

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski strokovni študij
gradbeništva, Konstrukcijska smer

Kandidat:

Gregor Longar

ANALIZA KONSTRUKCIJSKIH ZASNOV ZA ENOPROSTORNE JEKLENE HALE

Diplomska naloga št.: 412

Mentor:

prof. dr. Jože Korelc

Somentor:

asist. dr. Peter Skuber

Ljubljana, 2010

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **GREGOR LONGAR** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
**»ANALIZA KONSTRUKCIJSKIH ZASNOV ZA ENOPROSTORNE JEKLENE
HALE«.**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separatoteke FG.

Ljubljana, 21.12.2010

(podpis)

IZJAVA O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji konstrukcijskih smeri:

BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 624.014.2(043.2)
Avtor: Gregor Longar
Mentor: prof. dr. Jože Korelc
Somentor: asist. dr. Peter Skuber
Naslov: Analiza konstrukcijskih zasnov za enoprostorne jeklene hale
Obseg in oprema: 113 strani, 2 preglednici, 59 slik
Ključne besede: Enoprostorne jeklene hale, okviri, optimizacija, stroški

Izvleček

Konkurenčni boj je danes na področju gradnje hal iz dneva v dan hujši. Zato je z vidika povečanja konkurenčnosti smiselno narediti primerjavo med različnimi tipi jeklenih okvirov.

V diplomski nalogi je narejena primerjava različnih izvedb jeklenih enoprostornih hal. Narejene so primerjave med tremi različnimi zasnovami jeklenih okvirov; portalnim okvirom, okvirom z natezno vezjo in momentnim okvirom s paličnim strešnim sistemom. V obliki tabel, ki so izdelane za projektante in komercialiste, lahko za različne razpone, višine hal, kvaliteto jekla ter različne obtežbe z vetrom in snegom izberemo izvedbo z najmanjšo porabo jekla na kvadratni meter koristne površine. Tabele služijo v prvi fazi projektiranja, kot pomoč za bolj realno oceno vrednosti izdelave enoprostornih hal iz jekla. Jekleni okviri so optimizirani v skladu z Evrokod standardi. Na osnovi realnih podatkov slovenskega trga je ovrednotena tudi cena okvira, ki jo sestavljajo cena materiala, izdelave in montaže.

Izdelana je tudi primerjava o smiselnosti uporabe varjenih prerezov namesto vroče valjanih profilov, ki sestavljajo okvir.

BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 624.014.2(043.2)
Author: Gregor Longar
Supervisor: Prof. PhD Jože Korelc
Co-supervisor: Assist. PhD Peter Skuber
Title: Different structural designs for a single storey buildings
Notes: 113 p., 2 tab., 59 fig.
Key words: single storey building, optimization, cost

Abstract

Saving costs in structural design is stronger every day. Because of better competitive position is reasonable to compare different types of steel frames which are used for the single storey buildings.

Presented work deals with comparison between different designs of steel frame for the single storey building. Three different types of design are analysed; portal frame, frame with tension bar, moment resistant frame with the truss girder. Tables for the designer in the preliminary stage of a design are made. For different spans, high of columns, material quality and also for different wind and snow loads the values for mass of main steel frame are shown. From tables we could see and select better design, which had less mass per square meter of useful surface. Steel frames are design in accordance with Eurocode standards. On basis of real data for Slovenian market, the costs for material in construction, manufacturing and assembling of the frames are validated.

A comparison is made of reasonableness of usage welding profile or usage standard hot rolled profiles.

ZAHVALA

Za vodenje, usmerjanje in pomoč pri izdelavi diplomske naloge se najprej lepo zahvaljujem mentorju, prof. dr. Jože Korelcu ter somentorju asistentu. dr. Petru Skubru.

Zahvala gre tudi podjetju Trimo Trebnje, ki me je v času študija štipendiralo in mi pomagalo pridobiti podatke potrebne za izdelavo mojega diplomskega dela.

Na koncu bi se rad za podporo skozi vsa leta študija iskreno zahvalil tudi svoji družini in prijateljem.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	ENOPROSTORNE JEKLENE HALE IN NJIHOVE PREDNOSTI.....	3
3	VRSTA PARAMETROV IN IZBIRA VHODNIH PODATKOV	6
3.1	ZASNOVA.....	6
3.2	VRSTA OKVIRA	6
3.2.1	Portalni okvir.....	7
3.2.2	Okvir z natezno vezjo	12
3.2.3	Okvir s paličnim strešnim nosilcem	16
3.3	VRSTA VPETJA STEBROV V TEMELJ	21
3.4	VRSTA MATERIALA	22
3.5	VRSTE PREREZOV	23
3.6	VIŠINA IN RAZPON HALE	23
3.7	OBTEŽBA	25
3.7.1	Lastna in stalna obtežba	25
3.7.2	Koristna obtežba.....	26
3.7.3	Obtežba snega	26
3.7.4	Obtežba vetra.....	27
3.7.5	Potresna obtežba	27
4	MODELIRANJE IN ANALIZA.....	28
4.1	SPLOŠNO.....	28
4.2	OBTEŽNE KOMBINACIJE	28
4.2.1	Mejno stanje nosilnosti	28
4.2.2	Mejno stanje uporabnosti	29
4.3	ANALIZA.....	29
4.4	KONTROLE NOSILNOSTI	30
4.4.1	Mejno stanje nosilnosti MSN.....	30
4.4.2	Mejno stanje uporabnosti MSU.....	30
4.5	IZPIS.....	30
4.6	VREDNOTENJE PORABE MATERIALA IN DOLOČITEV CENE	52
4.6.1	Teža okvira	52
4.6.2	Cena okvira	52
5	REZULTATI ANALIZE	57
5.1	SPLOŠNO.....	57

5.2	TABELE	57
5.3	ANALIZA REZULTATOV	89
5.3.1	<i>Primerjava različnih nosilnih sistemov</i>	90
5.3.2	<i>Vpliv vpetja stebra na porabo materiala</i>	92
5.3.3	<i>Vpliv kvalitete jekla na porabo materiala</i>	95
5.3.4	<i>Vpliv obtežbe snega na porabo materiala</i>	97
5.3.5	<i>Vpliv obtežbe vetra na porabo materiala</i>	99
5.3.6	<i>Optimizacija konstrukcije</i>	101
5.3.7	<i>Primerjava različnih nosilnih sistemov glede na težo in ceno</i>	102
6	OKVIR IZ VARJENIH I PROFILOV	106
6.1	POSTOPEK OPTIMIZACIJE	106
6.2	PRIMERJAVA Z OSTALIMI ZASNOVAMI OKVIROV	108
7	ZAKLJUČEK	111
VIRI		113

