kN}}{0.40 \cdot \frac{1184.640 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.940 \\ k_{yy} &= \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.940, 0.899 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{17.48 \text{ kN}}{0.40 \cdot \frac{1184.640 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.925 \\ k_{yz} &= 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.6 \cdot 0.400 \cdot \left(1 + (2 \cdot 2.641 - 0.6) \cdot \frac{17.48 \text{ kN}}{0.13 \cdot \frac{1184.640 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.371 \\ k_{yz} &= \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ \chi_{LT,mod} &= \frac{\chi_{LT}}{f} \\ &= \frac{0.47}{1.000} \\ &= 0.47 \\ N_{Rk} &= A \cdot f_y \\ &= 33.37 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1184.640 \text{ kN} \\ M_{y,Rk} &= W_{ply} \cdot f_y \\ &= 285.48 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 101.34 \text{ kNm} \\ M_{z,Rk} &= W_{plx} \cdot f_y \\ &= 58.11 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 20.63 \text{ kNm} \\ \alpha_{h,y} &= \frac{M_{h,y}}{M_{s,y}} \\ &= \frac{-0.43 \text{ kNm}}{38.49 \text{ kNm}} \\ &= -0.011 \\ C_{my} &= 0.9 + 0.1 \cdot \alpha_{h,y} \\ &= 0.9 + 0.1 \cdot -0.011 \\ &= 0.899 \\ \alpha_{s,y,LT} &= \frac{M_{s,y,LT}}{M_{h,y,LT}} \\ &= \frac{28.78 \text{ kNm}}{38.50 \text{ kNm}} \\ &= 0.748 \\ C_{mLT} &= 0.2 + 0.8 \cdot \alpha_{s,y,LT} \\ &= 0.2 + 0.8 \cdot 0.748 \\ &= 0.798 \\ \alpha_{s,z} &= \frac{M_{s,z}}{M_{h,z}} \\ &= \frac{-0.01 \text{ kNm}}{0.05 \text{ kNm}} \\ &= -0.242 \\ C_{mz} &= -0.8 \cdot \alpha_{s,z} \\ &= -0.8 \cdot -0.242 \\ &= 0.194 \\ \bar{C}_{mz} &= 0.4 \\ k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.899 \cdot \left(1 + (1.436 - 0.2) \cdot \frac{17.48 \text{ kN}}{0.40 \cdot \frac{1184.640 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.940 \\ k_{yy} &= \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.940, 0.899 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{17.48 \text{ kN}}{0.40 \cdot \frac{1184.640 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.925 \\ k_{yz} &= 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.6 \cdot 0.400 \cdot \left(1 + (2 \cdot 2.641 - 0.6) \cdot \frac{17.48 \text{ kN}}{0.13 \cdot \frac{1184.640 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.371 \\ k_{yz} &= \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ \chi_{LT,mod} &= \frac{\chi_{LT}}{f} \\ &= \frac{0.47}{1.000} \\ &= 0.47 \\ N_{Rk} &= A \cdot f_y \\ &= 33.37 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1184.640 \text{ kN} \\ M_{y,Rk} &= W_{ply} \cdot f_y \\ &= 285.48 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 101.34 \text{ kNm} \\ M_{z,Rk} &= W_{plx} \cdot f_y \\ &= 58.11 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 20.63 \text{ kNm} \\ \alpha_{h,y} &= \frac{M_{h,y}}{M_{s,y}} \\ &= \frac{-0.43 \text{ kNm}}{38.49 \text{ kNm}} \\ &= -0.011 \\ C_{my} &= 0.9 + 0.1 \cdot \alpha_{h,y} \\ &= 0.9 + 0.1 \cdot -0.011 \\ &= 0.899 \\ \alpha_{s,y,LT} &= \frac{M_{s,y,LT}}{M_{h,y,LT}} \\ &= \frac{28.78 \text{ kNm}}{38.50 \text{ kNm}} \\ &= 0.748 \\ C_{mLT} &= 0.2 + 0.8 \cdot \alpha_{s,y,LT} \\ &= 0.2 + 0.8 \cdot 0.748 \\ &= 0.798 \\ \alpha_{s,z} &= \frac{M_{s,z}}{M_{h,z}} \\ &= \frac{-0.01 \text{ kNm}}{0.05 \text{ kNm}} \\ &= -0.242 \\ C_{mz} &= -0.8 \cdot \alpha_{s,z} \\ &= -0.8 \cdot -0.242 \\ &= 0.194 \\ \bar{C}_{mz} &= 0.4 \\ k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.899 \cdot \left(1 + (1.436 - 0.2) \cdot \frac{17.48 \text{ kN}}{0.40 \cdot \frac{1184.640 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.940 \\ k_{yy} &= \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.940, 0.899 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{17.48 \text{ kN}}{0.40 \cdot \frac{1184.640 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.925 \\ k_{yz} &= 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.6 \cdot 0.400 \cdot \left(1 + (2 \cdot 2.641 - 0.6) \cdot \frac{17.48 \text{ kN}}{0.13 \cdot \frac{1184.640 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.371 \\ k_{yz} &= \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 0.979 \cdot \frac{|38.50 \text{ kNm}|}{0.47 \cdot \frac{101.34 \text{ kNm}}{1.00}} \\
&= 0.788 \\
\eta_{Mz6.62} &= k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\
&= 0.465 \cdot \frac{|0.05 \text{ kNm}|}{\frac{20.63 \text{ kNm}}{1.00}} \\
&= 0.001 \\
\eta_{6.62} &= \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62} + \eta_{Mz6.62} \\
&= 0.117 + 0.788 + 0.001 \\
&= 0.906 \\
\eta &= \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62}) \\
&= \max(0.783, 0.906) \\
&= 0.906 \\
\eta &= 0.906 \leq 1 \quad \checkmark
\end{aligned}$$

$N_{cr,y}$	Elastic critical force
E	Modulus of elasticity
I_y	Moment of inertia
$L_{cr,y}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_y$	Non-dimensional slenderness
A	Sectional area
f_y	Yield strength
Φ_y	Value to determine reduction factor χ
α_y	Imperfection factor
χ_y	Reduction factor for buckling
$N_{cr,z}$	Elastic critical force
I_z	Moment of inertia
$L_{cr,z}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_z$	Non-dimensional slenderness
Φ_z	Value to determine reduction factor χ
α_z	Imperfection factor
χ_z	Reduction factor
M_{cr}	Elastic critical moment for lateral-torsional buckling
α_{cr}	Amplifier
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on member or set)
$\bar{\lambda}_{LT}$	Non-dimensional slenderness
$W_{pl,y}$	Plastic section modulus
Φ_{LT}	Value to determine reduction factor χ
α_{LT}	Imperfection factor
$\bar{\lambda}_{LT,0}$	Limiting slenderness
β	Parameter
χ_{LT}	Reduction factor for lateral-torsional buckling
f	Modification factor
k_c	Correction factor
$\chi_{LT,mod}$	Modified reduction factor for lateral-torsional buckling
N_{Rk}	Characteristic value of resistance to compression
$M_{y,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$M_{z,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,z}$	Plastic section modulus
$\alpha_{h,y}$	Factor
$M_{h,y}$	Hogging moment
$M_{s,y}$	Sagging moment
C_{my}	Equivalent uniform moment factor
$\alpha_{s,y,LT}$	Factor
$M_{s,y,LT}$	Sagging moment
$M_{h,y,LT}$	Hogging moment
C_{mLT}	Equivalent uniform moment factor
$\alpha_{s,z}$	Factor
$M_{s,z}$	Sagging moment

Фасадне ригле у подужном зиду Нувох RHS 120x40x4:

CO54: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC8		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04 Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC8	Vetar - upravno na podužni zid -0,3 +X	Wind

Табела 2.5-15 Меродавна комбинација оптерећења CO54

Design Internal Forces				
Design axial force	N _{Ed}	0.00	kN	Negligible
Design shear force	V _{z,Ed}	0.00	kN	Negligible
Design shear force	V _{y,Ed}	0.00	kN	Negligible
Design torsional moment	T _{Ed}	-0.01	kNm	Negligible
Design bending moment	M _{y,Ed}	-5.40	kNm	
Design bending moment	M _{z,Ed}	-0.25	kNm	

Слика 2.5-13 Меродавне силе за димензионисање фасадне ригле у подужном зиду

Design Check SP4100.03 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Section Proof

Bending about y-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.5 | Plastic design

$$\begin{aligned}
 M_{pl,y,Rd} &= W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \\
 &= 41.20 \text{ cm}^3 \cdot \frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{1.00} \\
 &= 14.63 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

6.2.5, Eq. 6.13

$$\begin{aligned}
 \eta_{My} &= \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} \\
 &= \frac{|-5.40 \text{ kNm}|}{14.63 \text{ kNm}} \\
 &= 0.369
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \eta_{My} \\
 &= 0.369
 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.369 \leq 1 \quad \checkmark$$

$M_{pl,y,Rd}$ Design moment resistance

$W_{pl,y}$ Plastic section modulus

f_y Yield strength

γ_{M0} Partial factor

η_{My} Design component for M_y

$M_{y,Ed}$ Design bending moment

2.5.5 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У РОЖЊАЧАМА ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

Димензионисање елемената у рожњачи ПОС Р1

Горњи појас рожњаче ПОС Р1

CO28: 1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC6		
Load Case	EN 1990 CEN 2010-04	
	Name	Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC6	Vetar - upravno na kalkan -0,3 +Y	Wind

Design Internal Forces				
Design axial force	NEd		-29.45 kN	
Design shear force	Vz,Ed		3.65 kN	
Design shear force	Vy,Ed		-0.20 kN	
Design torsional moment	TEd		-0.03 kNm	Negligible
Design bending moment	My,Ed		-0.86 kNm	
Design bending moment	Mz,Ed		1.17 kNm	

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{200.00 \text{ cm}^4}{(1.500 \text{ m})^2}$$

$$= 1842.33 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{16.70 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{1842.33 \text{ kN}}}$$

$$= 0.567$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.567 - 0.2) + (0.567)^2 \right]$$

$$= 0.699$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{0.699 + \sqrt{(0.699)^2 - (0.567)^2}}$$

$$= 0.90$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{200.00 \text{ cm}^4}{(1.500 \text{ m})^2}$$

$$= 1842.33 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{16.70 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{1842.33 \text{ kN}}}$$

$$= 0.567$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.567 - 0.2) + (0.567)^2 \right]$$

$$= 0.699$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{0.699 + \sqrt{(0.699)^2 - (0.567)^2}}$$

$$= 0.90$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y$$

$$= 16.70 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 592.850 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y$$

$$= 53.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 18.82 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y$$

$$= 53.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 18.82 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{s,y} = \frac{M_{s,y}}{M_{h,y}}$$

$$= \frac{0.39 \text{ kNm}}{-0.86 \text{ kNm}}$$

$$= -0.449$$

$$C_{my} = 0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{s,y}$$

$$= 0.1 - 0.8 \cdot -0.449$$

$$= 0.459$$

$$C_{mz} = 0.6 + 0.4 \cdot \Psi_z$$

$$= 0.6 + 0.4 \cdot 0.907$$

$$= 0.963$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.459 \cdot \left(1 + (0.567 - 0.2) \cdot \frac{29.45 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.468$$

$$k_{yy} = \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.468, 0.459 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{29.45 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.468$$

$$k_{yz} = 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.963 \cdot \left(1 + (0.567 - 0.2) \cdot \frac{29.45 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.589$$

$$k_{yz} = \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.589, 0.6 \cdot 0.963 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{29.45 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.589$$

$$k_{zy} = 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.459 \cdot \left(1 + (0.567 - 0.2) \cdot \frac{29.45 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.281$$

$$k_{zy} = \min \left(k_{zy}, 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.281, 0.6 \cdot 0.459 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{29.45 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.281$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.963 \cdot \left(1 + (0.567 - 0.2) \cdot \frac{29.45 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.982$$

$$k_{zz} = \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.982, 0.963 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{29.45 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.982$$

$$\eta_{N6.61} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{29.45 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.055$$

$$\eta_{My6.61} = k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,Rk}}$$

$$= 0.468 \cdot \frac{|-0.86 \text{ kNm}|}{18.82 \text{ kNm}}$$

$$= 0.040$$

$$\eta_{Mz6.61} = k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,Rk}}$$

$$= 0.589 \cdot \frac{|1.29 \text{ kNm}|}{18.82 \text{ kNm}}$$

$$= 0.040$$

$$\eta_{6.61} = \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61} + \eta_{Mz6.61}$$

$$= 0.055 + 0.021 + 0.040$$

$$= 0.117$$

$$\eta_{N6.62} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{29.45 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.055$$

$$\eta_{My6.62} = k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,Rk}}$$

$$= 0.281 \cdot \frac{|-0.86 \text{ kNm}|}{18.82 \text{ kNm}}$$

$$= 0.013$$

$$\eta_{Mz6.62} = k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,Rk}}$$

$$= 0.982 \cdot \frac{|1.29 \text{ kNm}|}{18.82 \text{ kNm}}$$

$$= 0.067$$

$$\eta_{6.62} = \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62} + \eta_{Mz6.62}$$

$$= 0.055 + 0.013 + 0.067$$

$$= 0.135$$

$$\eta = \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62})$$

$$= \max(0.117, 0.135)$$

$$= 0.135$$

$\eta = 0.135 \leq 1 \checkmark$

- $N_{cr,y}$ Elastic critical force
- E Modulus of elasticity
- I_y Moment of inertia
- $L_{cr,y}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_y$ Non-dimensional slenderness
- A Sectional area
- f_y Yield strength
- Φ_y Value to determine reduction factor χ
- α_y Imperfection factor
- χ_y Reduction factor for buckling
- $N_{cr,z}$ Elastic critical force
- I_z Moment of inertia
- $L_{cr,z}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_z$ Non-dimensional slenderness
- Φ_z Value to determine reduction factor χ
- α_z Imperfection factor
- χ_z Reduction factor
- N_{Rk} Characteristic value of resistance to compression
- $M_{y,Rk}$ Characteristic value of resistance to bending moments
- $W_{pl,y}$ Plastic section modulus
- $M_{z,Rk}$ Characteristic value of resistance to bending moments
- $W_{pl,z}$ Plastic section modulus
- $\alpha_{s,y}$ Factor
- $M_{s,y}$ Sagging moment
- $M_{h,y}$ Hogging moment
- C_{my} Equivalent uniform moment factor
- C_{mz} Equivalent uniform moment factor
- Ψ_z Ratio of end moments

k_{yy}	Interaction factor
$N_{c,Ed}$	Design compression force
γ_{M1}	Partial factor
k_{yz}	Interaction factor
k_{zy}	Interaction factor
k_{zz}	Interaction factor
$\eta_{N,6.61}$	Design component for N
$\eta_{My,6.61}$	Design component for M_y
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{Mz,6.61}$	Design component for M_z
$M_{z,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{6.61}$	Design ratio
$\eta_{N,6.62}$	Design component for N
$\eta_{My,6.62}$	Design component for M_y
$\eta_{Mz,6.62}$	Design component for M_z
$\eta_{6.62}$	Design ratio

Доњи појас рођњаче ПОС Р1 SHS 100x100x3,6

CO29: 1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC7		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC7	Vetar - upravno na podužni zid 0,2 +X	Wind

Табела 2.5-16 Меродавна комбинација оптерећења CO29

Design Internal Forces			
Design axial force	N _{Ed}	-48.05	kN
Design shear force	V _{z,Ed}	0.51	kN
Design shear force	V _{y,Ed}	-0.08	kN
Design torsional moment	T _{Ed}	-0.02	kNm
Design bending moment	M _{y,Ed}	-0.39	kNm
Design bending moment	M _{z,Ed}	0.09	kNm

Слика 2.5-14 Меродавне силе за димензионисање доњег појаса рођњаче ПОС Р1

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{212.00 \text{ cm}^4}{(1.500 \text{ m})^2}$$

$$= 1952.87 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{13.70 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{1952.87 \text{ kN}}}$$

$$= 0.499$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.499 - 0.2) + (0.499)^2 \right]$$

$$= 0.656$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{0.656 + \sqrt{(0.656)^2 - (0.499)^2}}$$

$$= 0.92$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{212.00 \text{ cm}^4}{(9.000 \text{ m})^2}$$

$$= 54.25 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{13.70 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{54.25 \text{ kN}}}$$

$$= 2.994$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (2.994 - 0.2) + (2.994)^2 \right]$$

$$= 5.276$$

$$\begin{aligned} \chi_z &= \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}} \\ &= \frac{1}{5.276 + \sqrt{(5.276)^2 - (2.994)^2}} \\ &= 0.10 \\ N_{Rk} &= A \cdot f_y \\ &= 13.70 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 486.350 \text{ kN} \\ M_{y,Rk} &= W_{pl,y} \cdot f_y \\ &= 49.50 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 17.57 \text{ kNm} \\ M_{z,Rk} &= W_{pl,z} \cdot f_y \\ &= 49.50 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 17.57 \text{ kNm} \\ \alpha_{s,y} &= \frac{M_{s,y}}{M_{h,y}} \\ &= \frac{-0.05 \text{ kNm}}{-0.39 \text{ kNm}} \\ &= 0.129 \\ C_{my} &= 0.2 + 0.8 \cdot \alpha_{s,y} \\ &= 0.2 + 0.8 \cdot 0.129 \\ &= 0.304 \\ C_{my} &= 0.4 \\ \alpha_{h,z} &= \frac{M_{h,z}}{M_{s,z}} \\ &= \frac{0.10 \text{ kNm}}{0.34 \text{ kNm}} \\ &= 0.287 \\ C_{mz} &= 0.9 + 0.1 \cdot \alpha_{h,z} \\ &= 0.9 + 0.1 \cdot 0.287 \\ &= 0.929 \\ k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.400 \cdot \left(1 + (0.499 - 0.2) \cdot \frac{48.05 \text{ kN}}{0.92 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.413 \\ k_{yy} &= \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.413, 0.400 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{48.05 \text{ kN}}{0.92 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.413 \\ k_{yz} &= 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.6 \cdot 0.929 \cdot \left(1 + (2.994 - 0.2) \cdot \frac{48.05 \text{ kN}}{0.10 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 2.037 \\ k_{yz} &= \min \left(k_{yz}, 0.5 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(2.037, 0.6 \cdot 0.929 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{48.05 \text{ kN}}{0.10 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.981 \\ k_{zy} &= 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.6 \cdot 0.400 \cdot \left(1 + (0.499 - 0.2) \cdot \frac{48.05 \text{ kN}}{0.92 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.248 \\ k_{zy} &= \min \left(k_{zy}, 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.248, 0.6 \cdot 0.400 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{48.05 \text{ kN}}{0.92 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.248 \\ k_{zz} &= C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.929 \cdot \left(1 + (2.994 - 0.2) \cdot \frac{48.05 \text{ kN}}{0.10 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 3.395 \\ k_{zz} &= \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(3.395, 0.929 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{48.05 \text{ kN}}{0.10 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 1.635 \\ \eta_{N6.61} &= \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{48.05 \text{ kN}}{0.92 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \\ &= 0.107 \\ \eta_{My6.61} &= k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,Rk}} \\ &= 0.413 \cdot \frac{|-0.39 \text{ kNm}|}{17.57 \text{ kNm}} \\ &= 0.009 \\ \eta_{Mz6.61} &= k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,Rk}} \\ &= 0.981 \cdot \frac{|0.34 \text{ kNm}|}{17.57 \text{ kNm}} \\ &= 0.019 \\ \eta_{6.61} &= \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61} + \eta_{Mz6.61} \\ &= 0.107 + 0.009 + 0.019 \\ &= 0.135 \\ \eta_{N6.62} &= \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{48.05 \text{ kN}}{0.10 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \\ &= 0.950 \\ \eta_{My6.62} &= k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,Rk}} \\ &= 0.248 \cdot \frac{|-0.39 \text{ kNm}|}{17.57 \text{ kNm}} \\ &= 0.005 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_{Mz6.62} &= k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\
 &= 1.635 \cdot \frac{|0.34 \text{ kNm}|}{\frac{17.57 \text{ kNm}}{1.00}} \\
 &= 0.031 \\
 \eta_{6.62} &= \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62} + \eta_{Mz6.62} \\
 &= 0.950 + 0.005 + 0.031 \\
 &= 0.987 \\
 \eta &= \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62}) \\
 &= \max(0.135, 0.987) \\
 &= 0.987 \\
 \eta &= 0.987 \leq 1 \checkmark
 \end{aligned}$$

$N_{cr,y}$	Elastic critical force
E	Modulus of elasticity
I_y	Moment of inertia
$L_{cr,y}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_y$	Non-dimensional slenderness
A	Sectional area
f_y	Yield strength
Φ_y	Value to determine reduction factor χ
α_y	Imperfection factor
χ_y	Reduction factor for buckling
$N_{cr,z}$	Elastic critical force
I_z	Moment of inertia
$L_{cr,z}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_z$	Non-dimensional slenderness
Φ_z	Value to determine reduction factor χ
α_z	Imperfection factor
χ_z	Reduction factor
N_{Rk}	Characteristic value of resistance to compression
$M_{y,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,y}$	Plastic section modulus
$M_{z,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,z}$	Plastic section modulus
$\alpha_{s,y}$	Factor
$M_{s,y}$	Sagging moment
$M_{h,y}$	Hogging moment
C_{my}	Equivalent uniform moment factor
$\alpha_{h,z}$	Factor
$M_{h,z}$	Hogging moment
$M_{s,z}$	Sagging moment
C_{mz}	Equivalent uniform moment factor
k_{yy}	Interaction factor
$N_{c,Ed}$	Design compression force
γ_{M1}	Partial factor
k_{yz}	Interaction factor
k_{zy}	Interaction factor
k_{zz}	Interaction factor
$\eta_{N 6.61}$	Design component for N
$\eta_{My 6.61}$	Design component for M_y
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{Mz 6.61}$	Design component for M_z
$M_{z,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{6.61}$	Design ratio
$\eta_{N 6.62}$	Design component for N
$\eta_{My 6.62}$	Design component for M_y
$\eta_{Mz 6.62}$	Design component for M_z
$\eta_{6.62}$	Design ratio

Испуне рожњаче ПОС Р1 SHS 50x50x4 (Вертикала је меродавна):

CO 23: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC3		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m

Табела 2.5-17 Меродавна комбинација оптерећења CO 23

Design Internal Forces			
Design axial force	N _{Ed}	-44.88 kN	
Design shear force	V _{z,Ed}	-0.03 kN	Negligible
Design shear force	V _{y,Ed}	1.00 kN	
Design torsional moment	T _{Ed}	0.00 kNm	Negligible
Design bending moment	M _{y,Ed}	-0.01 kNm	
Design bending moment	M _{z,Ed}	-0.71 kNm	

Слика 2.5-15 Меродавне силе за димензионисање испуне рожњаче ПОС Р1

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{25.00 \text{ cm}^4}{(1.350 \text{ m})^2}$$

$$= 284.31 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{7.19 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{284.31 \text{ kN}}}$$

$$= 0.948$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.948 - 0.2) + (0.948)^2 \right]$$

$$= 1.027$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{1.027 + \sqrt{(1.027)^2 - (0.948)^2}}$$

$$= 0.70$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{25.00 \text{ cm}^4}{(1.350 \text{ m})^2}$$

$$= 284.31 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{7.19 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{284.31 \text{ kN}}}$$

$$= 0.948$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.948 - 0.2) + (0.948)^2 \right]$$

$$= 1.027$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{1.027 + \sqrt{(1.027)^2 - (0.948)^2}}$$

$$= 0.70$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y$$

$$= 7.19 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 255.245 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y$$

$$= 12.30 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 4.37 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y$$

$$= 12.30 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 4.37 \text{ kNm}$$

$$C_{my} = 0.6 + 0.4 \cdot \Psi_y$$

$$= 0.6 + 0.4 \cdot -0.442$$

$$= 0.423$$

$$C_{mz} = 0.6 + 0.4 \cdot \Psi_z$$

$$= 0.6 + 0.4 \cdot -0.895$$

$$= 0.242$$

$$C_{mz} = 0.4$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.423 \cdot \left(1 + (0.948 - 0.2) \cdot \frac{44.88 \text{ kN}}{0.70 \cdot \frac{255.245 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.502$$

$$k_{yy} = \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.502, 0.423 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{44.88 \text{ kN}}{0.70 \cdot \frac{255.245 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.502$$

$$k_{yz} = 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.400 \cdot \left(1 + (0.948 - 0.2) \cdot \frac{44.88 \text{ kN}}{0.70 \cdot \frac{255.245 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.285$$

$$k_{yz} = \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.285, 0.6 \cdot 0.400 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{44.88 \text{ kN}}{0.70 \cdot \frac{255.245 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.285$$

$$k_{zy} = 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.423 \cdot \left(1 + (0.948 - 0.2) \cdot \frac{44.88 \text{ kN}}{0.70 \cdot \frac{255.245 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.301$$

$$k_{zy} = \min \left(k_{zy}, 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.301, 0.6 \cdot 0.423 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{44.88 \text{ kN}}{0.70 \cdot \frac{255.245 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.301$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.400 \cdot \left(1 + (0.948 - 0.2) \cdot \frac{44.88 \text{ kN}}{0.70 \cdot \frac{255.245 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.475$$

$$k_{zz} = \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.475, 0.400 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{44.88 \text{ kN}}{0.70 \cdot \frac{255.245 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.475$$

$$\eta_{N6.61} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{44.88 \text{ kN}}{0.70 \cdot \frac{255.245 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.250$$

$$\eta_{My6.61} = k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.502 \cdot \frac{|0.03 \text{ kNm}|}{\frac{4.37 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.003$$

$$\eta_{Mz6.61} = k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.285 \cdot \frac{|0.79 \text{ kNm}|}{\frac{4.37 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.052$$

$$\eta_{6.61} = \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61} + \eta_{Mz6.61}$$

$$= 0.250 + 0.003 + 0.052$$

$$= 0.305$$

$$\eta_{N6.62} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{44.88 \text{ kN}}{0.70 \cdot \frac{255.245 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.250$$

$$\eta_{My6.62} = k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.301 \cdot \frac{|0.03 \text{ kNm}|}{\frac{4.37 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.002$$

$$\eta_{Mz6.62} = k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.475 \cdot \frac{|0.79 \text{ kNm}|}{\frac{4.37 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.086$$

$$\eta_{6.62} = \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62} + \eta_{Mz6.62}$$

$$= 0.250 + 0.002 + 0.086$$

$$= 0.338$$

$$\eta = \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62})$$

$$= \max(0.305, 0.338)$$

$$= 0.338$$

$$\eta = 0.338 \leq 1 \quad \checkmark$$

$N_{cr,y}$	Elastic critical force
E	Modulus of elasticity
I_y	Moment of inertia
$L_{cr,y}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_y$	Non-dimensional slenderness
A	Sectional area
f_y	Yield strength
Φ_y	Value to determine reduction factor χ
α_y	Imperfection factor
χ_y	Reduction factor for buckling
$N_{cr,z}$	Elastic critical force
I_z	Moment of inertia
$L_{cr,z}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_z$	Non-dimensional slenderness
Φ_z	Value to determine reduction factor χ
α_z	Imperfection factor
χ_z	Reduction factor
N_{Rk}	Characteristic value of resistance to compression
$M_{y,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,y}$	Plastic section modulus
$M_{z,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,z}$	Plastic section modulus
C_{my}	Equivalent uniform moment factor
Ψ_y	Ratio of end moments
C_{mz}	Equivalent uniform moment factor
Ψ_z	Ratio of end moments
k_{yy}	Interaction factor
$N_{c,Ed}$	Design compression force
γ_{M1}	Partial factor
k_{yz}	Interaction factor
k_{zy}	Interaction factor
k_{zz}	Interaction factor
$\eta_{N 6.61}$	Design component for N
$\eta_{My 6.61}$	Design component for M_y

Косници SHS 80x80x3

CO25: 1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC3		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m

Табела 2.5-18 Мерадавна комбинација оптерећења CO25

Design Internal Forces				
Design axial force	NEd	-61.98	kN	
Design shear force	Vz,Ed	1.15	kN	
Design shear force	Vy,Ed	0.01	kN	Negligible
Design torsional moment	TEd	0.05	kNm	Negligible
Design bending moment	My,Ed	0.00	kNm	Negligible
Design bending moment	Mz,Ed	0.00	kNm	Negligible

Слика 2.5-16 Мерадавне силе за димензионисање косника

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{89.80 \text{ cm}^4}{(1.803 \text{ m})^2}$$

$$= 572.68 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{9.14 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{572.68 \text{ kN}}}$$

$$= 0.753$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.753 - 0.2) + (0.753)^2 \right]$$

$$= 0.841$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{0.841 + \sqrt{(0.841)^2 - (0.753)^2}}$$

$$= 0.82$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{89.80 \text{ cm}^4}{(1.803 \text{ m})^2}$$

$$= 572.68 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{9.14 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{572.68 \text{ kN}}}$$

$$= 0.753$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.753 - 0.2) + (0.753)^2 \right]$$

$$= 0.841$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{0.841 + \sqrt{(0.841)^2 - (0.753)^2}}$$

$$= 0.82$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y$$

$$= 9.14 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 324.470 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y$$

$$= 26.30 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 9.34 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y$$

$$= 26.30 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 9.34 \text{ kNm}$$

$$C_{my} = 0.6 + 0.4 \cdot \Psi_y$$

$$= 0.6 + 0.4 \cdot 0.000$$

$$= 0.600$$

$$C_{mz} = 0.6 + 0.4 \cdot \Psi_z$$

$$= 0.6 + 0.4 \cdot 0.000$$

$$= 0.600$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.600 \cdot \left(1 + (0.753 - 0.2) \cdot \frac{61.98 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{324.470 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.677$$

$$\begin{aligned}\Phi_z &= 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right] \\ &= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.753 - 0.2) + (0.753)^2 \right] \\ &= 0.841\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\chi_z &= \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}} \\ &= \frac{1}{0.841 + \sqrt{(0.841)^2 - (0.753)^2}} \\ &= 0.82\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{Rk} &= A \cdot f_y \\ &= 9.14 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 324.470 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{y,Rk} &= W_{pl,y} \cdot f_y \\ &= 26.30 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 9.34 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{z,Rk} &= W_{pl,z} \cdot f_y \\ &= 26.30 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 9.34 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{my} &= 0.6 + 0.4 \cdot \Psi_y \\ &= 0.6 + 0.4 \cdot 0.000 \\ &= 0.600\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{mz} &= 0.6 + 0.4 \cdot \Psi_z \\ &= 0.6 + 0.4 \cdot 0.000 \\ &= 0.600\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.600 \cdot \left(1 + (0.753 - 0.2) \cdot \frac{61.98 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{324.470 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.677\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_{yy} &= \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.677, 0.600 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{61.98 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{324.470 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.677\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_{yz} &= 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.6 \cdot 0.600 \cdot \left(1 + (0.753 - 0.2) \cdot \frac{61.98 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{324.470 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.406\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_{yz} &= \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.406, 0.6 \cdot 0.600 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{61.98 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{324.470 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.406\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_{zy} &= 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.6 \cdot 0.600 \cdot \left(1 + (0.753 - 0.2) \cdot \frac{61.98 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{324.470 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.406\end{aligned}$$

$$k_{zy} = \min \left(k_{zy}, 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$\begin{aligned}&= \min \left(0.406, 0.6 \cdot 0.600 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{61.98 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{324.470 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.406\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_{zz} &= C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.600 \cdot \left(1 + (0.753 - 0.2) \cdot \frac{61.98 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{324.470 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.677\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_{zz} &= \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.677, 0.600 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{61.98 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{324.470 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.677\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_{N6.61} &= \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{61.98 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{324.470 \text{ kN}}{1.00}} \\ &= 0.232\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_{My6.61} &= k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,Rk}} \\ &= 0.677 \cdot \frac{|1.94 \text{ kNm}|}{9.34 \text{ kNm}} \\ &= 0.140\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_{Mz6.61} &= k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,Rk}} \\ &= 0.406 \cdot \frac{|-0.02 \text{ kNm}|}{9.34 \text{ kNm}} \\ &= 0.001\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_{6.61} &= \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61} + \eta_{Mz6.61} \\ &= 0.232 + 0.140 + 0.001 \\ &= 0.374\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_{N6.62} &= \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{61.98 \text{ kN}}{0.82 \cdot \frac{324.470 \text{ kN}}{1.00}} \\ &= 0.232\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_{My6.62} &= k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,Rk}} \\ &= 0.406 \cdot \frac{|1.94 \text{ kNm}|}{9.34 \text{ kNm}} \\ &= 0.084\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_{Mz6.62} &= k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,Rk}} \\ &= 0.677 \cdot \frac{|-0.02 \text{ kNm}|}{9.34 \text{ kNm}} \\ &= 0.001\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_{6.62} &= \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62} + \eta_{Mz6.62} \\ &= 0.232 + 0.084 + 0.001 \\ &= 0.318\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta &= \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62}) \\ &= \max(0.374, 0.318) \\ &= 0.374\end{aligned}$$

$$\eta = 0.374 \leq 1 \quad \checkmark$$

$N_{cr,y}$	Elastic critical force
E	Modulus of elasticity
I_y	Moment of inertia
$L_{cr,y}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_y$	Non-dimensional slenderness
A	Sectional area
f_y	Yield strength
Φ_y	Value to determine reduction factor χ
α_y	Imperfection factor
χ_y	Reduction factor for buckling
$N_{cr,z}$	Elastic critical force
I_z	Moment of inertia
$L_{cr,z}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_z$	Non-dimensional slenderness
Φ_z	Value to determine reduction factor χ
α_z	Imperfection factor
χ_z	Reduction factor
N_{Rk}	Characteristic value of resistance to compression
$M_{y,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,y}$	Plastic section modulus
$M_{z,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,z}$	Plastic section modulus
C_{my}	Equivalent uniform moment factor
Ψ_y	Ratio of end moments
C_{mz}	Equivalent uniform moment factor
Ψ_z	Ratio of end moments
k_{yy}	Interaction factor
$N_{c,Ed}$	Design compression force
γ_{M1}	Partial factor
k_{yz}	Interaction factor
k_{zy}	Interaction factor
k_{zz}	Interaction factor
$\eta_{N\ 6.61}$	Design component for N
$\eta_{My\ 6.61}$	Design component for M_y
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{Mz\ 6.61}$	Design component for M_z
$M_{z,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{6.61}$	Design ratio
$\eta_{N\ 6.62}$	Design component for N
$\eta_{My\ 6.62}$	Design component for M_y
$\eta_{Mz\ 6.62}$	Design component for M_z
$\eta_{6.62}$	Design ratio

Димензионисање елемената у рожњачи ПОС Р2

Горњи појас рожњаче ПОС Р2 SHS 90x90x5

CO34: 1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC4 + 0.90 * LC6		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC4	Sneg 2	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC6	Vetar - upravno na kalkan -0,3 +Y	Wind

Табела 2.5-19 Меродавна комбинација оптерећења CO34

Design Internal Forces			
Design axial force	N _{Ed}	-68.92 kN	
Design shear force	V _{z,Ed}	4.52 kN	
Design shear force	V _{y,Ed}	1.03 kN	
Design torsional moment	T _{Ed}	0.05 kNm	Negligible
Design bending moment	M _{y,Ed}	-0.90 kNm	
Design bending moment	M _{z,Ed}	-0.25 kNm	

Слика 2.5-17 Меродавне силе за димензионисање горњег појаса рожњаче

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{200.00 \text{ cm}^4}{(1.500 \text{ m})^2}$$

$$= 1842.33 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{16.70 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{1842.33 \text{ kN}}}$$

$$= 0.567$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.567 - 0.2) + (0.567)^2 \right]$$

$$= 0.699$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{0.699 + \sqrt{(0.699)^2 - (0.567)^2}}$$

$$= 0.90$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{200.00 \text{ cm}^4}{(1.500 \text{ m})^2}$$

$$= 1842.33 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{16.70 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{1842.33 \text{ kN}}}$$

$$= 0.567$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.567 - 0.2) + (0.567)^2 \right]$$

$$= 0.699$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{0.699 + \sqrt{(0.699)^2 - (0.567)^2}}$$

$$= 0.90$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y$$

$$= 16.70 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 592.850 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y$$

$$= 53.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 18.82 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y$$

$$= 53.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 18.82 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{s,y} = \frac{M_{s,y}}{M_{h,y}}$$

$$= \frac{0.71 \text{ kNm}}{-1.00 \text{ kNm}}$$

$$= -0.712$$

$$C_{my} = -0.8 \cdot \alpha_{s,y}$$

$$= -0.8 \cdot -0.712$$

$$= 0.570$$

$$\alpha_{h,z} = \frac{M_{h,z}}{M_{s,z}}$$

$$= \frac{-0.82 \text{ kNm}}{-1.11 \text{ kNm}}$$

$$= 0.737$$

$$\begin{aligned} C_{mz} &= 0.9 + 0.1 \cdot a_{h,z} \\ &= 0.9 + 0.1 \cdot 0.737 \\ &= 0.974 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.570 \cdot \left(1 + (0.567 - 0.2) \cdot \frac{68.92 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.597 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{yy} &= \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.597, 0.570 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{68.92 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.597 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{yz} &= 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.6 \cdot 0.974 \cdot \left(1 + (0.567 - 0.2) \cdot \frac{68.92 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.612 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{yz} &= \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.612, 0.6 \cdot 0.974 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{68.92 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.612 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{zy} &= 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.6 \cdot 0.570 \cdot \left(1 + (0.567 - 0.2) \cdot \frac{68.92 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.358 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{zy} &= \min \left(k_{zy}, 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.358, 0.6 \cdot 0.570 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{68.92 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.358 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{zz} &= C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.974 \cdot \left(1 + (0.567 - 0.2) \cdot \frac{68.92 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 1.020 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{zz} &= \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(1.020, 0.974 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{68.92 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 1.020 \end{aligned}$$

$$\eta_{N6.61} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{68.92 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} = 0.129$$

$$\begin{aligned} \eta_{My6.61} &= k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= 0.597 \cdot \frac{|-1.00 \text{ kNm}|}{\frac{18.82 \text{ kNm}}{1.00}} \\ &= 0.032 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{Mz6.61} &= k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= 0.612 \cdot \frac{|-1.42 \text{ kNm}|}{\frac{18.82 \text{ kNm}}{1.00}} \\ &= 0.046 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{6.61} &= \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61} + \eta_{Mz6.61} \\ &= 0.129 + 0.032 + 0.046 \\ &= 0.207 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{N6.62} &= \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{68.92 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{592.850 \text{ kN}}{1.00}} \\ &= 0.129 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{My6.62} &= k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= 0.358 \cdot \frac{|-1.00 \text{ kNm}|}{\frac{18.82 \text{ kNm}}{1.00}} \\ &= 0.019 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{Mz6.62} &= k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= 1.020 \cdot \frac{|-1.42 \text{ kNm}|}{\frac{18.82 \text{ kNm}}{1.00}} \\ &= 0.077 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{6.62} &= \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62} + \eta_{Mz6.62} \\ &= 0.129 + 0.019 + 0.077 \\ &= 0.225 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62}) \\ &= \max(0.207, 0.225) \\ &= 0.225 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.225 \leq 1 \quad \checkmark$$

- $N_{cr,y}$ Elastic critical force
- E Modulus of elasticity
- I_y Moment of inertia
- $L_{cr,y}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_y$ Non-dimensional slenderness
- A Sectional area
- f_y Yield strength
- Φ_y Value to determine reduction factor χ
- α_y Imperfection factor
- χ_y Reduction factor for buckling
- $N_{cr,z}$ Elastic critical force
- I_z Moment of inertia
- $L_{cr,z}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_z$ Non-dimensional slenderness
- Φ_z Value to determine reduction factor χ
- α_z Imperfection factor
- χ_z Reduction factor
- N_{Rk} Characteristic value of resistance to compression
- $M_{y,Rk}$ Characteristic value of resistance to bending moments
- $W_{pl,y}$ Plastic section modulus
- $M_{z,Rk}$ Characteristic value of resistance to bending moments

$W_{pl,y}$	Plastic section modulus
$M_{z,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,z}$	Plastic section modulus
$\alpha_{s,y}$	Factor
$M_{s,y}$	Sagging moment
$M_{h,y}$	Hogging moment
C_{my}	Equivalent uniform moment factor
$\alpha_{h,z}$	Factor
$M_{h,z}$	Hogging moment
$M_{s,z}$	Sagging moment
C_{mz}	Equivalent uniform moment factor
k_{yy}	Interaction factor
$N_{c,Ed}$	Design compression force
γ_{M1}	Partial factor
k_{yz}	Interaction factor
k_{zy}	Interaction factor
k_{zz}	Interaction factor
$\eta_{N,6.61}$	Design component for N
$\eta_{My,6.61}$	Design component for M_y
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{Mz,6.61}$	Design component for M_z
$M_{z,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{6.61}$	Design ratio
$\eta_{N,6.62}$	Design component for N
$\eta_{My,6.62}$	Design component for M_y
$\eta_{Mz,6.62}$	Design component for M_z
$\eta_{6.62}$	Design ratio

Доњи појас рођњаче SHS 100x100x3,6

CO 260: LC1 + 1.5 LC7		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC7	Vetar - upravno na podužni zid 0,2 +X	Wind

Табела 2.5-20 Меродавна комбинација оптерећења CO260

Design Internal Forces						
Design axial force	NEd	-11.82	kN			
Design shear force	Vz,Ed	0.09	kN			Negligible
Design shear force	Vy,Ed	0.34	kN			
Design torsional moment	TEd	0.28	kNm			
Design bending moment	My,Ed	-0.06	kNm			
Design bending moment	Mz,Ed	6.08	kNm			

Слика 2.5-18 Меродавне силе за димензионисање доњег појаса рођњаче ПОС Р2

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-05

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3.

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{212.00 \text{ cm}^4}{(1.500 \text{ m})^2}$$

$$= 1952.87 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{13.70 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{1952.87 \text{ kN}}}$$

$$= 0.499$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.499 - 0.2) + (0.499)^2 \right]$$

$$= 0.656$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{0.656 + \sqrt{(0.656)^2 - (0.499)^2}}$$

$$= 0.92$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{212.00 \text{ cm}^4}{(9.000 \text{ m})^2}$$

$$= 54.25 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{13.70 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{54.25 \text{ kN}}}$$

$$= 2.994$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (2.994 - 0.2) + (2.994)^2 \right]$$

$$= 5.276$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{5.276 + \sqrt{(5.276)^2 - (2.994)^2}}$$

$$= 0.10$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y$$

$$= 13.70 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 486.350 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y$$

$$= 49.50 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 17.57 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y$$

$$= 49.50 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 17.57 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{s,y} = \frac{M_{s,y}}{M_{h,y}}$$

$$= \frac{-0.03 \text{ kNm}}{-0.06 \text{ kNm}}$$

$$= 0.483$$

$$C_{my} = 0.2 + 0.8 \cdot \alpha_{s,y}$$

$$= 0.2 + 0.8 \cdot 0.483$$

$$= 0.587$$

$$\alpha_{h,z} = \frac{M_{h,z}}{M_{s,z}}$$

$$= \frac{0.93 \text{ kNm}}{6.08 \text{ kNm}}$$

$$= 0.152$$

$$C_{mz} = 0.9 + 0.1 \cdot \alpha_{h,z}$$

$$= 0.9 + 0.1 \cdot 0.152$$

$$= 0.915$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.587 \cdot \left(1 + (0.499 - 0.2) \cdot \frac{11.82 \text{ kN}}{0.92 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.591$$

$$k_{yy} = \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.591, 0.587 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{11.82 \text{ kN}}{0.92 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.591$$

$$k_{yz} = 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.915 \cdot \left(1 + (2.994 - 0.2) \cdot \frac{11.82 \text{ kN}}{0.10 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.908$$

$$k_{yz} = \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.908, 0.6 \cdot 0.915 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{11.82 \text{ kN}}{0.10 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.652$$

$$k_{zy} = 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.587 \cdot \left(1 + (0.499 - 0.2) \cdot \frac{11.82 \text{ kN}}{0.92 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.355$$

$$k_{zy} = \min \left(k_{zy}, 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.355, 0.6 \cdot 0.587 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{11.82 \text{ kN}}{0.92 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.355$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.915 \cdot \left(1 + (2.994 - 0.2) \cdot \frac{11.82 \text{ kN}}{0.10 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 1.513$$

$$k_{zz} = \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(1.513, 0.915 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{11.82 \text{ kN}}{0.10 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 1.086$$

$$\eta_{N6.61} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{11.82 \text{ kN}}{0.92 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.026$$

$$\eta_{My6.61} = k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,Rk}} \cdot \frac{\gamma_{M1}}{\gamma_{M1}}$$

$$= 0.591 \cdot \frac{|-0.06 \text{ kNm}|}{\frac{17.57 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.002$$

$$\eta_{Mz6.61} = k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,Rk}} \cdot \frac{\gamma_{M1}}{\gamma_{M1}}$$

$$= 0.652 \cdot \frac{|6.09 \text{ kNm}|}{\frac{17.57 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.226$$

$$\eta_{6.61} = \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61} + \eta_{Mz6.61}$$

$$= 0.026 + 0.002 + 0.226$$

$$= 0.254$$

$$\eta_{N6.62} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{11.82 \text{ kN}}{0.10 \cdot \frac{486.350 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.234$$

$$\eta_{My6.62} = k_{xy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,Rk}} \cdot \frac{\gamma_{M1}}{\gamma_{M1}}$$

$$= 0.355 \cdot \frac{|-0.06 \text{ kNm}|}{\frac{17.57 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.001$$

$$\eta_{Mz6.62} = k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,Rk}} \cdot \frac{\gamma_{M1}}{\gamma_{M1}}$$

$$\eta_{Mz6.62} = k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,Rk}} \cdot \frac{\gamma_{M1}}{\gamma_{M1}}$$

$$= 1.086 \cdot \frac{|6.09 \text{ kNm}|}{\frac{17.57 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.376$$

$$\eta_{6.62} = \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62} + \eta_{Mz6.62}$$

$$= 0.234 + 0.001 + 0.376$$

$$= 0.611$$

$$\eta = \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62})$$

$$= \max(0.254, 0.611)$$

$$= 0.611$$

$$\eta = 0.611 \leq 1 \checkmark$$

- $M_{z,Rk}$ Characteristic value of resistance to bending moments
- $W_{pl,z}$ Plastic section modulus
- $\alpha_{s,y}$ Factor
- $M_{s,y}$ Sagging moment
- $M_{h,y}$ Hogging moment
- C_{my} Equivalent uniform moment factor
- $\alpha_{h,z}$ Factor
- $M_{h,z}$ Hogging moment
- $M_{s,z}$ Sagging moment
- C_{mz} Equivalent uniform moment factor
- k_{yy} Interaction factor
- $N_{c,Ed}$ Design compression force
- γ_{M1} Partial factor
- k_{yz} Interaction factor
- k_{zy} Interaction factor
- k_{zz} Interaction factor
- $\eta_{N 6.61}$ Design component for N
- $\eta_{My 6.61}$ Design component for M_y
- $M_{y,Ed}$ Design bending moment (maximum on segment)
- $\eta_{Mz 6.61}$ Design component for M_z
- $M_{z,Ed}$ Design bending moment (maximum on segment)
- $\eta_{6.61}$ Design ratio
- $\eta_{N 6.62}$ Design component for N
- $\eta_{My 6.62}$ Design component for M_y
- $\eta_{Mz 6.62}$ Design component for M_z
- $\eta_{6.62}$ Design ratio

- $N_{cr,y}$ Elastic critical force
- E Modulus of elasticity
- I_y Moment of inertia
- $L_{cr,y}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_y$ Non-dimensional slenderness
- A Sectional area
- f_y Yield strength
- Φ_y Value to determine reduction factor χ
- α_y Imperfection factor
- χ_y Reduction factor for buckling
- $N_{cr,z}$ Elastic critical force
- I_z Moment of inertia
- $L_{cr,z}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_z$ Non-dimensional slenderness
- Φ_z Value to determine reduction factor χ
- α_z Imperfection factor
- χ_z Reduction factor
- N_{Rk} Characteristic value of resistance to compression
- $M_{y,Rk}$ Characteristic value of resistance to bending moments
- $W_{pl,y}$ Plastic section modulus

Испуне рожњаче ПОС Р2 SHS 50x50x4 (Дијагонала је меродавна):

CO77: 1.35 * LC1 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC7		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC7	Vetar - upravno na podužni zid 0,2 +X	Wind

Табела 2.5-21 Меродавна комбинација оптерећења CO 77

Design Internal Forces			
Design axial force	N _{Ed}	14.47	kN
Design shear force	V _{z,Ed}	-0.07	kN
Design shear force	V _{y,Ed}	-0.52	kN
Design torsional moment	T _{Ed}	-0.33	kNm
Design bending moment	M _{y,Ed}	-0.04	kNm
Design bending moment	M _{z,Ed}	1.11	kNm

Слика 2.5-19 Меродавне силе за димензионисање испуне рожњаче ПОС Р2

Design Check SP6100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Section Proof

Axial and shear stress acc. to EN 1993-1-1, 6.2.1(5) | Elastic design

$$\eta_{6.1} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{134.235 \text{ N/mm}^2}{355.000 \text{ N/mm}^2}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{-21.931 \text{ N/mm}^2}{355.000 \text{ N/mm}^2}\right)^2}$$

$$= 0.393$$

6.2.1(5), Eq. 6.1

$$\eta = \eta_{6.1}$$

$$= 0.393$$

6.2.1(5), Eq. 6.1

$$\eta = 0.393 \leq 1 \quad \checkmark$$

$\eta_{6.1}$ Design ratio

$\sigma_{x,Ed}$ Design axial stress

f_y Yield strength of stress point

γ_{M0} Partial factor

τ_{Ed} Design shear stress

2.5.6 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У МЕЂУСПРАТНОЈ КОНСТРУКЦИЈИ 1 ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

Подни носач IPE 500:

C05: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC5		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC5	Vetar - upravno na kalkan 0,2 +Y	Wind

Табела 2.5-22 Мерадавна комбинација оптерећења CO 5

Design Internal Forces				
Design axial force	NEd	4.85	kN	
Design shear force	Vz,Ed	0.00	kN	Negligible
Design shear force	Vy,Ed	0.00	kN	Negligible
Design torsional moment	TEd	0.00	kNm	Negligible
Design bending moment	My,Ed	406.39	kNm	
Design bending moment	Mz,Ed	0.00	kNm	Negligible

Слика 2.5-20 Мерадавне силе за димензионисање подног носача МК1

Design Check SP6500.02 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Section Prof

Bending about y-axis, axial force and shear acc. to EN 1993-1-1, 6.2.9.1 and 6.2.10 | Plastic design

$$N_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$= 115.50 \text{ cm}^2 \cdot \frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{1.00}$$

$$= 4100.250 \text{ kN}$$

$$M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$= 2194.00 \text{ cm}^3 \cdot \frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{1.00}$$

$$= 778.87 \text{ kNm}$$

$$N_{lim,6.33} = 0.25 \cdot N_{pl,Rd}$$

$$= 0.25 \cdot 4100.250 \text{ kN}$$

$$= 1025.060 \text{ kN}$$

$$N_{lim,6.34} = 0.5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot \frac{f_{y,w}}{\gamma_{M0}}$$

$$= 0.5 \cdot 468.0 \text{ mm} \cdot 10.2 \text{ mm} \cdot \frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{1.00}$$

$$= 847.314 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} \leq N_{lim,6.33} \text{ and } N_{Ed} \leq N_{lim,6.34}$$

No effect of the axial force in calculation of bending resistance about y-axis acc. to 6.2.9.1(4)

$$\eta_{My} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}}$$

$$= \frac{|406.39 \text{ kNm}|}{778.87 \text{ kNm}}$$

$$= 0.522$$

$$\eta = \eta_{My}$$

$$= 0.522$$

$$\eta = 0.522 \leq 1$$

$N_{pl,Rd}$ Design plastic axial resistance
 A Sectional area
 f_y Yield strength
 γ_{M0} Partial factor
 $M_{pl,y,Rd}$ Design moment resistance
 $W_{pl,y}$ Plastic section modulus
 $N_{lim,6.33}$ Limit value of axial force
 $N_{lim,6.34}$ Limit value of axial force
 h_w Depth of web between flanges
 t_w Web thickness
 $f_{y,w}$ Yield strength of web
 N_{Ed} Design axial force
 η_{My} Design component for M_y
 $M_{y,Ed}$ Design bending moment

*Напомена: Због присуства горње бетонске плоче на профилисаном лиму која је спрегнута са носачем, занемарена је контрола стабилности носача на бочно-торзионо извијање

Крајњи подни носач IPE 400:

CO2: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC2		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas

Табела 2.5-23 Меродавна комбинација оптерећења CO2

Design Internal Forces				
Design axial force	N _{Ed}	0.53	kN	Negligible
Design shear force	V _{z,Ed}	0.00	kN	Negligible
Design shear force	V _{y,Ed}	0.00	kN	Negligible
Design torsional moment	T _{Ed}	0.00	kNm	Negligible
Design bending moment	M _{y,Ed}	205.46	kNm	
Design bending moment	M _{z,Ed}	0.00	kNm	Negligible

Слика 2.5-21 Меродавне силе за димензионисање крајњег подног носача МК1

Design Check SP4100.03 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Section Proof

Bending about y-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.5 | Plastic design

$$\begin{aligned}
 M_{pl,y,Rd} &= W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \\
 &= 1307.00 \text{ cm}^3 \cdot \frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{1.00} \\
 &= 463.98 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

6.2.5, Eq. 6.13

$$\begin{aligned}
 \eta_{My} &= \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} \\
 &= \frac{|205.46 \text{ kNm}|}{463.98 \text{ kNm}} \\
 &= 0.443
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \eta_{My} \\
 &= 0.443
 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.443 \leq 1 \quad \checkmark$$

 $M_{pl,y,Rd}$ Design moment resistance $W_{pl,y}$ Plastic section modulus f_y Yield strength γ_{M0} Partial factor η_{My} Design component for M_y $M_{y,Ed}$ Design bending moment

*Напомена: Због присуства горње бетонске плоче на профилисаном лиму која је спрегнута са носачем, занемарена је контрола стабилности носача на бочно-торзионо извијање

Подвлака IPE 550:

CO9: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC9		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC9	Vetar - upravno na kalkan 0,2 -Y	Wind

Табела 2.5-24 Меродавна комбинација оптерећења CO9

Design Internal Forces				
Design axial force	NEd	3.15	kN	Negligible
Design shear force	Vz,Ed	203.12	kN	
Design shear force	Vy,Ed	0.00	kN	Negligible
Design torsional moment	TEd	0.00	kNm	Negligible
Design bending moment	My,Ed	824.18	kNm	
Design bending moment	Mz,Ed	0.00	kNm	Negligible

Слика 2.5-22 Меродавне силе за димензионисање подвлаке МК1

Design Check SP4100.03 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Section Proof

Bending about y-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.5 | Plastic design

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot \left(\frac{f_{y,w}}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}}$$

$$= \frac{72.30 \text{ cm}^2 \cdot \left(\frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{\sqrt{3}} \right)}{1.00}$$

$$= 1481.86 \text{ kN}$$

$$V_{z,Rd,min} = V_{pl,z,Rd}$$

$$= 1481.86 \text{ kN}$$

$$\eta_{Vz} = \frac{V_{z,Ed}}{V_{z,Rd,min}}$$

$$= \frac{203.12 \text{ kN}}{1481.86 \text{ kN}}$$

$$= 0.137$$

Acc. to 6.2.8(2) or 6.2.10(2), the effect of the shear force/stress in the z-axis is neglected because it is less than half of the shear resistance.

$$M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$= 2787.00 \text{ cm}^3 \cdot \frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{1.00}$$

$$= 989.39 \text{ kNm}$$

$$\eta_{My} = \frac{|M_{r,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}}$$

$$= \frac{|824.18 \text{ kNm}|}{989.39 \text{ kNm}}$$

$$= 0.833$$

$$\eta = \eta_{My}$$

$$= 0.833$$

$$\eta = 0.833 \leq 1 \quad \checkmark$$

6.2.6(2), Eq. 6.18

 $V_{pl,z,Rd}$ Design shear force resistance $A_{v,z}$ Shear area $f_{y,w}$ Yield strength of web γ_{M0} Partial factor η_{Vz} Design component for V_z $V_{z,Ed}$ Design shear force $V_{z,Rd,min}$ Design shear force resistance $M_{pl,y,Rd}$ Design moment resistance $W_{pl,y}$ Plastic section modulus f_y Yield strength η_{My} Design component for M_y $M_{y,Ed}$ Design bending moment

6.2.5, Eq. 6.13

Напомена: Због присуства горње бетонске плоче на профилисаном лиму која је спрегнута са носачем, занемарена је контрола стабилности носача на бочно-торзионо извијање

Стуб НЕА 200:

CO7: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC7		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC7	Vetar - upravno na podužni zid 0,2 +X	Wind

Табела 2.5-25 Меродавна комбинација оптерећења CO 7

Design Internal Forces			
Design axial force	N _{Ed}	-539.91	kN
Design shear force	V _{z,Ed}	0.65	kN
Design shear force	V _{y,Ed}	1.57	kN
Design torsional moment	T _{Ed}	0.00	kNm
Design bending moment	M _{y,Ed}	-2.78	kNm
Design bending moment	M _{z,Ed}	3.92	kNm

Слика 2.5-23 Меродавне силе за димензионисање стуба МК1

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{3692.00 \text{ cm}^4}{(3.500 \text{ m})^2}$$

$$= 6246.61 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{53.80 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{6246.61 \text{ kN}}}$$

$$= 0.553$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (0.553 - 0.2) + (0.553)^2 \right]$$

$$= 0.713$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{0.713 + \sqrt{(0.713)^2 - (0.553)^2}}$$

$$= 0.86$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{1336.00 \text{ cm}^4}{(3.500 \text{ m})^2}$$

$$= 2260.42 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{53.80 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{2260.42 \text{ kN}}}$$

$$= 0.919$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.490 \cdot (0.919 - 0.2) + (0.919)^2 \right]$$

$$= 1.099$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{1.099 + \sqrt{(1.099)^2 - (0.919)^2}}$$

$$= 0.59$$

$$M_{cr} = \alpha_{cr} \cdot |M_{y,Ed}|$$

$$= 124.42 \cdot |-2.78 \text{ kNm}|$$

$$= 345.82 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{ply} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$= \sqrt{\frac{429.50 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{345.82 \text{ kNm}}}$$

$$= 0.664$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (0.664 - 0.400) + 0.750 \cdot (0.664)^2 \right]$$

$$= 0.710$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT})^2 - \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2}}$$

$$= \frac{1}{0.710 + \sqrt{(0.710)^2 - 0.750 \cdot (0.664)^2}}$$

$$= 0.89$$

$$f = 1 - 0.5 \cdot (1 - k_c) \cdot \left(1 - 2 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2 \right)$$

$$= 1 - 0.5 \cdot (1 - 0.752) \cdot \left(1 - 2 \cdot (0.664 - 0.8)^2 \right)$$

$$= 0.881$$

$$\begin{aligned}\chi_{LT,mod} &= \frac{\chi_{LT}}{f} \\ &= \frac{0.89}{0.881} \\ &= 1.01\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\chi_{LT,mod} &= \min(\chi_{LT,mod}, 1) \\ &= \min(1.01, 1) \\ &= 1.00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{Rk} &= A \cdot f_y \\ &= 53.80 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1909.900 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{y,Rk} &= W_{pl,y} \cdot f_y \\ &= 429.50 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 152.47 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{z,Rk} &= W_{pl,z} \cdot f_y \\ &= 203.80 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 72.35 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{my} &= 0.6 + 0.4 \cdot \Psi_y \\ &= 0.6 + 0.4 \cdot 0.000 \\ &= 0.600\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{mLT} &= 0.6 + 0.4 \cdot \Psi_{y,LT} \\ &= 0.6 + 0.4 \cdot 0.000 \\ &= 0.600\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{mz} &= 0.6 + 0.4 \cdot \Psi_z \\ &= 0.6 + 0.4 \cdot -0.976 \\ &= 0.210\end{aligned}$$

$$C_{mz} = 0.4$$

$$\begin{aligned}k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.600 \cdot \left(1 + (0.553 - 0.2) \cdot \frac{539.91 \text{ kN}}{0.86 \cdot \frac{1909.900 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.670\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_{yy} &= \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.670, 0.600 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{539.91 \text{ kN}}{0.86 \cdot \frac{1909.900 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.670\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_{yz} &= 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.6 \cdot 0.400 \cdot \left(1 + (2 \cdot 0.919 - 0.6) \cdot \frac{539.91 \text{ kN}}{0.59 \cdot \frac{1909.900 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.383\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_{yz} &= \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.383, 0.6 \cdot 0.400 \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{539.91 \text{ kN}}{0.59 \cdot \frac{1909.900 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.383\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_{zy} &= 1 - 0.1 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \cdot \chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= 1 - 0.1 \cdot 0.919 \cdot \frac{539.91 \text{ kN}}{(0.600 - 0.25) \cdot 0.59 \cdot \frac{1909.900 \text{ kN}}{1.00}} \\ &= 0.874\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_{zy} &= \max \left(k_{zy}, 1 - 0.1 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \cdot \chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= \max \left(0.874, 1 - 0.1 \cdot \frac{539.91 \text{ kN}}{(0.600 - 0.25) \cdot 0.59 \cdot \frac{1909.900 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.874\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_{zz} &= C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.400 \cdot \left(1 + (2 \cdot 0.919 - 0.6) \cdot \frac{539.91 \text{ kN}}{0.59 \cdot \frac{1909.900 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.638\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_{zz} &= \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.638, 0.400 \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{539.91 \text{ kN}}{0.59 \cdot \frac{1909.900 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.638\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_{N6.61} &= \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{539.91 \text{ kN}}{0.86 \cdot \frac{1909.900 \text{ kN}}{1.00}} \\ &= 0.329\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_{My6.61} &= k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= 0.670 \cdot \frac{|-2.78 \text{ kNm}|}{1.00 \cdot \frac{152.47 \text{ kNm}}{1.00}} \\ &= 0.012\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_{Mz6.61} &= k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= 0.383 \cdot \frac{|3.92 \text{ kNm}|}{\frac{72.35 \text{ kNm}}{1.00}} \\ &= 0.021\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_{6.61} &= \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61} + \eta_{Mz6.61} \\ &= 0.329 + 0.012 + 0.021 \\ &= 0.362\end{aligned}$$

$$\eta_{N6.62} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{539.91 \text{ kN}}{0.59 \cdot \frac{1909.900 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.481$$

$$\eta_{My6.62} = k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.874 \cdot \frac{|-2.78 \text{ kNm}|}{1.00 \cdot \frac{152.47 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.016$$

$$\eta_{Mz6.62} = k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.638 \cdot \frac{|3.92 \text{ kNm}|}{\frac{72.35 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.035$$

$$\eta_{6.62} = \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62} + \eta_{Mz6.62}$$

$$= 0.481 + 0.016 + 0.035$$

$$= 0.531$$

$$\eta = \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62})$$

$$= \max(0.362, 0.531)$$

$$= 0.531$$

$$\eta = 0.531 \leq 1 \quad \checkmark$$

- $N_{cr,y}$ Elastic critical force
- E Modulus of elasticity
- I_y Moment of inertia
- $L_{cr,y}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_y$ Non-dimensional slenderness
- A Sectional area
- f_y Yield strength
- Φ_y Value to determine reduction factor χ
- α_y Imperfection factor
- χ_y Reduction factor for buckling
- $N_{cr,z}$ Elastic critical force
- I_z Moment of inertia
- $L_{cr,z}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_z$ Non-dimensional slenderness
- Φ_z Value to determine reduction factor χ
- α_z Imperfection factor
- χ_z Reduction factor
- M_{cr} Elastic critical moment for lateral-torsional buckling
- α_{cr} Amplifier
- $M_{y,Ed}$ Design bending moment (maximum on member or set)
- $\bar{\lambda}_{LT}$ Non-dimensional slenderness
- $W_{pl,y}$ Plastic section modulus
- Φ_{LT} Value to determine reduction factor χ

- α_{LT} Imperfection factor
- $\bar{\lambda}_{LT,0}$ Limiting slenderness
- β Parameter
- χ_{LT} Reduction factor for lateral-torsional buckling
- f Modification factor
- k_c Correction factor
- $\chi_{LT,mod}$ Modified reduction factor for lateral-torsional buckling
- N_{Rk} Characteristic value of resistance to compression
- $M_{y,Rk}$ Characteristic value of resistance to bending moments
- $M_{z,Rk}$ Characteristic value of resistance to bending moments
- $W_{pl,z}$ Plastic section modulus
- C_{my} Equivalent uniform moment factor
- Ψ_y Ratio of end moments
- C_{mLT} Equivalent uniform moment factor
- $\Psi_{y,LT}$ Ratio of end moments
- C_{mz} Equivalent uniform moment factor
- Ψ_z Ratio of end moments
- k_{yy} Interaction factor
- $N_{c,Ed}$ Design compression force
- γ_{M1} Partial factor
- k_{yz} Interaction factor
- k_{zy} Interaction factor
- k_{zz} Interaction factor
- $\eta_{N 6.61}$ Design component for N
- $\eta_{My 6.61}$ Design component for M_y
- $M_{y,Ed}$ Design bending moment (maximum on segment)
- $\eta_{Mz 6.61}$ Design component for M_z
- $M_{z,Ed}$ Design bending moment (maximum on segment)
- $\eta_{6.61}$ Design ratio
- $\eta_{N 6.62}$ Design component for N
- $\eta_{My 6.62}$ Design component for M_y
- $\eta_{Mz 6.62}$ Design component for M_z
- $\eta_{6.62}$ Design ratio

Степенишни носач IPE 270

CO8: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC8		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC8	Vetar - upravno na podužni zid -0,3 +X	Wind

Табела 2.5-26 Меродавна комбинација оптерећења CO 8

Design Internal Forces			
Design axial force	N _{Ed}	-50.17 kN	
Design shear force	V _{z,Ed}	-26.18 kN	
Design shear force	V _{y,Ed}	-1.17 kN	
Design torsional moment	T _{Ed}	-0.01 kNm	Negligible
Design bending moment	M _{y,Ed}	0.00 kNm	Negligible
Design bending moment	M _{z,Ed}	0.41 kNm	

Слика 2.5-24 Меродавне силе за димензионисање степенишног носача

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{5790.00 \text{ cm}^4}{(5.519 \text{ m})^2}$$

$$= 3939.21 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{45.95 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{3939.21 \text{ kN}}}$$

$$= 0.644$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.644 - 0.2) + (0.644)^2 \right]$$

$$= 0.754$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{0.754 + \sqrt{(0.754)^2 - (0.644)^2}}$$

$$= 0.87$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{419.90 \text{ cm}^4}{(1.533 \text{ m})^2}$$

$$= 3702.39 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{45.95 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{3702.39 \text{ kN}}}$$

$$= 0.664$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (0.664 - 0.2) + (0.664)^2 \right]$$

$$= 0.799$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{0.799 + \sqrt{(0.799)^2 - (0.664)^2}}$$

$$= 0.80$$

$$M_{cr} = \alpha_{cr} \cdot |M_{y,Ed}|$$

$$= 1.19 \cdot |50.40 \text{ kNm}|$$

$$= 59.89 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$= \sqrt{\frac{428.90 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{59.89 \text{ kNm}}}$$

$$= 1.595$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (1.595 - 0.400) + 0.750 \cdot (1.595)^2 \right]$$

$$= 1.657$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT})^2 - \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2}}$$

$$= \frac{1}{1.657 + \sqrt{(1.657)^2 - 0.750 \cdot (1.595)^2}}$$

$$= 0.39$$

$$f = 1 - 0.5 \cdot (1 - k_c) \cdot \left(1 - 2 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2 \right)$$

$$= 1 - 0.5 \cdot (1 - 1.000) \cdot \left(1 - 2 \cdot (1.595 - 0.8)^2 \right)$$

$$= 1.000$$

$$\begin{aligned} \chi_{LT,mod} &= \frac{\chi_{LT}}{f} \\ &= \frac{0.39}{1.000} \\ &= 0.39 \\ N_{Rk} &= A \cdot f_y \\ &= 45.95 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1631.230 \text{ kN} \\ M_{y,Rk} &= W_{el,y} \cdot f_y \\ &= 428.90 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 152.26 \text{ kNm} \\ M_{z,Rk} &= W_{el,z} \cdot f_y \\ &= 62.20 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 22.08 \text{ kNm} \\ \alpha_{h,y} &= \frac{M_{h,y}}{M_{s,y}} \\ &= \frac{32.46 \text{ kNm}}{48.35 \text{ kNm}} \\ &= 0.671 \\ C_{my} &= 0.9 + 0.1 \cdot \alpha_{h,y} \\ &= 0.9 + 0.1 \cdot 0.671 \\ &= 0.967 \\ \alpha_{h,y,LT} &= \frac{M_{h,y,LT}}{M_{s,y,LT}} \\ &= \frac{32.46 \text{ kNm}}{48.35 \text{ kNm}} \\ &= 0.671 \\ C_{mLT} &= 0.9 + 0.1 \cdot \alpha_{h,y,LT} \\ &= 0.9 + 0.1 \cdot 0.671 \\ &= 0.967 \\ \alpha_{s,z} &= \frac{M_{s,z}}{M_{h,z}} \\ &= \frac{0.01 \text{ kNm}}{-1.65 \text{ kNm}} \\ &= -0.005 \\ C_{mz} &= 0.2 \cdot (-\psi_z) - 0.8 \cdot \alpha_{s,z} \\ &= 0.2 \cdot (- - 0.246) - 0.8 \cdot -0.005 \\ &= 0.053 \\ C_{mz} &= 0.4 \\ k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.967 \cdot \left(1 + 0.6 \cdot 0.644 \cdot \frac{50.17 \text{ kN}}{0.87 \cdot \frac{1631.230 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.980 \\ k_{yy} &= \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.6 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.980, 0.967 \cdot \left(1 + 0.6 \cdot \frac{50.17 \text{ kN}}{0.87 \cdot \frac{1631.230 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.980 \\ k_{yz} &= C_{mz} \cdot \left(1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.400 \cdot \left(1 + 0.6 \cdot 0.664 \cdot \frac{50.17 \text{ kN}}{0.80 \cdot \frac{1631.230 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.406 \\ k_{yz} &= \min \left(k_{yz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 0.6 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.406, 0.400 \cdot \left(1 + 0.6 \cdot \frac{50.17 \text{ kN}}{0.80 \cdot \frac{1631.230 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 0.406 \\ k_{zy} &= 1 - 0.05 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \cdot \chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= 1 - 0.05 \cdot 0.664 \cdot \frac{50.17 \text{ kN}}{(0.967 - 0.25) \cdot 0.80 \cdot \frac{1631.230 \text{ kN}}{1.00}} \\ &= 0.998 \\ k_{zy} &= \max \left(k_{zy}, 1 - 0.05 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \cdot \chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= \max \left(0.998, 1 - 0.05 \cdot \frac{50.17 \text{ kN}}{(0.967 - 0.25) \cdot 0.80 \cdot \frac{1631.230 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.998 \\ k_{zz} &= C_{mz} \cdot \left(1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.400 \cdot \left(1 + 0.6 \cdot 0.664 \cdot \frac{50.17 \text{ kN}}{0.80 \cdot \frac{1631.230 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.406 \\ k_{zz} &= \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 0.6 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.406, 0.400 \cdot \left(1 + 0.6 \cdot \frac{50.17 \text{ kN}}{0.80 \cdot \frac{1631.230 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.406 \\ \eta_{N6.61} &= \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{50.17 \text{ kN}}{0.87 \cdot \frac{1631.230 \text{ kN}}{1.00}} \\ &= 0.035 \\ \eta_{My6.61} &= k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= 0.980 \cdot \frac{|50.40 \text{ kNm}|}{0.39 \cdot \frac{152.26 \text{ kNm}}{1.00}} \\ &= 0.834 \\ \eta_{Mz6.61} &= k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= 0.406 \cdot \frac{|-1.65 \text{ kNm}|}{\frac{22.08 \text{ kNm}}{1.00}} \\ &= 0.030 \\ \eta_{6.61} &= \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61} + \eta_{Mz6.61} \\ &= 0.035 + 0.834 + 0.030 \\ &= 0.900 \\ \eta_{N6.62} &= \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{50.17 \text{ kN}}{0.80 \cdot \frac{1631.230 \text{ kN}}{1.00}} \\ &= 0.038 \\ \eta_{My6.62} &= k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= 0.998 \cdot \frac{|50.40 \text{ kNm}|}{0.39 \cdot \frac{152.26 \text{ kNm}}{1.00}} \\ &= 0.850 \end{aligned}$$

$$\eta_{Mz6.62} = k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\gamma_{M1} \cdot \frac{M_{z,Rk}}{1.00}}$$

$$= 0.406 \cdot \frac{|-1.65 \text{ kNm}|}{22.08 \text{ kNm}}$$

$$= 0.030$$

$$\eta_{6.62} = \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62} + \eta_{Mz6.62}$$

$$= 0.038 + 0.850 + 0.030$$

$$= 0.918$$

$$\eta = \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62})$$

$$= \max(0.900, 0.918)$$

$$= 0.918$$

$$\eta = 0.918 \leq 1 \quad \checkmark$$

- k_{zz} Interaction factor
- $\eta_{N 6.61}$ Design component for N
- $\eta_{My 6.61}$ Design component for M_y
- $M_{y,Ed}$ Design bending moment (maximum on segment)
- $\eta_{Mz 6.61}$ Design component for M_z
- $M_{z,Ed}$ Design bending moment (maximum on segment)
- $\eta_{6.61}$ Design ratio
- $\eta_{N 6.62}$ Design component for N
- $\eta_{My 6.62}$ Design component for M_y
- $\eta_{Mz 6.62}$ Design component for M_z
- $\eta_{6.62}$ Design ratio

- $N_{cr,y}$ Elastic critical force
- E Modulus of elasticity
- I_y Moment of inertia
- $L_{cr,y}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_y$ Non-dimensional slenderness
- A Sectional area
- f_y Yield strength
- Φ_y Value to determine reduction factor χ
- α_y Imperfection factor
- χ_y Reduction factor for buckling
- $N_{cr,z}$ Elastic critical force
- I_z Moment of inertia
- $L_{cr,z}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_z$ Non-dimensional slenderness
- Φ_z Value to determine reduction factor χ
- α_z Imperfection factor
- χ_z Reduction factor
- M_{cr} Elastic critical moment for lateral-torsional buckling
- α_{cr} Amplifier
- $M_{y,Ed}$ Design bending moment (maximum on member or set)
- $\bar{\lambda}_{LT}$ Non-dimensional slenderness
- $W_{el,y}$ Elastic section modulus
- Φ_{LT} Value to determine reduction factor χ
- α_{LT} Imperfection factor
- $\bar{\lambda}_{LT,0}$ Limiting slenderness
- β Parameter
- χ_{LT} Reduction factor for lateral-torsional buckling
- f Modification factor
- k_c Correction factor
- $\chi_{LT,mod}$ Modified reduction factor for lateral-torsional buckling
- N_{Rk} Characteristic value of resistance to compression
- $M_{y,Rk}$ Characteristic value of resistance to bending moments
- $M_{z,Rk}$ Characteristic value of resistance to bending moments
- $W_{el,z}$ Elastic section modulus
- $\alpha_{h,y}$ Factor
- $M_{h,y}$ Hogging moment
- $M_{s,y}$ Sagging moment
- C_{my} Equivalent uniform moment factor
- $\alpha_{h,y,LT}$ Factor
- $M_{h,y,LT}$ Hogging moment
- $M_{s,y,LT}$ Sagging moment
- $C_{m,LT}$ Equivalent uniform moment factor
- $\alpha_{s,z}$ Factor
- $M_{s,z}$ Sagging moment
- $M_{h,z}$ Hogging moment
- $C_{m,z}$ Equivalent uniform moment factor
- ψ_z Ratio of end moments
- k_{yy} Interaction factor
- $N_{c,Ed}$ Design compression force
- γ_{M1} Partial factor
- k_{yz} Interaction factor
- k_{zy} Interaction factor

Ослоначка греда степенишног носача 1 - IPE 270:

CO14: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC8		
Load Case	EN 1990 CEN 2010-04	
	Name	Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC4	Sneg 2	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC8	Vetar - upravno na podužni zid -0,3 +X	Wind

Табела 2.5-27 Меродавна комбинација оптерећења CO 14

Design Internal Forces			
Design axial force	NEd	5.29 kN	
Design shear force	Vz,Ed	19.00 kN	
Design shear force	Vy,Ed	0.00 kN	Negligible
Design torsional moment	Tt,Ed	0.00 kNm	Negligible
Design warping torsional moment	Tw,Ed	0.00 kNm	Negligible
Design bending moment	My,Ed	39.71 kNm	
Design bending moment	Mz,Ed	0.00 kNm	Negligible
Design bimoment	BEd	0.00 kNm ²	Negligible

Слика 2.5-25 Меродавне силе за димензионисање ослоначке греде степенишног носача

Design Check ST2100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Lateral torsional buckling acc. to EN 1993-1-1, 6.3.2

$$M_{cr} = \alpha_{cr} \cdot |M_{y,Ed}|$$

$$= 2.59 \cdot |39.71 \text{ kNm}|$$

$$= 102.74 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$= \sqrt{\frac{484.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{102.74 \text{ kNm}}}$$

$$= 1.293$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (1.293 - 0.400) + 0.750 \cdot (1.293)^2 \right]$$

$$= 1.279$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT})^2 - \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2}}$$

$$= \frac{1}{1.279 + \sqrt{(1.279)^2 - 0.750 \cdot (1.293)^2}}$$

$$= 0.53$$

$$f = 1 - 0.5 \cdot (1 - k_c) \cdot \left(1 - 2 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2 \right)$$

$$= 1 - 0.5 \cdot (1 - 0.860) \cdot \left(1 - 2 \cdot (1.293 - 0.8)^2 \right)$$

$$= 0.964$$

$$\chi_{LT,mod} = \frac{\chi_{LT}}{f}$$

$$= \frac{0.53}{0.964}$$

$$= 0.55$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT,loc} \cdot W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$= 0.546908 \cdot 484.00 \text{ cm}^3 \cdot \frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{1.00}$$

$$= 93.97 \text{ kNm}$$

$$\eta = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{b,Rd}}$$

$$= \frac{|39.71 \text{ kNm}|}{93.97 \text{ kNm}}$$

$$= 0.423$$

$$\eta = 0.423 \leq 1 \quad \checkmark$$

 M_{cr} Elastic critical moment for lateral-torsional buckling α_{cr} Amplifier $M_{y,Ed}$ Design bending moment (maximum on member or set) $\bar{\lambda}_{LT}$ Non-dimensional slenderness $W_{pl,y}$ Plastic section modulus f_y Yield strength Φ_{LT} Value to determine reduction factor χ α_{LT} Imperfection factor $\bar{\lambda}_{LT,0}$ Limiting slenderness β Parameter χ_{LT} Reduction factor for lateral-torsional buckling f Modification factor k_c Correction factor $\chi_{LT,mod}$ Modified reduction factor for lateral-torsional buckling $M_{b,Rd}$ Design buckling resistance moment γ_{M1} Partial factor $M_{y,Ed}$ Design bending moment

Ослоначка греда степенишног носача 2 – НЕВ 400:

CO6: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC6		
Load Case	EN 1990 CEN 2010-04	
	Name	Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC6	Vetar - upravno na kalkan -0,3 +Y	Wind

Табела 2.5-28 Меродавна комбинација оптерећења CO 6

Design Internal Forces			
Design axial force	N _{Ed}	-31.13	kN
Design shear force	V _{z,Ed}	203.64	kN
Design shear force	V _{y,Ed}	-20.62	kN
Design torsional moment	T _{Ed}	0.01	kNm
Design bending moment	M _{y,Ed}	462.96	kNm
Design bending moment	M _{z,Ed}	-24.14	kNm