KAZALO SLIK

SLIKA 1: NOTRANJOST IN ZUNANJOST ENOPROSTORNE JEKLENE HALE.....	3
SLIKA 2: ANATOMIJA ENOETAŽNE JEKLENE KONSTRUKCIJE	4
SLIKA 3: PRIMER PORTALNE KONSTRUKCIJE	7
SLIKA 4: RAČUNALNIŠKI MODEL KONSTRUKCIJSKEGA SISTEMA PORTALNEGA OKVIRA	8
SLIKA 5: OVOJNICA UPOGIBNIH MOMENTOV PRIMARNEGA NOSILCA TER OBLIKA IN POLOŽAJ VUTE	8
SLIKA 6: MOMENTNI SPOJ STEBRA IN STREŠNEGA NOSILCA PORTALNEGA OKVIRA	9
SLIKA 7: MOMENTNI SPOJ PRIMARNIH NOSILCEV	9
SLIKA 8: SPOJ STREŠNE IN FASADNE LEGE (PODKONSTRUKCIJE), BOČNO PODPIRANJE.....	9
SLIKA 9: OVOJNICA NOTRANJNH SIL PORTALNEGA OKVIRA.....	10
SLIKA 10: POMIKI KONSTRUKCIJE PORTALNEGA OKVIRA	11
SLIKA 11: IZKORIŠČENOST PREREZOV PORTALNEGA OKVIRA	11
SLIKA 12: PRIMER KONSTRUKCIJE OKVIRA Z NATEZNO VEZJO	12
SLIKA 13: RAČUNALNIŠKI MODEL OKVIRA Z NATEZNO VEZJO.....	13
SLIKA 14: MOMENTNI SPOJ STEBRA IN STREŠNEGA NOSILCA TER ČLENKAST SPOJ NOSILCA IN NATEZNE VEZI	13
SLIKA 15: OVOJNICA NOTRANJNH SIL OKVIRA Z NATEZNO VEZJO.....	14
SLIKA 16: POMIKI KONSTRUKCIJE OKVIRA Z NATEZNO VEZJO	15
SLIKA 17 : IZKORIŠČENOST PREREZOV OKVIRA Z NATEZNO VEZJO	15
SLIKA 18: PRIMER KONSTRUKCIJE OKVIRA S PALIČNIM STREŠNIM NOSILCEM	16
SLIKA 19: RAČUNALNIŠKI MODEL OKVIRA S PALIČNIM STREŠNIM NOSILCEM.....	17
SLIKA 20: MOMENTNI SPOJI OKVIRA S PALIČNIM STREŠNIM NOSILCEM.....	18
SLIKA 21: OVOJNICA NOTRANJNH SIL OKVIRA S PALIČNIM STREŠNIM NOSILCEM	19
SLIKA 22: POMIKI KONSTRUKCIJE OKVIRA Z PALIČNIM STREŠNIM NOSILCEM.....	20
SLIKA 23: IZKORIŠČENOST PREREZOV OKVIRA Z PALIČNIM STREŠNIM NOSILCEM	21
SLIKA 24: DETAJL IZVEDBE TOGE GA PRIKLJUČKA STEBRA NA TEMELJ	22
SLIKA 25: DETAJL IZVEDBE TOGE GA PRIKLJUČKA STEBRA NA TEMELJ	22
SLIKA 26 : GEOMETRIJA OKVIROV Z DIMENZIJAMI	24
SLIKA 27: STALNA TEŽA G	26
SLIKA 28: OBTEŽBA SNEGA S	26
SLIKA 29: OBTEŽBA VETRA W	27
SLIKA 30: CENA PROFILOV GLEDE NA TIP, DIMENZIJO IN VRSTO MATERIALA	53
SLIKA 31: POENOSTAVLJENA CENA PROFILOV V SKUPINAH GLEDE NA MATERIAL [€/TONO]	53
SLIKA 32: NORMATIVI IZDELAVE ZA ZASNOVE OKVIROV	55
SLIKA 33: NORMATIVI MONTAŽE	56
SLIKA 34: OPIS TABEL	58
SLIKA 35: PORABA JEKLA V KG/M ² TLORISNE POVRŠINE PRI RAZLIČNIH RAZPONIH MED STEBRI	90
SLIKA 36: PORABA JEKLA V KG/M ² TLORISNE POVRŠINE PRI RAZLIČNIH VIŠINAH STEBROV	91

SLIKA 37: PORABA JEKLA V KG/M^2 TLORISNE POVRŠINE PRI RAZLIČNIH RAZMIKIH MED OKVIRI.....	91
SLIKA 38: PORABA JEKLA V KG/M^2 TLORISNE POVRŠINE PRI RAZLIČNIH RAZPONIH IN VIŠINAH OBJEKTA TER RAZLIČNIH VRSTAH VPETJA ZA PORTALNI OKVIR	92
SLIKA 39: PORABA JEKLA V KG/M^2 TLORISNE POVRŠINE PRI RAZLIČNIH RAZPONIH IN VIŠINAH OBJEKTA TER RAZLIČNIH VRSTAH VPETJA ZA OKVIR Z NATEZNO VEZJO.....	92
SLIKA 40: PORABA JEKLA V KG/M^2 TLORISNE POVRŠINE PRI RAZLIČNIH RAZPONIH IN VIŠINAH OBJEKTA TER RAZLIČNIH VRSTAH VPETJA ZA OKVIR S PALIČNIM STREŠNIM NOSILCEM.....	93
SLIKA 41: IZRAČUN POTREBNIH DIMENZIJ TEMELJEV ZA ČLENKASTO IN TOGO VPETJE STEBROV	94
SLIKA 42: PORABA JEKLA V KG/M^2 TLORISNE POVRŠINE PRI RAZLIČNIH RAZPONIH IN VIŠINAH OBJEKTA TER RAZLIČNIH KVALITETAH JEKLA ZA PORTALNI OKVIR	95
SLIKA 43: PORABA JEKLA V KG/M^2 TLORISNE POVRŠINE PRI RAZLIČNIH RAZPONIH IN VIŠINAH OBJEKTA TER RAZLIČNIH KVALITETAH JEKLA ZA OKVIR Z NATEZNO VEZJO	96
SLIKA 44: PORABA JEKLA V KG/M^2 TLORISNE POVRŠINE PRI RAZLIČNIH RAZPONIH IN VIŠINAH OBJEKTA TER RAZLIČNIH KVALITETAH JEKLA ZA OKVIR S PALIČNIM STREŠNIM NOSILCEM.....	96
SLIKA 45: PORABA JEKLA V KG/M^2 TLORISNE POVRŠINE PRI RAZLIČNIH RAZPONIH IN VIŠINAH OBJEKTA GLEDE NA VELIKOST SNEŽNE OBTEŽBE, ZA PORTALNI OKVIR.....	97
SLIKA 46: PORABA JEKLA V KG/M^2 TLORISNE POVRŠINE PRI RAZLIČNIH RAZPONIH IN VIŠINAH OBJEKTA GLEDE NA VELIKOST SNEŽNE OBTEŽBE, ZA OKVIR Z NATEZNO VEZJO	97
SLIKA 47: PORABA JEKLA V KG/M^2 TLORISNE POVRŠINE PRI RAZLIČNIH RAZPONIH IN VIŠINAH OBJEKTA GLEDE NA VELIKOST SNEŽNE OBTEŽBE, ZA OKVIR S PALIČNIM STREŠNIM NOSILCEM	98
SLIKA 48: PORABA JEKLA V KG/M^2 TLORISNE POVRŠINE PRI RAZLIČNIH RAZPONIH IN VIŠINAH OBJEKTA GLEDE NA VELIKOST VETRNE OBTEŽBE, ZA PORTALNI OKVIR	99
SLIKA 49: PORABA JEKLA V KG/M^2 TLORISNE POVRŠINE PRI RAZLIČNIH RAZPONIH IN VIŠINAH OBJEKTA GLEDE NA VELIKOST VETRNE OBTEŽBE, ZA OKVIR Z NATEZNO VEZJO.....	99
SLIKA 50: PORABA JEKLA V KG/M^2 TLORISNE POVRŠINE PRI RAZLIČNIH RAZPONIH IN VIŠINAH OBJEKTA GLEDE NA VELIKOST VETRNE OBTEŽBE, ZA OKVIR S PALIČNIM STREŠNIM NOSILCEM.....	100
SLIKA 51: STOPNJA IZKORIŠČENOSTI NOSILNOSTI NOSILCA PRI RAZLIČNIH RAZPONIH	101
SLIKA 52: STOPNJA IZKORIŠČENOSTI NOSILNOSTI STEBRA PRI RAZLIČNIH VIŠINAH OBJEKTA	101
SLIKA 53: PORABA JEKLA V KG/M^2 IN CENE OKVIRA V €/M^2 TLORISNE POVRŠINE PRI RAZLIČNIH RAZPONIH IN VIŠINAH OBJEKTA TER TOGIM VPETJEM STEBRA NA TEMELJ	103
SLIKA 54: PORABA JEKLA V KG/M^2 IN CENE OKVIRA V €/M^2 TLORISNE POVRŠINE PRI RAZLIČNIH RAZPONIH IN VIŠINAH OBJEKTA TER ČLENKASTIM VPETJEM STEBRA NA TEMELJ	104
SLIKA 55: ZAČETNA IN OPTIMIZIRANA GEOMETRIJA ENOETAŽNE JEKLENE HALE (KRISTANIČ, N. 2008, SINTEZA KONSTRUKCIJ Z UPORABO TOČNE OBČUTLJIVOSTNE ANALIZE IN OPTIMIZACIJE OBLIKE V NELINEARNEM PODROČJU).....	107
SLIKA 56: OPTIMALNA OBLIKA NOTRANJEGA OKVIRA JEKLENE KONSTRUKCIJE V ZADNJEM KROGU OPTIMIZACIJSKEGA PROCESA (KRISTANIČ, N. 2008, SINTEZA KONSTRUKCIJ Z UPORABO TOČNE OBČUTLJIVOSTNE ANALIZE IN OPTIMIZACIJE OBLIKE V NELINEARNEM PODROČJU).....	107