Слика 2.5-26 Меродавне силе за димензионисање ослоначке греде 2

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{79890.00 \text{ cm}^4}{(8.000 \text{ m})^2}$$

$$= 25872.10 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{218.00 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{25872.10 \text{ kN}}}$$

$$= 0.547$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.547 - 0.2) + (0.547)^2 \right]$$

$$= 0.686$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{0.686 + \sqrt{(0.686)^2 - (0.547)^2}}$$

$$= 0.91$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{11720.00 \text{ cm}^4}{(4.000 \text{ m})^2}$$

$$= 15181.90 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{218.00 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{15181.90 \text{ kN}}}$$

$$= 0.714$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (0.714 - 0.2) + (0.714)^2 \right]$$

$$= 0.842$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{0.842 + \sqrt{(0.842)^2 - (0.714)^2}}$$

$$= 0.78$$

$$M_{cr} = \alpha_{cr} \cdot |M_{y,Ed}|$$

$$= 8.34 \cdot |853.37 \text{ kNm}|$$

$$= 7117.84 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$= \sqrt{\frac{3980.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{7117.84 \text{ kNm}}}$$

$$= 0.446$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (0.446 - 0.400) + 0.750 \cdot (0.446)^2 \right]$$

$$= 0.582$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT})^2 - \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2}}$$

$$= \frac{1}{0.582 + \sqrt{(0.582)^2 - 0.750 \cdot (0.446)^2}}$$

$$= 0.98$$

$$f = 1 - 0.5 \cdot (1 - k_c) \cdot \left(1 - 2 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2 \right)$$

$$= 1 - 0.5 \cdot (1 - 0.752) \cdot \left(1 - 2 \cdot (0.446 - 0.8)^2 \right)$$

$$= 0.907$$

$$\begin{aligned}\chi_{LT,mod} &= \frac{\chi_{LT}}{f} \\ &= \frac{0,98}{0,907} \\ &= 1,08\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\chi_{LT,mod} &= \min(\chi_{LT,mod}, 1) \\ &= \min(1,08, 1) \\ &= 1,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{Rk} &= A \cdot f_y \\ &= 218,00 \text{ cm}^2 \cdot 355,000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 7739,000 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{y,Rk} &= W_{pl,y} \cdot f_y \\ &= 3980,00 \text{ cm}^3 \cdot 355,000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1412,90 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{z,Rk} &= W_{pl,z} \cdot f_y \\ &= 1200,00 \text{ cm}^3 \cdot 355,000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 426,00 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{h,y} &= \frac{M_{h,y}}{M_{s,y}} \\ &= \frac{0,00 \text{ kNm}}{852,03 \text{ kNm}} \\ &= 0,000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{my} &= 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{h,y} \\ &= 0,9 + 0,1 \cdot 0,000 \\ &= 0,900\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{s,y,LT} &= \frac{M_{s,y,LT}}{M_{h,y,LT}} \\ &= \frac{449,16 \text{ kNm}}{850,69 \text{ kNm}} \\ &= 0,528\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{mLT} &= 0,2 + 0,8 \cdot \alpha_{s,y,LT} \\ &= 0,2 + 0,8 \cdot 0,528 \\ &= 0,622\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{h,z} &= \frac{M_{h,z}}{M_{s,z}} \\ &= \frac{15,55 \text{ kNm}}{-29,38 \text{ kNm}} \\ &= -0,529\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{mz} &= 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{h,z} \\ &= 0,9 + 0,1 \cdot -0,529 \\ &= 0,847\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0,900 \cdot \left(1 + (0,547 - 0,2) \cdot \frac{31,13 \text{ kN}}{0,91 \cdot \frac{7739,000 \text{ kN}}{1,00}} \right) \\ &= 0,901\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_{yy} &= \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0,901, 0,900 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{31,13 \text{ kN}}{0,91 \cdot \frac{7739,000 \text{ kN}}{1,00}} \right) \right) \\ &= 0,901\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_{yz} &= 0,6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0,6 \cdot 0,847 \cdot \left(1 + (2 \cdot 0,714 - 0,6) \cdot \frac{31,13 \text{ kN}}{0,78 \cdot \frac{7739,000 \text{ kN}}{1,00}} \right) \\ &= 0,510\end{aligned}$$

$$k_{yz} = \min \left(k_{yz}, 0,6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.510, 0.6 \cdot 0.847 \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{31.13 \text{ kN}}{0.78 \cdot \frac{7739.000 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.510$$

$$k_{zy} = 1 - 0.1 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \cdot \chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 1 - 0.1 \cdot 0.714 \cdot \frac{31.13 \text{ kN}}{(0.622 - 0.25) \cdot 0.78 \cdot \frac{7739.000 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.999$$

$$k_{zy} = \max \left(k_{zy}, 1 - 0.1 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \cdot \chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= \max \left(0.999, 1 - 0.1 \cdot \frac{31.13 \text{ kN}}{(0.622 - 0.25) \cdot 0.78 \cdot \frac{7739.000 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.999$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.847 \cdot \left(1 + (2 \cdot 0.714 - 0.6) \cdot \frac{31.13 \text{ kN}}{0.78 \cdot \frac{7739.000 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.851$$

$$k_{zz} = \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.851, 0.847 \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{31.13 \text{ kN}}{0.78 \cdot \frac{7739.000 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.851$$

$$\eta_{N6.51} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{31.13 \text{ kN}}{0.91 \cdot \frac{7739.000 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.004$$

$$\eta_{My6.61} = k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.901 \cdot \frac{|853.37 \text{ kNm}|}{1.00 \cdot \frac{1412.90 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.544$$

$$\eta_{Mz6.61} = k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.510 \cdot \frac{|-30.65 \text{ kNm}|}{\frac{426.00 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.037$$

$$\eta_{6.61} = \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61} + \eta_{Mz6.61}$$

$$= 0.004 + 0.544 + 0.037$$

$$= 0.586$$

$$\eta_{N6.52} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{31.13 \text{ kN}}{0.78 \cdot \frac{7739.000 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.005$$

$$\eta_{My6.62} = k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.999 \cdot \frac{|853.37 \text{ kNm}|}{1.00 \cdot \frac{1412.90 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.603$$

$$\eta_{Mz6.62} = k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.851 \cdot \frac{|-30.65 \text{ kNm}|}{\frac{426.00 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.061$$

$$\eta_{6.62} = \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62} + \eta_{Mz6.62}$$

$$= 0.005 + 0.603 + 0.061$$

$$= 0.670$$

$$\eta = \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62})$$

$$= \max(0.586, 0.670)$$

$$= 0.670$$

$$\eta = 0.670 \leq 1 \quad \checkmark$$

- $N_{cr,y}$ Elastic critical force
- E Modulus of elasticity
- I_y Moment of inertia
- $L_{cr,y}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_y$ Non-dimensional slenderness
- A Sectional area
- f_y Yield strength
- Φ_y Value to determine reduction factor χ
- α_y Imperfection factor
- χ_y Reduction factor for buckling
- $N_{cr,z}$ Elastic critical force
- I_z Moment of inertia
- $L_{cr,z}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_z$ Non-dimensional slenderness
- Φ_z Value to determine reduction factor χ
- α_z Imperfection factor
- χ_z Reduction factor
- M_{cr} Elastic critical moment for lateral-torsional buckling
- α_{cr} Amplifier
- $M_{y,Ed}$ Design bending moment (maximum on member or set)
- $\chi_{LT,mod}$ Modified reduction factor for lateral-torsional buckling
- N_{Rk} Characteristic value of resistance to compression
- $M_{y,Rk}$ Characteristic value of resistance to bending moments
- $M_{z,Rk}$ Characteristic value of resistance to bending moments
- $W_{pl,z}$ Plastic section modulus
- $\alpha_{h,y}$ Factor
- $M_{h,y}$ Hogging moment
- $M_{s,y}$ Sagging moment
- C_{my} Equivalent uniform moment factor
- $\alpha_{s,y,LT}$ Factor
- $M_{s,y,LT}$ Sagging moment
- $M_{h,y,LT}$ Hogging moment
- C_{mLT} Equivalent uniform moment factor
- $\alpha_{h,z}$ Factor
- $M_{h,z}$ Hogging moment
- $M_{s,z}$ Sagging moment
- C_{mz} Equivalent uniform moment factor
- k_{yy} Interaction factor
- $N_{c,Ed}$ Design compression force
- γ_{M1} Partial factor
- k_{yz} Interaction factor
- k_{zy} Interaction factor
- k_{zz} Interaction factor
- $\eta_{N6.61}$ Design component for N
- $\eta_{My6.61}$ Design component for M_y
- $M_{y,Ed}$ Design bending moment (maximum on segment)
- $\eta_{Mz6.61}$ Design component for M_z
- $M_{z,Ed}$ Design bending moment (maximum on segment)
- $\eta_{6.61}$ Design ratio
- $\eta_{N6.62}$ Design component for N
- $\eta_{My6.62}$ Design component for M_y
- $\eta_{Mz6.62}$ Design component for M_z
- $\eta_{6.62}$ Design ratio

2.5.7 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У ПОПРЕЧНОМ КРОВНОМ СПРЕГУ ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

Сви профили у попречном кровном спрегу су L 50x50x5

CO 44: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC10		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC10	Vetar - upravno na kalkan -0,3 -Y	Wind

Табела 2.5-29 Меродавна комбинација оптерећења CO 44

Design Internal Forces					
Design axial force	NEd	66.53	kN		
Design shear force	Vv,Ed	0.00	kN		Negligible
Design shear force	Vu,Ed	0.00	kN		Negligible
Design torsional moment	TEd	0.00	kNm		Negligible
Design bending moment	Mu,Ed	0.00	kNm		Negligible
Design bending moment	Mv,Ed	0.00	kNm		Negligible

Слика 2.5-27 Меродавне силе за димензионисање попречног кровног спрега

Design Check SP1100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Section Proof

Tension acc. to EN 1993-1-1, 6.2.3

$$\begin{aligned}
 N_{pl,Rd} &= A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} && 6.2.3, \text{ Eq. 6.6} \\
 &= 4.80 \text{ cm}^2 \cdot \frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{1.00} \\
 &= 170.400 \text{ kN} \\
 N_{t,Rd} &= N_{pl,Rd} && 6.2.3(2) \\
 &= 170.40 \text{ kN} \\
 \eta &= \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} && 6.2.3, \text{ Eq. 6.5} \\
 &= \frac{66.53 \text{ kN}}{170.40 \text{ kN}} \\
 &= 0.390 \\
 \eta &= 0.390 \leq 1 \quad \checkmark
 \end{aligned}$$

$N_{pl,Rd}$ Design plastic axial resistance

A Sectional area

f_y Yield strength

γ_{M0} Partial factor

$N_{t,Rd}$ Design axial force resistance

$N_{t,Ed}$ Design tension force

2.5.8 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У МЕЂУСПРАТНОЈ КОНСТРУКЦИЈИ 2 ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

Подни носачи у међуспратној конструкцији 2 – IPE 270

CO2: 1.35 * LC1 + 1.5 * LC2		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas

Табела 2.5-30 Меродавна комбинација оптерећења CO 68

Design Internal Forces				
Design axial force	N _{Ed}	0.02	kN	Negligible
Design shear force	V _{z,Ed}	0.00	kN	Negligible
Design shear force	V _{y,Ed}	0.00	kN	Negligible
Design torsional moment	T _{Ed}	0.00	kNm	Negligible
Design bending moment	M _{y,Ed}	94.72	kNm	
Design bending moment	M _{z,Ed}	0.00	kNm	Negligible

Слика 2.5-28 Меродавне силе за димензионисање подних носача МК2

Design Check SP4100.03 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Section Proof

Bending about y-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.5 | Plastic design

$$\begin{aligned}
 M_{pl,y,Rd} &= W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \\
 &= 484.13 \text{ cm}^3 \cdot \frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{1.00} \\
 &= 171.87 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

6.2.5, Eq. 6.13

$$\begin{aligned}
 \eta_{My} &= \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} \\
 &= \frac{|94.72 \text{ kNm}|}{171.87 \text{ kNm}} \\
 &= 0.551
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \eta_{My} \\
 &= 0.551
 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.551 \leq 1 \quad \checkmark$$

$M_{pl,y,Rd}$ Design moment resistance

$W_{pl,y}$ Plastic section modulus

f_y Yield strength

γ_{M0} Partial factor

η_{My} Design component for M_y

$M_{y,Ed}$ Design bending moment

*Напомена: Због присуства горње бетонске плоче на профилисаном лиму која је спрегнута са носачем, занемарена је контрола стабилности носача на бочно-торзионо извијање

Крајњи подни носачи у међуспратној конструкцији 2 - IPE 220

CO15: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC4 + 0.90 * LC9		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC4	Sneg 2	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC9	Vetar - upravno na kalkan 0,2 -Y	Wind

Табела 2.5-31 Меродавна комбинација оптерећења CO 15

Design Internal Forces				
Design axial force	NEd		-2.99 kN	
Design shear force	Vz,Ed		47.58 kN	
Design shear force	Vy,Ed		1.64 kN	
Design torsional moment	TEd		0.00 kNm	Negligible
Design bending moment	My,Ed		0.00 kNm	Negligible
Design bending moment	Mz,Ed		0.33 kNm	

Слика 2.5-29 Меродавне силе за димензионисање крајњих подних носача у МК2

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{2772.00 \text{ cm}^4}{(4.000 \text{ m})^2}$$

$$= 3590.81 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{33.40 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{3590.81 \text{ kN}}}$$

$$= 0.575$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (0.575 - 0.2) + (0.575)^2 \right]$$

$$= 0.704$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{0.704 + \sqrt{(0.704)^2 - (0.575)^2}}$$

$$= 0.90$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{205.00 \text{ cm}^4}{(4.000 \text{ m})^2}$$

$$= 265.55 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{33.40 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{265.55 \text{ kN}}}$$

$$= 2.113$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (2.113 - 0.2) + (2.113)^2 \right]$$

$$= 3.058$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{3.058 + \sqrt{(3.058)^2 - (2.113)^2}}$$

$$= 0.19$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y$$

$$= 33.40 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 1185.700 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y$$

$$= 285.48 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 101.34 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y$$

$$= 58.11 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 20.63 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{h,y} = \frac{M_{h,y}}{M_{s,y}}$$

$$= \frac{0.00 \text{ kNm}}{47.58 \text{ kNm}}$$

$$= 0.000$$

$$C_{my} = 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_{h,y}$$

$$= 0.95 + 0.05 \cdot 0.000$$

$$= 0.950$$

$$\alpha_{h,z} = \frac{M_{h,z}}{M_{s,z}}$$

$$= \frac{0.33 \text{ kNm}}{-1.32 \text{ kNm}}$$

$$= -0.249$$

$$C_{mz} = 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_{h,z}$$

$$= 0.95 + 0.05 \cdot -0.249$$

$$= 0.938$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.950 \cdot \left(1 + (0.575 - 0.2) \cdot \frac{2.99 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{1185.700 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.951$$

$$k_{yy} = \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.951, 0.950 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{2.99 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{1185.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.951$$

$$k_{yz} = 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.938 \cdot \left(1 + (2 \cdot 2.113 - 0.6) \cdot \frac{2.99 \text{ kN}}{0.19 \cdot \frac{1185.700 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.590$$

$$k_{yz} = \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.590, 0.6 \cdot 0.938 \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{2.99 \text{ kN}}{0.19 \cdot \frac{1185.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.573$$

$$k_{zy} = 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.950 \cdot \left(1 + (0.575 - 0.2) \cdot \frac{2.99 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{1185.700 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.571$$

$$k_{zy} = \min \left(k_{zy}, 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.571, 0.6 \cdot 0.950 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{2.99 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{1185.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.571$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.938 \cdot \left(1 + (2 \cdot 2.113 - 0.6) \cdot \frac{2.99 \text{ kN}}{0.19 \cdot \frac{1185.700 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.983$$

$$k_{zz} = \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.983, 0.938 \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{2.99 \text{ kN}}{0.19 \cdot \frac{1185.700 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.955$$

$$\eta_{N6.61} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{2.99 \text{ kN}}{0.90 \cdot \frac{1185.700 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.003$$

$$\eta_{My6.61} = k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.951 \cdot \frac{|47.58 \text{ kNm}|}{\frac{101.34 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.447$$

$$\eta_{Mz6.61} = k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.573 \cdot \frac{|-1.32 \text{ kNm}|}{\frac{20.63 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.037$$

$$\eta_{e.61} = \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61} + \eta_{Mz6.61}$$

$$= 0.003 + 0.447 + 0.037$$

$$= 0.486$$

$$\eta_{N6.62} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{2.99 \text{ kN}}{0.19 \cdot \frac{1185.700 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.013$$

$$\eta_{My6.62} = k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.571 \cdot \frac{|47.58 \text{ kNm}|}{\frac{101.34 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.268$$

$$\eta_{Mz6.62} = k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.955 \cdot \frac{|-1.32 \text{ kNm}|}{\frac{20.63 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.061$$

$$\eta_{6.62} = \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62} + \eta_{Mz6.62}$$

$$= 0.013 + 0.268 + 0.061$$

$$= 0.342$$

$$\eta = \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62})$$

$$= \max(0.486, 0.342)$$

$$= 0.486$$

$\eta = 0.486 \leq 1 \checkmark$

- $N_{cr,y}$ Elastic critical force
- E Modulus of elasticity
- I_y Moment of inertia
- $L_{cr,y}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_y$ Non-dimensional slenderness
- A Sectional area
- f_y Yield strength
- Φ_y Value to determine reduction factor χ
- α_y Imperfection factor
- χ_y Reduction factor for buckling
- $N_{cr,z}$ Elastic critical force
- I_z Moment of inertia
- $L_{cr,z}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_z$ Non-dimensional slenderness
- Φ_z Value to determine reduction factor χ
- α_z Imperfection factor
- χ_z Reduction factor
- N_{Rk} Characteristic value of resistance to compression
- $M_{y,Rk}$ Characteristic value of resistance to bending moments
- $W_{pl,y}$ Plastic section modulus
- $M_{z,Rk}$ Characteristic value of resistance to bending moments
- $W_{pl,z}$ Plastic section modulus

$W_{pl,z}$	Plastic section modulus
$\alpha_{h,y}$	Factor
$M_{h,y}$	Hogging moment
$M_{s,y}$	Sagging moment
C_{my}	Equivalent uniform moment factor
$\alpha_{h,z}$	Factor
$M_{h,z}$	Hogging moment
$M_{s,z}$	Sagging moment
C_{mz}	Equivalent uniform moment factor
k_{yy}	Interaction factor
$N_{c,Ed}$	Design compression force
γ_{M1}	Partial factor
k_{yz}	Interaction factor
k_{zy}	Interaction factor
k_{zz}	Interaction factor
$\eta_{N,6.61}$	Design component for N
$\eta_{M_y,6.61}$	Design component for M_y
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{M_z,6.61}$	Design component for M_z
$M_{z,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{6.61}$	Design ratio
$\eta_{N,6.62}$	Design component for N
$\eta_{M_y,6.62}$	Design component for M_y
$\eta_{M_z,6.62}$	Design component for M_z
$\eta_{6.62}$	Design ratio

Стубови међуспратне конструкције 2 – HEA 120

CO10: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.75 * LC3 + 0.90 * LC10		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC10	Vetar - upravno na kalkan -0,3 -Y	Wind

Табела 2.5-32 Меродавна комбинација оптерећења CO 10

Design Internal Forces				
Design axial force	N_{Ed}	-104.44	kN	
Design shear force	$V_{z,Ed}$	-0.93	kN	
Design shear force	$V_{y,Ed}$	0.00	kN	Negligible
Design torsional moment	T_{Ed}	0.00	kNm	Negligible
Design bending moment	$M_{y,Ed}$	-2.32	kNm	
Design bending moment	$M_{z,Ed}$	0.01	kNm	Negligible

Слика 2.5-30 Меродавне силе за димензионисање стубова у МК2

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$\begin{aligned}
 N_{cr,y} &= (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2} \\
 &= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{606.20 \text{ cm}^4}{(3.500 \text{ m})^2} \\
 &= 1025.65 \text{ kN} \\
 \bar{\lambda}_y &= \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} \\
 &= \sqrt{\frac{25.30 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{1025.65 \text{ kN}}} \\
 &= 0.936
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi_y &= 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right] \\
 &= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (0.936 - 0.2) + (0.936)^2 \right] \\
 &= 1.063 \\
 \chi_y &= \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}} \\
 &= \frac{1}{1.063 + \sqrt{(1.063)^2 - (0.936)^2}} \\
 &= 0.64
 \end{aligned}$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{230.90 \text{ cm}^4}{(3.500 \text{ m})^2}$$

$$= 390.67 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{25.30 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{390.67 \text{ kN}}}$$

$$= 1.516$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.490 \cdot (1.516 - 0.2) + (1.516)^2 \right]$$

$$= 1.972$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{1.972 + \sqrt{(1.972)^2 - (1.516)^2}}$$

$$= 0.31$$

$$M_{cr} = \alpha_{cr} \cdot |M_{y,Ed}|$$

$$= 36.65 \cdot |-2.32 \text{ kNm}|$$

$$= 85.14 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$= \sqrt{\frac{119.50 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{85.14 \text{ kNm}}}$$

$$= 0.706$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.340 \cdot (0.706 - 0.400) + 0.750 \cdot (0.706)^2 \right]$$

$$= 0.739$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT})^2 - \beta \cdot (\bar{\lambda}_{LT})^2}}$$

$$= \frac{1}{0.739 + \sqrt{(0.739)^2 - 0.750 \cdot (0.706)^2}}$$

$$= 0.87$$

$$f = 1 - 0.5 \cdot (1 - k_c) \cdot \left(1 - 2 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2 \right)$$

$$= 1 - 0.5 \cdot (1 - 0.611) \cdot \left(1 - 2 \cdot (0.706 - 0.8)^2 \right)$$

$$= 0.809$$

$$\chi_{LT,mod} = \frac{\chi_{LT}}{f}$$

$$= \frac{0.87}{0.809}$$

$$= 1.07$$

$$\chi_{LT,mod} = \min(\chi_{LT,mod}, 1)$$

$$= \min(1.07, 1)$$

$$= 1.00$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y$$

$$= 25.30 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 898.150 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y$$

$$= 119.50 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 42.42 \text{ kNm}$$

$$C_{my} = 0.6 + 0.4 \cdot \Psi_y$$

$$= 0.6 + 0.4 \cdot -0.926$$

$$= 0.230$$

$$C_{my} = 0.4$$

$$C_{mLT} = 0.6 + 0.4 \cdot \Psi_{y,LT}$$

$$= 0.6 + 0.4 \cdot -0.926$$

$$= 0.230$$

$$C_{mLT} = 0.4$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right)$$

$$= 0.400 \cdot \left(1 + (0.936 - 0.2) \cdot \frac{104.44 \text{ kN}}{0.64 \cdot \frac{898.150 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.454$$

$$k_{yy} = \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.454, 0.400 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{104.44 \text{ kN}}{0.64 \cdot \frac{898.150 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.454$$

$$k_{zy} = 1 - 0.1 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}}$$

$$= 1 - 0.1 \cdot 1.516 \cdot \frac{104.44 \text{ kN}}{(0.400 - 0.25) \cdot 0.31 \cdot \frac{898.150 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.620$$

$$k_{zy} = \max \left(k_{zy}, 1 - 0.1 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right)$$

$$= \max \left(0.620, 1 - 0.1 \cdot \frac{104.44 \text{ kN}}{(0.400 - 0.25) \cdot 0.31 \cdot \frac{898.150 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.749$$

$$\eta_{N6.61} = \frac{N_{c,Ed}}{\bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}}$$

$$= \frac{104.44 \text{ kN}}{0.64 \cdot \frac{898.150 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.182$$

$$\eta_{My6.61} = k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}}$$

$$= 0.454 \cdot \frac{|-2.32 \text{ kNm}|}{1.00 \cdot \frac{42.42 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.025$$

$$\eta_{6.61} = \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61}$$

$$= 0.182 + 0.025$$

$$= 0.207$$

$$\eta_{N6.62} = \frac{N_{c,Ed}}{\bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}}$$

$$= \frac{104.44 \text{ kN}}{0.31 \cdot \frac{898.150 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.376$$

$$\eta_{My6.62} = k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}}$$

$$= 0.749 \cdot \frac{|-2.32 \text{ kNm}|}{1.00 \cdot \frac{42.42 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.041$$

$$\eta_{6.62} = \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62}$$

$$= 0.376 + 0.041$$

$$= 0.417$$

$$\eta = \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62})$$

$$= \max(0.207, 0.417)$$

$$= 0.417$$

$$\eta = 0.417 \leq 1 \checkmark$$

$N_{cr,y}$ Elastic critical force
 E Modulus of elasticity
 I_y Moment of inertia
 $L_{cr,y}$ Buckling length

$\bar{\lambda}_y$	Non-dimensional slenderness
A	Sectional area
f_y	Yield strength
Φ_y	Value to determine reduction factor χ
α_y	Imperfection factor
χ_y	Reduction factor for buckling
$N_{cr,z}$	Elastic critical force
I_z	Moment of inertia
$L_{cr,z}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_z$	Non-dimensional slenderness
Φ_z	Value to determine reduction factor χ
α_z	Imperfection factor
χ_z	Reduction factor
M_{cr}	Elastic critical moment for lateral-torsional buckling
α_{cr}	Amplifier
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on member or set)
$\bar{\lambda}_{LT}$	Non-dimensional slenderness
$W_{pl,y}$	Plastic section modulus
Φ_{LT}	Value to determine reduction factor χ
α_{LT}	Imperfection factor
$\bar{\lambda}_{LT,0}$	Limiting slenderness
β	Parameter
χ_{LT}	Reduction factor for lateral-torsional buckling
f	Modification factor
k_c	Correction factor
$\chi_{LT,mod}$	Modified reduction factor for lateral-torsional buckling
N_{Rk}	Characteristic value of resistance to compression
$M_{y,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
C_{my}	Equivalent uniform moment factor
Ψ_y	Ratio of end moments
C_{mLT}	Equivalent uniform moment factor
$\Psi_{y,LT}$	Ratio of end moments
k_{yy}	Interaction factor
$N_{c,Ed}$	Design compression force
γ_{M1}	Partial factor
k_{zy}	Interaction factor
$\eta_{N 6.61}$	Design component for N
$\eta_{M_y 6.61}$	Design component for M_y
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{6.61}$	Design ratio
$\eta_{N 6.62}$	Design component for N
$\eta_{M_y 6.62}$	Design component for M_y
$\eta_{6.62}$	Design ratio

2.5.9 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У ПОДУЖНОМ КРОВНОМ СПРЕГУ ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

Венчанице UPE 160:

CO258: LC1 + 1.5 LC5		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC5	Vetar - upravno na kalkan 0,2 +Y	Wind

Табела 2.5-33 Меродавна комбинација оптерећења CO 258

Design Internal Forces			
Design axial force	N _{Ed}	2.30	kN
Design shear force	V _{z,Ed}	3.81	kN
Design shear force	V _{y,Ed}	-4.29	kN
Design torsional moment	T _{Ed}	-0.02	kNm
Design bending moment	M _{y,Ed}	2.77	kNm
Design bending moment	M _{z,Ed}	3.01	kNm

Слика 2.5-31 Меродавне силе за димензионисање венчанице

Design Check SP6100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Section Proof

Axial and shear stress acc. to EN 1993-1-1, 6.2.1(5) | Elastic design

$$\eta_{6.1} = \sqrt{\left(\frac{\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y}}{\gamma_{M0}}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\frac{\tau_{Ed}}{f_y}}{\gamma_{M0}}\right)^2} \quad 6.2.1(5), \text{ Eq. 6.1}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{\frac{-156.330 \text{ N/mm}^2}{355.000 \text{ N/mm}^2}}{1.00}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\frac{2.892 \text{ N/mm}^2}{355.000 \text{ N/mm}^2}}{1.00}\right)^2}$$

$$= 0.441$$

$$\eta = \eta_{6.1} \quad 6.2.1(5), \text{ Eq. 6.1}$$

$$= 0.441$$

$$\eta = 0.441 \leq 1 \quad \checkmark$$

$\eta_{6.1}$ Design ratio

$\sigma_{x,Ed}$ Design axial stress

f_y Yield strength of stress point

γ_{M0} Partial factor

τ_{Ed} Design shear stress

Вертикале LNP 50x50x5 – Представљају елементе конструктивног карактера

Дијагонале подужног кровног спрега - LNP 80x80x8

CO 67: 1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 0.75 * LC3 + 1.50 * LC9		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC9	Vetar - upravno na kalkan 0,2 -Y	Wind

Табела 2.5-34 Мередавна комбинација оптерећења CO 67

Design Check ST4100.03 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and compression acc. to EN 1993-1-1, 6.3.4 | General method - Johannes Naumes

$$\begin{aligned}
 N_{Rk} &= A_{eff} \cdot f_y \\
 &= 12.27 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 435.512 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{u,Rk} &= W_{eff,u} \cdot f_y \\
 &= 20.26 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 7.19 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{v,Rk} &= W_{eff,v} \cdot f_y \\
 &= 9.37 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 3.33 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_{ult,k} &= \frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{|M_{u,Ed}|}{M_{u,Rk}} \\
 &= \frac{46.08 \text{ kN}}{435.512 \text{ kN}} + \frac{|0.15 \text{ kNm}|}{7.19 \text{ kNm}} \\
 &= 0.127
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha_{ult,k} &= \frac{1}{\eta_{ult,k}} \\
 &= \frac{1}{0.127} \\
 &= 7.90
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{\lambda}_{op} &= \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr,op}}} \\
 &= \sqrt{\frac{7.90}{1.59}} \\
 &= 2.228
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha^* &= \alpha_v \\
 &= 0.34
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi_{op} &= 0.5 \cdot \left[1 + \alpha^* \cdot (\bar{\lambda}_{op} - 0.2) + (\bar{\lambda}_{op})^2 \right] \\
 &= 0.5 \cdot \left[1 + 0.34 \cdot (2.228 - 0.2) + (2.228)^2 \right] \\
 &= 3.327
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \chi_{op} &= \frac{1}{\Phi_{op} + \sqrt{(\Phi_{op})^2 - (\bar{\lambda}_{op})^2}} \\
 &= \frac{1}{3.327 + \sqrt{(3.327)^2 - (2.228)^2}} \\
 &= 0.17
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_{Mv} &= \frac{1}{\alpha_{cr,op}} \cdot \left(1 - (\pi)^2 \cdot E \cdot I_v \cdot \frac{|\delta_u|}{(L_{segm,u})^2 \cdot |M_{v,Ed}|} \right) \\
 &= \frac{1}{1.59} \cdot \left(1 - (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot 29.90 \text{ cm}^4 \cdot \frac{|-0.2 \text{ mm}|}{(2.907 \text{ m})^2 \cdot |-0.15 \text{ kNm}|} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 0.56 \\
\alpha_{Ed} &= \chi_{op} \cdot \frac{\alpha_{ult,k}}{\gamma_{M1}} \\
&= 0.17 \cdot \frac{7.90}{1.00} \\
&= 1.363 \\
\beta_v &= \frac{|M_{v,Ed}|}{M_{v,Rk}} \cdot (1 - q_{Mv}) \\
&= \frac{|-0.15 \text{ kNm}|}{3.33 \text{ kNm}} \cdot (1 - 0.56) \\
&= 0.020 \\
\Delta N_R &= 1 - \frac{1}{\alpha_{Ed}} \cdot \left(1 - \frac{1}{\alpha_{Ed}}\right) \cdot (\chi_{op})^2 \cdot (\bar{\lambda}_{op})^2 \\
&= 1 - \frac{1}{1.363} \cdot \left(1 - \frac{1}{1.363}\right) \cdot (0.17)^2 \cdot (2.228)^2 \\
&= 0.971 \\
\eta &= \frac{\frac{1}{\alpha_{Ed}} + \beta_v}{\Delta N_R} \\
&= \frac{\frac{1}{1.363} + 0.020}{0.971} \\
&= 0.776 \\
\eta &= 0.776 \leq 1 \quad \checkmark
\end{aligned}$$

N_{Rk}	Characteristic value of resistance to compression
A_{eff}	Effective area of section
f_y	Yield strength
$M_{u,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{eff,u}$	Effective section modulus
$M_{v,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{eff,v}$	Effective section modulus
$\eta_{ult,k}$	Maximum section design ratio
N_{Ed}	Design axial force
$M_{u,Ed}$	Design bending moment
$\alpha_{ult,k}$	Load amplifier
$\bar{\lambda}_{op}$	Non-dimensional slenderness
$\alpha_{cr,op}$	Load amplifier
α^*	Reduced imperfection factor
α_v	Imperfection factor
Φ_{op}	Value to determine reduction factor χ
χ_{op}	Reduction factor for buckling
q_{Mv}	Moment factor
E	Modulus of elasticity
I_v	Moment of inertia
δ_u	Deflection (maximum on segment)
$l_{segm,u}$	Length of segment
$M_{v,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
α_{Ed}	Factor for in-plane actions
γ_{M1}	Partial factor
β_v	Factor for out-of-plane actions
$M_{v,Ed}$	Design bending moment
γ_{M0}	Partial factor
ΔN_R	Verification factor

Појас подужног кровног спрега - SHS 150x150x6.3

CO32: 1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC10		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC10	Vetar - upravno na kalkan -0,3 -Y	Wind

Табела 2.5-35 Меродавна комбинација оптерећења CO32

Design Internal Forces			
Design axial force	NEd	-125.13 kN	
Design shear force	Vz,Ed	0.18 kN	Negligible
Design shear force	Vy,Ed	3.53 kN	
Design torsional moment	TEd	-0.94 kNm	
Design bending moment	My,Ed	2.66 kNm	
Design bending moment	Mz,Ed	3.55 kNm	

Слика 2.5-32 Меродавне силе за димензионисање појаса подужног кровног спрега

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{1223.00 \text{ cm}^4}{(12.000 \text{ m})^2}$$

$$= 176.03 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{35.80 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{176.03 \text{ kN}}}$$

$$= 2.687$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (2.687 - 0.2) + (2.687)^2 \right]$$

$$= 4.371$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{4.371 + \sqrt{(4.371)^2 - (2.687)^2}}$$

$$= 0.13$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{1223.00 \text{ cm}^4}{(12.000 \text{ m})^2}$$

$$= 176.03 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{35.80 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{176.03 \text{ kN}}}$$

$$= 2.687$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (2.687 - 0.2) + (2.687)^2 \right]$$

$$= 4.371$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{4.371 + \sqrt{(4.371)^2 - (2.687)^2}}$$

$$= 0.13$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y$$

$$= 35.80 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 1270.900 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y$$

$$= 192.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 68.16 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y$$

$$= 192.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 68.16 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{h,y} = \frac{M_{h,y}}{M_{s,y}}$$

$$= \frac{0.00 \text{ kNm}}{2.56 \text{ kNm}}$$

$$= 0.000$$

$$C_{my} = 0.9 + 0.1 \cdot \alpha_{h,y}$$

$$= 0.9 + 0.1 \cdot 0.000$$

$$= 0.900$$

$$\alpha_{s,z} = \frac{M_{s,z}}{M_{h,z}}$$

$$= \frac{2.13 \text{ kNm}}{-6.09 \text{ kNm}}$$

$$= -0.350$$

$$C_{mz} = -0.8 \cdot \alpha_{s,z}$$

$$= -0.8 \cdot -0.350$$

$$= 0.280$$

$$C_{mz} = 0.4$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.900 \cdot \left(1 + (2.687 - 0.2) \cdot \frac{125.13 \text{ kN}}{0.13 \cdot \frac{1270.900 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 2.623$$

$$k_{yy} = \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(2.623, 0.900 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{125.13 \text{ kN}}{0.13 \cdot \frac{1270.900 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 1.454$$

$$k_{yz} = 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_x \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.400 \cdot \left(1 + (2.687 - 0.2) \cdot \frac{125.13 \text{ kN}}{0.13 \cdot \frac{1270.900 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.699$$

$$k_{yz} = \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.699, 0.6 \cdot 0.400 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{125.13 \text{ kN}}{0.13 \cdot \frac{1270.900 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.388$$

$$k_{zy} = 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.900 \cdot \left(1 + (2.687 - 0.2) \cdot \frac{125.13 \text{ kN}}{0.13 \cdot \frac{1270.900 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 1.574$$

$$k_{zy} = \min \left(k_{zy}, 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(1.574, 0.6 \cdot 0.900 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{125.13 \text{ kN}}{0.13 \cdot \frac{1270.900 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.873$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_x \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.400 \cdot \left(1 + (2.687 - 0.2) \cdot \frac{125.13 \text{ kN}}{0.13 \cdot \frac{1270.900 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 1.166$$

$$k_{zz} = \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_x \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(1.166, 0.400 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{125.13 \text{ kN}}{0.13 \cdot \frac{1270.900 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.646$$

$$\eta_{N6.61} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{125.13 \text{ kN}}{0.13 \cdot \frac{1270.900 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.770$$

$$\eta_{M6.61} = k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 1.454 \cdot \frac{|3.30 \text{ kNm}|}{\frac{68.16 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.070$$

$$\eta_{M6.61} = k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.388 \cdot \frac{|-6.09 \text{ kNm}|}{\frac{68.16 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.035$$

$$\eta_{6.61} = \eta_{N6.61} + \eta_{M6.61} + \eta_{M6.61}$$

$$= 0.770 + 0.070 + 0.035$$

$$= 0.875$$

$$\eta_{N6.62} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_x \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{125.13 \text{ kN}}{0.13 \cdot \frac{1270.900 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.770$$

$$\eta_{M6.62} = k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.873 \cdot \frac{|3.30 \text{ kNm}|}{\frac{68.16 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.042$$

$$\eta_{M6.62} = k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.646 \cdot \frac{|-6.09 \text{ kNm}|}{\frac{68.16 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.058$$

$$\eta_{6.62} = \eta_{N6.62} + \eta_{M6.62} + \eta_{M6.62}$$

$$= 0.770 + 0.042 + 0.058$$

$$= 0.870$$

$$\eta = \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62})$$

$$= \max(0.875, 0.870)$$

$$= 0.875$$

$$\eta = 0.875 \leq 1 \checkmark$$

$N_{cr,y}$	Elastic critical force
E	Modulus of elasticity
I_y	Moment of inertia
$L_{cr,y}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_y$	Non-dimensional slenderness
A	Sectional area
f_y	Yield strength
Φ_y	Value to determine reduction factor χ
α_y	Imperfection factor
χ_y	Reduction factor for buckling
$N_{cr,z}$	Elastic critical force
I_z	Moment of inertia
$L_{cr,z}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_z$	Non-dimensional slenderness
Φ_z	Value to determine reduction factor χ
α_z	Imperfection factor
χ_z	Reduction factor
N_{Rk}	Characteristic value of resistance to compression
$M_{y,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,y}$	Plastic section modulus
$M_{z,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,z}$	Plastic section modulus

2.5.10 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА У НАДСТРЕШНИЦИ ЗА МЕРОДАВНУ КОМБИНАЦИЈУ

Горњи појас надстрешнице SHS 70x70x3.2

CO258: LC1 + 1.5 LC6		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC5	Vetar - upravno na kalkan 0,2 +Y	Wind

Табела 2.5-36 Меродавна комбинација оптерећења CO 258

Design Internal Forces			
Design axial force	NEd	-32.37 kN	
Design shear force	Vz,Ed	0.39 kN	
Design shear force	Vy,Ed	0.15 kN	
Design torsional moment	TEd	0.01 kNm	Negligible
Design bending moment	My,Ed	0.07 kNm	
Design bending moment	Mz,Ed	-0.06 kNm	

Слика 2.5-33 Меродавне силе за димензионисање горењег појаса надстрешнице

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{62.30 \text{ cm}^4}{(3.654 \text{ m})^2}$$

$$= 96.69 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{8.44 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{96.69 \text{ kN}}}$$

$$= 1.760$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (1.760 - 0.2) + (1.760)^2 \right]$$

$$= 2.213$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{2.213 + \sqrt{(2.213)^2 - (1.760)^2}}$$

$$= 0.28$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{62.30 \text{ cm}^4}{(2.632 \text{ m})^2}$$

$$= 186.43 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{8.44 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{186.43 \text{ kN}}}$$

$$= 1.268$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (1.268 - 0.2) + (1.268)^2 \right]$$

$$= 1.416$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{1.416 + \sqrt{(1.416)^2 - (1.268)^2}}$$

$$= 0.49$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y$$

$$= 8.44 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 299.620 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y$$

$$= 21.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 7.45 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y$$

$$= 21.00 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 7.45 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{h,y} = \frac{M_{h,y}}{M_{s,y}}$$

$$= \frac{0.00 \text{ kNm}}{0.04 \text{ kNm}}$$

$$= -0.106$$

$$C_{my} = 0.9 + 0.1 \cdot \alpha_{h,y}$$

$$= 0.9 + 0.1 \cdot -0.106$$

$$= 0.889$$

$$\alpha_{h,z} = \frac{M_{h,z}}{M_{s,z}}$$

$$= \frac{-0.01 \text{ kNm}}{-0.01 \text{ kNm}}$$

$$= 0.693$$

$$C_{mz} = 0.9 + 0.1 \cdot \alpha_{h,z}$$

$$= 0.9 + 0.1 \cdot 0.693$$

$$= 0.969$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.889 \cdot \left(1 + (1.760 - 0.2) \cdot \frac{32.37 \text{ kN}}{0.28 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 1.422$$

$$k_{yy} = \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(1.422, 0.889 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{32.37 \text{ kN}}{0.28 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 1.163$$

$$k_{yz} = 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.969 \cdot \left(1 + (1.268 - 0.2) \cdot \frac{32.37 \text{ kN}}{0.49 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.719$$

$$k_{yz} = \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.719, 0.6 \cdot 0.969 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{32.37 \text{ kN}}{0.49 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.684$$

$$k_{zy} = 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.889 \cdot \left(1 + (1.760 - 0.2) \cdot \frac{32.37 \text{ kN}}{0.28 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.853$$

$$k_{zy} = \min \left(k_{zy}, 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.853, 0.6 \cdot 0.889 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{32.37 \text{ kN}}{0.28 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.698$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.969 \cdot \left(1 + (1.268 - 0.2) \cdot \frac{32.37 \text{ kN}}{0.49 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 1.198$$

$$k_{zz} = \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(1.198, 0.969 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{32.37 \text{ kN}}{0.49 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 1.141$$

$$\eta_{N6.61} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{32.37 \text{ kN}}{0.28 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.384$$

$$\eta_{My6.61} = k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 1.163 \cdot \frac{|-0.55 \text{ kNm}|}{\frac{7.45 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.086$$

$$\eta_{Mz6.61} = k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.684 \cdot \frac{|0.15 \text{ kNm}|}{\frac{7.45 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.014$$

$$\eta_{6.61} = \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61} + \eta_{Mz6.61}$$

$$= 0.384 + 0.086 + 0.014$$

$$= 0.483$$

$$\eta_{N6.62} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{32.37 \text{ kN}}{0.49 \cdot \frac{299.620 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.221$$

$$\eta_{My6.62} = k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.698 \cdot \frac{|-0.55 \text{ kNm}|}{\frac{7.45 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.051$$

$$\eta_{Mz6.62} = k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 1.141 \cdot \frac{|0.15 \text{ kNm}|}{\frac{7.45 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.023$$

$$\eta_{6.62} = \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62} + \eta_{Mz6.62}$$

$$= 0.221 + 0.051 + 0.023$$

$$= 0.295$$

$$\eta = \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62})$$

$$= \max(0.483, 0.295)$$

$$= 0.483$$

$$\eta = 0.483 \leq 1 \quad \checkmark$$

- $N_{cr,y}$ Elastic critical force
- E Modulus of elasticity
- I_y Moment of inertia
- $L_{cr,y}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_y$ Non-dimensional slenderness
- A Sectional area
- f_y Yield strength
- Φ_y Value to determine reduction factor χ
- α_y Imperfection factor
- χ_y Reduction factor for buckling
- $N_{cr,z}$ Elastic critical force
- I_z Moment of inertia
- $L_{cr,z}$ Buckling length
- $\bar{\lambda}_z$ Non-dimensional slenderness
- Φ_z Value to determine reduction factor χ
- α_z Imperfection factor
- χ_z Reduction factor
- N_{Rk} Characteristic value of resistance to compression
- $M_{y,Rk}$ Characteristic value of resistance to bending moments
- $W_{pl,y}$ Plastic section modulus
- $M_{z,Rk}$ Characteristic value of resistance to bending moments
- $W_{pl,z}$ Plastic section modulus