SLIKA 57: VON MISESOVE NAPETOSTI OKVIRA NAREJENEGA S PROGRAMOM ACEFEM [MPa] (KRISTANIČ, N. 2008, <i>SINTEZA KONSTRUKCIJ Z UPORABO TOČNE OBČUTLJIVOSTNE ANALIZE IN OPTIMIZACIJE OBLIKE V Nelinearnem področju</i>)	108
SLIKA 58: RAČUNALNIŠKI MODEL OKVIRA NAREJENEGA IZ VARJENCEV S TOGIM VPETJEM V TEMELJ	109
SLIKA 59 : RAČUNALNIŠKI MODEL OKVIRA NAREJENEGA IZ VARJENCEV S ČLENKASTIM VPETJEM V TEMELJ	109

KAZALO TABEL

TABELA 1: PRIMERJAVA OKVIRA IZ VARJENCEV Z OSTALIMI ZASNOVAMI OKVIROV -TOGO VPETJE NA TEMELJ 110

TABELA 2: PRIMERJAVA OKVIRA IZ VARJENCEV Z OSTALIMI TIPI OKVIROV -ČLENKASTO VPETJE NA TEMELJ 110

1 UVOD

Optimizacija je globoko vgrajena v samo temeljno bit narave, kar lahko vidimo na vsakem koraku. Lep primer so kosti sesalcev, ki so votle in okroglega prereza. To omogoča majhno porabo materiala- kalcija in hkrati zagotovi zelo dobro odpornost na obremenitve. Podobno se je skozi čas razvilo tudi gradbeništvo. Prvotne konstrukcije so bile masivne, kasneje pa so se ravno z uporabo jekla razvile lahke konstrukcije. Te so zaradi optimirane oblike prerezov po nosilnosti enakovredne masivnim. Prej omenjenim kostem je podoben zdajšnji sistem paličnih konstrukcij.

Razvoj analitičnih metod računa konstrukcij ter zahteve po ekonomični gradnji in hkrati funkcionalnem in varnem objektu, projektante vodijo v novo obliko optimizacije. Izdelujejo se variante primerov konstrukcij, ki so detajlno preračunane, rezultati pa vodijo k približevanju k optimalni konstrukciji. Ekonomičnost gradnje konstrukcije pomeni čim nižjo ceno le te. Ceno sestavlja več parametrov. Ključna je poraba materiala, ki je odvisna od zasnove in delujoče obtežbe. Drug pomemben faktor pa je izdelava, ta je odvisna od tipa konstrukcije in zahtevnosti izvedbe detajlov.

Enoprostorne jeklene hale so zaradi številnih prednosti, ki jih imajo pred klasično masivno gradnjo, danes vse bolj priljubljene. Zaradi tega je konkurenčni boj na področju gradnje hal iz dneva v dan večji. Z vidika povečanja konkurenčnosti je smiselno narediti primerjavo med različnimi tipi jeklenih okvirov in oceniti, kako posamezna zasnova nosilne konstrukcije vpliva na porabo jekla in ceno. Tako se lahko hitro odločimo za najbolj ekonomično zasnovo jeklenega okvira.

V diplomski nalogi je narejena primerjava med različnimi izvedbami jeklenih enoprostornih hal. Primarno nosilno konstrukcijo tvorijo jekleni okviri, ki imajo lahko tri različne zasnove; portalni okvir, okvir z natezno vezjo in okvir s paličnim strešnim nosilcem. Okviri so preračunani za različne razpone, višine, kvaliteto jekla ter različno vetrno in snežno obtežbo. Okviri so optimizirani v skladu z Evrokod standardi za mejno stanje nosilnosti in mejno stanje uporabnosti.

Cilj naloge je statično in stroškovno ovrednotiti posamezen okvir pri izbrani zasnovi in obtežbi. Rezultati so predstavljeni v obliki tabel, ki so namenjene projektantom in komercialistom v prvi fazi projektiranja. Tabele služijo kot pomoč, za bolj realno oceno vrednosti del za izdelavo enoprostornih hal iz jekla. Iz njih je mogoče izbrati izvedbo okvira z najmanjšo porabo jekla ali cenovno najugodnejšo izvedbo na kvadratni meter koristne površine.

2 ENOPROSTORNE JEKLENE HALE IN NJIHOVE PREDNOSTI

Enoprostorne ali enoetažne jeklene hale so konstrukcije, z eno etažo ter brez obremenitve s stalno in koristno obtežbo višjih nadstropij. Obremenjeni so le z lastno težo, težo inštalacij ter obtežbo snega in vetra. Zaradi relativno majhne obremenitve omogočajo velike razpone in pa posledično veliko uporabne koristne površine. Zaradi tega in številnih drugih prednosti so vedno bolj priljubljene, saj omogočajo dobre gradbene in funkcionalne rešitve.



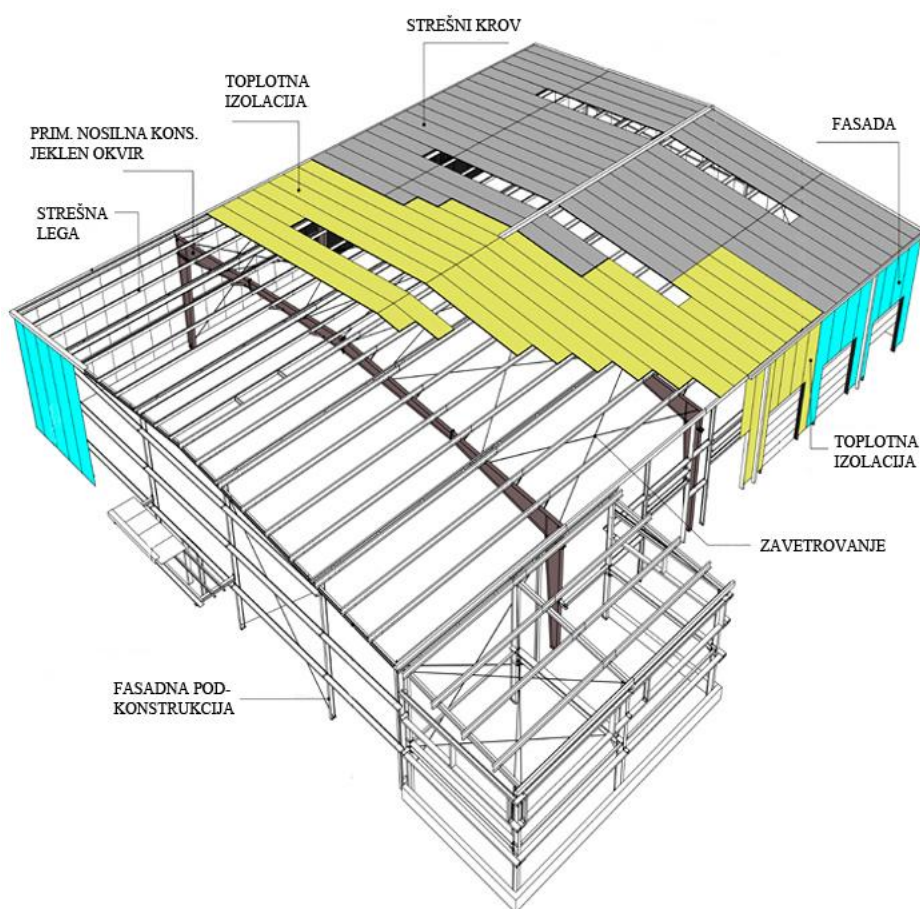
Slika 1: Notranjost in zunanost enoprostorne jeklene hale