$\alpha_{h,y}$	Factor
$M_{h,y}$	Hogging moment
$M_{s,y}$	Sagging moment
$C_{m,y}$	Equivalent uniform moment factor
$\alpha_{h,z}$	Factor
$M_{h,z}$	Hogging moment
$M_{s,z}$	Sagging moment
$C_{m,z}$	Equivalent uniform moment factor
k_{yy}	Interaction factor
$N_{c,Ed}$	Design compression force
γ_{M1}	Partial factor
k_{yz}	Interaction factor
k_{zy}	Interaction factor
k_{zz}	Interaction factor
$\eta_{N,6.61}$	Design component for N
$\eta_{M_y,6.61}$	Design component for M_y
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{M_z,6.61}$	Design component for M_z
$M_{z,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{6.61}$	Design ratio
$\eta_{N,6.62}$	Design component for N
$\eta_{M_y,6.62}$	Design component for M_y
$\eta_{M_z,6.62}$	Design component for M_z
$\eta_{6.62}$	Design ratio

Доњи појас надстрешнице - SHS 80x80x3.2

CO29: 1.35 * LC1 + 1.05 * LC2 + 1.50 * LC3 + 0.90 * LC7		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC2	Korisno m.k. i stepenište	Imposed loads - category C: congregation areas
LC3	Sneg 1	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC7	Vetar - upravno na podužni zid 0,2 +X	Wind

Табела 2.5-37 Меродавна комбинација оптерећења CO 29

Design Internal Forces			
Design axial force	N_{Ed}	-36.74 kN	
Design shear force	$V_{z,Ed}$	9.79 kN	
Design shear force	$V_{y,Ed}$	0.00 kN	Negligible
Design torsional moment	T_{Ed}	0.00 kNm	Negligible
Design bending moment	$M_{y,Ed}$	2.21 kNm	
Design bending moment	$M_{z,Ed}$	0.00 kNm	Negligible

Слика 2.5-34 Меродавне силе за димензионисање доњег појаса надстрешнице

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$\begin{aligned}
 N_{cr,y} &= (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2} &= 0.5 \cdot [1 + 0.210 \cdot (1.888 - 0.2) + (1.888)^2] \\
 &= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{95.00 \text{ cm}^4}{(4.510 \text{ m})^2} &= 2.460 \\
 &= 96.80 \text{ kN} & \chi_y &= \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}} \\
 \bar{\lambda}_y &= \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} &= \frac{1}{2.460 + \sqrt{(2.460)^2 - (1.888)^2}} \\
 &= \sqrt{\frac{9.72 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{96.80 \text{ kN}}} &= 0.25 \\
 \Phi_y &= 0.5 \cdot [1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2] & N_{cr,z} &= (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2} \\
 & & &= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{95.00 \text{ cm}^4}{(4.510 \text{ m})^2} \\
 & & &= 96.80 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{\lambda}_z &= \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} \\ &= \sqrt{\frac{9.72 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{96.80 \text{ kN}}} \\ &= 1.888 \\ \Phi_z &= 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right] \\ &= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (1.888 - 0.2) + (1.888)^2 \right] \\ &= 2.460 \\ \chi_z &= \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}} \\ &= \frac{1}{2.460 + \sqrt{(2.460)^2 - (1.888)^2}} \\ &= 0.25 \\ N_{Rk} &= A \cdot f_y \\ &= 9.72 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 345.060 \text{ kN} \\ M_{y,Rk} &= W_{pl,y} \cdot f_y \\ &= 27.90 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 9.90 \text{ kNm} \\ M_{z,Rk} &= W_{pl,z} \cdot f_y \\ &= 27.90 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2 \\ &= 9.90 \text{ kNm} \\ \alpha_{h,y} &= \frac{M_{h,y}}{M_{s,y}} \\ &= \frac{-0.01 \text{ kNm}}{-0.14 \text{ kNm}} \\ &= 0.066 \\ C_{my} &= 0.9 + 0.1 \cdot \alpha_{h,y} \\ &= 0.9 + 0.1 \cdot 0.066 \\ &= 0.907 \\ \alpha_{s,z} &= \frac{M_{s,z}}{M_{h,z}} \\ &= \frac{0.00 \text{ kNm}}{-0.02 \text{ kNm}} \\ &= -0.035 \\ C_{mz} &= -0.8 \cdot \alpha_{s,z} \\ &= -0.8 \cdot -0.035 \\ &= 0.028 \\ C_{mz} &= 0.4 \\ k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.907 \cdot \left(1 + (1.888 - 0.2) \cdot \frac{36.74 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{345.060 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 1.564 \\ k_{yy} &= \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(1.564, 0.907 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{36.74 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{345.060 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 1.218 \\ k_{yz} &= 0.5 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.5 \cdot 0.400 \cdot \left(1 + (1.888 - 0.2) \cdot \frac{36.74 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{345.060 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.414 \\ k_{yz} &= \min \left(k_{yz}, 0.6 \cdot C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.414, 0.6 \cdot 0.400 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{36.74 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{345.060 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.323 \\ k_{zy} &= 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.6 \cdot 0.907 \cdot \left(1 + (1.888 - 0.2) \cdot \frac{36.74 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{345.060 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.939 \\ k_{zy} &= \min \left(k_{zy}, 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.939, 0.6 \cdot 0.907 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{36.74 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{345.060 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.731 \\ k_{zz} &= C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0.400 \cdot \left(1 + (1.888 - 0.2) \cdot \frac{36.74 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{345.060 \text{ kN}}{1.00}} \right) \\ &= 0.690 \\ k_{zz} &= \min \left(k_{zz}, C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) \\ &= \min \left(0.690, 0.400 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{36.74 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{345.060 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right) \\ &= 0.538 \\ \eta_{N6.61} &= \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{36.74 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{345.060 \text{ kN}}{1.00}} \\ &= 0.430 \\ \eta_{My6.61} &= k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,Rk}} \\ &= 1.218 \cdot \frac{|2.21 \text{ kNm}|}{9.90 \text{ kNm}} \\ &= 0.272 \\ \eta_{Mz6.61} &= k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,Rk}} \\ &= 0.323 \cdot \frac{|-0.02 \text{ kNm}|}{9.90 \text{ kNm}} \\ &= 0.001 \\ \eta_{s.61} &= \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61} + \eta_{Mz6.61} \\ &= 0.430 + 0.272 + 0.001 \\ &= 0.702 \\ \eta_{N6.62} &= \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{36.74 \text{ kN}}{0.25 \cdot \frac{345.060 \text{ kN}}{1.00}} \\ &= 0.430 \\ \eta_{My6.02} &= k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,Rk}} \\ &= 0.731 \cdot \frac{|2.21 \text{ kNm}|}{9.90 \text{ kNm}} \\ &= 0.163 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{Mz6.62} &= k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,Rk}} \\ &= 0.538 \cdot \frac{|-0.02 \text{ kNm}|}{\frac{9.90 \text{ kNm}}{1.00}} \\ &= 0.001 \\ \eta_{6.62} &= \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62} + \eta_{Mz6.62} \\ &= 0.430 + 0.163 + 0.001 \\ &= 0.594 \\ \eta &= \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62}) \\ &= \max(0.702, 0.594) \\ &= 0.702 \\ \eta &= 0.702 \leq 1 \quad \checkmark \end{aligned}$$

$N_{cr,y}$	Elastic critical force
E	Modulus of elasticity
I_y	Moment of inertia
$L_{cr,y}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_y$	Non-dimensional slenderness
A	Sectional area
f_y	Yield strength
Φ_y	Value to determine reduction factor χ
α_y	Imperfection factor
χ_y	Reduction factor for buckling
$N_{cr,z}$	Elastic critical force
I_z	Moment of inertia
$L_{cr,z}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_z$	Non-dimensional slenderness
Φ_z	Value to determine reduction factor χ
α_z	Imperfection factor
χ_z	Reduction factor
N_{Rk}	Characteristic value of resistance to compression
$M_{y,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,y}$	Plastic section modulus
$M_{z,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,z}$	Plastic section modulus
$\alpha_{h,y}$	Factor
$M_{h,y}$	Hogging moment
$M_{s,y}$	Sagging moment
C_{my}	Equivalent uniform moment factor
$\alpha_{s,z}$	Factor
$M_{s,z}$	Sagging moment
$M_{h,z}$	Hogging moment
C_{mz}	Equivalent uniform moment factor
k_{yy}	Interaction factor
$N_{c,Ed}$	Design compression force
γ_{M1}	Partial factor
k_{yz}	Interaction factor
k_{zy}	Interaction factor
k_{zz}	Interaction factor
$\eta_{N 6.61}$	Design component for N
$\eta_{My 6.61}$	Design component for M_y
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{Mz 6.61}$	Design component for M_z
$M_{z,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{6.61}$	Design ratio
$\eta_{N 6.62}$	Design component for N
$\eta_{My 6.62}$	Design component for M_y
$\eta_{Mz 6.62}$	Design component for M_z
$\eta_{6.62}$	Design ratio

Испуна надстрешнице – SHS 40x40x2.9 (дијагонала је меродавна)

CO48: 1.35 * LC1 + 1.50 * LC4 + 0.90 * LC8		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC4	Sneg 2	Snow/Ice loads - H <= 1000 m
LC8	Vetar - upravno na podužni zid -0,3 +X	Wind

Табела 2.5-38 Меродавна комбинација оптерећења CO 48

Design Internal Forces				
Design axial force	N _{Ed}	-13.47 kN		
Design shear force	V _{z,Ed}	-0.08 kN		
Design shear force	V _{y,Ed}	0.00 kN		Negligible
Design torsional moment	T _{Ed}	0.00 kNm		Negligible
Design bending moment	M _{y,Ed}	-0.06 kNm		
Design bending moment	M _{z,Ed}	0.00 kNm		Negligible

Слика 2.5-35 Меродавне силе за димензионисање испуне надстрешнице

Design Check ST3100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Stability

Bending and buckling about principal axes acc. to EN 1993-1-1, 6.3.3

$$N_{cr,y} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_y}{(L_{cr,y})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{9.54 \text{ cm}^4}{(1.242 \text{ m})^2}$$

$$= 128.19 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$= \sqrt{\frac{4.21 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{128.19 \text{ kN}}}$$

$$= 1.080$$

$$\Phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (1.080 - 0.2) + (1.080)^2 \right]$$

$$= 1.175$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y)^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}}$$

$$= \frac{1}{1.175 + \sqrt{(1.175)^2 - (1.080)^2}}$$

$$= 0.61$$

$$N_{cr,z} = (\pi)^2 \cdot E \cdot \frac{I_z}{(L_{cr,z})^2}$$

$$= (\pi)^2 \cdot 210000.000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{9.54 \text{ cm}^4}{(1.242 \text{ m})^2}$$

$$= 128.19 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$= \sqrt{\frac{4.21 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2}{128.19 \text{ kN}}}$$

$$= 1.080$$

$$\Phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right]$$

$$= 0.5 \cdot \left[1 + 0.210 \cdot (1.080 - 0.2) + (1.080)^2 \right]$$

$$= 1.175$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z)^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}}$$

$$= \frac{1}{1.175 + \sqrt{(1.175)^2 - (1.080)^2}}$$

$$= 0.61$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y$$

$$= 4.21 \text{ cm}^2 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 149.455 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y$$

$$= 5.81 \text{ cm}^3 \cdot 355.000 \text{ N/mm}^2$$

$$= 2.06 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{s,y} = \frac{M_{s,y}}{M_{h,y}}$$

$$= \frac{-0.01 \text{ kNm}}{-0.06 \text{ kNm}}$$

$$= 0.141$$

$$C_{my} = 0.2 + 0.8 \cdot \alpha_{s,y}$$

$$= 0.2 + 0.8 \cdot 0.141$$

$$= 0.313$$

$$C_{my} = 0.4$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.400 \cdot \left(1 + (1.080 - 0.2) \cdot \frac{13.47 \text{ kN}}{0.61 \cdot \frac{149.455 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.452$$

$$k_{yy} = \min \left(k_{yy}, C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.452, 0.400 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{13.47 \text{ kN}}{0.61 \cdot \frac{149.455 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.447$$

$$k_{zy} = 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= 0.6 \cdot 0.400 \cdot \left(1 + (1.080 - 0.2) \cdot \frac{13.47 \text{ kN}}{0.61 \cdot \frac{149.455 \text{ kN}}{1.00}} \right)$$

$$= 0.271$$

$$k_{zy} = \min \left(k_{zy}, 0.6 \cdot C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$= \min \left(0.271, 0.6 \cdot 0.400 \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{13.47 \text{ kN}}{0.61 \cdot \frac{149.455 \text{ kN}}{1.00}} \right) \right)$$

$$= 0.268$$

$$\eta_{N6.61} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{13.47 \text{ kN}}{0.61 \cdot \frac{149.455 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.148$$

$$\eta_{My6.61} = k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.447 \cdot \frac{|-0.06 \text{ kNm}|}{\frac{2.06 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.012$$

$$\eta_{6.61} = \eta_{N6.61} + \eta_{My6.61}$$

$$= 0.148 + 0.012$$

$$= 0.160$$

$$\eta_{N6.62} = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{13.47 \text{ kN}}{0.61 \cdot \frac{149.455 \text{ kN}}{1.00}}$$

$$= 0.148$$

$$\eta_{My6.62} = k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= 0.268 \cdot \frac{|-0.06 \text{ kNm}|}{\frac{2.06 \text{ kNm}}{1.00}}$$

$$= 0.007$$

$$\eta_{6.62} = \eta_{N6.62} + \eta_{My6.62}$$

$$= 0.148 + 0.007$$

$$= 0.155$$

$$\eta = \max(\eta_{6.61}, \eta_{6.62})$$

$$= \max(0.160, 0.155)$$

$$= 0.160$$

$$\eta = 0.160 \leq 1 \checkmark$$

χ_y	Reduction factor for buckling
$N_{cr,z}$	Elastic critical force
I_z	Moment of inertia
$L_{cr,z}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_z$	Non-dimensional slenderness
Φ_z	Value to determine reduction factor χ
α_z	Imperfection factor
χ_z	Reduction factor
N_{Rk}	Characteristic value of resistance to compression
$M_{y,Rk}$	Characteristic value of resistance to bending moments
$W_{pl,y}$	Plastic section modulus
$\alpha_{s,y}$	Factor
$M_{s,y}$	Sagging moment
$M_{h,y}$	Hogging moment
C_{my}	Equivalent uniform moment factor
k_{yy}	Interaction factor
$N_{c,Ed}$	Design compression force
γ_{M1}	Partial factor
k_{zy}	Interaction factor
$\eta_{N 6.61}$	Design component for N
$\eta_{My 6.61}$	Design component for M_y
$M_{y,Ed}$	Design bending moment (maximum on segment)
$\eta_{6.61}$	Design ratio
$\eta_{N 6.62}$	Design component for N
$\eta_{My 6.62}$	Design component for M_y
$\eta_{6.62}$	Design ratio

$N_{cr,y}$	Elastic critical force
E	Modulus of elasticity
I_y	Moment of inertia
$L_{cr,y}$	Buckling length
$\bar{\lambda}_y$	Non-dimensional slenderness
A	Sectional area
f_y	Yield strength
Φ_y	Value to determine reduction factor χ
α_y	Imperfection factor

Рожњаче надстрешнице – RHS Нубох 120х40х4

CO258: LC1 + 1.5 LC6		
Load Case	Name	EN 1990 CEN 2010-04
		Action Category
LC1	Stalno opterećenje	Permanent
LC5	Vetar - upravno na kalkan 0,2 +Y	Wind

Табела 2.5-39 Меродавна комбинација оптерећења CO 258

Design Internal Forces					
Design axial force	N _{Ed}	0.07	kN		Negligible
Design shear force	V _{z,Ed}	0.12	kN		Negligible
Design shear force	V _{y,Ed}	0.00	kN		Negligible
Design torsional moment	T _{Ed}	0.00	kNm		Negligible
Design bending moment	M _{y,Ed}	-6.22	kNm		
Design bending moment	M _{z,Ed}	0.02	kNm		

Табела 2.5-40 Меродавне силе за димензионисање рожњаче надстрешнице

Design Check SP4100.03 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Section Proof

Bending about y-axis acc. to EN 1993-1-1, 6.2.5 | Plastic design

$$\begin{aligned}
 M_{pl,y,Rd} &= W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \\
 &= 41.20 \text{ cm}^3 \cdot \frac{355.000 \text{ N/mm}^2}{1.00} \\
 &= 14.63 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

6.2.5, Eq. 6.13

$$\begin{aligned}
 \eta_{My} &= \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} \\
 &= \frac{|-6.22 \text{ kNm}|}{14.63 \text{ kNm}} \\
 &= 0.425
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \eta_{My} \\
 &= 0.425
 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.425 \leq 1 \quad \checkmark$$

M_{pl,y,Rd} Design moment resistanceW_{pl,y} Plastic section modulusf_y Yield strengthγ_{M0} Partial factorη_{My} Design component for M_yM_{y,Ed} Design bending moment

2.6 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ТЕМЕЉА

Димензионисање темеља је рађено помоћу Excel табела, крајњи резултати су проверени Open source софтверским помагалима (SkyCiv Foundation Calculator, Civils.ai). Угао унутрашњег трења тла износи 27° , носивост тла је 200 kPa , а кохезија је занемарена. Тежина тла је $18,5 \text{ kN/m}^3$. Коришћена је арматура В500В и бетон С30/37. Анкери су прорачунати у програму IDEA StatiCa 24.0. Дубина фундирања темеља испод главног стуба је $1,3\text{m}$, а испод осталих је 1m .

2.6.1 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ТЕМЕЉА ГЛАВНОГ СТУБА

Меродавне силе су узете на месту највећих утицаја. (једноосно савијање)

$$M_{g,L} = 37,12 \text{ kNm} \quad M_{q,L} = 59,98 \text{ kNm}$$

$$N_g = -101,21 \text{ kN} \quad N_q = -135,80 \text{ kN}$$

$$V_{z,g} = 10,87 \text{ kN} \quad V_{z,q} = 17,53 \text{ kN}$$

Прорачунске вредности утицаја су:

$$M_{Ed} = 1,35 * M_{g,L} + 1,5 * M_{q,L} = 140,08 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 1,35 * N_g + 1,5 * N_q = 340,33 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 1,35 * V_{z,g} + 1,5 * V_{z,q} = 40,97 \text{ kN}$$

*Прорачунске вредности утицаја одговарају вредностима из комбинације CO23.

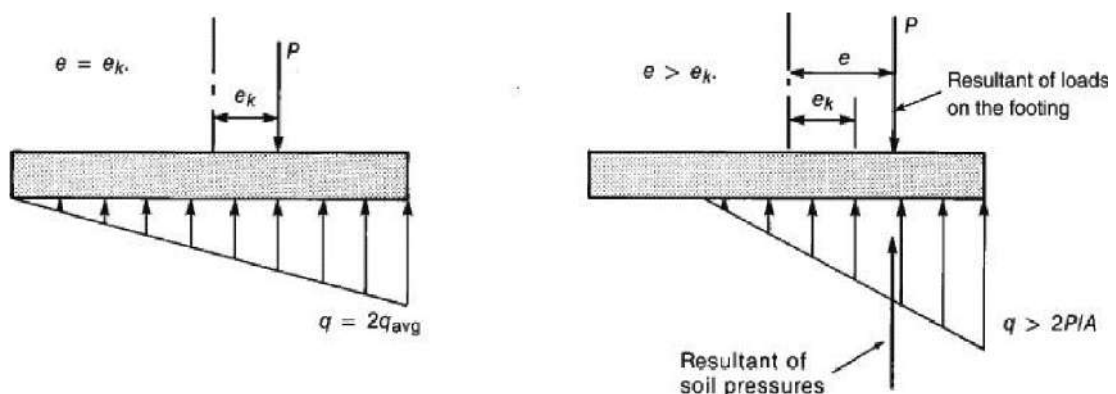
Однос димензија страна темеља $L/B = 1,5$

$$L = 2,5\text{m} \quad B = 1,7\text{m} \quad e_L < L/6$$

Димензије врата темеља су усвојене као $b_s/d_s = 80\text{cm}/55\text{cm}$.

Усвојена је висина темеља 50cm .

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{Ed}}{B * L} \pm \frac{M_{Ed} * 6}{B * L^2} \rightarrow \sigma_1 = 159,18 \text{ kPa} \quad \sigma_2 = 0,97 \text{ kPa}$$



Слика 2.6-1 Ексцентрицитет вертикалне силе код темеља

$$\sigma_{dop} = r_d - D_f * \beta * \gamma_{AB} = 200 \text{ kPa} - 27,63 \text{ kPa} = 172,38 \text{ kPa} > \sigma_1$$

Вредност напона на контакту тла и темеља не превазилази дозвољену.

Гранично стање губитка равнотеже

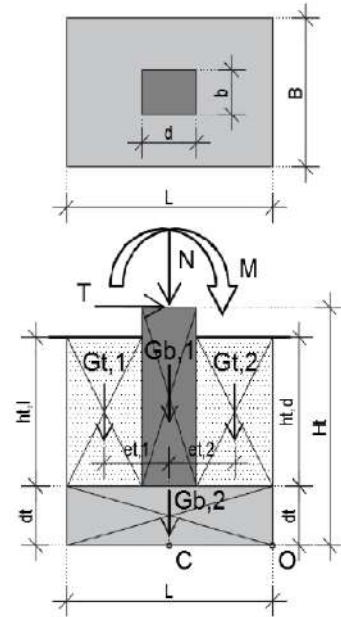
Парцијални коефицијент за дејства, $yF-EQU$			
Стално дејство	Неповољно	$y_{G,dst} =$	1,10
Повремено дејство	Неповољно	$y_{Q,dst} =$	1,50
Стално дејство	Повољно	$y_{G,stab} =$	0,90

Табела 2.6-1 Парцијални коефицијенти граничног стања губитка равнотеже

$$M_{stb} = 278,34 \text{ kNm}$$

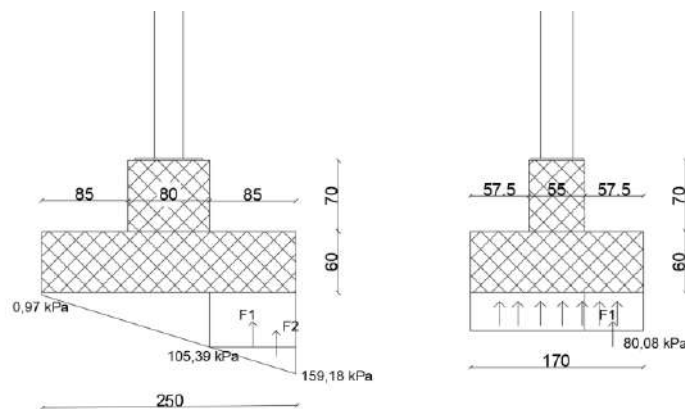
$$M_{dstb} = 130,802 \text{ kNm}$$

$M_{stb} > M_{dstb}$ – контрола на претурање задовољена



Слика 2.6-2 Распоред разматраних сила

Димензионисање арматуре



Слика 2.6-3 Расподела напона испод темеља самца у два ортогонална правца

Момент који даје арматуру лонгитудиналног правца (M_l)

$$M_l = 105,39 * \frac{0,85^2}{2} + (159,18 - 105,39) * \frac{0,85}{2} * \frac{2}{3} * 0,85 = 51,03 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Es} = \frac{M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}} = \frac{51,03 * 100}{100 * 43^2 * 1,70} = 0,016 \quad \varepsilon_c / \varepsilon_s = 0,894 / 20,0 \quad \omega = 0,016$$

$$A_{s1} = \omega * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * b * d - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = 0,016 * \frac{1,7}{43,478} * 100 * 43 = 2,73 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 100 * 43 = 6,48 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

Усваја се лонгитудинална арматура **Ø12/15 cm** ($A_{s1,usv} = 7,54 \text{ cm}^2$)

Момент који даје арматуру трансверзалног правца (M_t)

$$M_t = 80,80 * \frac{0,575^2}{2} = 13,36 \text{ kNm/m}'$$

Усваја се трансверзална арматура **Ø12/15 cm** ($A_{s1,usv} = 7,54 \text{ cm}^2$)

Истом количином арматуре се армира и горња зона

$$d_{x,stv} = 500 - 50 - \frac{12}{2} = 444 \text{ mm} \quad d_{y,stv} = d_{x,stv} - 12 - \frac{12}{2} = 426 \text{ mm}$$

Контрола темеља на пробијање

Димензије стуба $b_s=800\text{mm}$ $d_s=550\text{mm}$

Коефицијент β за средњи стуб:

$$\beta = 1,15$$

Карактеристике стопе (плоче):

Дебљина плоче $d_t = 600 \text{ mm}$

Заштитни слој бетона = 50 mm

$$\text{Статичка висина: } d_{eff} = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{(436 + 418)}{2} = 435 \text{ mm}$$

Усвојена арматура

Основна арматура X - правац (L)

Ø12/15

Основна арматура Y - правац (B)

Ø12/15

Прорачунска сила пробијања: $V_{Ed} = 340,00 \text{ kN}$

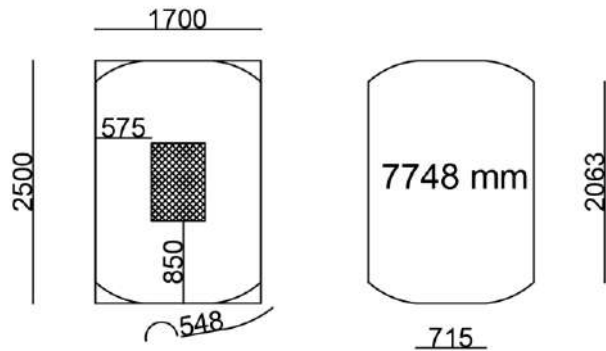
Контролни обим уз ивицу стуба - u_0

$$u_0 = 2b_s + 2d_s = 2 * 550 + 2 * 800 = 2860 \text{ mm}$$

b_s – Ширина врата темеља

d_s – Дужина врата темеља

Контролни обим на удаљености $2d$ од ивице стуба



Слика 2.6-4 Приказ првог контролног обима главног стуба

$$u_1 = 2 * 206,3 + 71,5 * 2 + 4 * 54,8 = 774,8 \text{ cm}$$

Просечна вредност процента армирања

$$\rho_l = 2 * \sqrt{\frac{A_{sx}}{1m' * d_x} * \frac{A_{sy}}{1m' * d_y}} = 2 * \sqrt{\frac{7,54}{100 * 44,4} * \frac{7,54}{100 * 42,6}} = 0,00353 < 0,02$$

2 – јер су армиране обе зоне

Прорачунска вредност чврстоће при смицању без армиране за пријем смицања

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 * \sigma_{cp}]$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12 \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{435}} = 1,68$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 * 1,68 * (100 * 0,00353 * 30)^{\frac{1}{3}} + 0 \right] = 0,443 \text{ MPa}$$

$V_{Rd,c}$ – Прорачунска вредност чврстоће при смицању без армиране за пријем смицања

$C_{Rd,c}$ – коефицијент

k – коефицијент који узима у обзир висину елемента

ρ_l – Просечна вредност процента армирања

Прорачунска вредност максималног напона смицања од пробијања у посматраном контролном пресеку

$$v_{Rdmax} = 0.4 * v * f_{cd}$$

$$v = 0.6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.6 * \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0.528$$

$$v_{Rdmax} = 0.4 * 0.528 * 17 = 3,59 \text{ MPa}$$

v_{Rdmax} – Прорачунска вредност максималног напона смицања од пробијања у посматраном контролном пресеку

f_{cd} – Прорачунска чврстоћа бетона

f_{ck} – Карактеристична чврстоћа бетона

v – Коэффициент којим се смањује чврстоћа бетона услед прслина

Контрола максималног напона уз стуб

$$v_{Ed,0} = \beta * \frac{V_{Ed}}{u_0 * d_{eff}}$$

$$v_{Ed,0} = 1,15 * \frac{340,33}{2860 * 427} = 0,00032 \frac{kN}{mm^2} = 0,32 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} = 0,32 \text{ MPa} < v_{Rdmax} = 3,59 \text{ MPa}$$

v_{Rdmax} – Прорачунска вредност максималног напона смицања од пробијања у посматраном контролном пресеку

f_{cd} – Прорачунска чврстоћа бетона

f_{ck} – Карактеристична чврстоћа бетона

v – Коэффициент којим се смањује чврстоћа бетона услед прслина

Контрола напона на првом контролном обиму

$$v_{Ed,1} = \beta * \frac{V_{Ed}}{u_1 * d_{eff}}$$

$$v_{Ed,1} = 1,15 * \frac{340,33}{7748 * 435} = 0,1183 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,1} = 0,1183 \text{ MPa} < v_{Rd,c} = 0,443 \text{ MPa}$$

Контрола је задовољена!

V_{Ed1} – Напон смицања на месту контролног обима

β – Коэффициент

V_{Ed} – Прорачунска вредност трансверзалне силе

u_1 – Контролни обим на удаљености $2d$

d_{eff} – Ефективна статичка висина

Димензионисање темељног врата: $b_s/d_s = 55\text{cm}/80\text{cm}$

b_s – Ширина врата темеља

d_s – Дужина врата темеља

Одређивање подужне арматуре:

Услед релативно малих утицаја усвојиће се минималан проценат армирања од 0,8%.

$$A_b = b_s * d_s = 55 * 80 = 4400 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{l,min} = 0,8\% * A_b = 35,2 \text{ cm}^2$$

$$\text{Усвојено: } 12\emptyset 20 A_{s,usv} = 37,7 \text{ cm}^2$$

Одређивање попречне арматуре:

Попречна арматура је усвојена као двосечна: $m=2 \text{ U}\emptyset 8/15\text{cm} \text{ } A_{sw} = 6,70 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Стуб се на темељ ослања преко чеоне плоче и анкера упуштених у бетонски врат темеља. Прорачун везе главног стуба и темеља дат је у поглављу везаном за прорачун веза.

2.6.2 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ТЕМЕЉА САМЦА ИСПОД ФАСАДНИХ СТУБОВА У ОБОДУ

Меродавне силе су узете на месту највећих утицаја. (центрично притиснут јер су остали утицаји занемарљивих вредности и интензитета). Најпритиснутији фасадни стуб се налази при међуспратној конструкцији 1.

Због природе оптерећења непотребно је проверавати претурање и клизање.

$$N_g = -59,85 \text{ kN} \quad N_q = 55,08 \text{ kN} \quad N_s = 21,46 \text{ kN}$$

Прорачунске вредности утицаја су:

$$N_{Ed} = 1,35 * N_g + 1,5 * N_q + 1,5 * 0,7 * N_s = 185,95 \text{ kN}$$

Однос димензија страна темеља $L/B = 1,0$

$$L = 1,1\text{m} \quad B = 1,1\text{m} \quad e_L = 0$$

Димензије врата темеља су усвојене као $b_s/d_s = 30\text{cm}/30\text{cm}$.

Усвојена је висина темеља 50cm.

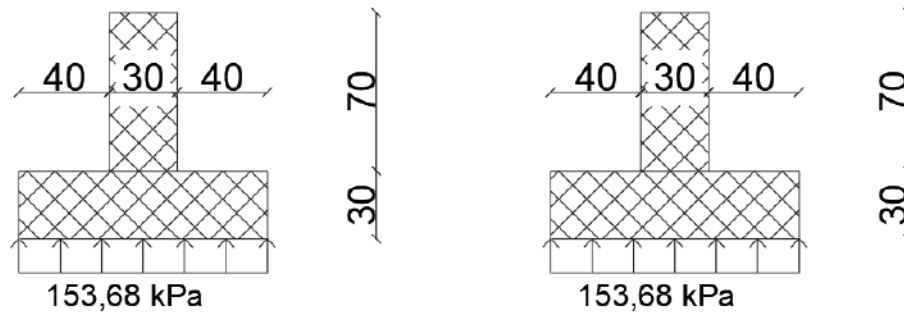
$$\sigma_1 = \frac{N_{Ed}}{B * L} > \sigma_1 = 153,68 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{doz} = r_d - D_f * \beta * \gamma_{AB} = 200 \text{ kPa} - 1\text{m} * 0,85 * 25 = 178,75 \text{ kPa} > \sigma_1$$

Висина темељне стопе је 30cm. $h_t=30\text{cm}$

Биће армирана само доња зона.

Димензионисање арматуре



Слика 2.6-5 Расподела напона испод темеља фасадног стуба у ободу приказана у правцима X и Y респективно

На основу Сlike 3.5-5 види се да ће утицаји бити исти у оба правца.

$$M_x = M_y = 153,68 * 0,4 * \frac{0,4}{2} = 12,29 \text{ kNm/m'}$$

Димензионисање у X правцу:

$$d_x = 30 - 5 - \frac{1,2}{2} = 24,4 \text{ cm}$$

$$\mu_{Es} = \frac{M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}} = \frac{12,29 * 100}{100 * 24,4^2 * 1,70} = 0,012 \quad \varepsilon_c / \varepsilon_s = 0,77 / 20,0 \quad \omega = 0,0123$$

$$A_{s1} = \omega * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * b * d - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = 0,0123 * \frac{1,7}{43,478} * 100 * 24,4 = 1,173 \text{ cm}^2 / \text{m'}$$

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 100 * 24,4 = 3,68 \text{ cm}^2 / \text{m'}$$

Усваја се арматура X правца **Ø10/20 cm** ($A_{s1,usv} = 3,93 \text{ cm}^2$)

Димензионисање у Y правцу:

$$d_y = d_x - 1,2 - \frac{1,2}{2} = 22,6 \text{ cm}$$

$$\mu_{Es} = \frac{M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}} = \frac{12,29 * 100}{100 * 22,6^2 * 1,70} = 0,0142 \quad \varepsilon_c / \varepsilon_s = 0,77 / 20,0 \quad \omega = 0,0144$$

$$A_{s1} = \omega * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * b * d - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = 0,0144 * \frac{1,7}{43,478} * 100 * 22,6 = 1,272 \text{ cm}^2 / \text{m'}$$

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 100 * 22,6 = 3,41 \text{ cm}^2 / \text{m'}$$

Усваја се арматура X правца $\text{Ø}10/20 \text{ cm}$ ($A_{s1,usv} = 3,93 \text{ cm}^2$)

$$d_{x,stv} = 30 - 5 - \frac{1,0}{2} = 24,5 \text{ cm} \quad d_{y,stv} = 24,5 - 1,0 - \frac{1,0}{2} = 23 \text{ cm}$$

Контрола темеља на пробијање

Димензије стуба $b_s=300\text{mm}$ $d_s=300\text{mm}$

Коефицијент β за средњи стуб:

$$\beta = 1,15$$

Карактеристике стопе (плоче):

Дебљина плоче $d_t = 300 \text{ mm}$

Заштитни слој бетона = 50 mm

$$\text{Статичка висина: } d_{eff} = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{(245 + 230)}{2} = 237 \text{ mm}$$

Усвојена арматура

Основна арматура X - правац (L)

$\text{Ø}10/20\text{cm}$

Основна арматура Y - правац (B)

$\text{Ø}10/20\text{cm}$

Прорачунска сила пробијања: $V_{Ed} = 185,95 \text{ kN}$

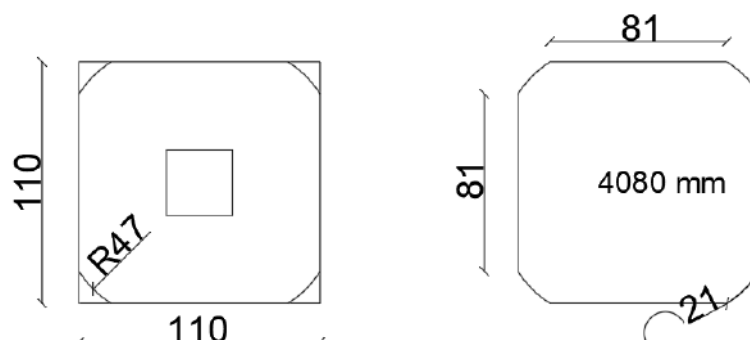
Контролни обим уз ивицу стуба - u_0

$$u_0 = 2b_s + 2d_s = 2 * 300 + 2 * 300 = 1200 \text{ mm}$$

b_s – Ширина врата темеља

d_s – Дужина врата темеља

Контролни обим на удаљености $2d$ од ивице стуба



Слика 2.6-6 Приказ првог контролног обима фасадног стуба у ободу

$$u_1 = 4 * 81 + 4 * 21 = 408\text{cm} = 4080\text{mm}$$

Просечна вредност процента армирања

$$\rho_l = \sqrt{\frac{A_{sx}}{1m' * d_x} * \frac{A_{sy}}{1m' * d_y}} = \sqrt{\frac{3,93}{100 * 24,5} * \frac{3,93}{100 * 23,0}} = 0,0017 < 0,02$$

Прорачунска вредност чврстоће при смицању без армиране за пријем смицања

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 * \sigma_{cp}]$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12 \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{237}} = 1,92$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 * 1,92 * (100 * 0,0017 * 30)^{\frac{1}{3}} + 0 \right] = 0,396\text{MPa}$$

$V_{Rd,c}$ – Прорачунска вредност чврстоће при смицању без армиране за пријем смицања

$C_{Rd,c}$ – коефицијент

k – коефицијент који узима у обзир висину елемента

ρ_l – Просечна вредност процента армирања

Прорачунска вредност максималног напона смицања од пробијања у посматраном контролном пресеку

$$v_{Rdmax} = 0,4 * v * f_{cd}$$

$$v = 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 * \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

$$v_{Rdmax} = 0,4 * 0,528 * 17 = 3,59\text{MPa}$$

v_{Rdmax} – Прорачунска вредност максималног напона смицања од пробијања у посматраном контролном пресеку

f_{cd} – Прорачунска чврстоћа бетона

f_{ck} – Карактеристична чврстоћа бетона

v – Коефицијент којим се смањује чврстоћа бетона услед прелина

Контрола максималног напона уз стуб

$$v_{Ed,0} = \beta * \frac{V_{Ed}}{u_0 * d_{eff}}$$

$$v_{Ed,0} = 1,15 * \frac{185,95}{1200 * 237} = 0,00075 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = 0,75\text{MPa}$$

$$v_{Ed} = 0,75 \text{ MPa} < v_{Rdmax} = 3,59 \text{ MPa}$$

v_{Rdmax} – Прорачунска вредност максималног напона смицања од пробијања у посматраном контролном пресеку

f_{cd} – Прорачунска чврстоћа бетона

f_{ck} – Карактеристична чврстоћа бетона

v – Коефицијент којим се смањује чврстоћа бетона услед прслина

Контрола напона на првом контролном обиму

$$v_{Ed,1} = \beta * \frac{V_{Ed}}{u_1 * d_{eff}}$$

$$v_{Ed,1} = 1,15 * \frac{185,95 * 1000}{4080 * 237} = 0,2211 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,1} = 0,2211 \text{ MPa} < v_{Rd,c} = 0,396 \text{ MPa}$$

Контрола је задовољена!

V_{Ed1} – Напон смицања на месту контролног обима

β – Коефицијент

V_{Ed} – Прорачунска вредност трансверзалне силе

u_1 – Контролни обим на удаљености $2d$

d_{eff} – Ефективна статичка висина

Димензионисање темељног врата: $b_s/d_s = 30\text{cm}/30\text{cm}$

b_s – Ширина врата темеља

d_s – Дужина врата темеља

Одређивање подужне арматуре:

Услед релативно малих утицаја усвојиће се минималан проценат армирања од 0,8%.

$$A_b = b_s * d_s = 30 * 30 = 900 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{l,min} = 0,8\% * A_b = 7,2 \text{ cm}^2$$

$$\text{Усвојено: } 4\emptyset 12 + 4\emptyset 10 \quad A_{s,usv} = 7,66 \text{ cm}^2$$

Одређивање попречне арматуре:

Попречна арматура је усвојена као двосечна: $m=2 \quad U\emptyset 8/15\text{cm} \quad A_{sw} = 6,70 \text{ cm}^2/\text{m}$

2.7 ГРАНИЧНА СТАЊА УПОТРЕБЉИВОСТИ

У наставку ће поред комбинација за гранично стање употребљивости бити приказани највећи добијени угиби главног носача, угиби елемената међусупратне конструкције као и хоризонтална померања објекта.

2.7.1 КОМБИНАЦИЈЕ ЗА ГРАНИЧНО СТАЊЕ УПОТРЕБЉИВОСТИ

Будући да су у оквиру граничног стања употребљивости разматране само деформације, приложене су карактеристичне комбинације оптерећења генерисане аутоматски од стране софтвера RFEM 6.