Tipične enoetažne konstrukcije so:

- industrijske hale
- športne dvorane
- trgovski centri
- skladišča

Enoprostorno jekleno halo sestavlja; primarna nosilna konstrukcija, sekundarna nosilna konstrukcija ter obloga streh in fasad. Primarno nosilno konstrukcijo tvori glavni nosilni okvir. Ta prevzema celotno obtežbo in jo prenaša na temelje. Izdelan je lahko iz vroče valjanih profilov ali varjencev. Pritrditev oz. podpiranje na temelj je lahko togo ali členkasto. Glavni nosilni okvir predstavlja okoli 40% cene celotne jeklene konstrukcije. Sekundarno

nosilno konstrukcijo sestavljajo strešne in fasadne lege. Služijo kot glavni nosilni sistem saj obtežbo, ki jo prevzamejo iz strehe in fasade, prenesejo na glavni nosilni okvir. Hkrati lege služijo tudi kot podkonstrukcija. Izdelane so lahko iz vroče valjanih ali hladno oblikovanih profilov. Sekundarna nosilna konstrukcija predstavlja 30% cene celotne konstrukcije. Zadnji sklop, ki sestavlja enoetažne jeklene konstrukcije so strešne in fasadne obloge. Te so lahko v obliki valovitih pločevin ali sendvič plošč. Dosežejo lahko tudi 50% cene celotne konstrukcije.



Slika 2: Anatomija enoetažne jeklene konstrukcije

Enoetažne konstrukcije v jekleni izvedbi imajo številne prednosti pred ostalimi tipi konstrukcij klasične gradnje. Te se odražajo na več področjih. Prednosti so:

Tehnične prednosti:

- trdnost materiala
- majhna teža

- protipotresna gradnja
- enostavno kombiniranje z drugimi materiali
- systemske rešitve
- visoka tehnologija izdelave in uveljavljene, kakovostne projektantske rešitve
- enostavna vizualna kontrola izdelave ter montaže

Ekonomske prednosti:

- hitra in enostavna gradnja, montaža
- suha gradnja in manjši temelji
- enostavna napeljava inštalacij
- dobro razmerje med nosilnostjo in težo konstrukcije
- možnost enostavnega dograjevanja in spreminjanja
- enostavno vzdrževanje in dolga življenjska doba
- poceni demontaža in razgradnja

Estetske prednosti:

- omogočajo veliko svobodo izražanja arhitektov in projektantov
- prosojnost, vitkost in lahkost konstrukcij
- večji razponi, odprti tlorisi

Okoljske prednosti:

- reciklažen in okolju prijazen material
- manjša obremenjenost okolja zaradi transporta in pri vgradnji

3 VRSTA PARAMETROV IN IZBIRA VHODNIH PODATKOV

3.1 Zasnova

Analiziral sem enoladijsko jekleno halo. Halo sestavljajo momentni okviri na določenih rastrih. Ti so med seboj povezani s strešnimi in fasadnimi legami. Horizontalne obremenitve, kot je vpliv vetra in potresa, prevzemajo povezja v ravnini strehe in med stebri. Obravnaval sem sredinski okvir, pri čemer sem spreminjal naslednje parametre:

- vrsta primarnega nosilca; polnostenski, polnostenski z natezno vezjo, palični nosilec
- vrsta vpetja stebrov v temelj; togo ali členkasto
- kvalitete materiala; jeklo S235, S275, S355
- vrste prerezov; vročevaljani, varjeni polnostenski
- višina in razpon hale
- obtežba vetra in snega

V nadaljevanju so opisani posamezni parametri, ki tvorijo zasnovno nosilne konstrukcije.

3.2 Vrsta okvira

Primarni nosilec okvira oz. strešni nosilec tvori tri različne zasnove konstrukcije:

- ***portalni okvir***
- ***okvir z natezno vezjo***
- ***momentni okvir s paličnim strešnim nosilcem***

Vrsta izbranega primarnega nosilca pomembno vpliva na nosilnost okvira. Sistem s primarnim polnostenskim nosilcem z vuto je primeren za manjše razpone. Ta sistem zato preračunam za razpone 16, 18 in 20m. Pri večjih razponih postane z ostalima dvema vrstama

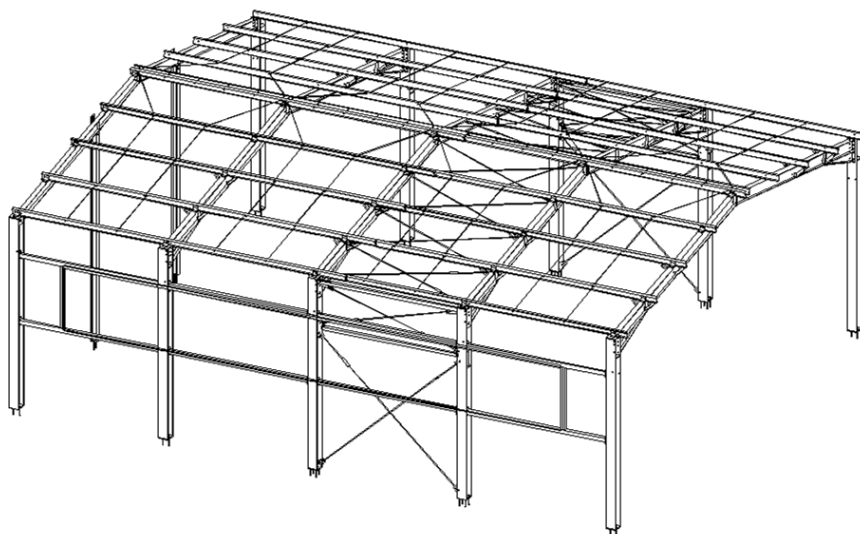
okvirov neučinkovit. Okvir z natezno vezjo sem preračunal za vse izbrane razpone, sistem s paličnim strešnim nosilcem pa pri razponih 18, 20, 24 in 30m.

V nadaljevanju je opisan vsak sistem posebej: sestava, dimenzije, bočno podpiranje, notranje sile, izkoriščenost ter pomiki okvira.

Da lahko posamezne vrste okvirov medsebojno primerjamo, izberem okvire enakih dimenzij, materiala in obtežbe. Primerjani okviri bodo imeli naslednjo zasnovo in obtežbo:

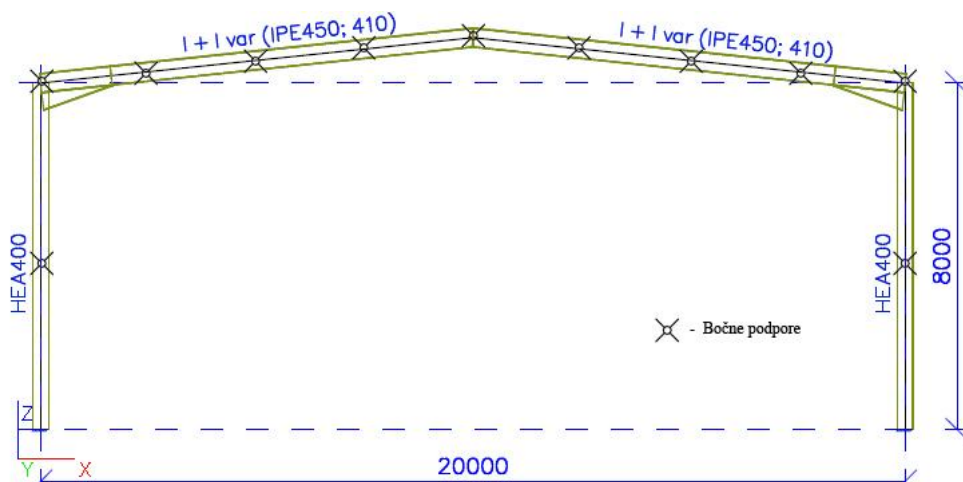
- razpon 20m , višina stebrov 8m, razmik med okviri 6m
- togo vpetje
- jeklo kvalitete S235
- obtežba: veter $1,0\text{kN/m}^2$, sneg $1,2\text{kN/m}^2$ (običajna obtežba v Sloveniji)

3.2.1 Portalni okvir



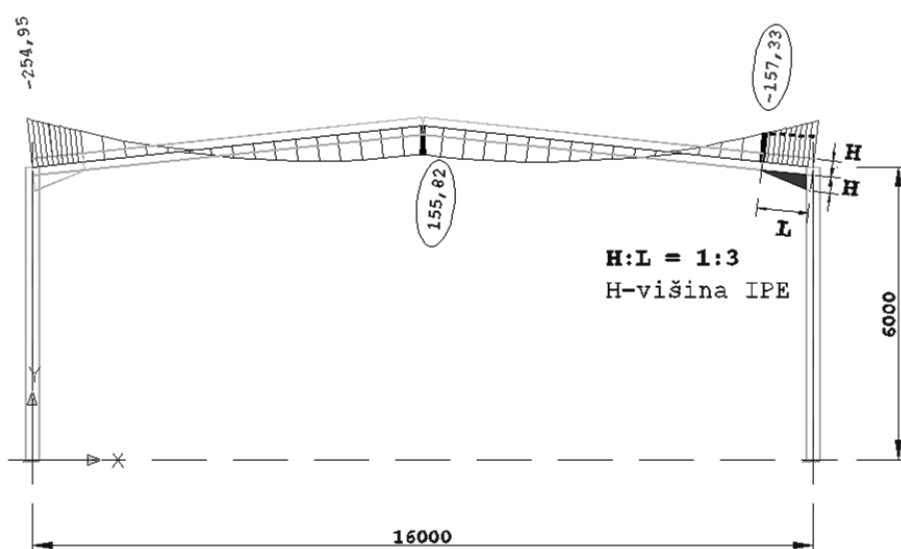
Slika 3: Primer portalne konstrukcije

Portalni okvir sestavljajo stebri tipa HEA in strešni nosilec spremenljive višine. Primarni nosilec je narejen iz standardnega profila tipa IPE. Naklon strehe znaša 6° . Nosilec je ob vpetju na steber ojačan z vuto.



Slika 4: Računalniški model konstrukcijskega sistema portalnega okvira

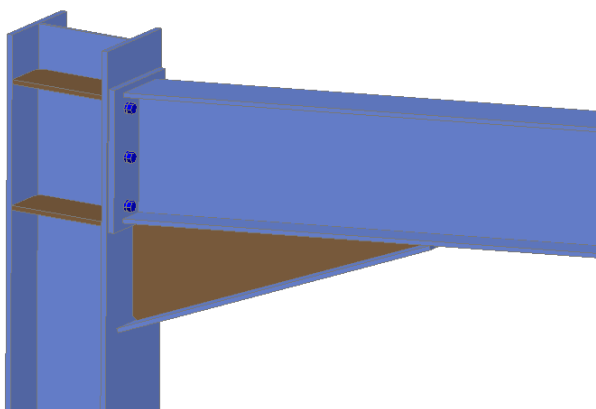
Vuta izboljša nosilnost strešnega nosilca, saj je ta ob vpetju na steber najbolj obremenjen in hkrati izboljša horizontalno togost okvira. Vuta je narejena iz enakega profila, kot je primarni nosilec, tako je njena višina avtomatično določena. S tem ukrepom privarčujemo na stroških materiala in izdelave, saj z enim razrezom profila, takoj dobimo že obe vuti. Dimenzija vute je odvisna od razpona. Narejena je v razmerju *višina:dolžina* in sicer; 1:3 za razpon 16m, 1:3,5 za razpon 18m ter 1:4 za razpon 20m. S temi razmerji poizkušam dolžino vute prilagoditi razliki upogibnega momenta, ki se pojavi na sredini nosilca in momenta pri stebru ob vpetju. Vuta se konča na delu strešnega nosilca, kjer se moment s sredine nosilca približno izenači z momentom nad vuto.



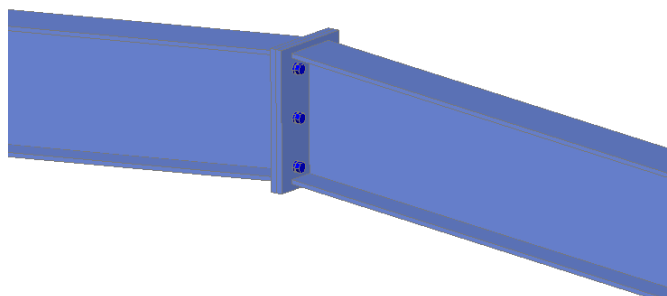
Slika 5: Ovojnica upogibnih momentov primarnega nosilca ter oblika in položaj vute

Bočno primarni nosilec podpiram na vsake 2,5m. S tem simuliram strešne lege. Steber bočno podprem glede na njegovo višino. Do višine 6m ga bočno ne podpiram, pri višini 8m in 12m pa ga podprem na vsake 4m.

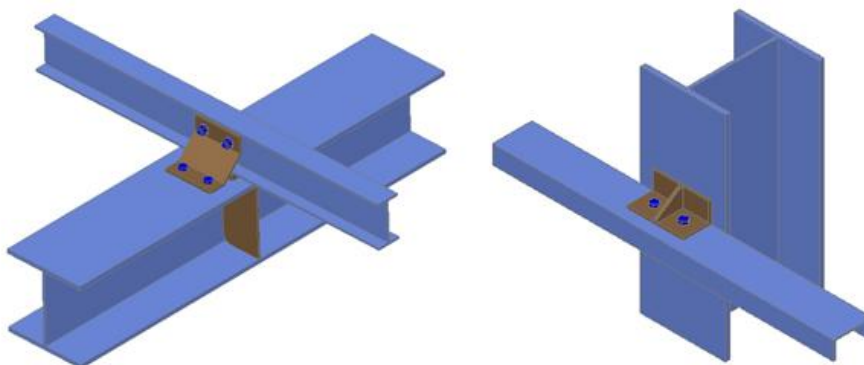
Spoj med nosilcem in stebrom ter spoj med strešnima nosilcema modeliram kot momentna spoja. Spoj strešnih nosilcev je enak pri vseh treh vrstah okvirov. Prikazan je tudi primer priključitve sekundarne nosilne konstrukcije na primarno.