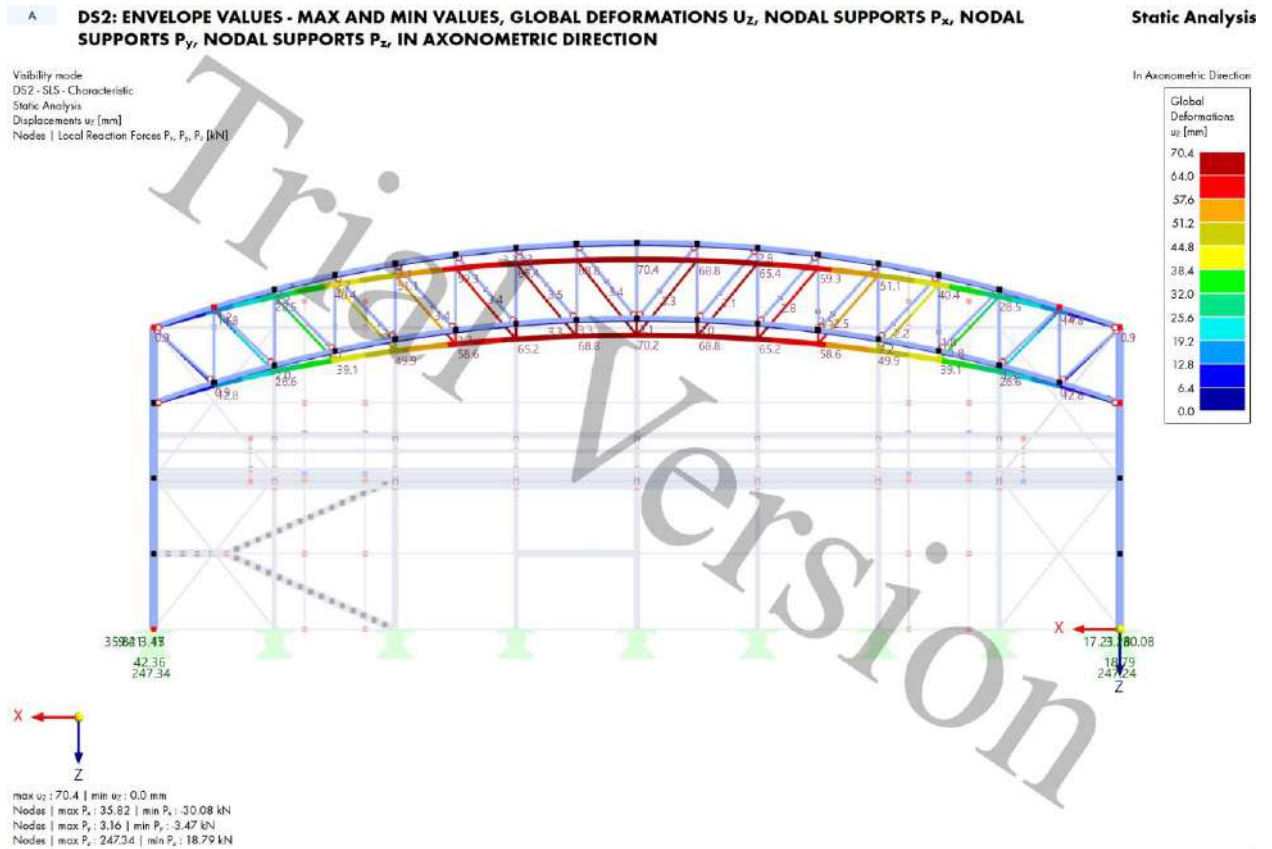
CO129	LC1	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO130	LC1 + LC2	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO131	LC1 + LC2 + 0.50 * LC3	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO132	LC1 + LC2 + 0.50 * LC4	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO133	LC1 + LC2 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC5	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO134	LC1 + LC2 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC6	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO135	LC1 + LC2 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC7	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO136	LC1 + LC2 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC8	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO137	LC1 + LC2 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC9	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO138	LC1 + LC2 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC10	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO139	LC1 + LC2 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC5	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO140	LC1 + LC2 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC6	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO141	LC1 + LC2 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC7	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO142	LC1 + LC2 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC8	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO143	LC1 + LC2 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC9	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO144	LC1 + LC2 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC10	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO145	LC1 + LC2 + 0.60 * LC5	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO146	LC1 + LC2 + 0.60 * LC6	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO147	LC1 + LC2 + 0.60 * LC7	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO148	LC1 + LC2 + 0.60 * LC8	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO149	LC1 + LC2 + 0.60 * LC9	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO150	LC1 + LC2 + 0.60 * LC10	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO151	LC1 + LC3	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO152	LC1 + LC4	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO153	LC1 + 0.70 * LC2 + LC3	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO154	LC1 + 0.70 * LC2 + LC4	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO155	LC1 + 0.70 * LC2 + LC3 + 0.60 * LC5	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO156	LC1 + 0.70 * LC2 + LC3 + 0.60 * LC6	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO157	LC1 + 0.70 * LC2 + LC3 + 0.60 * LC7	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO158	LC1 + 0.70 * LC2 + LC3 + 0.60 * LC8	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO159	LC1 + 0.70 * LC2 + LC3 + 0.60 * LC9	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO160	LC1 + 0.70 * LC2 + LC3 + 0.60 * LC10	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO161	LC1 + 0.70 * LC2 + LC4 + 0.60 * LC5	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO162	LC1 + 0.70 * LC2 + LC4 + 0.60 * LC6	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO163	LC1 + 0.70 * LC2 + LC4 + 0.60 * LC7	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO164	LC1 + 0.70 * LC2 + LC4 + 0.60 * LC8	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO165	LC1 + 0.70 * LC2 + LC4 + 0.60 * LC9	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic

CO166	$LC1 + 0.70 * LC2 + LC4 + 0.60 * LC10$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO167	$LC1 + LC3 + 0.60 * LC5$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO168	$LC1 + LC3 + 0.60 * LC6$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO169	$LC1 + LC3 + 0.60 * LC7$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO170	$LC1 + LC3 + 0.60 * LC8$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO171	$LC1 + LC3 + 0.60 * LC9$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO172	$LC1 + LC3 + 0.60 * LC10$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO173	$LC1 + LC4 + 0.60 * LC5$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO174	$LC1 + LC4 + 0.60 * LC6$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO175	$LC1 + LC4 + 0.60 * LC7$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO176	$LC1 + LC4 + 0.60 * LC8$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO177	$LC1 + LC4 + 0.60 * LC9$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO178	$LC1 + LC4 + 0.60 * LC10$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO179	$LC1 + LC5$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO180	$LC1 + LC6$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO181	$LC1 + LC7$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO182	$LC1 + LC8$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO183	$LC1 + LC9$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO184	$LC1 + LC10$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO185	$LC1 + 0.70 * LC2 + LC5$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO186	$LC1 + 0.70 * LC2 + LC6$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO187	$LC1 + 0.70 * LC2 + LC7$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO188	$LC1 + 0.70 * LC2 + LC8$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO189	$LC1 + 0.70 * LC2 + LC9$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO190	$LC1 + 0.70 * LC2 + LC10$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO191	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC3 + LC5$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO192	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC3 + LC6$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO193	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC3 + LC7$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO194	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC3 + LC8$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO195	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC3 + LC9$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO196	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC3 + LC10$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO197	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC4 + LC5$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO198	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC4 + LC6$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO199	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC4 + LC7$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO200	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC4 + LC8$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO201	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC4 + LC9$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO202	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC4 + LC10$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO203	$LC1 + 0.50 * LC3 + LC5$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO204	$LC1 + 0.50 * LC3 + LC6$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO205	$LC1 + 0.50 * LC3 + LC7$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO206	$LC1 + 0.50 * LC3 + LC8$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO207	$LC1 + 0.50 * LC3 + LC9$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO208	$LC1 + 0.50 * LC3 + LC10$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO209	$LC1 + 0.50 * LC4 + LC5$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO210	$LC1 + 0.50 * LC4 + LC6$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO211	$LC1 + 0.50 * LC4 + LC7$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO212	$LC1 + 0.50 * LC4 + LC8$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO213	$LC1 + 0.50 * LC4 + LC9$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic

CO214	$LC1 + 0.50 * LC4 + LC10$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO215	$LC1 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO216	$LC1 + 0.70 * LC2 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO217	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC3 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO218	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC4 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO219	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC5 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO220	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC6 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO221	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC7 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO222	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC8 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO223	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC9 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO224	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC10 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO225	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC5 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO226	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC6 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO227	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC7 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO228	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC8 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO229	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC9 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO230	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC10 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO231	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.60 * LC5 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO232	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.60 * LC6 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO233	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.60 * LC7 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO234	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.60 * LC8 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO235	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.60 * LC9 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO236	$LC1 + 0.70 * LC2 + 0.60 * LC10 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO237	$LC1 + 0.50 * LC3 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO238	$LC1 + 0.50 * LC4 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO239	$LC1 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC5 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO240	$LC1 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC6 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO241	$LC1 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC7 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO242	$LC1 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC8 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO243	$LC1 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC9 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO244	$LC1 + 0.50 * LC3 + 0.60 * LC10 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO245	$LC1 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC5 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO246	$LC1 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC6 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO247	$LC1 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC7 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO248	$LC1 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC8 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO249	$LC1 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC9 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO250	$LC1 + 0.50 * LC4 + 0.60 * LC10 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO251	$LC1 + 0.60 * LC5 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO252	$LC1 + 0.60 * LC6 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO253	$LC1 + 0.60 * LC7 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO254	$LC1 + 0.60 * LC8 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO255	$LC1 + 0.60 * LC9 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic
CO256	$LC1 + 0.60 * LC10 + LC11$	Static Analysis	DS2 - SLS - Characteristic

Табела 2.7-1 Карактеристичне комбинације оптерећења

2.7.2 ДЕФОРМАЦИЈЕ ГЛАВНОГ НОСАЧА



Слика 2.7-1 Приказ анвелопе највећих глобалних деформација главног носача за карактеристичне комбинације

$$v_{max} = 70,2 \text{ mm} \quad v_{doz} = \frac{L}{400} = \frac{32000}{400} = 80 \text{ mm}$$

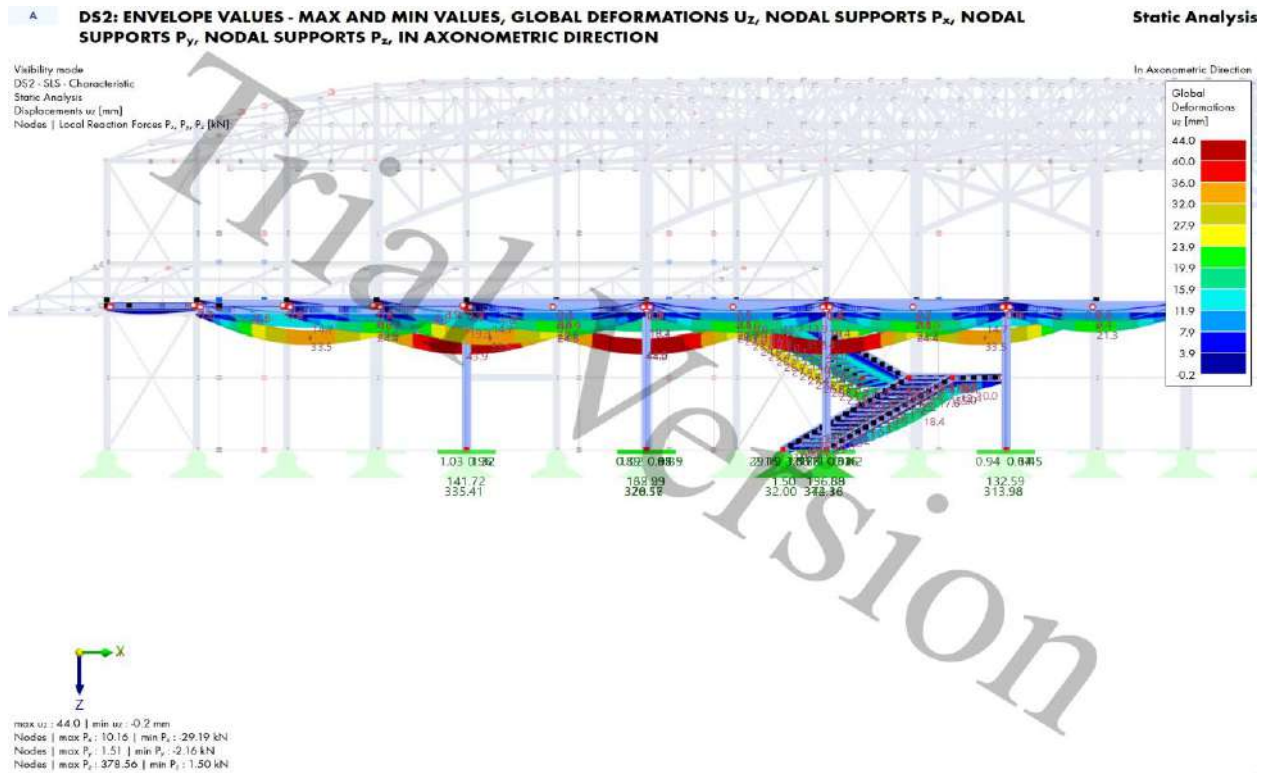
$v_{max} < v_{doz}$ контрола максималног вертикалног померања главног носача је задовољена

Design Check Details		Design Checks in Location	
<input type="checkbox"/> Material Properties			S355 EN 1993-1-1:2005-05
<input type="checkbox"/> Section Properties			Celsius 355 SHS 180x180x8.8 EN 10210-2:2006-04 Tata Steel
<input type="checkbox"/> Deflections			
Direction x	w_x	-0.3	mm
Direction y	w_y	-0.4	mm
Direction z	w_z	70.2	mm
<input type="checkbox"/> Design Check Values			
Total deflection	$w_{tot,z}$	76.4	mm
Reference length	L	32.649	m
Limit criterion for deflection	L / w_{lim}	300.00	--
Limit value of deflection	w_{lim}	108.8	mm
Design check ratio	η	0.702	-- ≤ 1 ✓ EN 1993-1-1, 7.2

Слика 2.7-2 Деформација главног носача

2.7.3 ДЕФОРМАЦИЈЕ МЕЃУСПРАТНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ 1

Најизраженија је локална деформација подвлаке у средини међуспратне конструкције 1.



Слика 2.7-3 Приказ анелопе највећих глобалних деформација међуспратне конструкције 1 за карактеристичне комбинације

Design Check Details		Design Checks in Location			
<input checked="" type="checkbox"/> Material Properties		S355 EN 1993-1-1:2005-05			
<input checked="" type="checkbox"/> Section Properties		IPE 550 EN 10365:2017 ArcelorMittal (2018)			
<input checked="" type="checkbox"/> Deflections					
Direction x	Wx	-1.8	mm		
Direction y	Wy	-4.0	mm		
Direction z	Wz	24.7	mm		
<input checked="" type="checkbox"/> Design Check Values					
Total deflection	Wtot,z	23.1	mm		
Reference length	L	8.000	m		
Limit criterion for deflection	L / wlim	300.00	--		
Limit value of deflection	wlim	26.7	mm		
Design check ratio	η	0.866	--	≤ 1	✓ EN 1993-1-1, 7.2

Слика 2.7-4 Вредности максималних деформација подвлаке

Serviceability
Deflections in z-direction

Combination: Characteristic
Segment type in z-axis: Beam

$$w_{lim} = \frac{L}{L/w_{lim}}$$

$$= \frac{8.000 \text{ m}}{300.00}$$

$$= 26.7 \text{ mm}$$

$$\eta = \frac{|W_{tot,z}|}{w_{lim}}$$

$$= \frac{|23.1 \text{ mm}|}{26.7 \text{ mm}}$$

$$= 0.866$$

$$\eta = 0.866 \leq 1 \quad \checkmark$$

Design Check Details		Design Checks in Location	
Material Properties			S355 EN 1993-1-1:2005-05
Section Properties			IPE 500 EN 10365:2017 ArcelorMittal (2018)
Deflections			
Direction x	W _x	2.1	mm
Direction y	W _y	0.0	mm
Direction z	W _z	43.9	mm
Design Check Values			
Total deflection	W _{tot,z}	19.4	mm
Reference length	L	8.000	m
Limit criterion for deflection	L / w _{lim}	300.00	--
Limit value of deflection	w _{lim}	26.7	mm
Design check ratio	η	0.727	-- ≤ 1 ✓ EN 1993-1-1, 7.2

Слика 2.7-5 Вредности максималних деформација подног носача

Design Check SE1100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Serviceability
Deflections in z-direction

Combination: Characteristic
Segment type in z-axis: Beam

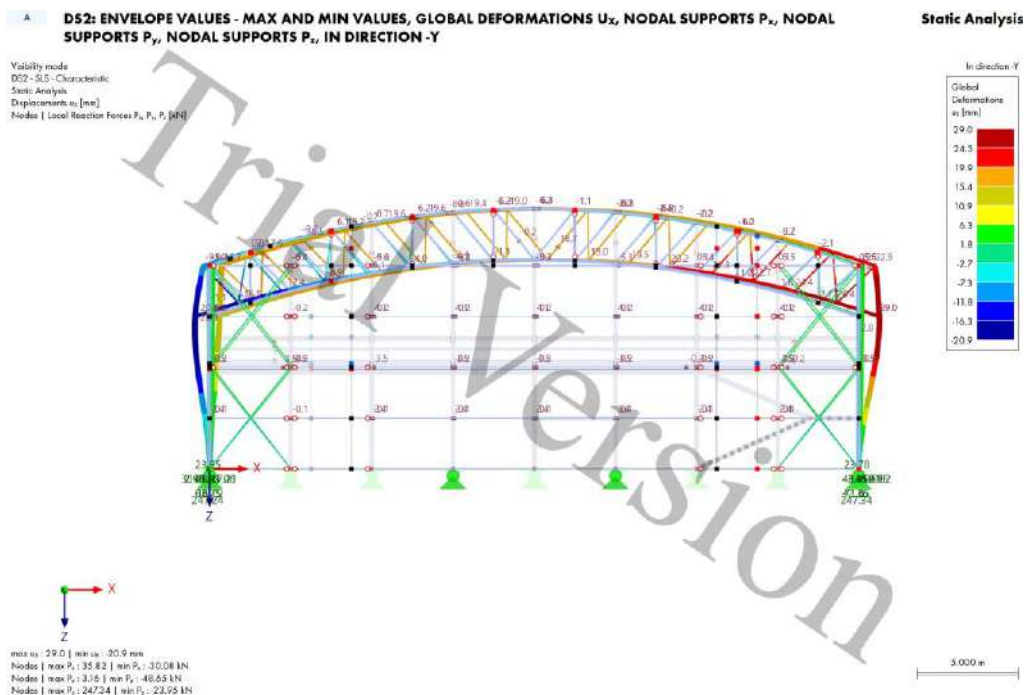
$$w_{lim} = \frac{L}{L/w_{lim}} = \frac{8.000 \text{ m}}{300.00} = 26.7 \text{ mm}$$

$$\eta = \frac{|w_{tot,z}|}{w_{lim}} = \frac{|19.4 \text{ mm}|}{26.7 \text{ mm}} = 0.727$$

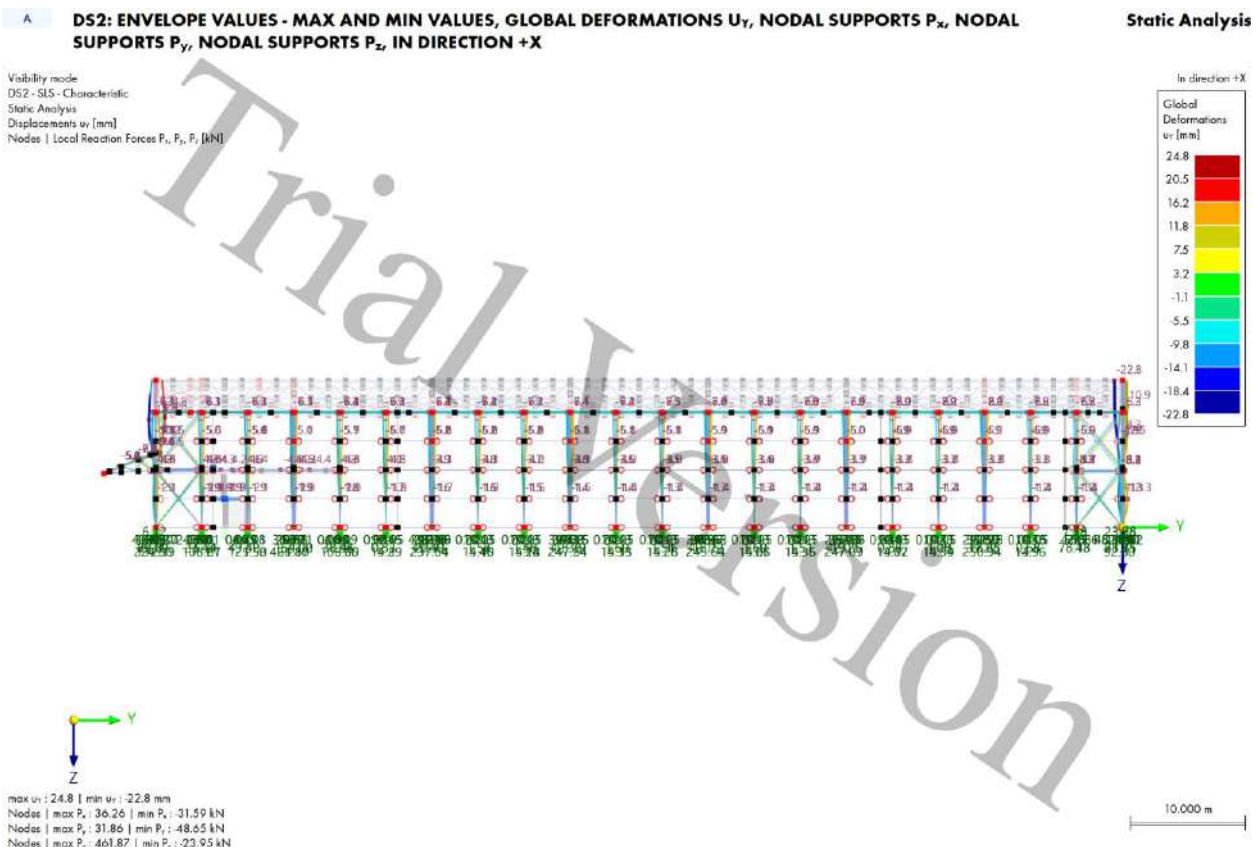
$$\eta = 0.727 \leq 1 \checkmark$$

- w_{lim} Limit value of deflection
- L Reference length
- L / w_{lim} Limit criterion for deflection
- w_{tot,z} Total deflection

2.7.4 ПРИКАЗ ХОРИЗОНТАЛНИХ ДЕФОРМАЦИЈА КОНСТРУКЦИЈЕ



Слика 2.7-6 Глобалне хоризонталне деформације у равни главног носача



Слика 2.7-7 *Хоризонталне деформације у равни подужног зида*
 Деформације у хоризонталним правцима су занемарљиве.

2.8 ПРОРАЧУН ВЕЗА

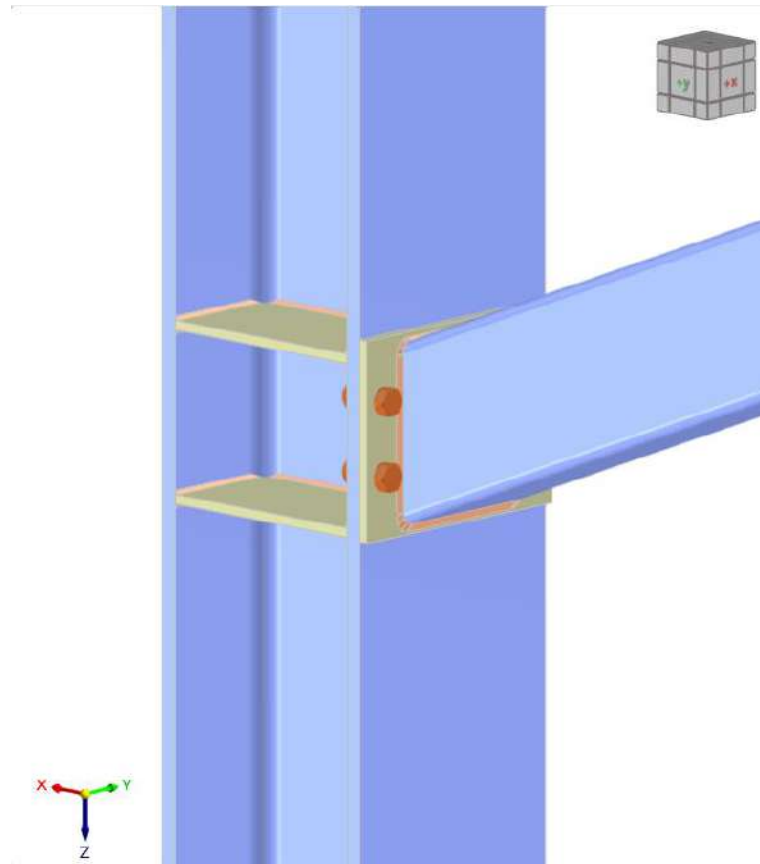
Прорачун веза је рађен у програму IDEA StatiCa и RFEM 6 (Steel Joint Add On).

2.8.1 СПОЈ ДОЊЕГ ПОЈАСА ГЛАВНОГ НОСАЧА СА СТУБОМ

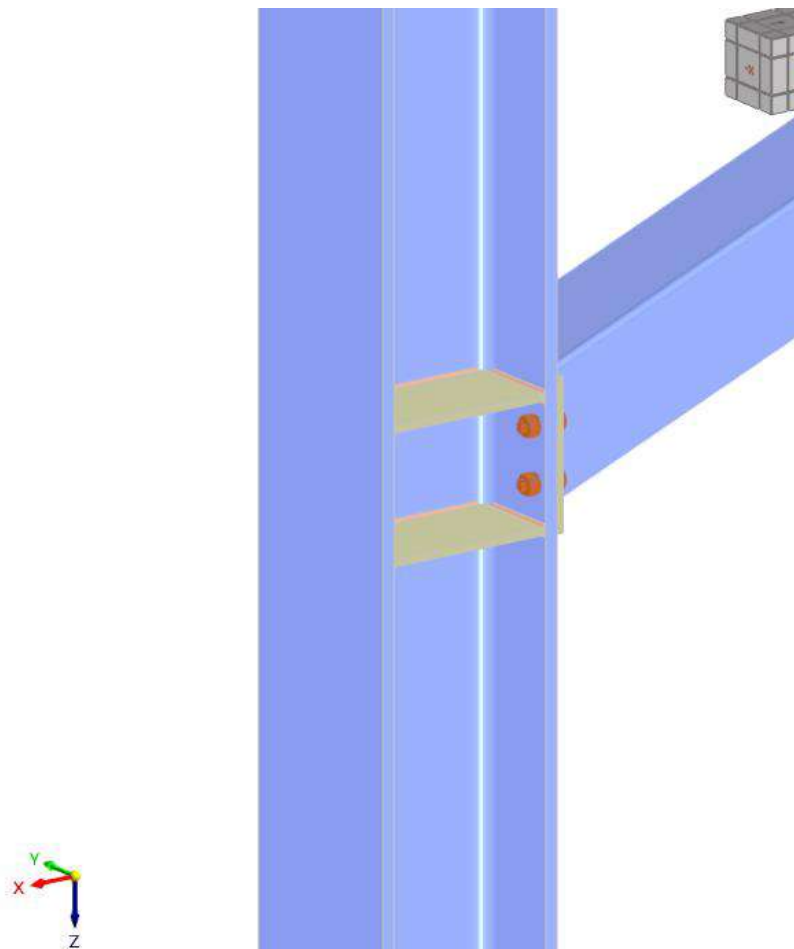
Веза главног носача и стуба је изведена преко чеоне плоче која је у склопу доњег појаса решетке. Присутна су укупно четири укурућења и четири завртња M16 8.8.

Component Settings		End Plat	
Thickness	t	10.0	mm
Definition type	Offsets		
Top offset	Δ_{top}	10.0	mm
Bottom offset	Δ_{bot}	10.0	mm
Left offset	Δ_{lef}	50.0	mm
Right offset	Δ_{rig}	50.0	mm
Width	b	280.0	mm
Height	h	213.9	mm
Bolts			
Diameter Strength grade	M16 8.8		
Number Spacing horizontally	2 25.0 230.0 25.0	mm	
Number Spacing vertically	2 67.0 80.0 66.9	mm	
Preloaded bolts	<input type="checkbox"/>		
Shear plane in thread	<input checked="" type="checkbox"/>		
Welds			
Flange 1	$a_{w,f1}$	1 - S355 I...	4.0 mm
Web 1	$a_{w,w1}$	1 - S355 I...	4.0 mm
Web 2	$a_{w,w2}$	1 - S355 I...	4.0 mm
Flange 2	$a_{w,f2}$	1 - S355 I...	4.0 mm

Слика 2.8-1 *Подаци везани за везу стуба и доњег појаса главног носача*



Слика 2.8-2 3Д приказ везе стуба са доњим делом главног носача



Слика 2.8-3 3Д приказ везе стуба и доњег појаса главног носача

Design Check UL1100 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Ultimate Limit State
Bolt check

Shear resistance:

$$\begin{aligned} F_{v,Rd} &= \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \\ &= \frac{0.60 \cdot 800.000 \text{ N/mm}^2 \cdot 157.0 \text{ mm}^2}{1.25} \\ &= 60.29 \text{ kN} \end{aligned}$$

EN 1993-1-8, 3.6.1, Tab. 3.4

$$\begin{aligned} \eta_{Fv} &= \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \\ &= \frac{29.18 \text{ kN}}{60.29 \text{ kN}} \\ &= 0.484 \end{aligned}$$

Bearing resistance:

Edge bolt position, to left of force direction

$$\begin{aligned} k_{1,lef} &= \min \left(2.8 \cdot \left(\frac{e_{2,lef}}{d_0} \right) - 1.7, 2.5 \right) \\ &= \min \left(2.8 \cdot \left(\frac{220.5 \text{ mm}}{18.0 \text{ mm}} \right) - 1.7, 2.5 \right) \\ &= 2.50 \end{aligned}$$

Edge bolt position, to right of force direction

$$\begin{aligned} k_{1,rig} &= \min \left(2.8 \cdot \left(\frac{e_{2,rig}}{d_0} \right) - 1.7, 2.5 \right) \\ &= \min \left(2.8 \cdot \left(\frac{59.4 \text{ mm}}{18.0 \text{ mm}} \right) - 1.7, 2.5 \right) \\ &= 2.50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_1 &= \min(k_{1,lef}, k_{1,rig}) \\ &= \min(2.50, 2.50) \\ &= 2.50 \end{aligned}$$

Edge bolt position, in force direction

Edge bolt position, in force direction

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \min \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1 \right) \\ &= \min \left(\frac{303.1 \text{ mm}}{3 \cdot 18.0 \text{ mm}}, \frac{800.000 \text{ N/mm}^2}{490.000 \text{ N/mm}^2}, 1 \right) \\ &= 1.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{b,Rd} &= \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \\
 &= \frac{2.50 \cdot 1.00 \cdot 490.000 \text{ N/mm}^2 \cdot 16.0 \text{ mm} \cdot 10.0 \text{ mm}}{1.25} \\
 &= 156.80 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

EN 1993-1-8, 3.6.1, Tab. 3.4

$$\begin{aligned}
 \eta_{Fb} &= \frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} \\
 &= \frac{29.18 \text{ kN}}{156.80 \text{ kN}} \\
 &= 0.186
 \end{aligned}$$

Tension resistance:

$$\begin{aligned}
 F_{t,Rd} &= \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \\
 &= \frac{0.90 \cdot 800.000 \text{ N/mm}^2 \cdot 157.0 \text{ mm}^2}{1.25} \\
 &= 90.43 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

EN 1993-1-8, 3.6.1, Tab. 3.4

$$\begin{aligned}
 \eta_{Ft} &= \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \\
 &= \frac{11.35 \text{ kN}}{90.43 \text{ kN}} \\
 &= 0.126
 \end{aligned}$$

Punching shear resistance:

$$\begin{aligned}
 B_{p,Rd} &= \frac{0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \\
 &= \frac{0.6 \cdot \pi \cdot 26.0 \text{ mm} \cdot 10.0 \text{ mm} \cdot 490.000 \text{ N/mm}^2}{1.25} \\
 &= 192.11 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

EN 1993-1-8, 3.6.1, Tab. 3.4

$$\begin{aligned}
 \eta_{Bp} &= \frac{F_{t,Ed}}{B_{p,Rd}} \\
 &= \frac{11.35 \text{ kN}}{192.11 \text{ kN}} \\
 &= 0.059
 \end{aligned}$$

Combined shear and tension resistance:

$$\begin{aligned}
 \eta_{Ft,Fv} &= \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} \\
 &= \frac{29.18 \text{ kN}}{60.29 \text{ kN}} + \frac{11.35 \text{ kN}}{1.4 \cdot 90.43 \text{ kN}} \\
 &= 0.574
 \end{aligned}$$

EN 1993-1-8, 3.6.1, Tab. 3.4

$$\begin{aligned}\eta &= \max(\eta_{Fv}, \eta_{Fb}, \eta_{Ft}, \eta_{Bp}, \eta_{Ft,Fv}) \\ &= \max(0.484, 0.186, 0.126, 0.059, 0.574) \\ &= 0.574\end{aligned}$$

$$\eta = 0.574 \leq 1 \quad \checkmark$$

$F_{v,Rd}$ Design shear resistance

α_v Factor

f_{ub} Bolt ultimate tensile strength

A_s Tensile stress area of bolt

γ_{M2} Partial safety factor

η_{Fv} Design ratio for shear

$F_{v,Ed}$ Design shear force

$k_{1,lef}$ Factor for edge distance and bolt spacing on left side

$e_{2,lef}$ Bolt to plate edge distance in perpendicular direction to resultant bearing force

d_0 Hole diameter

$k_{1,rig}$ Factor for edge distance and bolt spacing on right side

$e_{2,rig}$ Bolt to plate edge distance in perpendicular direction to resultant bearing force

k_1 Factor for edge distance and bolt spacing

α_b Factor

e_1 Bolt to plate edge distance in resultant bearing force direction

f_u Ultimate tensile strength for plates

$F_{b,Rd}$ Design bearing resistance

d Nominal diameter of bolt

t Thickness of plate

η_{Fb} Design ratio for bearing

$F_{v,Ed}$ Design shear force

$F_{t,Rd}$ Design tension resistance

k_2 Factor

η_{Ft} Design ratio for tension

$F_{t,Ed}$ Design tensile force

$B_{p,Rd}$ Design punching shear resistance

d_m Mean diameter of bolt head or nut

t_p Thickness of plate

f_u Ultimate tensile strength for plates

η_{Bp} Design ratio for punching shear

$F_{t,Ed}$ Design tensile force

$\eta_{Ft,Fv}$ Design ratio for combined shear and tension

Design Check UL1200 | EN 1993 | CEN | 2015-06

Ultimate Limit State
Fillet weld check

Изглед
везе са
техничким
подацима
се налази у
поглављу

$$\begin{aligned}\eta_1 &= \frac{\sigma_{\text{eqv,w}}}{f_u} \\ &= \frac{327.894 \text{ N/mm}^2}{490.000 \text{ N/mm}^2} \\ &= 0.753\end{aligned}$$

4.5.3.2

$$\begin{aligned}\eta_2 &= \frac{|\sigma_{\perp}|}{0.9 \cdot f_u} \\ &= \frac{|-96.269 \text{ N/mm}^2|}{0.9 \cdot 490.000 \text{ N/mm}^2} \\ &= 0.273\end{aligned}$$

4.5.3.2

$$\begin{aligned}\eta &= \max(\eta_1, \eta_2) \\ &= \max(0.753, 0.273) \\ &= 0.753\end{aligned}$$

4.5.3.2

$$\eta = 0.753 \leq 1 \quad \checkmark$$

- η_1 Equivalent stress design check ratio
- $\sigma_{\text{eqv,w}}$ Equivalent weld stress
- f_u Ultimate tensile strength
- β_w Correlation factor
- γ_{M2} Partial safety factor
- η_2 Perpendicular stress design check ratio
- σ_{\perp} Normal stress perpendicular to axis of weld

ГРАФИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА.

У наставку ће после кратког описа везе наставка главног носача бити приложен извештај о димензионисању и детаљним подацима о вези заједно са техничким цртежима компонената.

2.8.2 НАСТАВАК У ГЛАВНОМ НОСАЧУ

Главни носач је изведен као двопојасна (раванска) решетка. Решетка је закривљена, константне висине 2,5 метра. Осовински распон је 32 метра, те је због услова транспорта неопходно обезбедити монтажне наставке. Сви монтажни наставци су исти, а димензије су условљене прорачуном најоптерећенијег.

2.8.3 СПОЈ СТУБА И ТЕМЕЉА

Сви релевантни подаци о вези се налазе иза извештаја везаног за наставка у главном носачу.

Project:
Project no:
Author:

Project data

Project name
Project number
Author
Description
Date 5/3/2024
Code EN

Material

Steel S 355

Project:
 Project no:
 Author:

Project item CON1

Design

Name CON1
 Description
 Analysis Stress, strain/ loads in equilibrium

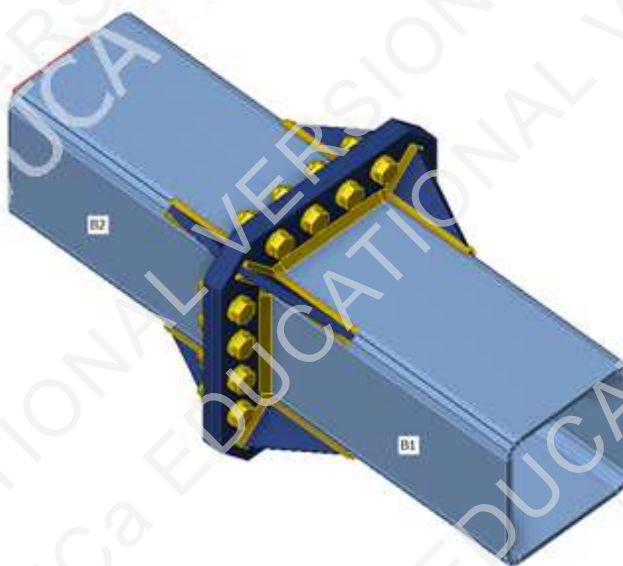
Members

Geometry

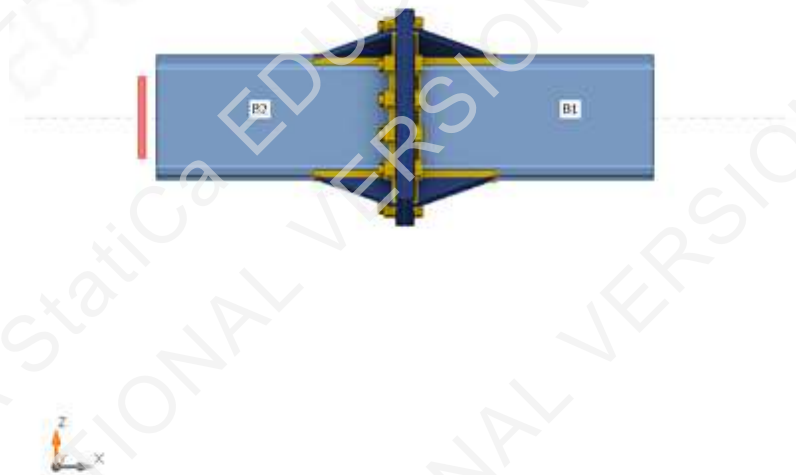
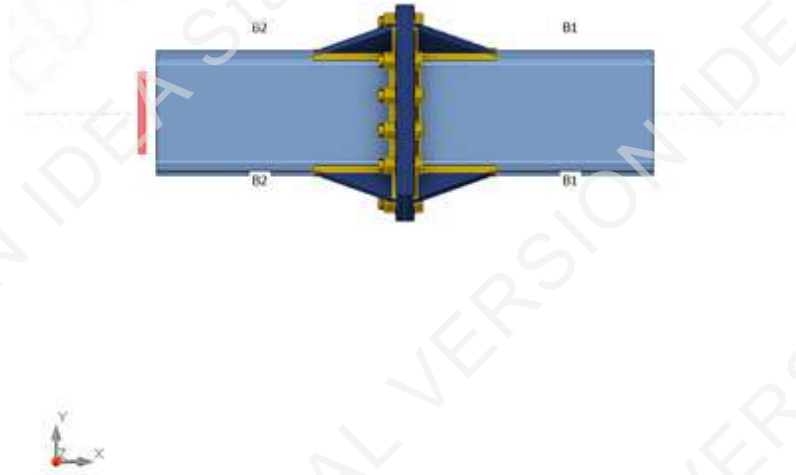
Name	Cross-section	β - Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]
B1	1 - SHS180/180/8.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0
B2	1 - SHS180/180/8.0	180.0	0.0	0.0	0	0	0

Supports and forces

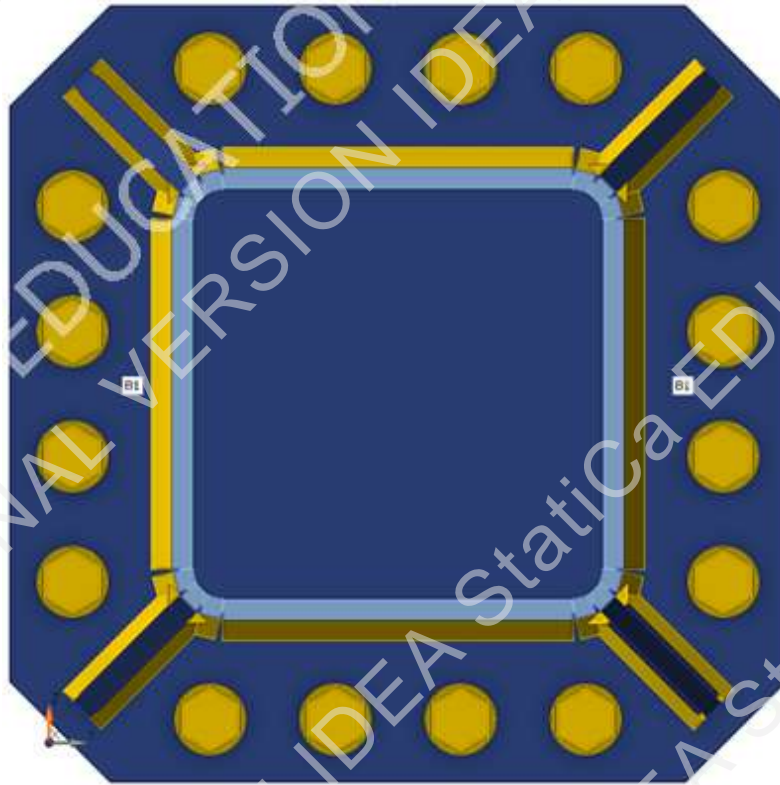
Name	Support	Forces in	X [mm]
B1 / end		Node	0
B2 / end	N-Vy-Vz-Mx-My-Mz	Node	0



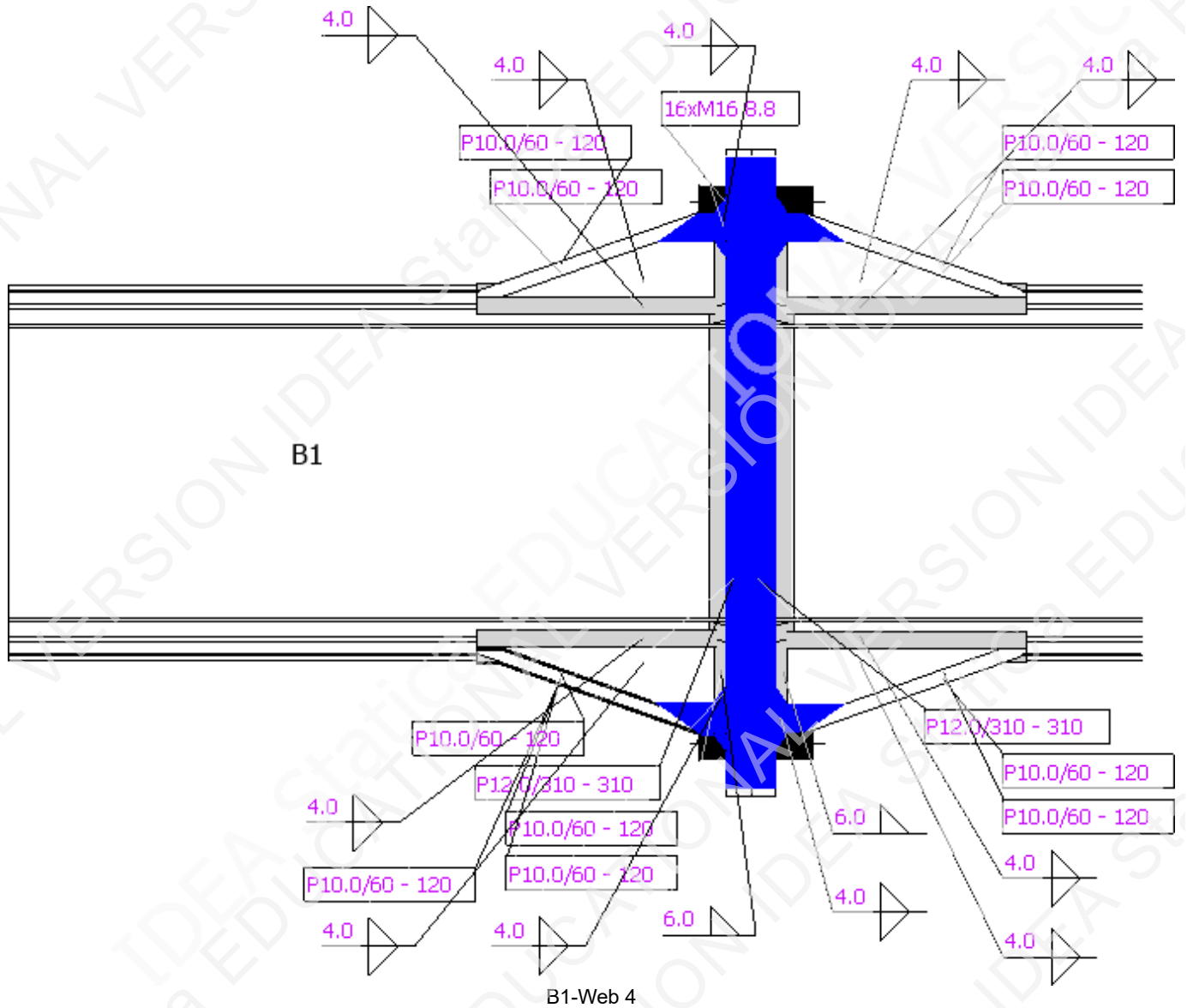
Project:
Project no:
Author:



Project:
Project no:
Author:



Project:
Project no:
Author:



Cross-sections

Name	Material
1 - SHS180/180/8.0	S 355

Bolts

Name	Diameter [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	Gross area [mm ²]
M16 8.8	16	640.0	800.0	201

Load effects (forces in equilibrium)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	B1 / End	829.9	0.0	-16.4	0.0	-1.2	0.0
	B2 / End	928.0	0.0	17.7	0.0	2.1	0.0

Project:
Project no:
Author:

Unbalanced forces

Name	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	-98.1	0.0	1.3	0.0	-3.4	0.0

Check

Summary

Name	Value	Check status
Analysis	100.0%	OK
Plates	1.1 < 5.0%	OK
Loc. deformation	0.1 < 3%	OK
Bolts	95.0 < 100%	OK
Welds	98.6 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	
GMNA	Calculated	

Plates

Name	t_p [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Status
B1	8.0	LE1	355.8	0.4	0.0	OK
B2	8.0	LE1	355.9	0.4	0.0	OK
PP1a	12.0	LE1	357.3	1.1	133.8	OK
PP1b	12.0	LE1	357.1	1.0	191.4	OK
RIB2a	10.0	LE1	246.7	0.0	0.0	OK
RIB2b	10.0	LE1	269.7	0.0	0.0	OK
RIB2c	10.0	LE1	229.1	0.0	0.0	OK
RIB6	10.0	LE1	288.0	0.1	0.0	OK
RIB7	10.0	LE1	285.6	0.1	0.0	OK
RIB8	10.0	LE1	288.5	0.1	0.0	OK
RIB13	10.0	LE1	290.1	0.1	0.0	OK
RIB14	10.0	LE1	286.3	0.1	0.0	OK
RIB15	10.0	LE1	291.0	0.1	0.0	OK
RIB16	10.0	LE1	291.4	0.1	0.0	OK

Design data

Material	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 355	355.0	5.0

Project:
 Project no:
 Author:

Symbol explanation

t_p Plate thickness
 σ_{Ed} Equivalent stress
 ϵ_{pl} Plastic strain
 $\sigma_{c,Ed}$ Contact stress
 f_y Yield strength
 ϵ_{lim} Limit of plastic strain

Detailed result for PP1a

Design values used in the analysis

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 355.0 \text{ MPa}$$

Where:

$$f_{yk} = 355.0 \text{ MPa} \quad \text{-- characteristic yield strength}$$

$$\gamma_{M0} = 1.00 \quad \text{-- partial safety factor for steel material EN 1993-1-1 -- 6.1}$$

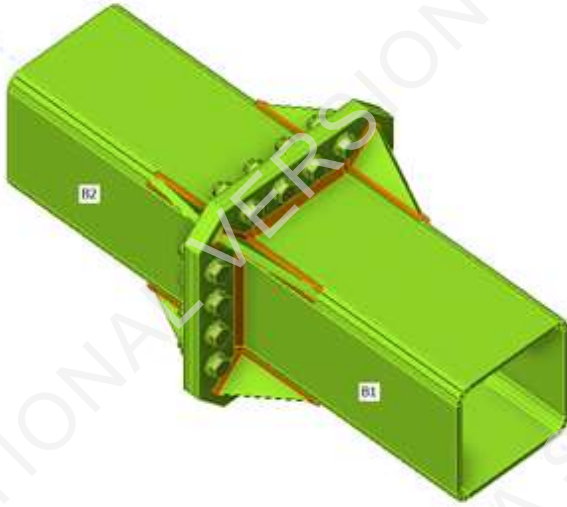
Loc. deformation

Name	d_0 [mm]	Loads	δ [mm]	δ_{lim} [mm]	δ/d_0 [%]	Check status
B1	180	LE1	0	5	0.1	OK
B2	180	LE1	0	5	0.1	OK

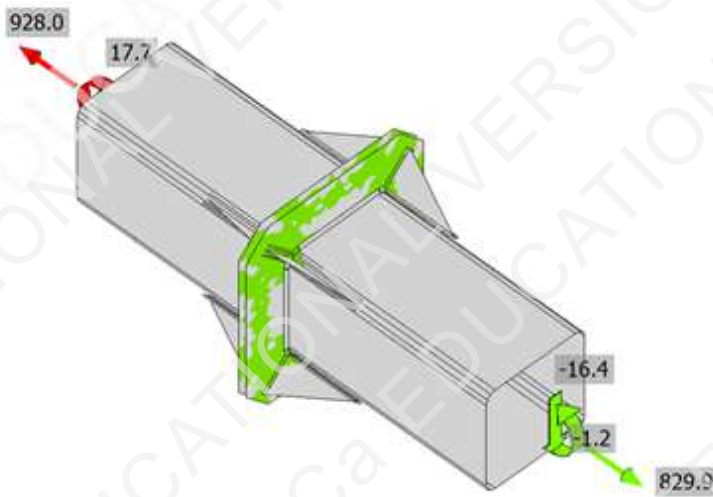
Symbol explanation

d_0 Cross-section size
 δ Local cross-section deformation
 δ_{lim} Allowed deformation

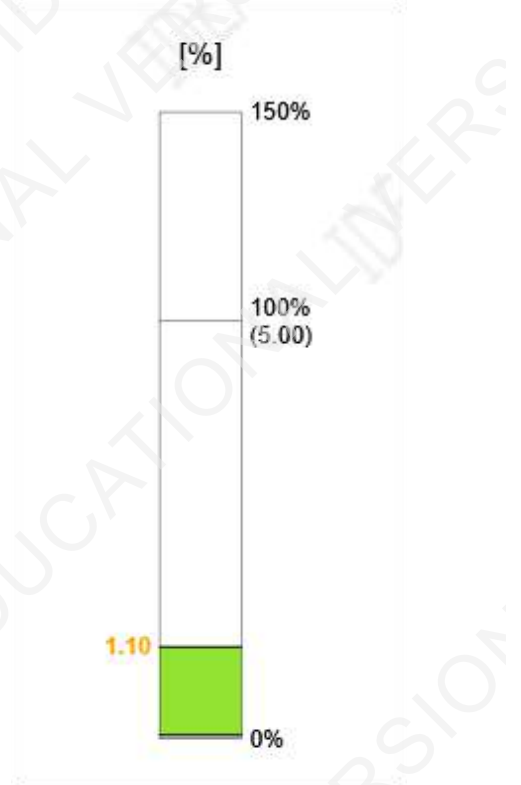
Project:
Project no:
Author:



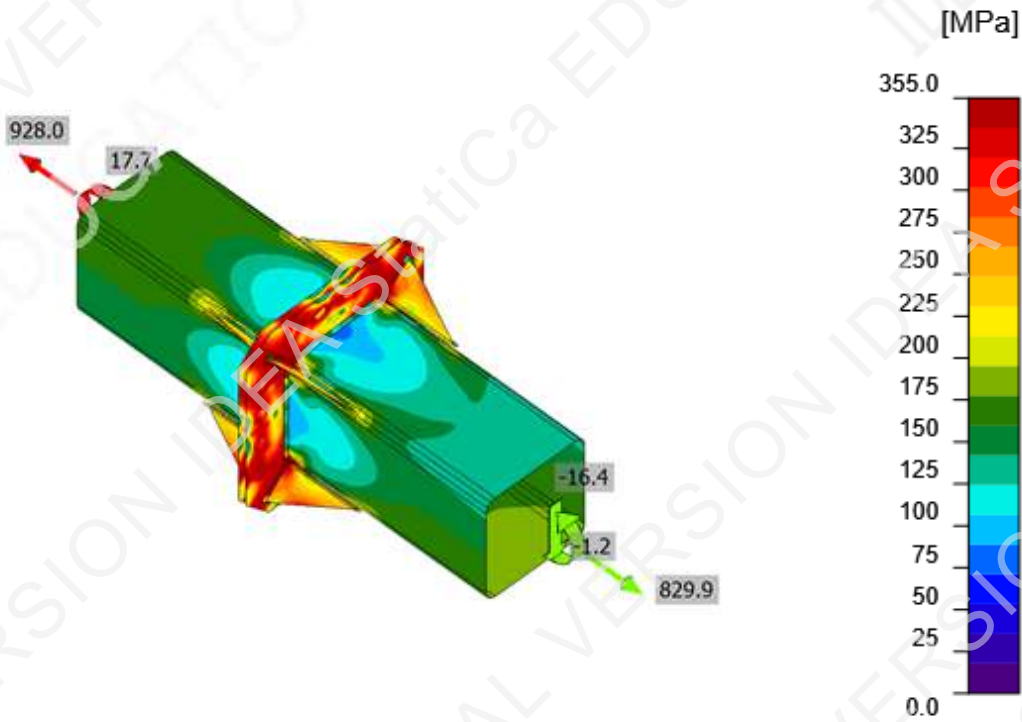
Overall check, LE1



Strain check, LE1

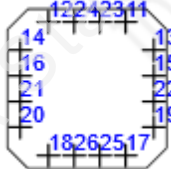


Project:
Project no:
Author:



Equivalent stress, LE1

Bolts

Shape	Item	Grade	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{v,Ed}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	U_{t_t} [%]	U_{t_s} [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Detailing	Status
	B11	M16 8.8 - 1	LE1	83.5	0.7	76.3	92.3	1.1	67.1	OK	OK
	B12	M16 8.8 - 1	LE1	83.8	0.7	76.3	92.7	1.1	67.3	OK	OK
	B13	M16 8.8 - 1	LE1	83.6	0.9	111.4	92.5	1.4	67.5	OK	OK
	B14	M16 8.8 - 1	LE1	83.9	0.8	111.4	92.7	1.4	67.6	OK	OK
	B15	M16 8.8 - 1	LE1	75.1	1.4	111.4	83.0	2.4	61.7	OK	OK
	B16	M16 8.8 - 1	LE1	75.0	1.6	111.4	83.0	2.6	61.9	OK	OK
	B17	M16 8.8 - 1	LE1	85.9	0.8	76.3	95.0	1.3	69.2	OK	OK
	B18	M16 8.8 - 1	LE1	85.3	0.7	76.3	94.4	1.2	68.6	OK	OK
	B19	M16 8.8 - 1	LE1	86.0	0.9	111.4	95.0	1.5	69.3	OK	OK
	B20	M16 8.8 - 1	LE1	85.3	0.7	111.4	94.3	1.2	68.6	OK	OK
	B21	M16 8.8 - 1	LE1	75.3	1.1	111.4	83.2	1.9	61.3	OK	OK
	B22	M16 8.8 - 1	LE1	75.4	1.6	111.4	83.4	2.6	62.2	OK	OK
	B23	M16 8.8 - 1	LE1	75.0	1.0	76.3	82.9	1.7	61.0	OK	OK
	B24	M16 8.8 - 1	LE1	75.2	1.0	76.3	83.1	1.7	61.1	OK	OK
	B25	M16 8.8 - 1	LE1	75.8	1.3	76.3	83.8	2.2	62.1	OK	OK
	B26	M16 8.8 - 1	LE1	75.8	1.2	76.3	83.9	2.0	61.9	OK	OK

Design data

Grade	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M16 8.8 - 1	90.4	225.0	60.3

Project:
Project no:
Author:

Symbol explanation

$F_{t,Ed}$	Tension force
$F_{v,Ed}$	Resultant of bolt shear forces V_y and V_z in shear planes
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 – Tab. 3.4
U_t	Utilization in tension
U_s	Utilization in shear
U_{ts}	Interaction of tension and shear EN 1993-1-8 – Tab. 3.4
$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 – Tab. 3.4
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance EN 1993-1-8 – Tab. 3.4
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN 1993-1-8 – Tab. 3.4

Detailed result for B19

Tension resistance check (EN 1993-1-8 – Table 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 90.4 \text{ kN} \geq F_{t,Ed} = 86.0 \text{ kN}$$

Where:

$$k_2 = 0.90 \quad \text{– Factor}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Punching resistance check (EN 1993-1-8 – Table 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 225.0 \text{ kN} \geq F_{t,Ed} = 86.0 \text{ kN}$$

Where:

$$d_m = 25 \text{ mm} \quad \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller}$$

$$t_p = 12 \text{ mm} \quad \text{– Plate thickness}$$

$$f_u = 490.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Shear resistance check (EN 1993-1-8 – Table 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 60.3 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 0.9 \text{ kN}$$

Where:

$$\beta_p = 1.00 \quad \text{– Reduction factor for packing}$$

$$\alpha_v = 0.60 \quad \text{– Reduction factor for shear stress}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Project:
Project no:
Author:

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 – Table 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 111.4 \text{ kN} \geq F_{b,Ed} = 0.9 \text{ kN}$$

Where:

$$k_1 = \min\left(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.19$$

– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.68$$

– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer

$e_2 = 25 \text{ mm}$ – Distance to the plate edge perpendicular to the shear force

$p_2 = 260 \text{ mm}$ – Distance between bolts perpendicular to the shear force

$d_0 = 18 \text{ mm}$ – Bolt hole diameter

$e_1 = 192 \text{ mm}$ – Distance to the plate edge in the direction of the shear force

$p_1 = 50 \text{ mm}$ – Distance between bolts in the direction of the shear force

$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt

$f_u = 490.0 \text{ MPa}$ – Ultimate strength of the plate

$d = 16 \text{ mm}$ – Nominal diameter of the fastener

$t = 12 \text{ mm}$ – Thickness of the plate

$\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Utilization in tension

$$\frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 0.95 \leq 1.0$$

Where:

$F_{t,Ed} = 86.0 \text{ kN}$ – Tensile force

$F_{t,Rd} = 90.4 \text{ kN}$ – Tension resistance

$B_{p,Rd} = 225.0 \text{ kN}$ – Punching resistance

Utilization in shear

$$\max\left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}, \frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}}\right) = 0.01 \leq 1.0$$

Where:

$F_{v,Ed} = 0.9 \text{ kN}$ – Shear force (in decisive shear plane)

$F_{v,Rd} = 60.3 \text{ kN}$ – Shear resistance

$F_{b,Ed} = 0.9 \text{ kN}$ – Bearing force (for decisive plate)

$F_{b,Rd} = 111.4 \text{ kN}$ – Bearing resistance

Project:
Project no:
Author:

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 – Table 3.4)

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 F_{t,Rd}} = 0.69 \leq 1.0$$

Where:

$F_{v,Ed} = 0.9$ kN – Shear force (in decisive shear plane)

$F_{v,Rd} = 60.3$ kN – Shear resistance

$F_{t,Ed} = 86.0$ kN – Tensile force

$F_{t,Rd} = 90.4$ kN – Tension resistance

Detailing check

- *Ductility, rotation capacity: Plate PP1a is too thick. Thickness should be lesser or equal to 8.6 mm. (EN 1993-1-8 – Equation 6.32)*

Project:
 Project no:
 Author:

Welds

Item	Edge	T _w [mm]	L [mm]	Loads	σ _{w,Ed} [MPa]	ε _{pl} [%]	σ _⊥ [MPa]	τ _⊥ [MPa]	τ [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Detailing	Status
PP1a	RIB2a	▲ 4.0 ▼	60	LE1	426.8	0.0	150.2	41.7	-226.9	98.0	67.3	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	59	LE1	396.2	0.0	-0.7	-110.0	200.6	91.0	67.9	OK	OK
B1-arc 2	RIB2a	▲ 4.0 ▼	119	LE1	216.5	0.0	-14.1	44.7	116.4	49.7	42.7	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	119	LE1	256.3	0.0	41.9	16.9	-145.0	58.8	48.5	OK	OK
PP1a	RIB2b	▲ 4.0 ▼	59	LE1	311.1	0.0	0.2	178.8	17.5	71.4	48.9	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	59	LE1	426.9	0.1	65.0	-76.3	231.4	98.0	72.1	OK	OK
B1-arc 2	RIB2b	▲ 4.0 ▼	119	LE1	220.9	0.0	37.1	-13.5	125.0	50.7	42.7	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	119	LE1	199.1	0.0	18.8	-17.9	-113.0	45.7	41.1	OK	OK
PP1a	RIB2c	▲ 4.0 ▼	60	LE1	349.8	0.0	30.6	195.3	48.2	80.3	55.9	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	59	LE1	392.8	0.0	54.6	-97.6	202.2	90.2	66.0	OK	OK
B1-arc 2	RIB2c	▲ 4.0 ▼	119	LE1	203.3	0.0	5.0	6.4	117.2	46.7	41.0	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	119	LE1	213.4	0.0	5.2	-3.8	-123.1	49.0	42.9	OK	OK
PP1a	RIB6	▲ 4.0 ▼	59	LE1	428.9	1.2	207.3	199.9	-84.0	98.5	90.7	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	59	LE1	428.8	1.1	199.5	-201.1	87.2	98.4	91.7	OK	OK
B1-arc 5	RIB6	▲ 4.0 ▼	119	LE1	426.9	0.1	-68.1	-58.6	236.2	98.0	67.3	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	119	LE1	427.0	0.1	-54.3	63.5	-236.1	98.0	67.6	OK	OK
PP1a	RIB7	▲ 4.0 ▼	59	LE1	428.8	1.1	210.8	203.7	-70.6	98.4	90.2	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	59	LE1	428.7	1.1	203.9	-204.9	73.6	98.4	90.2	OK	OK
B1-arc 8	RIB7	▲ 4.0 ▼	119	LE1	426.9	0.0	-70.2	-62.1	235.1	98.0	65.3	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	119	LE1	427.0	0.1	-60.7	68.4	-234.2	98.0	65.9	OK	OK
PP1a	RIB8	▲ 4.0 ▼	59	LE1	429.1	1.3	195.6	207.3	-75.1	98.5	89.5	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	59	LE1	429.3	1.4	220.4	-202.1	66.3	98.6	89.8	OK	OK
B1-arc 11	RIB8	▲ 4.0 ▼	119	LE1	427.0	0.1	-74.1	-80.0	229.2	98.0	69.0	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	119	LE1	426.9	0.1	-84.5	78.5	-228.5	98.0	68.7	OK	OK
PP1b	RIB13	▲ 4.0 ▼	59	LE1	429.4	1.5	220.6	201.6	-67.7	98.6	90.5	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	59	LE1	429.2	1.3	194.8	-207.1	76.6	98.5	89.2	OK	OK
B2-arc 2	RIB13	▲ 4.0 ▼	119	LE1	426.9	0.1	-87.4	-78.1	228.3	98.0	67.8	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	119	LE1	427.0	0.1	-71.9	81.0	-229.1	98.0	68.3	OK	OK
PP1b	RIB14	▲ 4.0 ▼	59	LE1	428.8	1.1	205.5	205.5	-70.5	98.4	90.7	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	59	LE1	428.8	1.1	210.6	-204.1	69.6	98.5	90.0	OK	OK
B2-arc 5	RIB14	▲ 4.0 ▼	119	LE1	426.9	0.1	-65.5	-69.7	233.4	98.0	66.9	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	119	LE1	426.9	0.0	-70.0	65.6	-234.1	98.0	66.5	OK	OK
PP1b	RIB15	▲ 4.0 ▼	59	LE1	428.9	1.2	198.9	201.3	-87.1	98.5	91.8	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	59	LE1	429.0	1.3	208.7	-199.9	83.0	98.5	90.7	OK	OK
B2-arc 8	RIB15	▲ 4.0 ▼	119	LE1	427.0	0.1	-53.6	-65.9	235.5	98.0	68.6	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	119	LE1	427.0	0.1	-72.6	59.9	-235.4	98.0	68.4	OK	OK
PP1b	RIB16	▲ 4.0 ▼	59	LE1	429.5	1.5	206.8	202.8	-78.3	98.6	93.3	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	59	LE1	429.5	1.6	202.8	-198.5	91.5	98.6	91.2	OK	OK
B2-arc 11	RIB16	▲ 4.0 ▼	119	LE1	427.0	0.1	-62.8	-70.3	233.5	98.0	68.8	OK	OK
		▲ 4.0 ▼	119	LE1	426.9	0.1	-69.8	61.4	-235.3	98.0	68.8	OK	OK

Project:
Project no:
Author:

Item	Edge	T _w [mm]	L [mm]	Loads	σ _{w,Ed} [MPa]	ε _{pI} [%]	σ _⊥ [MPa]	τ _⊥ [MPa]	τ _∥ [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Detailing	Status
PP1a	B1	▲ 6.0	657	LE1	428.1	0.7	-107.4	235.7	-41.4	98.3	84.5	OK	OK
PP1b	B2	▲ 6.0	657	LE1	427.4	0.3	-11.0	240.9	52.8	98.1	85.9	OK	OK

Design data

Material	f _u [MPa]	β _w [-]	σ _{w,Rd} [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 355	490.0	0.90	435.6	352.8

Symbol explanation

T _w	Throat thickness a
L	Length
σ _{w,Ed}	Equivalent stress
ε _{pI}	Strain
σ _⊥	Perpendicular stress
τ _⊥	Shear stress perpendicular to weld axis
τ _∥	Shear stress parallel to weld axis
Ut	Utilization
Ut _c	Weld capacity estimation
▲	Fillet weld
f _u	Ultimate strength of weld
β _w	Correlation factor EN 1993-1-8 – Tab. 4.1
σ _{w,Rd}	Equivalent stress resistance
0.9 σ	Perpendicular stress resistance: 0.9*f _u /γ _{M2}

Detailed result for PP1b / RIB16

Weld resistance check (EN 1993-1-8 – Cl. 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435.6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 429.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9 f_u / \gamma_{M2} = 352.8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 221.7 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 490.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.90 \quad \text{– Correlation factor EN 1993-1-8 – Tab. 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 0.99 \leq 1.0$$

Where:

$$\sigma_{w,Ed} = 429.5 \text{ MPa} \quad \text{– Maximum normal stress transverse to the axis of the weld}$$

$$\sigma_{w,Rd} = 435.6 \text{ MPa} \quad \text{– Equivalent stress resistance}$$

$$\sigma_{\perp} = 221.7 \text{ MPa} \quad \text{– Normal stress perpendicular to the throat}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{– Perpendicular stress resistance}$$

Project:
Project no:
Author:

Detailing check

- *Weld is too small. Throat thickness should be greater or equal to 4.6 mm where rupture of the weld is to be avoided for ductility purposes. (FprEN 1993-1-8:2023 – 6.9(4))*

Buckling

Buckling analysis was not calculated.









Project:
Project no:
Author:



Bill of material

Project:
 Project no:
 Author:

Manufacturing operations

Name	Plates [mm]	Shape	Nr.	Welds Throat thickness [mm]	Length [mm]	Bolts	Nr.
PP1	P12.0x310.0-310.0 (S 355)		1	Fillet: 6.0	1318.8	M16 8.8	16
	P12.0x310.0-310.0 (S 355)		1				
RIB2	P10.0x60.0-120.0 (S 355)		3	Double fillet: 4.0	540.0		
RIB6	P10.0x60.0-120.0 (S 355)		1	Double fillet: 4.0	180.0		
RIB7	P10.0x60.0-120.0 (S 355)		1	Double fillet: 4.0	180.0		
RIB8	P10.0x60.0-120.0 (S 355)		1	Double fillet: 4.0	180.0		
RIB13	P10.0x60.0-120.0 (S 355)		1	Double fillet: 4.0	180.0		
RIB14	P10.0x60.0-120.0 (S 355)		1	Double fillet: 4.0	180.0		

Project:
 Project no:
 Author:

Name	Plates [mm]	Shape	Nr.	Welds Throat thickness [mm]	Length [mm]	Bolts	Nr.
RIB15	P10.0x60.0-120.0 (S 355)		1	Double fillet: 4.0	180.0		
RIB16	P10.0x60.0-120.0 (S 355)		1	Double fillet: 4.0	180.0		

Welds

Type	Material	Throat thickness [mm]	Leg size [mm]	Length [mm]
Fillet	S 355	6.0	8.5	1318.8
Double fillet	S 355	4.0	5.7	1800.0

Bolts

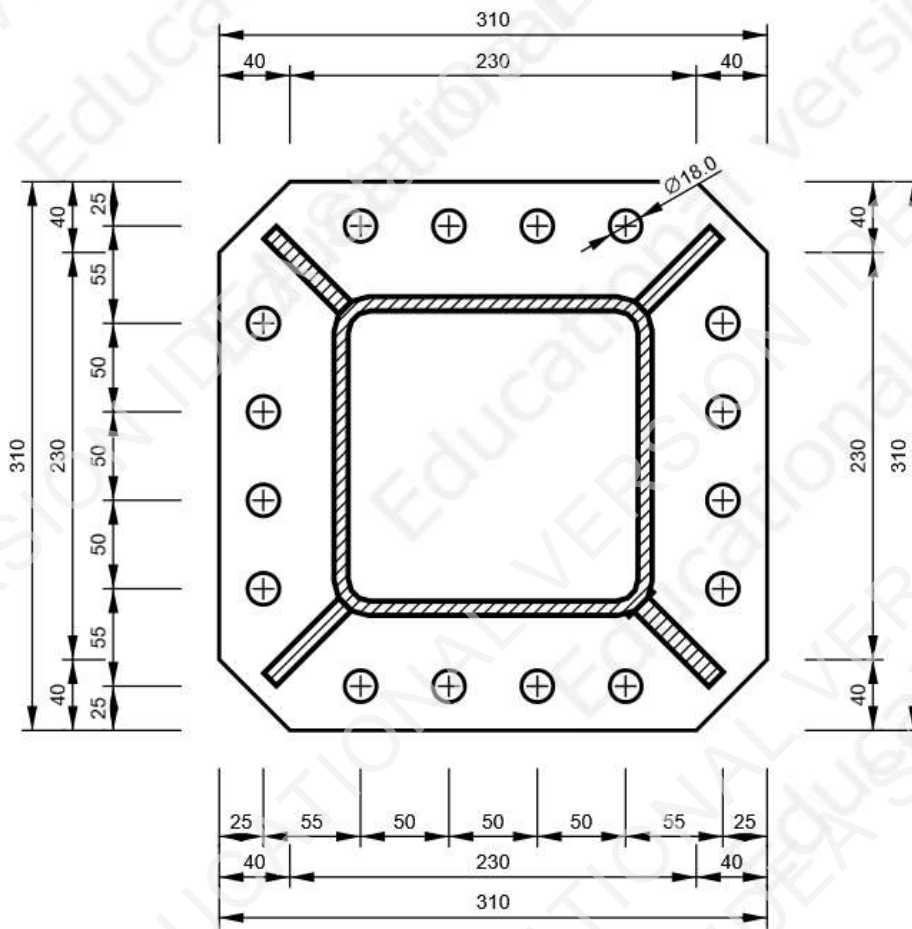
Name	Grip length [mm]	Count
M16 8.8	24	16

Drawing

PP1 - PP1a

Project:
Project no:
Author:

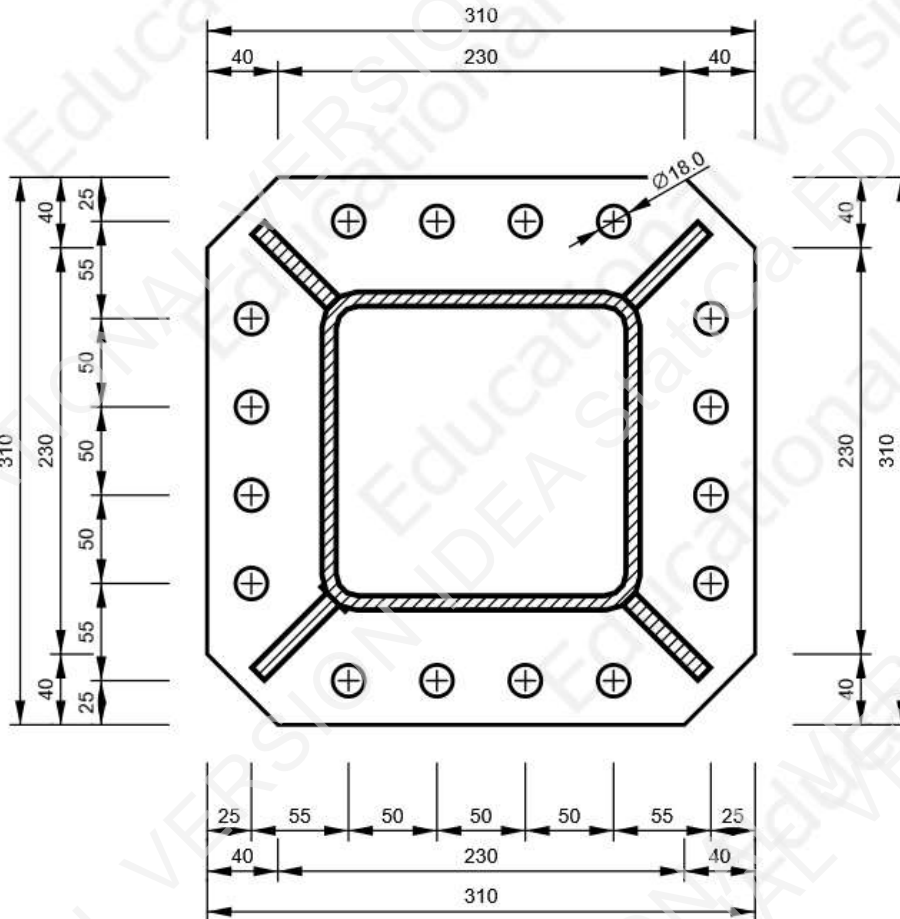
P12.0x310-310 (S 355)



Project:
Project no:
Author:

PP1 - PP1b

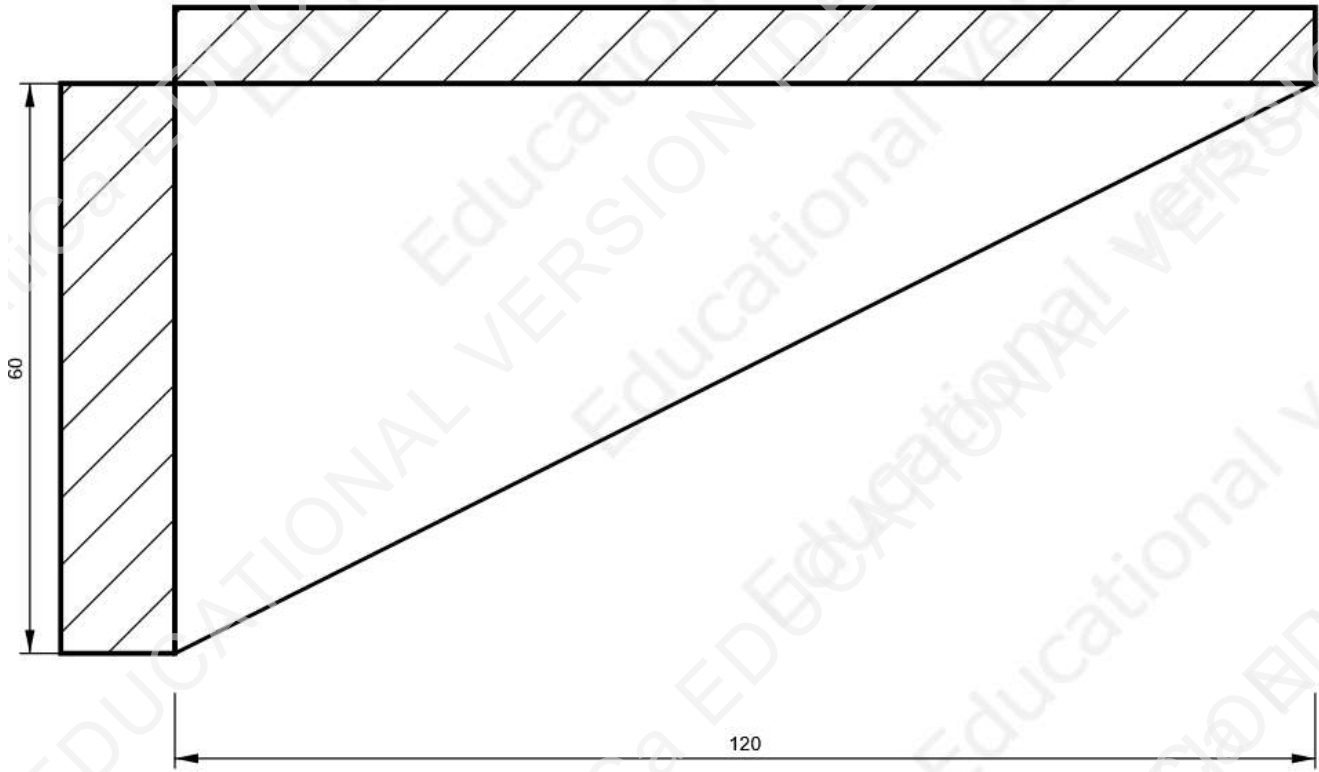
P12.0x310-310 (S 355)



Project:
Project no:
Author:

RIB2

P10.0x120-60 (S 355)



Project:
 Project no:
 Author:

Code settings

Item	Value	Unit	Reference
Safety factor γ_{M0}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Safety factor γ_{M1}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Safety factor γ_{M2}	1.25	-	EN 1993-1-1: 6.1
Safety factor γ_{M3}	1.25	-	EN 1993-1-8: 2.2
Safety factor γ_C	1.50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
Safety factor γ_{Inst}	1.20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Joint coefficient β_j	0.67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Effective area - influence of mesh size	0.10	-	
Friction coefficient - concrete	0.25	-	EN 1993-1-8
Friction coefficient in slip-resistance	0.30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Limit plastic strain	0.05	-	EN 1993-1-5
Detailing	Yes		
Distance between bolts [d]	2.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Distance between bolts and edge [d]	1.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Concrete breakout resistance check	Both		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Use calculated a_b in bearing check.	Yes		EN 1993-1-8: tab 3.4
Cracked concrete	Yes		EN 1992-4
Local deformation check	Yes		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Local deformation limit	0.03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Geometrical nonlinearity (GMNA)	Yes		Analysis with large deformations for hollow section joints
Braced system	No		EN 1993-1-8: 5.2.2.5

Project: Veza glavnog stuba i temelja
Project no:
Author: Nikola Turudić

Project data

Project name Veza glavnog stuba i temelja
Project number
Author Nikola Turudić
Description Veza glavnog stuba i temelja
Date 5/2/2024
Code EN

Material

Steel S 355
Concrete C30/37, C35/45, C25/30

Project: Veza glavnog stuba i temelja
Project no:
Author: Nikola Turudić

Project item CON2

Design

Name: CON2
Description: Proba sa ukrućenjima
Analysis: Stress, strain/ loads in equilibrium

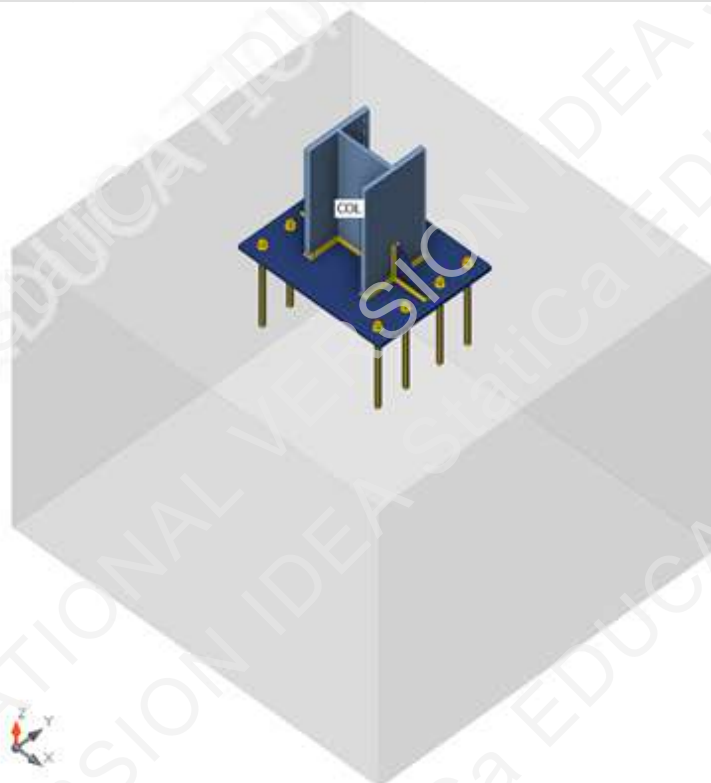
Members

Geometry

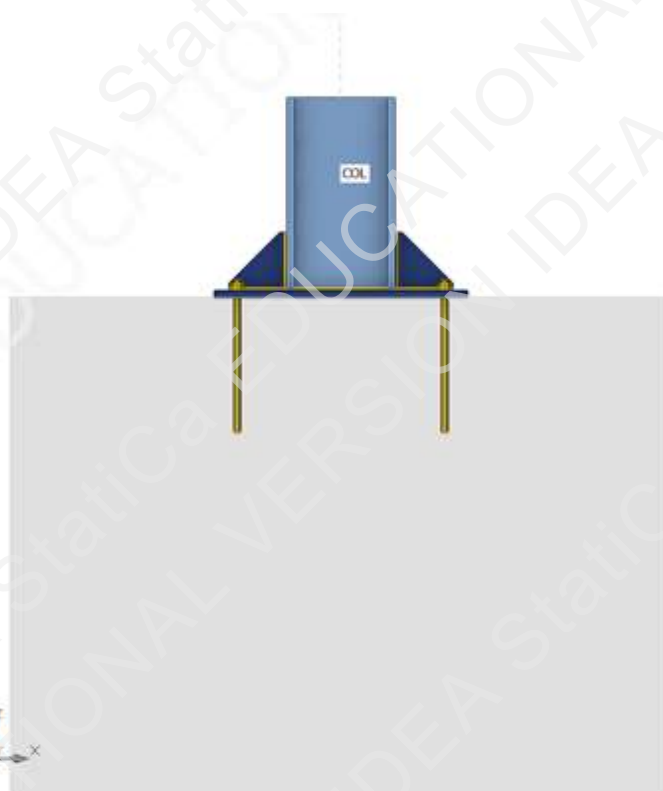
Name	Cross-section	β - Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]
COL	1 - CON1(HEB280)	0.0	90.0	0.0	0	0	0