Slika 6: Momentni spoj stebra in strešnega nosilca portalnega okvira



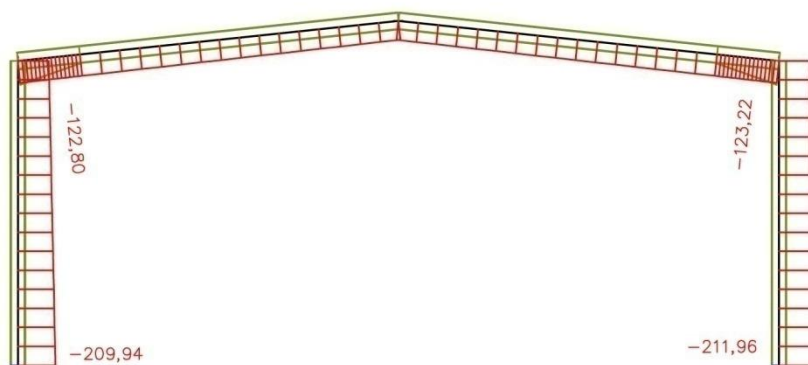
Slika 7: Momentni spoj primarnih nosilcev



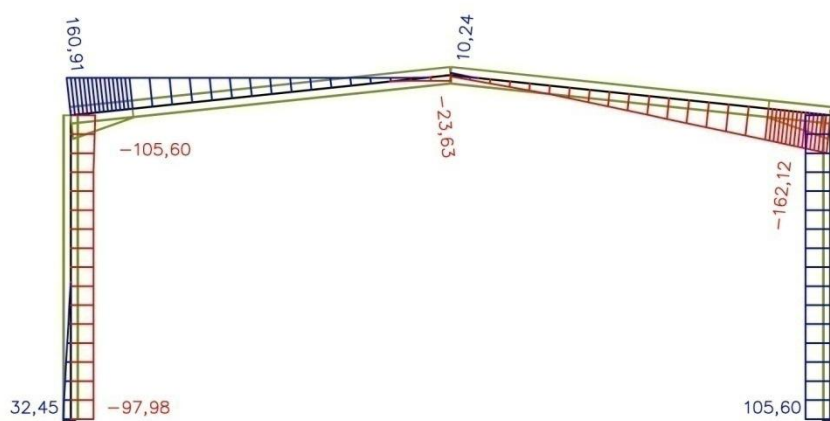
Slika 8: Spoj strešne in fasadne lege (podkonstrukcije), bočno podpiranje

Nosilna konstrukcija je dimenzionirana na obtežbo, ki povzroča notranje sile v elementih okvirne konstrukcije. Te so prikazane v obliki ovojnic notranjih sil.

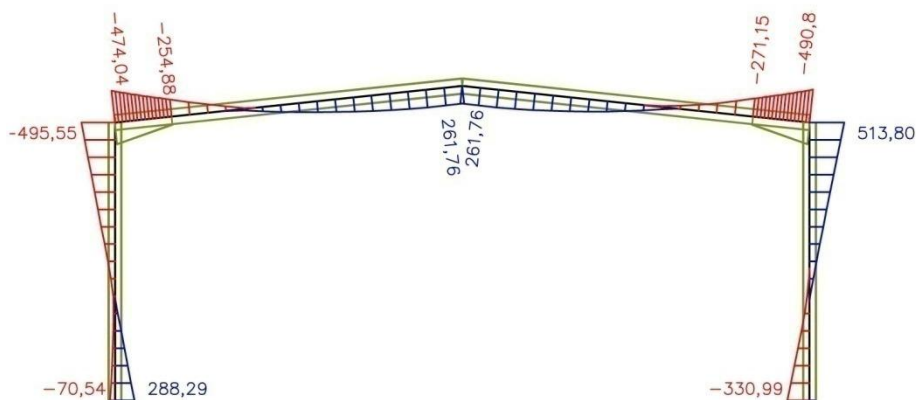
1. Osne sile N [kN]



2. Prečne sile Vz [kN]



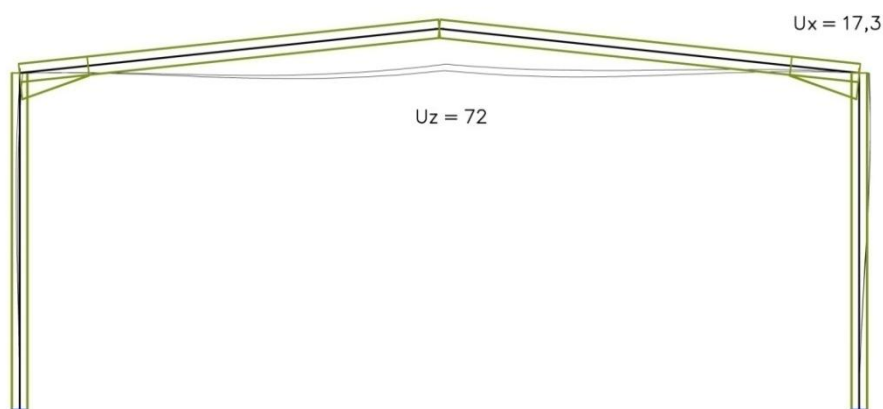
3. Upogibni momenti My [kNm]



Slika 9: Ovojnica notranjih sil portalnega okvira

Iz ovojnic razberem, da je celoten portalni okvir obremenjen s tlačno osno silo. Strižne sile so velike zlasti ob vpetju stebra in strešnega nosilca. Upogibni momenti so veliki, največji v stiku stebra in nosilca. Primarni nosilec njihov vpliv ob vpetju prevzame z vuto. Veliki momenti se pojavijo tudi na mestu vpetja stebra in temelja, saj je ta priključek izveden kot tog. Če primerjam portalni okvir z ostalima dvema zasnovama, je ta veliko bolj obremenjen z upogibnimi momenti in prečnimi silami. Osne sile v primarnem nosilcu so bistveno manjše. Posledično so zaradi tega prerezi elementov bistveno večji.

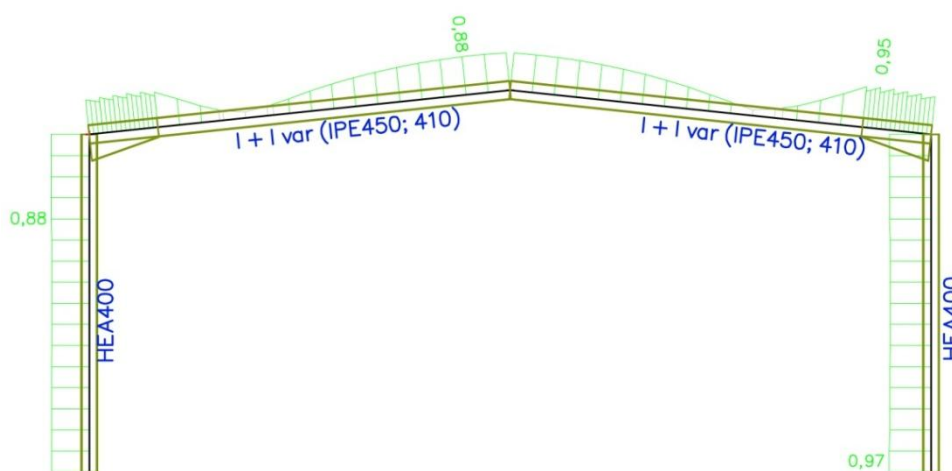
4. Deformacije elementov MSU [mm]



Slika 10: Pomiki konstrukcije portalnega okvira

Vertikalni pomiki konstrukcije so veliki zlasti, če jih primerjam z ostalima dvema zasnovama. Horizontalni pomiki so majhni zaradi velikih prerezov elementov in vute.

5. Izkoriščenost prerezov MSN [%]

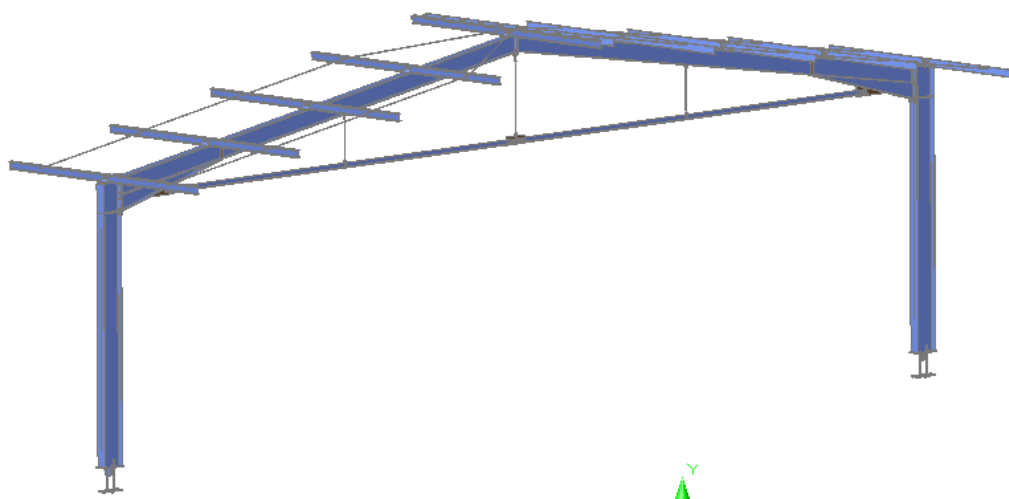


Slika 11: Izkoriščenost prerezov portalnega okvira

Izkoriščenost prerezov je dobra, vendar je potrebno vedeti, da so uporabljeni prerezi bistveno večji od ostalih dveh zasnov okvirov, to doprinese veliko dodatne teže konstrukciji.