Supports and forces

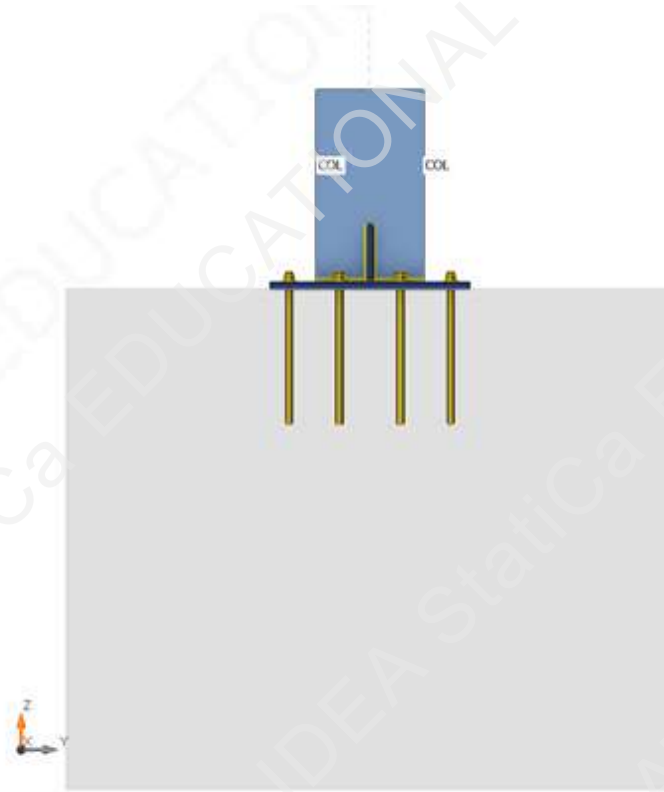
Name	Support	Forces in	X [mm]
COL / end		Node	0



Project: Veza glavnog stuba i temelja
Project no:
Author: Nikola Turudić



Project: Veza glavnog stuba i temelja
 Project no:
 Author: Nikola Turudić



Cross-sections

Name	Material
1 - CON1(HEB280)	S 355

Cross-sections

Name	Material	Drawing
1 - CON1(HEB280)	S 355	

Anchors

Name	Diameter [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	Gross area [mm ²]
M18 8.8	18	640.0	800.0	254

Project: Veza glavnog stuba i temelja
 Project no:
 Author: Nikola Turudić

Load effects (forces in equilibrium)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	COL / End	-358.1	0.0	43.4	0.0	148.5	0.0
LE2	COL / End	24.3	0.0	-27.9	0.0	-96.4	0.0

Unbalanced forces

Name	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	-43.4	0.0	-358.1	0.0	148.5	0.0
LE2	27.9	0.0	24.3	0.0	-96.4	0.0

Foundation block

Item	Value	Unit
CB 1		
Dimensions	1580 x 1720	mm
Depth	1300	mm
Anchor	M18 8.8	
Anchoring length	350	mm
Shear force transfer	Anchors	

Check

Summary

Name	Value	Check status
Analysis	100.0%	OK
Plates	0.2 < 5.0%	OK
Anchors	88.0 < 100%	OK
Welds	98.7 < 100%	OK
Concrete block	49.5 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	

Plates

Name	t_p [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pI} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Status
COL-bfl 1	18.0	LE1	228.2	0.0	0.0	OK
COL-tfl 1	18.0	LE1	189.0	0.0	0.0	OK
COL-w 1	10.5	LE1	288.0	0.0	0.0	OK
BP1	18.0	LE2	355.1	0.1	0.0	OK
RIB1	12.0	LE1	334.0	0.1	0.0	OK
RIB3	12.0	LE2	339.0	0.2	0.0	OK

Design data

Material	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 355	355.0	5.0

Project: Veza glavnog stuba i temelja
Project no:
Author: Nikola Turudić

Symbol explanation

t_p	Plate thickness
σ_{Ed}	Equivalent stress
ϵ_{pl}	Plastic strain
$\sigma_{c,Ed}$	Contact stress
f_y	Yield strength
ϵ_{lim}	Limit of plastic strain

Detailed result for RIB3

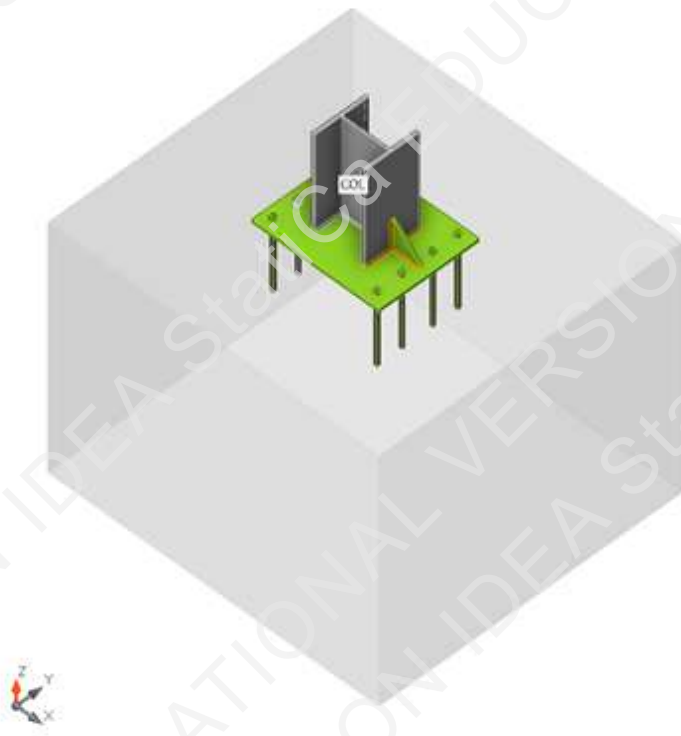
Design values used in the analysis

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 355.0 \text{ MPa}$$

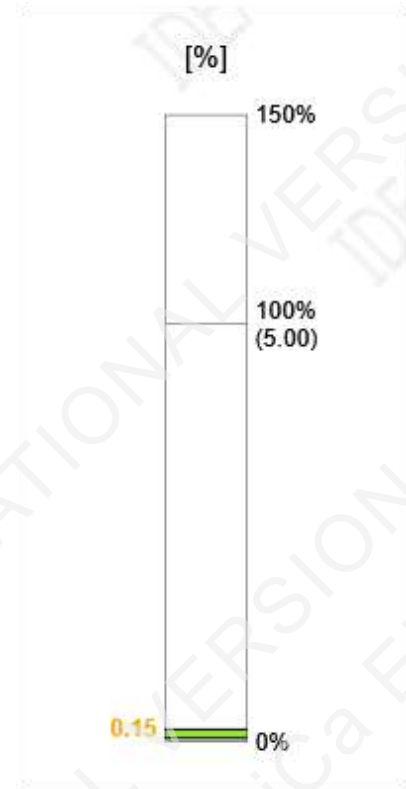
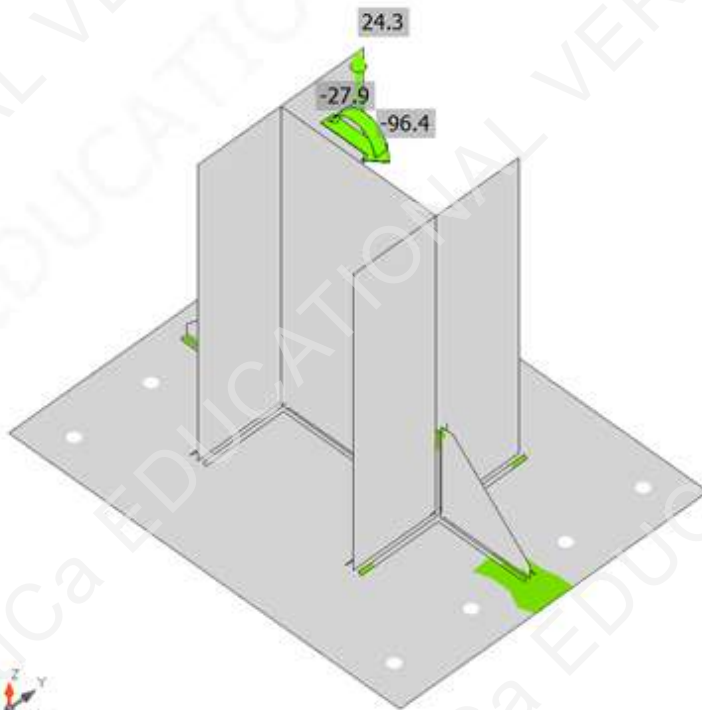
Where:

$$f_{yk} = 355.0 \text{ MPa} \quad \text{-- characteristic yield strength}$$

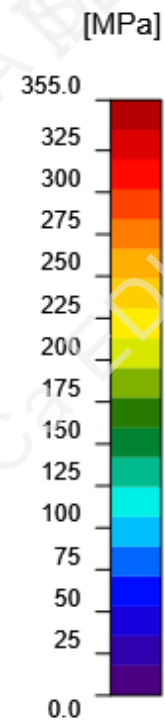
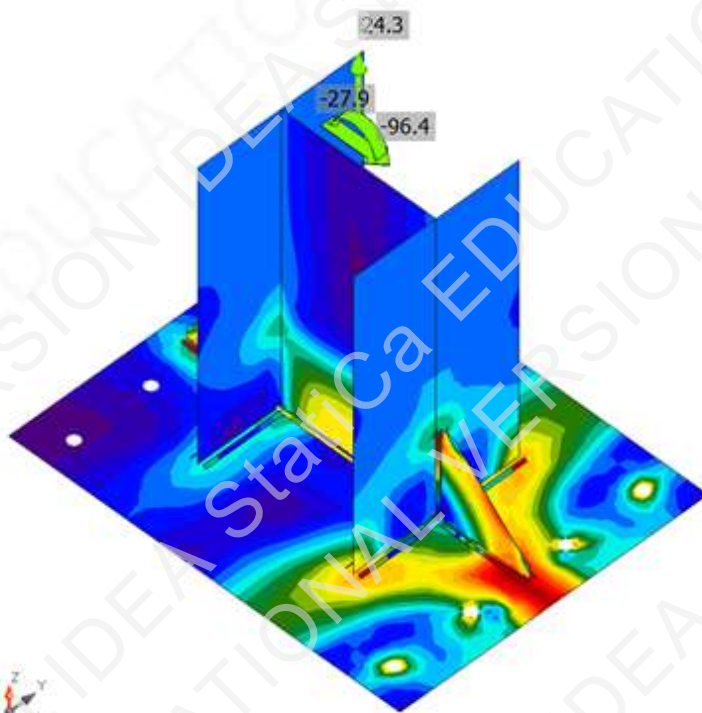
$$\gamma_{M0} = 1.00 \quad \text{-- partial safety factor for steel material EN 1993-1-1 -- 6.1}$$



Overall check, LE2



Strain check, LE2



Equivalent stress, LE2

Project: Veza glavnog stuba i temelja
 Project no:
 Author: Nikola Turudić

Shape	Item	Loads	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	$N_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,cp}$ [kN]	U_{t_t} [%]	U_{t_s} [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Detailing	Status
	A5	LE1	34.9	5.8	312.6	110.9	779.6	73.3	39.1	87.3	OK	OK
	A6	LE1	34.9	5.8	312.6	110.9	779.6	73.3	39.1	87.3	OK	OK
	A7	LE2	45.4	3.6	303.9	110.9	779.6	80.3	25.1	84.6	OK	OK
	A8	LE2	76.6	3.1	303.9	110.9	779.6	88.0	25.1	84.6	OK	OK
	A9	LE2	76.6	3.1	303.9	110.9	779.6	88.0	25.1	84.6	OK	OK
	A10	LE1	74.3	5.5	312.6	110.9	779.6	85.4	39.1	87.3	OK	OK
	A11	LE1	74.4	5.4	312.6	110.9	779.6	85.4	39.1	87.3	OK	OK
	A12	LE2	45.3	3.6	303.9	110.9	779.6	80.3	25.1	84.6	OK	OK

Design data

Grade	$N_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]
M18 8.8 - 1	87.0	61.4

Symbol explanation

N_{Ed}	Tension force
V_{Ed}	Resultant of bolt shear forces V_y and V_z in shear planes
$N_{Rd,c}$	Design resistance in case of concrete cone failure under tension load - EN 1992-4 – 7.2.1.4
$V_{Rd,c}$	Design resistance in case of concrete cone failure under shear load - EN 1992-4 – 7.2.2.5
$V_{Rd,cp}$	Design resistance in case of concrete pryout failure - EN 1992-4 – 7.2.2.4
U_{t_t}	Utilization in tension
U_{t_s}	Utilization in shear
$U_{t_{ts}}$	Utilization in tension and shear
$N_{Rd,s}$	Design tensile resistance of a fastener in case of steel failure - EN 1992-4 – 7.2.1.3
$V_{Rd,s}$	Design shear resistance of a fastener in case of steel failure - EN 1992-4 – 7.2.2.3.1

Detailed result for A9

Following checks of anchors loaded in tension are not provided and should be checked using information in relevant European Technical Product Specification:

- Pull-out failure of fastener (for post-installed mechanical anchors) - EN 1992-4 – 7.2.1.5
- Combined pull-out and concrete failure (for post-installed bonded anchors) - EN 1992-4 – 7.2.1.6
- Concrete splitting failure - EN 1992-4 – 7.2.1.7

Concrete blow-out failure is provided only for anchors with washer plates.

Project: Veza glavnog stuba i temelja

Project no:

Author: Nikola Turudić

Anchor tensile resistance (EN 1992-4 – 7.2.1.3)

$$N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 87.0 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 76.6 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,s} = c \cdot A_s \cdot f_{uk} = 130.6 \text{ kN}$$

Where:

$c = 0.85$ – reduction factor for cut thread

$A_s = 192 \text{ mm}^2$ – tensile stress area

$f_{uk} = 800.0 \text{ MPa}$ – minimum tensile strength of the bolt

$\gamma_{Ms} = 1.50$ – safety factor for steel

- $\gamma_{Ms} = 1,2 \cdot \frac{f_{uk}}{f_{yk}} \geq 1,4$, where:
 - $f_{yk} = 640.0 \text{ MPa}$ – minimum yield strength of the bolt

Concrete breakout resistance of anchor in tension (EN 1992-4 – 7.2.1.4)

The check is performed for group of anchors that form common tension breakout cone: A5, A6, A7, A8, A9, A12

$$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} = 303.9 \text{ kN} \geq N_{Ed,g} = 244.1 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{M,N} = 547.1 \text{ kN}$$

Where:

$N_{Ed,g} = 244.1 \text{ kN}$ – sum of tension forces of anchors with common concrete breakout cone area

$N_{Rk,c}^0 = 276.2 \text{ kN}$ – characteristic strength of a fastener, remote from the effects of adjacent fasteners or edges of the concrete member

- $N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot h_{ef}^{1.5}$, where:
 - $k_1 = 7.70$ – parameter accounting for anchor type and concrete condition
 - $f'_c = 30.0 \text{ MPa}$ – concrete compressive strength
 - $h_{ef} = \min(h_{emb}, \max(\frac{c_{a,max}}{1.5}, \frac{s_{max}}{3})) = 350 \text{ mm}$ – depth of embedment, where:
 - $h_{emb} = 350 \text{ mm}$ – anchor length embedded in concrete
 - $c_{a,max} = 590 \text{ mm}$ – maximum distance from the anchor to one of the three closest edges
 - $s_{max} = 540 \text{ mm}$ – maximum spacing between anchors

$A_{c,N} = 2334241 \text{ mm}^2$ – concrete breakout cone area for group of anchors

$A_{c,N}^0 = 1102500 \text{ mm}^2$ – concrete breakout cone area for single anchor not influenced by edges

- $A_{c,N}^0 = (3 \cdot h_{ef})^2$, where:
 - $h_{ef} = 350 \text{ mm}$ – depth of embedment

$\psi_{s,N} = 1.00$ – parameter related to the distribution of stresses in the concrete due to the proximity of the fastener to an edge of the concrete member:

- $\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{1,5 \cdot h_{ef}} \leq 1$, where:
 - $c = 580 \text{ mm}$ – minimum distance from the anchor to the edge
 - $h_{ef} = 350 \text{ mm}$ – depth of embedment

$\psi_{re,N} = 1.00$ – parameter accounting for the shell spalling:

- $\psi_{re,N} = 0,5 + \frac{h_{emb}}{200} \leq 1$, where:
 - $h_{emb} = 350 \text{ mm}$ – anchor length embedded in concrete

$\psi_{ec,N} = 0.75$ – modification factor for anchor groups loaded eccentrically in tension:

- $\psi_{ec,N} = \psi_{ecx,N} \cdot \psi_{ecy,N}$, where:
 - $\psi_{ecx,N} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_{x,N}}{3 \cdot h_{ef}}} = 1.00$ – modification factor that depends on eccentricity in x-direction
 - $e_{x,N} = 0 \text{ mm}$ – tension load eccentricity in x-direction
 - $\psi_{ecy,N} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_{y,N}}{3 \cdot h_{ef}}} = 0.75$ – modification factor that depends on eccentricity in y-direction
 - $e_{y,N} = 180 \text{ mm}$ – tension load eccentricity in y-direction
 - $h_{ef} = 350 \text{ mm}$ – depth of embedment

$\psi_{M,N} = 1.26$ – parameter accounting for the effect of a compression force between the fixture and concrete; this parameter is equal to 1 if $c < 1.5h_{ef}$ or the ratio of the compressive force (including the compression due to bending) to the sum of tensile forces in anchors is smaller than 0.8

Project: Veza glavnog stuba i temelja
Project no:
Author: Nikola Turudić

- $\psi_{M,N} = 2 - \frac{2 \cdot z}{3 \cdot h_{ef}} \geq 1$, where:
 - $z = 391$ mm – internal lever arm
 - $h_{ef} = 350$ mm – depth of embedment

$\gamma_{Mc} = 1.80$ – safety factor for concrete

Shear resistance (EN 1992-4 – 7.2.2.3.1)

$$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 61.4 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 3.1 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 = 76.8 \text{ kN}$$

Where:

$k_7 = 1.00$ – coefficient for anchor steel ductility

- $k_7 = \begin{cases} 0,8, & A < 0,08 \\ 1,0, & A \geq 0,08 \end{cases}$, where:
 - $A = 0.12$ – bolt grade elongation at rupture

$V_{Rk,s}^0 = 76.8$ kN – the characteristic shear strength

- $V_{Rk,s}^0 = k_6 \cdot A_s \cdot f_{uk}$, where:
 - $k_6 = 0.50$ – coefficient for anchor resistance in shear
 - $A_s = 192$ mm² – tensile stress area
 - $f_{uk} = 800.0$ MPa – specified ultimate strength of anchor steel

$\gamma_{Ms} = 1.25$ – safety factor for steel

Concrete edge failure resistance (EN 1992-4 – 7.2.2.5)

The check is performed for group of anchors that form shear breakout cones: A7, A8, A9, A12

$$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} = 110.9 \text{ kN} \geq V_{Ed,g} = 27.9 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} = 166.3 \text{ kN}$$

Where:

$V_{Ed,g} = 27.9 \text{ kN}$ – sum of shear forces of anchors on common base plate

$V_{Rk,c}^0 = 207.7 \text{ kN}$ – initial value of the characteristic shear strength of the fastener

- $V_{Rk,c}^0 = k_9 \cdot d_{nom}^\alpha \cdot l_f^\beta \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c_1^{1.5}$, where:
 - $k_9 = 1.70$ – parameter accounting for the state of the concrete
 - $d_{nom} = 18 \text{ mm}$ – anchor diameter
 - $\alpha = 0,1 \cdot \left(\frac{l_f}{c_1}\right)^{0,5} = 0.06$ – factor
 - $l_f = \min(h_{ef}, 12 \cdot d) = 216 \text{ mm}$ – parameter related to the length of the fastener, where:
 - $h_{ef} = 350 \text{ mm}$ – anchor length embedded in concrete
 - $d_{nom} = 18 \text{ mm}$ – anchor diameter
 - $\beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1}\right)^{0,2} = 0.05$ – factor
 - $f_{ck} = 30.0 \text{ MPa}$ – concrete compressive strength
 - $c_1 = 590 \text{ mm}$ – edge distance of fastener in direction 1 towards the edge in the direction of loading

$A_{c,V} = 1399187 \text{ mm}^2$ – actual area of idealised concrete break-out body

$A_{c,V}^0 = 1566455 \text{ mm}^2$ – reference projected area of failure cone

- $A_{c,V}^0 = 4,5 \cdot c_1^2$, where:
 - $c_1 = 590 \text{ mm}$ – edge distance of fastener in direction 1 towards the edge in the direction of loading

$\psi_{s,V} = 0.90$ – parameter related to the distribution of stresses in the concrete due to the proximity of the fastener to an edge of the concrete member:

- $\psi_{s,V} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5 \cdot c_1} \leq 1$, where:
 - $c_1 = 590 \text{ mm}$ – edge distance of fastener in direction 1 towards the edge in the direction of loading
 - $c_2 = 580 \text{ mm}$ – edge distance of fastener perpendicular to direction 1 that is the smallest edge distance in a narrow member with multiple edge distances

$\psi_{h,V} = 1.00$ – modification factor for anchors located in a shallow concrete member:

- $\psi_{h,V} = \left(\frac{1,5 \cdot c_1}{h}\right)^{0,5} \geq 1$, where:
 - $h = 1300 \text{ mm}$ – concrete member thickness
 - $c_1 = 590 \text{ mm}$ – edge distance of fastener in direction 1 towards the edge in the direction of loading

$\psi_{ec,V} = 1.00$ – modification factor for anchor groups loaded eccentrically in shear:

- $\psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_V}{3 \cdot c_1}} \leq 1$, where:
 - $e_V = 0 \text{ mm}$ – shear load eccentricity
 - $c_1 = 590 \text{ mm}$ – edge distance of fastener in direction 1 towards the edge in the direction of loading

$\psi_{\alpha,V} = 1.00$ – modification factor for anchors loaded at an angle with the concrete edge

Project: Veza glavnog stuba i temelja
Project no:
Author: Nikola Turudić

- $\psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + (0,5 \cdot \sin \alpha_V)^2}} \geq 1$, where:
 - $\alpha_V = 0.0^\circ$ – angle between the applied load to the fastener or fastener group and the direction perpendicular to the free edge under consideration

$\psi_{re,V} = 1.00$ – parameter accounting for the shell spalling effect, no edge reinforcement or stirrups are assumed

$\gamma_{Mc} = 1.50$ – safety factor for concrete

Concrete pryout resistance (EN 1992-4 – 7.2.2.4)

The check is performed for group of anchors on common base plate

$$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}} = 779.6 \text{ kN} \geq V_{Ed,g} = 27.9 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} = 1169.4 \text{ kN}$$

Where:

$k_8 = 2.00$ – factor taking into account fastener embedment depth

$N_{Rk,c} = 584.7 \text{ kN}$ – characteristic concrete cone failure of a fastener or a group of fasteners; all anchors are assumed to be in tension

$\gamma_{Mc} = 1.50$ – safety factor for concrete

Interaction of tensile and shear forces in steel (EN 1992-4 – Table 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}}\right)^2 = 0.78 \leq 1,0$$

Where:

$N_{Ed} = 76.6 \text{ kN}$ – design tension force

$N_{Rd,s} = 87.0 \text{ kN}$ – fastener tensile strength

$V_{Ed} = 3.1 \text{ kN}$ – design shear force

$V_{Rd,s} = 61.4 \text{ kN}$ – fastener shear strength

Interaction of tensile and shear forces in concrete (EN 1992-4 – Table 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,i}}\right)^{1,5} + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,i}}\right)^{1,5} = 0.85 \leq 1,0$$

Where:

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,i}}$ – the largest utilization value for tension failure modes

$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,i}}$ – the largest utilization value for shear failure modes

$\frac{N_{Ed,g}}{N_{Rd,c}} = 80\%$ – concrete breakout failure of anchor in tension

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,p}} = 0\%$ – concrete pullout failure

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,cb}} = 0\%$ – concrete blowout failure

$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = 25\%$ – concrete edge failure

$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,cb}} = 3\%$ – concrete pryout failure

Welds

Item	Edge	T _w [mm]	L [mm]	Loads	σ _{w,Ed} [MPa]	ε _{pI} [%]	σ _⊥ [MPa]	τ _⊥ [MPa]	τ [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Detailing	Status
BP1	COL-bfl 1	▲ 6.0 ▲	279	LE1	426.8	0.0	-169.8	-164.1	-155.5	98.0	83.2	OK	OK
		▲ 6.0 ▲	279	LE2	427.3	0.3	175.2	-153.3	-164.7	98.1	86.2	OK	OK
BP1	COL-tfl 1	▲ 6.0 ▲	279	LE1	426.9	0.1	181.5	136.9	176.2	98.0	85.2	OK	OK
		▲ 6.0 ▲	279	LE1	292.4	0.0	68.2	-123.6	-108.0	67.1	59.7	OK	OK
BP1	COL-w 1	▲ 5.0 ▲	261	LE1	310.8	0.0	-13.7	-13.9	178.7	71.4	57.1	OK	OK
		▲ 5.0 ▲	261	LE1	310.4	0.0	-14.0	13.8	-178.5	71.3	58.7	OK	OK
BP1	RIB1	▲ 5.0 ▲	148	LE1	428.7	1.1	175.7	175.2	-142.5	98.4	87.4	OK	OK
		▲ 5.0 ▲	148	LE1	428.8	1.1	175.0	-175.8	142.0	98.4	87.2	OK	OK
COL-tfl 1	RIB1	▲ 5.0 ▲	149	LE1	427.4	0.3	170.5	170.8	148.5	98.1	70.9	OK	OK
		▲ 5.0 ▲	149	LE1	427.4	0.3	170.4	-170.8	-148.4	98.1	71.6	OK	OK
BP1	RIB3	▲ 5.0 ▲	148	LE2	429.7	1.7	179.1	179.5	-136.6	98.7	93.1	OK	OK
		▲ 5.0 ▲	148	LE2	429.7	1.7	179.4	-179.3	136.7	98.7	92.5	OK	OK
COL-bfl 1	RIB3	▲ 5.0 ▲	149	LE1	430.0	1.8	-174.8	-174.9	-144.4	98.7	80.5	OK	OK
		▲ 5.0 ▲	149	LE1	430.0	1.8	-174.9	174.9	144.4	98.7	80.8	OK	OK

Design data

Material	f _u [MPa]	β _w [-]	σ _{w,Rd} [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 355	490.0	0.90	435.6	352.8

Symbol explanation

T _w	Throat thickness a
L	Length
σ _{w,Ed}	Equivalent stress
ε _{pI}	Strain
σ _⊥	Perpendicular stress
τ _⊥	Shear stress perpendicular to weld axis
τ	Shear stress parallel to weld axis
Ut	Utilization
Ut _c	Weld capacity estimation
▲	Fillet weld
f _u	Ultimate strength of weld
β _w	Correlation factor EN 1993-1-8 – Tab. 4.1
σ _{w,Rd}	Equivalent stress resistance
0.9 σ	Perpendicular stress resistance: 0.9*f _u /γ _{M2}

Project: Veza glavnog stuba i temelja
 Project no:
 Author: Nikola Turudić

Detailed result for COL-bfl 1 / RIB3

Weld resistance check (EN 1993-1-8 – Cl. 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435.6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 430.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 352.8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 174.9 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 490.0 \text{ MPa}$ – Ultimate strength

$\beta_w = 0.90$ – Correlation factor EN 1993-1-8 – Tab. 4.1

$\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 0.99 \leq 1,0$$

Where:

$\sigma_{w,Ed} = 430.0 \text{ MPa}$ – Maximum normal stress transverse to the axis of the weld

$\sigma_{w,Rd} = 435.6 \text{ MPa}$ – Equivalent stress resistance

$\sigma_{\perp} = -174.9 \text{ MPa}$ – Normal stress perpendicular to the throat

$\sigma_{\perp,Rd} = 352.8 \text{ MPa}$ – Perpendicular stress resistance

Detailing check

- Weld is too small. Throat thickness should be greater or equal to 5.5 mm where rupture of the weld is to be avoided for ductility purposes. (FprEN 1993-1-8:2023 – 6.9(4))

Item	Loads	c [mm]	A _{eff} [mm ²]	σ [MPa]	k _j [-]	f _{jd} [MPa]	Ut [%]	Status
CB 1	LE2	31	11351	19.9	3.00	40.2	49.5	OK

Symbol explanation

c Bearing width
 A_{eff} Effective area
 σ Average stress in concrete
 k_j Concentration factor
 f_{jd} The ultimate bearing strength of the concrete block
 Ut Utilization

Project: Veza glavnog stuba i temelja
 Project no:
 Author: Nikola Turudić

Detailed result for CB 1

Concrete block compressive resistance check (EN 1993-1-8 – 6.2.5)

$$f_{jd} = 40.2 \text{ MPa} \geq \sigma = 19.9 \text{ MPa}$$

Where:

f_{jd} – concrete block design bearing strength:

- $f_{jd} = \alpha_{cc} \beta_j k_j \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$, where:
 - $\alpha_{cc} = 1.00$ – long term effects on compressive strength factor
 - $\beta_j = 0.67$ – grout quality factor
 - $k_j = 3.00$ – concentration factor
 - $f_{ck} = 30.0 \text{ MPa}$ – characteristic resistance of concrete in compression
 - $\gamma_c = 1.50$ – safety factor for concrete

σ – average compressive stress in concrete under base plate




- $\sigma = \frac{N}{A_{eff}}$, where:
 - $N = 225.9 \text{ kN}$ – compressive normal force acting on concrete block
 - $A_{eff} = 11351 \text{ mm}^2$ – effective area on which normal force is distributed

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

Bill of material

Manufacturing operations

Name	Plates [mm]	Shape	Nr.	Welds Throat thickness [mm]	Length [mm]	Bolts	Nr.
BP1	P18.0x520.0-660.0 (S 355)		1	Double fillet: 6.0 Double fillet: 5.0	560.0 262.0	M18 8.8	8
RIB1	P12.0x150.0-150.0 (S 355)		1	Double fillet: 5.0	300.0		
RIB3	P12.0x150.0-150.0 (S 355)		1	Double fillet: 5.0	300.0		

Project: Veza glavnog stuba i temelja
 Project no:
 Author: Nikola Turudić

Welds

Type	Material	Throat thickness [mm]	Leg size [mm]	Length [mm]
Double fillet	S 355	6.0	8.5	560.0
Double fillet	S 355	5.0	7.1	862.0

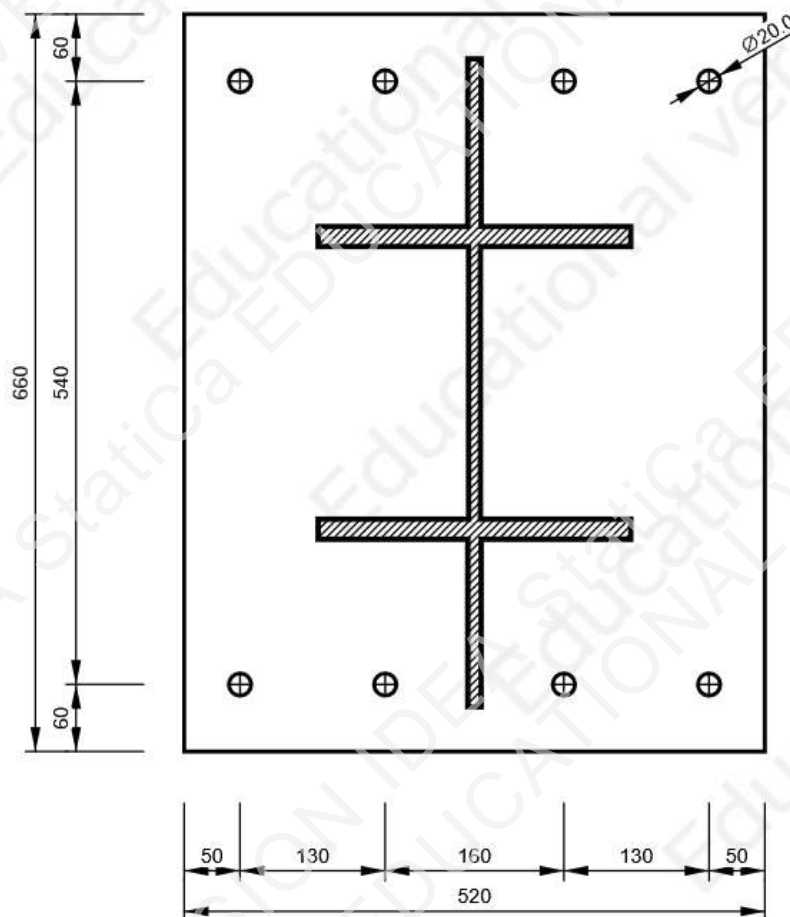
Anchors

Name	Length [mm]	Drill length [mm]	Count
M18 8.8	368	350	8

Drawing

BP1

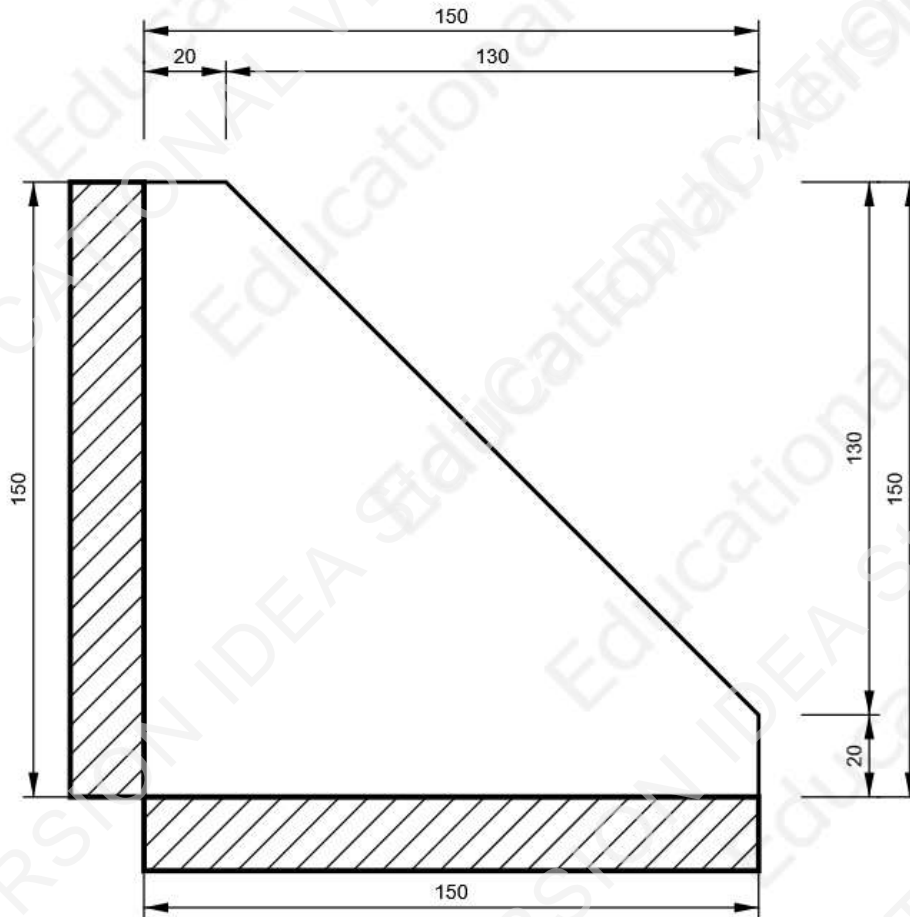
P18.0x660-520 (S 355)



Project: Veza glavnog stuba i temelja
Project no:
Author: Nikola Turudić

RIB1

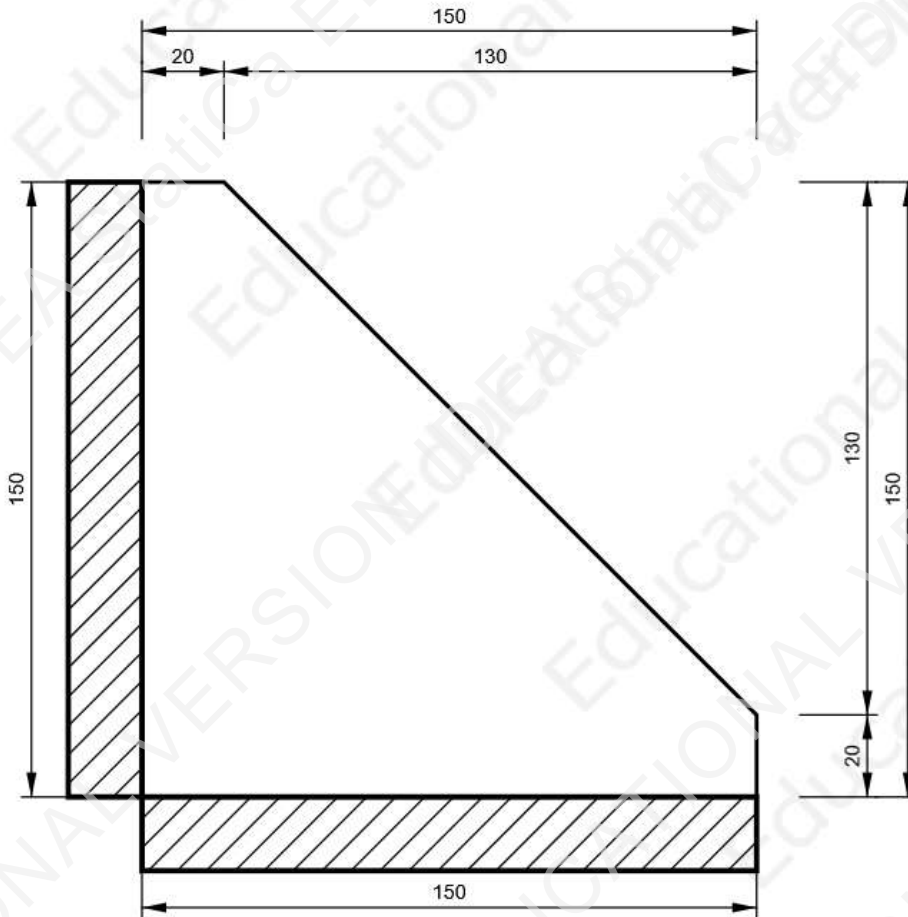
P12.0x150-150 (S 355)



Project: Veza glavnog stuba i temelja
Project no:
Author: Nikola Turudić

RIB3

P12.0x150-150 (S 355)



Project: Veza glavnog stuba i temelja
 Project no:
 Author: Nikola Turudić

Code settings

Item	Value	Unit	Reference
Safety factor γ_{M0}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Safety factor γ_{M1}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Safety factor γ_{M2}	1.25	-	EN 1993-1-1: 6.1
Safety factor γ_{M3}	1.25	-	EN 1993-1-8: 2.2
Safety factor γ_C	1.50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
Safety factor γ_{Inst}	1.20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Joint coefficient β_j	0.67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Effective area - influence of mesh size	0.10	-	
Friction coefficient - concrete	0.25	-	EN 1993-1-8
Friction coefficient in slip-resistance	0.30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Limit plastic strain	0.05	-	EN 1993-1-5
Detailing	Yes		
Distance between bolts [d]	2.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Distance between bolts and edge [d]	1.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Concrete breakout resistance check	Both		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Use calculated a_b in bearing check.	Yes		EN 1993-1-8: tab 3.4
Cracked concrete	Yes		EN 1992-4
Local deformation check	Yes		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Local deformation limit	0.03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Geometrical nonlinearity (GMNA)	Yes		Analysis with large deformations for hollow section joints
Braced system	No		EN 1993-1-8: 5.2.2.5

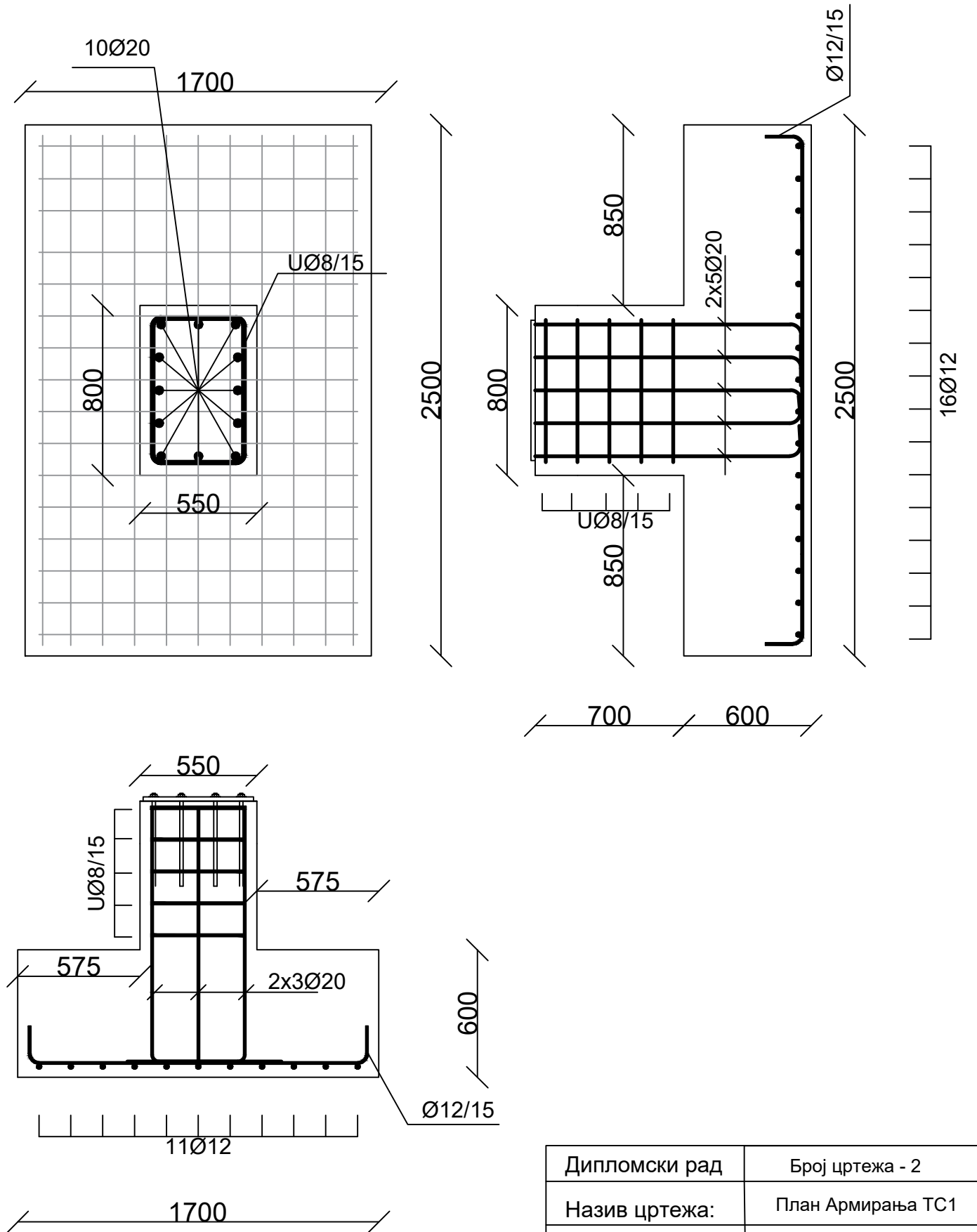
3. ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Еврокод 0: SRPS EN 1990:2019, Основе прорачуна конструкција;
- [2]. Еврокод 1: SRPS EN 1991-1-1:2022, Дејства на конструкције – Део 1-1: Општа дејства – запреминске тежине, сопствена тежин, корсна оптерећења за зграде; [3]. Еврокод 1: SRPS EN 1991-1-3-2022, Дејства на конструкције - Део 1-3: Општа дејства – Оптерећења снегом;
- [4]. Еврокод 1: SRPS EN 1991-1-4-2022, Дејства на конструкције - Део 1-4: Општа дејства – Дејства ветра
- [5]. Еврокод 2: SRPS EN 1992-4-2014, Пројектовање бетонских конструкција, Бетонски мостови ,Правила пројектовања и конструисања
- [6]. Еврокод 2: SRPS EN 192-4-2018, Пројектовање бетонских конструкција – део 4: Пројектовање спојних средстава
- [7]. Еврокод 3: SRPS EN 1993-1-1-2020, Прорачун челичних конструкција;
- [8]. Еврокод 3: SRPS E 1993-1-8:2020, Пројектовање челичних конструкција – део 1-8: Пројектовање веза
- [9]. Еврокод 7: SRPS EN 1997-1:2004, Пројектовање и прорачун геотехничких конструкција;
- [10]. Еврокод 8: SRPS EN 1998:2004, Прорачун сеизмички отпорних конструкција;
- [11]. Закон о заштити од пожара: *Правилник о техничким нормативима за заштиту од пожара стамбених и пословних објеката и објеката јавне намене 22/2019-3*;
- [12]. Правилник о енергетској ефикасности зграда.
- [13]. М. Дебељковић, Челичне конструкције у индустријским објектима, Грађевинска књига, Београд, 1995.
- [14]. Д. Буђевац, Металне констркције у зградарству, Грађевинска књига, Београд, 2003.
- [15]. З. Марковић, Гранична стања челичних конструкција према Еврокоду, Академска мисао, Београд, 2019.

4. ГРАФИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА

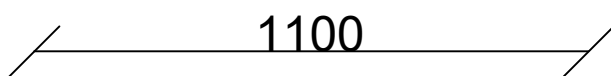
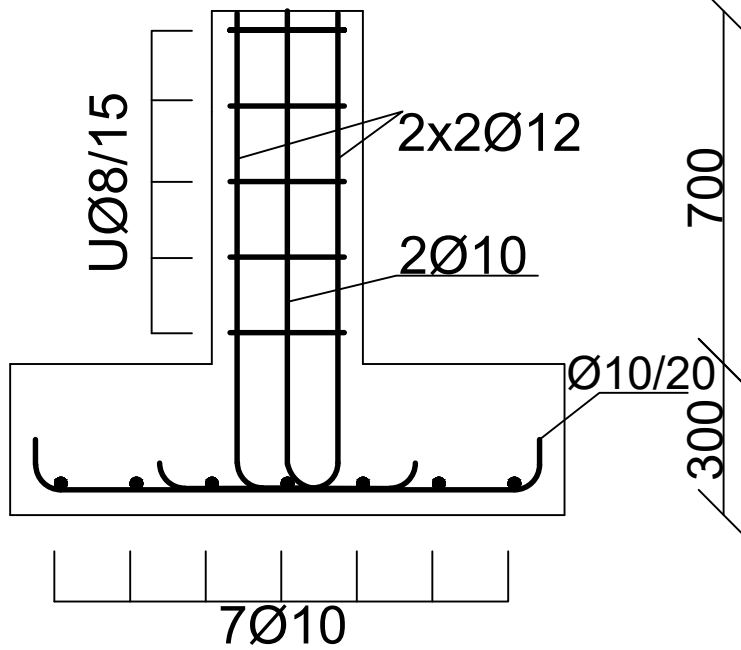
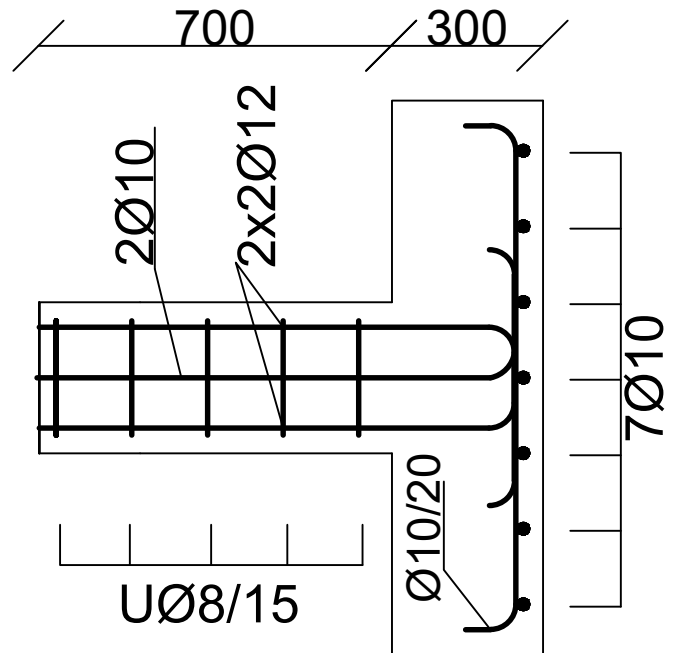
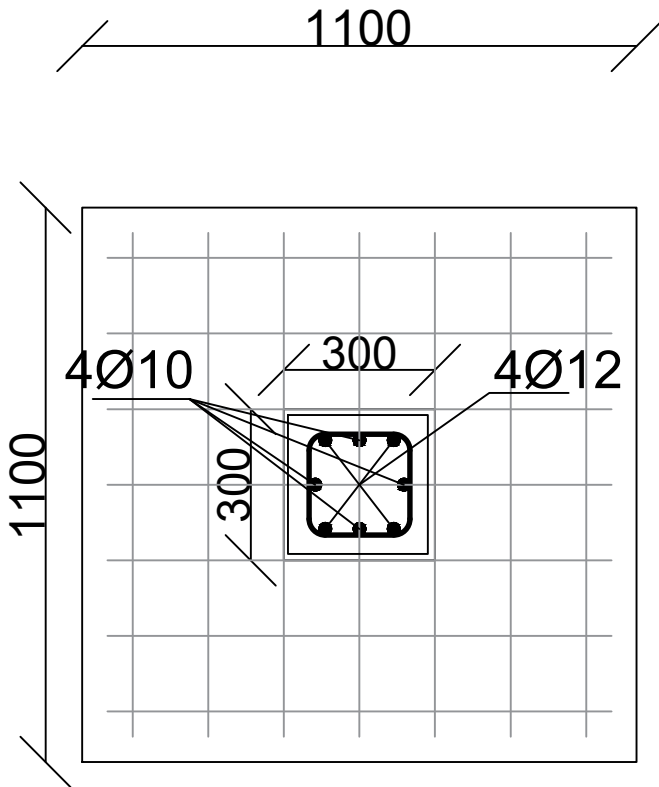
- Цртеж 1: Детаљ темеља самаца ТС1 и ТС2
- Цртеж 2: План армирања ТС1
- Цртеж 3: План армирања ТС2
- Цртеж 4: Детаљи 1 и 2 на главном раму
- Цртеж 5: Детаљи 3 и 4 на главном раму
- Цртеж 6: Приказ главног рама и позиција
- Цртеж 7: Основа крова и темеља
- Цртеж 8: Подужни зид и распоред просторија приземља и спрата

План армирања ТС1



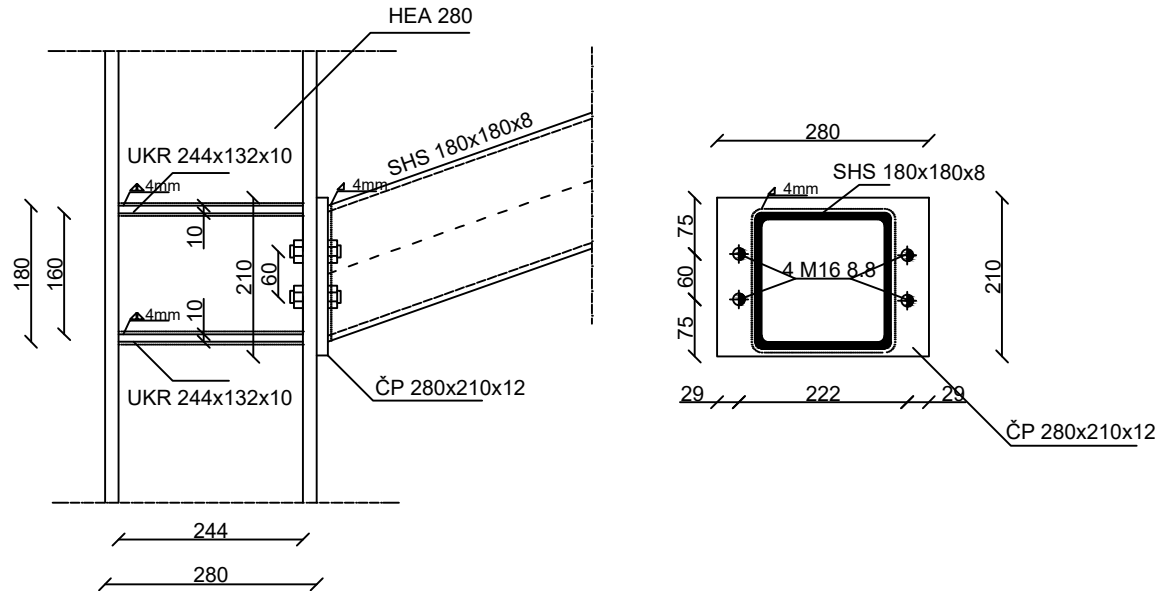
Дипломски рад	Број цртежа - 2
Назив цртежа:	План Армирања ТС1
Размера:	1:25
Студент:	Никола Турудић
Број индекса:	ГР19/2019
Ментор:	Доц. др. Ђорђе Јовановић

План армирања ТС2

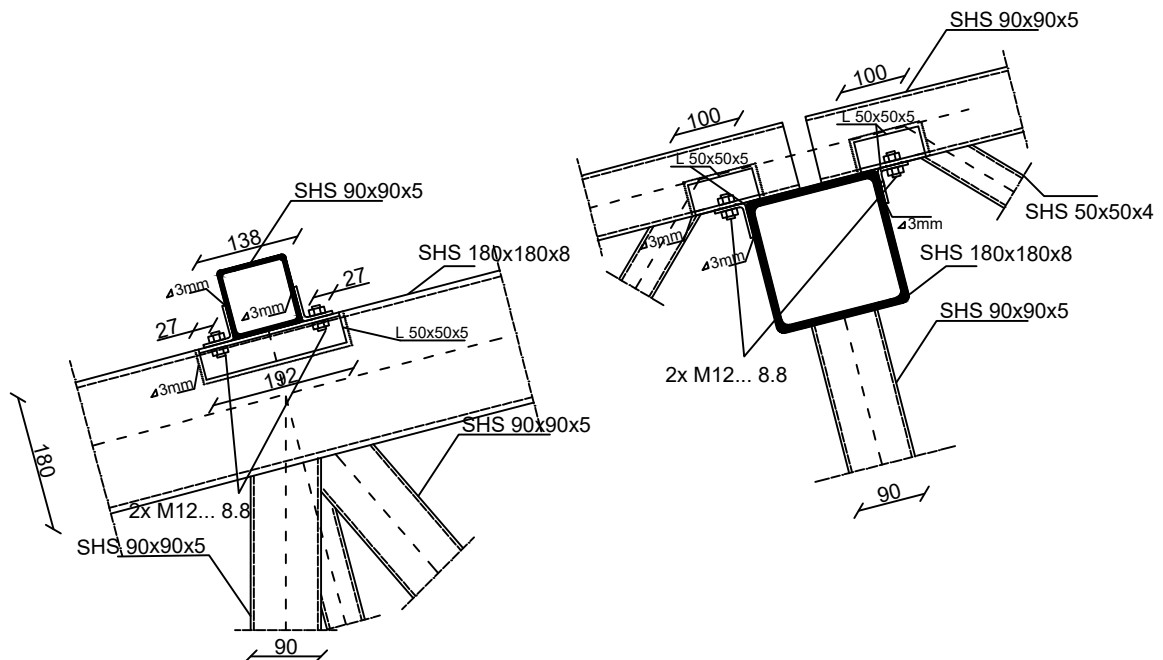


Дипломски рад	Број цртежа - 3
Назив цртежа:	План Армирања ТС2
Размера:	1:15
Студент:	Никола Турудић
Број индекса:	ГР19/2019
Ментор:	Доц. др. Ђорђе Јовановић

Детаљ 1 - Веза доњег појаса главног носача и стуба

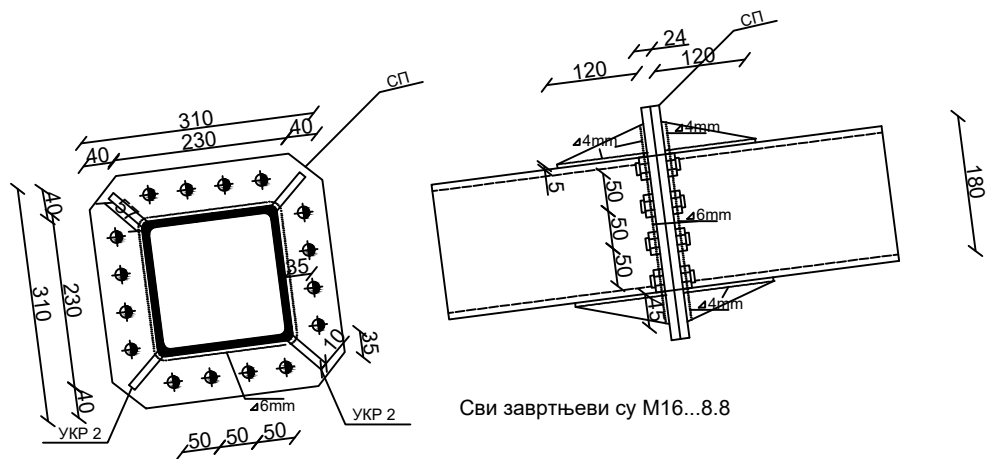


Детаљ 2 - Главног носача и рођњаче

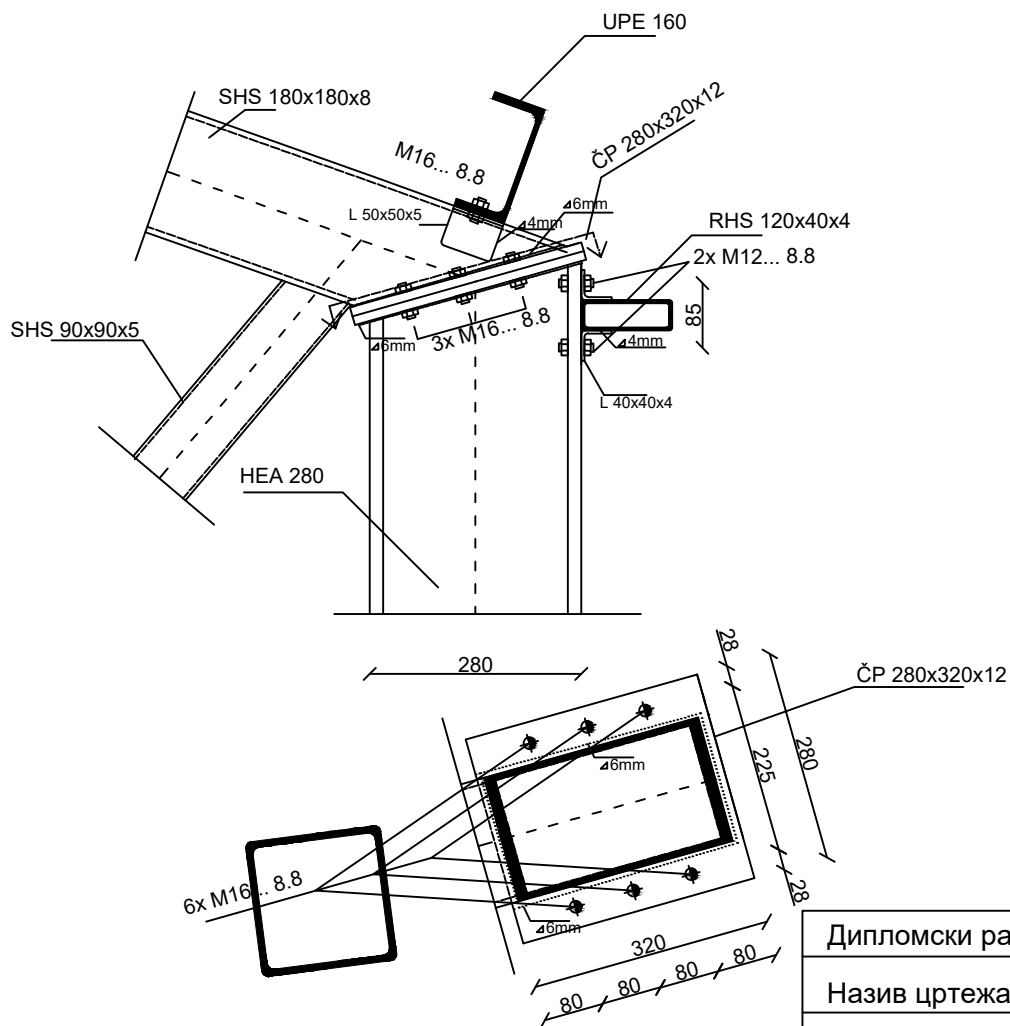


Дипломски рад	Број цртежа - 4
Назив цртежа:	Детаљи 1 и 2
Размера:	1:10
Студент:	Никола Турудић
Број индекса:	ГР19/2019
Ментор:	Доц. др. Ђорђе Јовановић

Детаљ 3 - Монтажни наставак

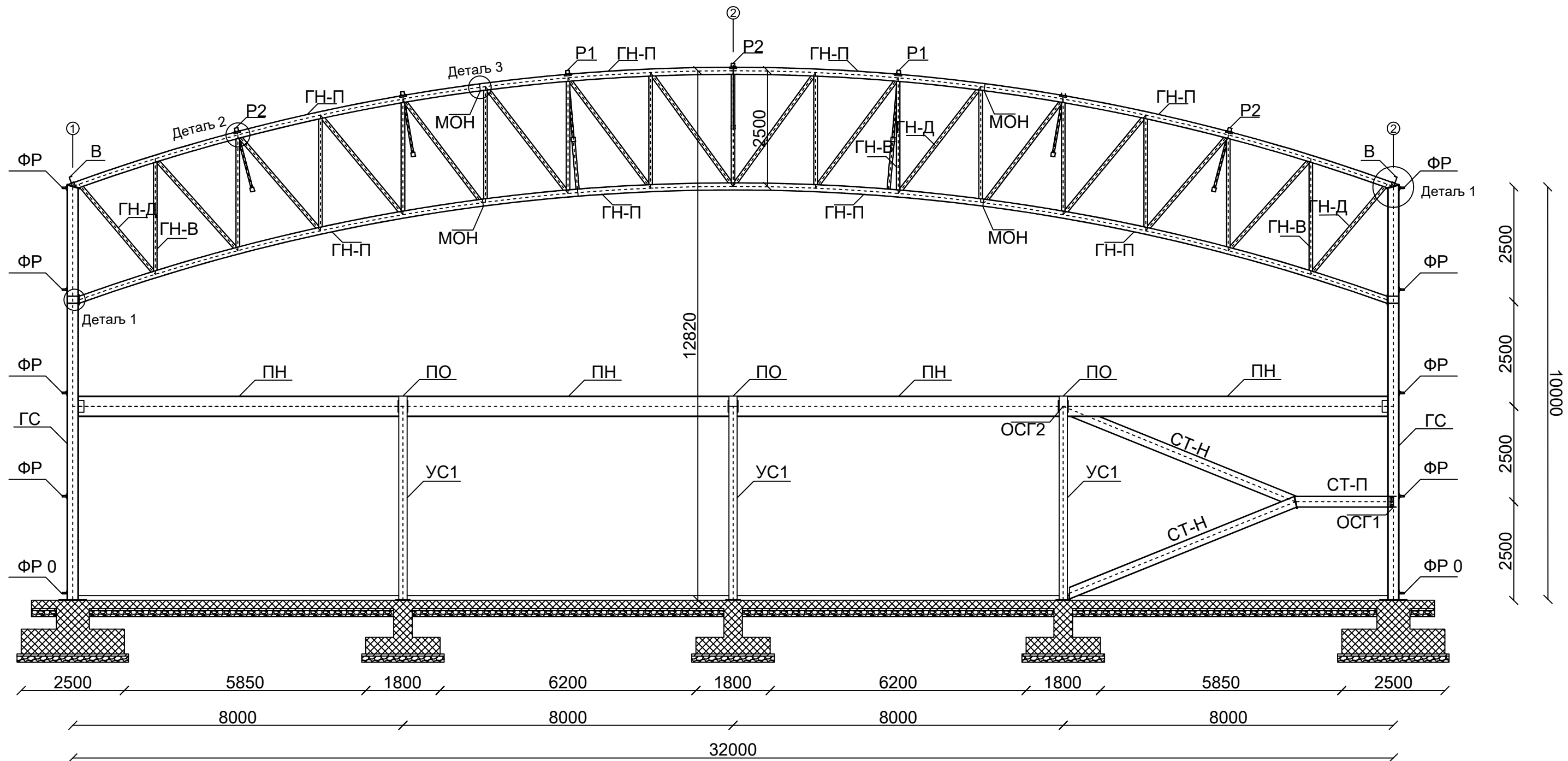


Детаљ 4 - Веза горњег појаса главног носача и стуба



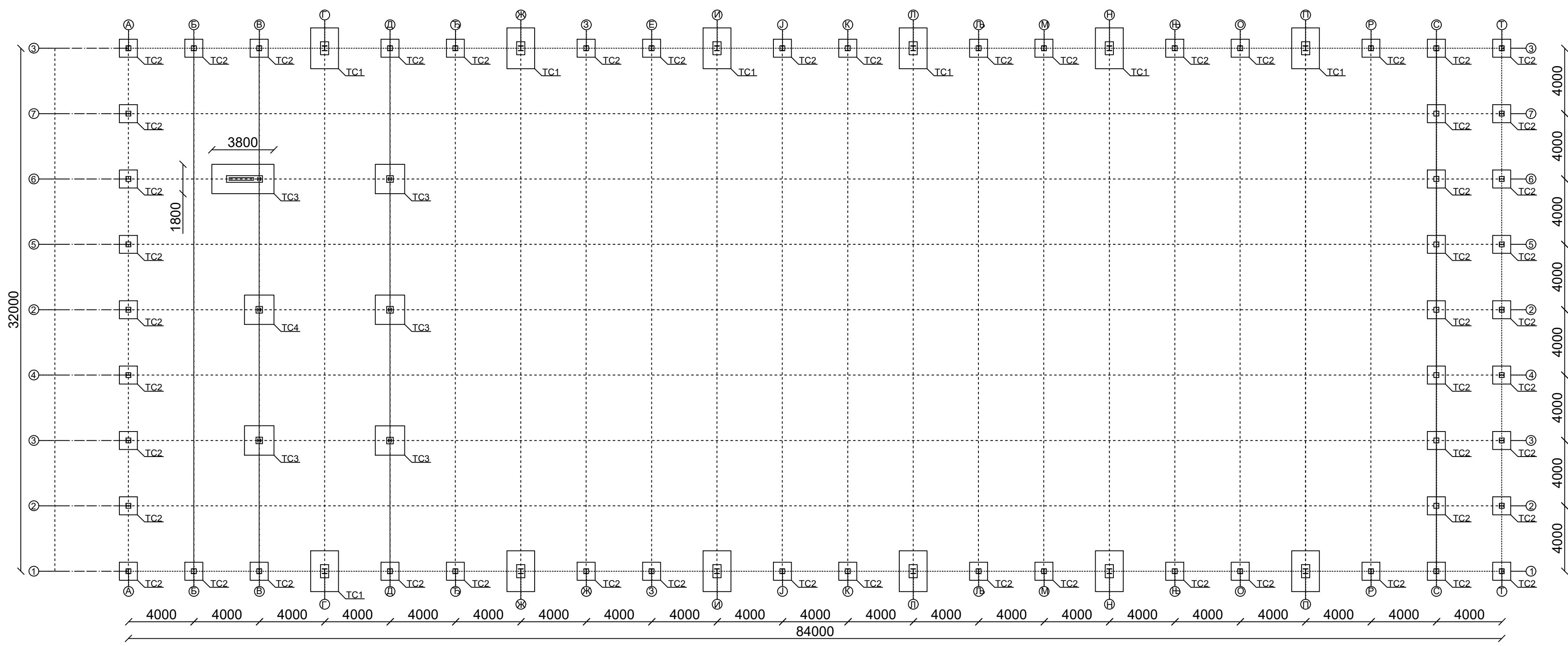
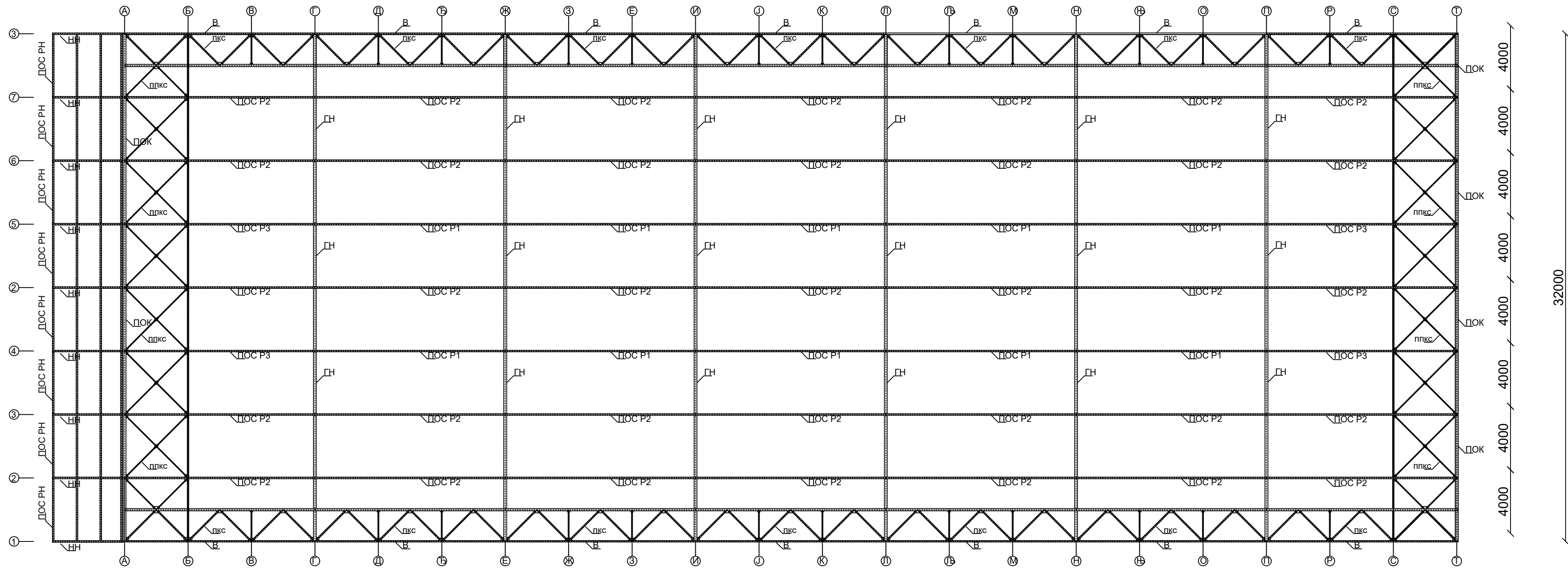
Дипломски рад	Број цртежа - 5
Назив цртежа:	Детаљи 3 и 4
Размера:	1:10
Студент:	Никола Турудић
Број индекса:	ГР19/2019
Ментор:	Доц. др. Ђорђе Јовановић

Приказ рама 1 - пресек кроз осу Г



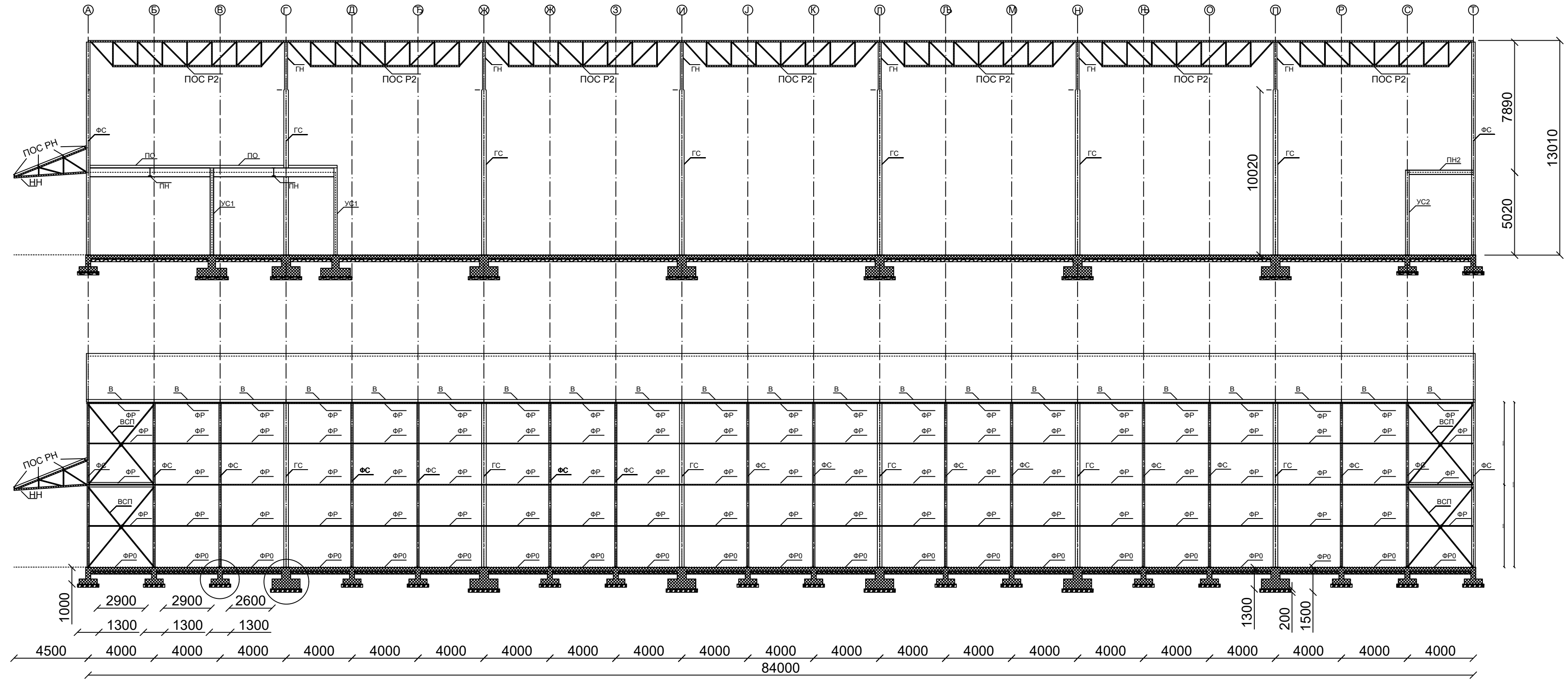
Дипломски рад	Број цртежа - 6
Назив цртежа:	Приказ главног рама
Размера:	1:100
Студент:	Никола Турудић
Број индекса:	ГР19/2019
Ментор:	Доц. др. Ђорђе Јовановић

Основа крова и темеља објекта са планом позиција P = 1:200

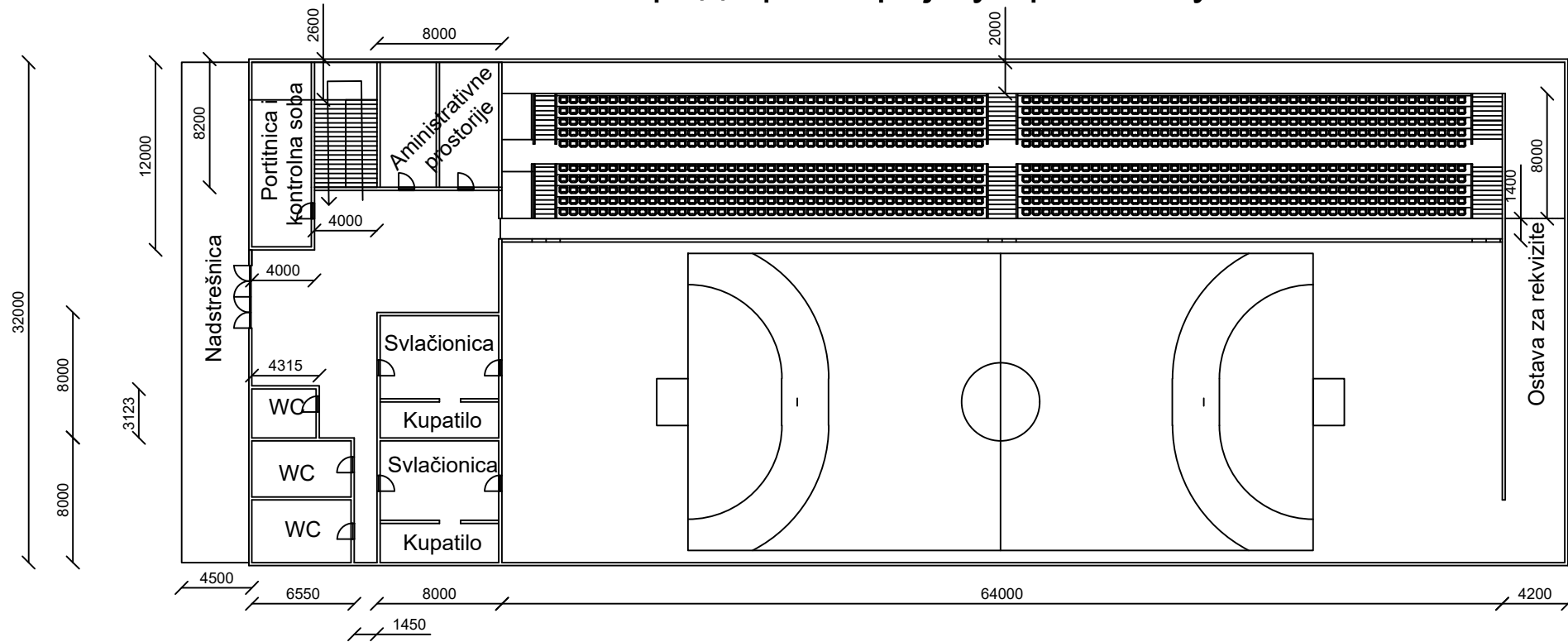


Дипломски рад	Број цртежа - 7
Назив цртежа:	Основа крова и темеља
Размера:	1:200
Студент:	Никола Турудић
Број индекса:	ГР19/2019
Ментор:	Доц. др. Ђорђе Јовановић

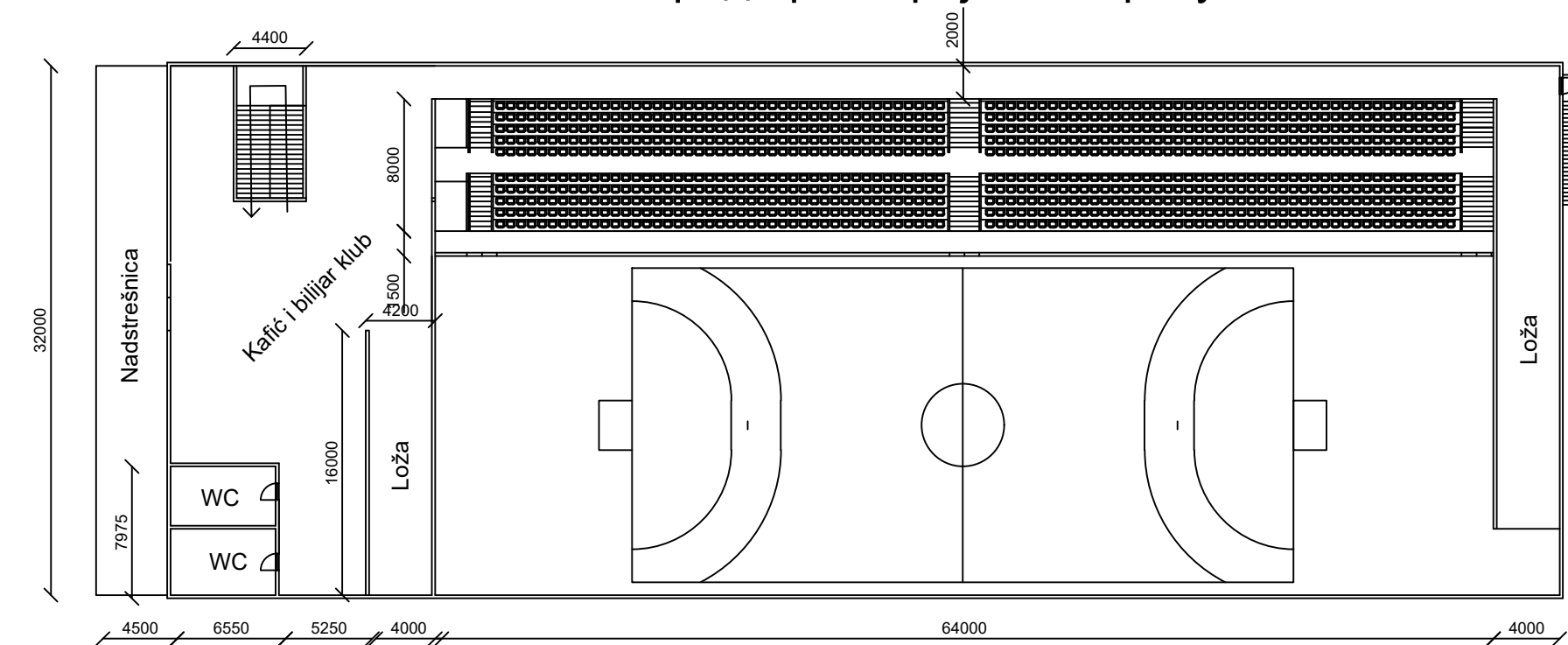
Подужни зид са планом позиција - Пресеци кроз осе 1 и 2 P = 1:200



Распоред просторија у приземљу P = 1:400



Распоред просторија на спрату P = 1:400



Дипломски рад	Број цртежа - 8
Назив цртежа:	Подужни зид са планом просторија
Размера:	1:200 1:400
Студент:	Никола Турудић
Број индекса:	ГР19/2019
Ментор:	Доц. др. Ђорђе Јовановић