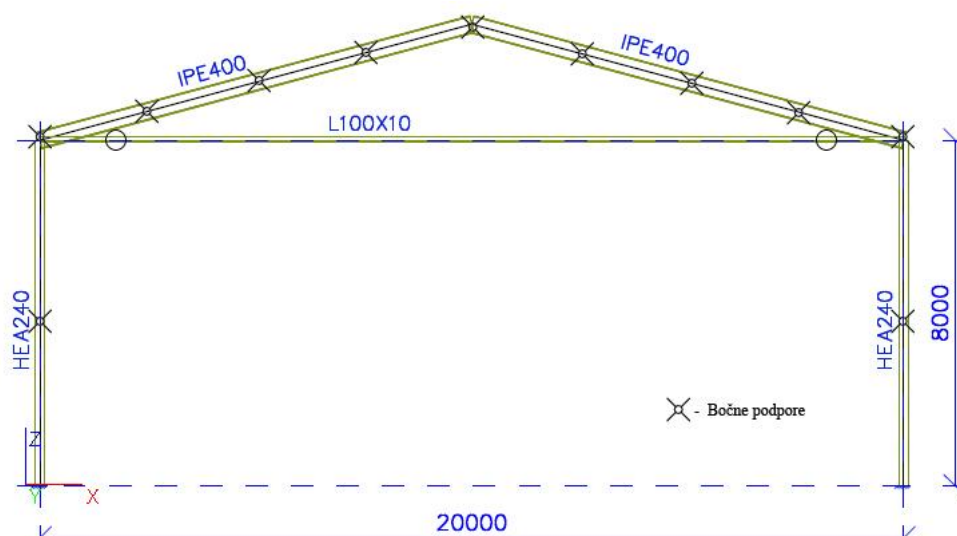
V primeru, da namesto togega priključka stebra na temelj uporabimo členkasti priključek, se nekoliko povečajo momenti v stebru in primarnemu nosilcu na sredini razpona. To pomeni dodatno povečanje prerezov. Horizontalni pomiki so bistveno večji, izkoriščenost še vedno ostaja dobra. Ob povečanju višine stebra se izkoriščenost elementov zelo zmanjša, saj je potrebno pomike omejevati z večanjem prerezov.

3.2.2 Okvir z natezno vezjo



Slika 12: Primer konstrukcije okvira z natezno vezjo

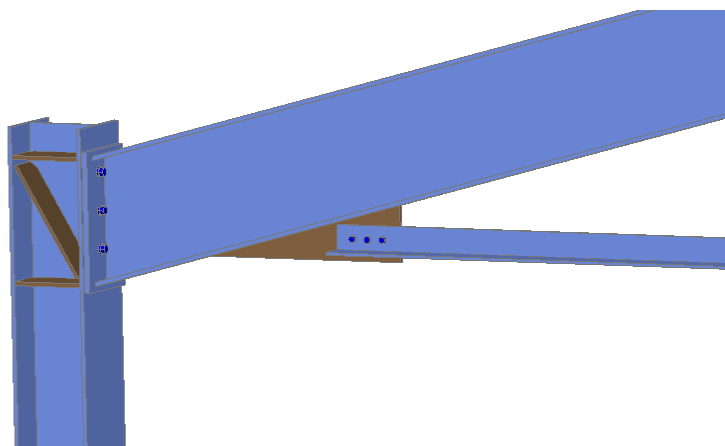
Okvir z natezno vezjo sestavljajo stebri tipa HEA in strešni nosilec tipa IPE. Naklon strehe je večji in znaša 15° . Ta sistem je učinkovitejši pri večjih naklonih streh. Sistem sestavlja še natezna vez, ki povezuje strešna nosilca ob vpetju na steber. Natezna vez je narejena iz L kotnika. Če je natezna sila velika in je ne more prevzeti en sam kotnik skupaj simetrično združimo 2 L kotnika. Ta sistem uporabim pri vseh razponih.



Slika 13: Računalniški model okvira z natezno vezjo

Bočno podpiranje elementov je enako kot pri portalnem okviru. Primarni nosilec podpiram na 2,5 m, stebre na vsakih 4 m višine, pri stebrih višine 6 m pa le teh bočno ne podprem.

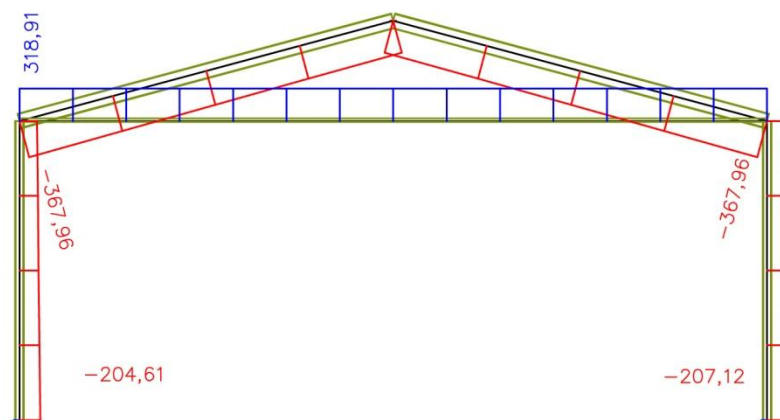
Spoj med primarnim nosilcem in stebrom ter strešnima nosilcema v slemenu okvira modeliram kot momentni spoj. Priključek natezne vezi na vrh stebra oz. nosilec modeliram kot členkast spoj.



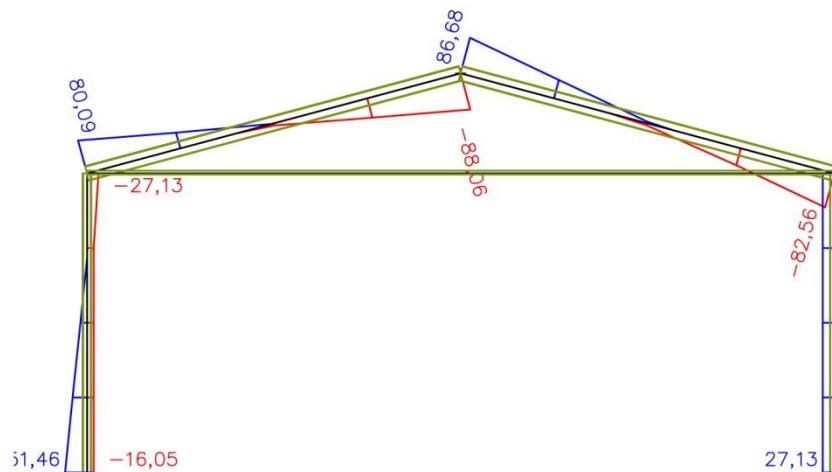
Slika 14: Momentni spoj stebra in strešnega nosilca ter členkast spoj nosilca in natezne vezi

Ovojnice notranjih sil okvira z natezno vezjo glej *slika 13*.

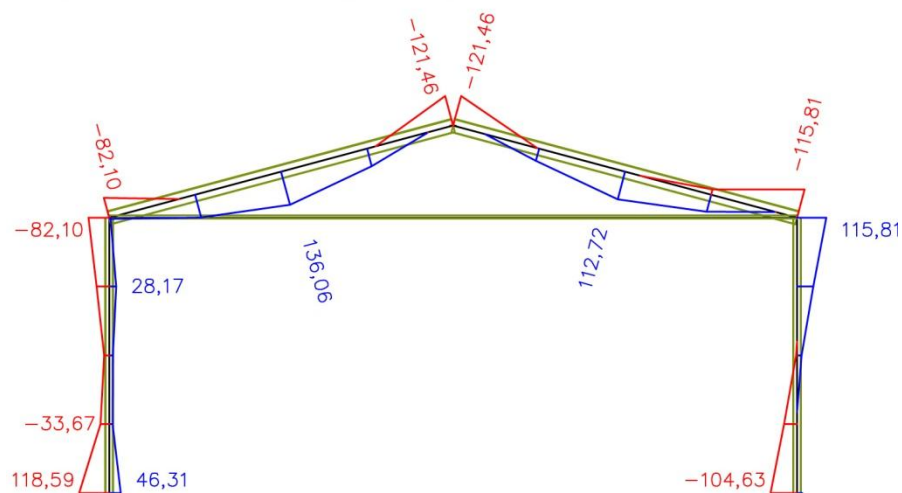
1. Osne sile N [kN]



2. Prečne sile Vz [kN]



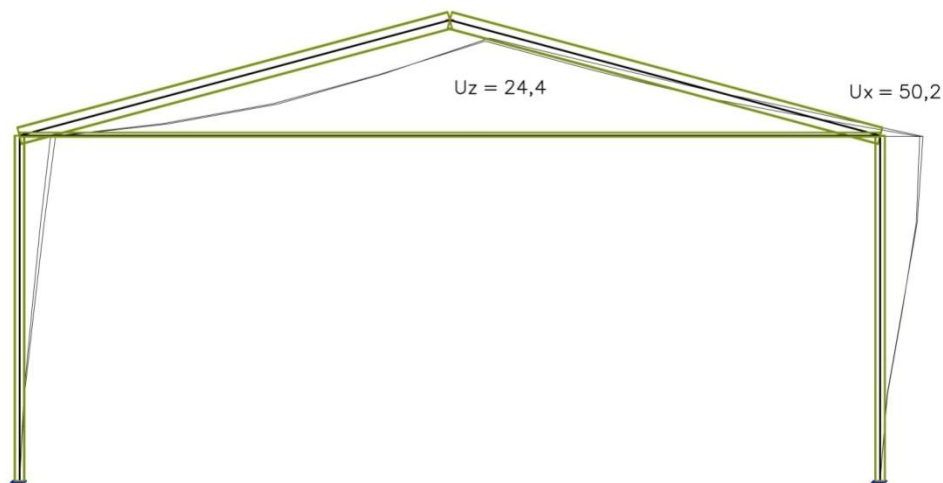
3. Upogibni momenti My [kNm]



Slika 15: Ovojnica notranjih sil okvira z natezno vezjo

V okviru z natezno vezjo se pojavijo tako tlačne kot tudi natezne osne sile. Tlačne sile prevzemajo primarni nosilci, natezno osno silo pa natezna vez. Natezna vez prevzame osne sile iz primarnega nosilca, zato so strižne sile in upogibni momenti nekajkrat manjši od portalnega okvira, osne sile pa veliko večje. Prerezi so zaradi takih notranjih sil manjši.

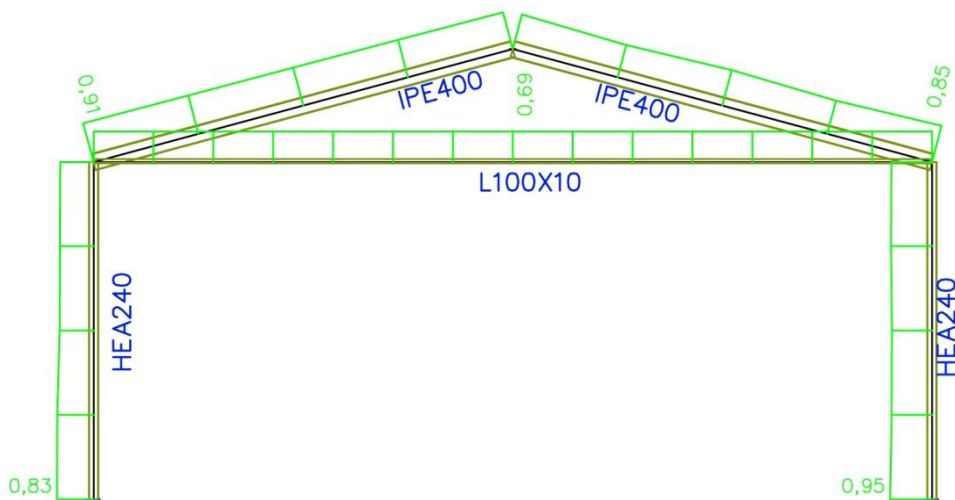
4. Deformacije elementov MSU [mm]



Slika 16: Pomiki konstrukcije okvira z natezno vezjo

Vertikalni pomiki konstrukcije so majhni zaradi horizontalne vezi, ki preprečuje razmikanje stebrov na vrhu. Ta zasnova konstrukcije je veliko bolj občutljiva na horizontalne pomike. Ti so poleg tega večji tudi zaradi bistveno manjših prerezov.

5. Izkoriščenost prerezov MSN [%]

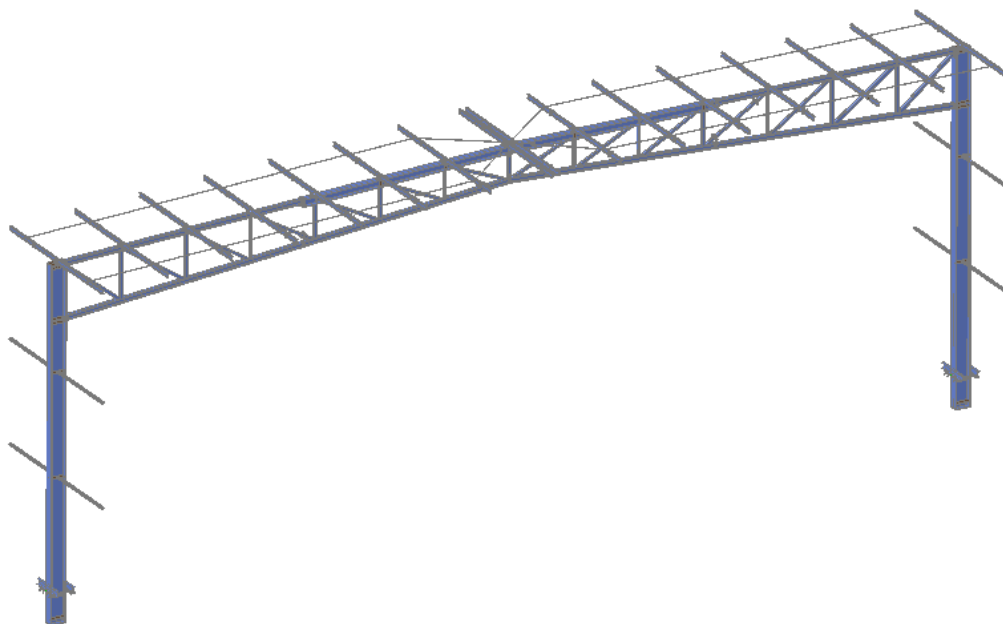


Slika 17 : Izkoriščenost prerezov okvira z natezno vezjo

Izkoriščenost prerezov je dobra, manjši so tudi uporabljeni prerezi, zato je teža te konstrukcije manjša od portalnega okvira.

V primeru, da namesto togega priključka stebra na temelj uporabimo členkasti priključek, se zaradi večje podajnosti okvira zmanjšajo osne sile, prečne sile ostanejo podobne, bistveno pa se povečajo upogibni momenti. Zaradi tega se prerezi nekoliko povečajo. Horizontalni pomiki so veliko večji, zato jih je potrebno omejevati z večjimi prerezi stebrov in tudi primarnih nosilcev. Posledično je izkoriščenost prerezov mnogo slabša.

3.2.3 Okvir s paličnim strešnim nosilcem

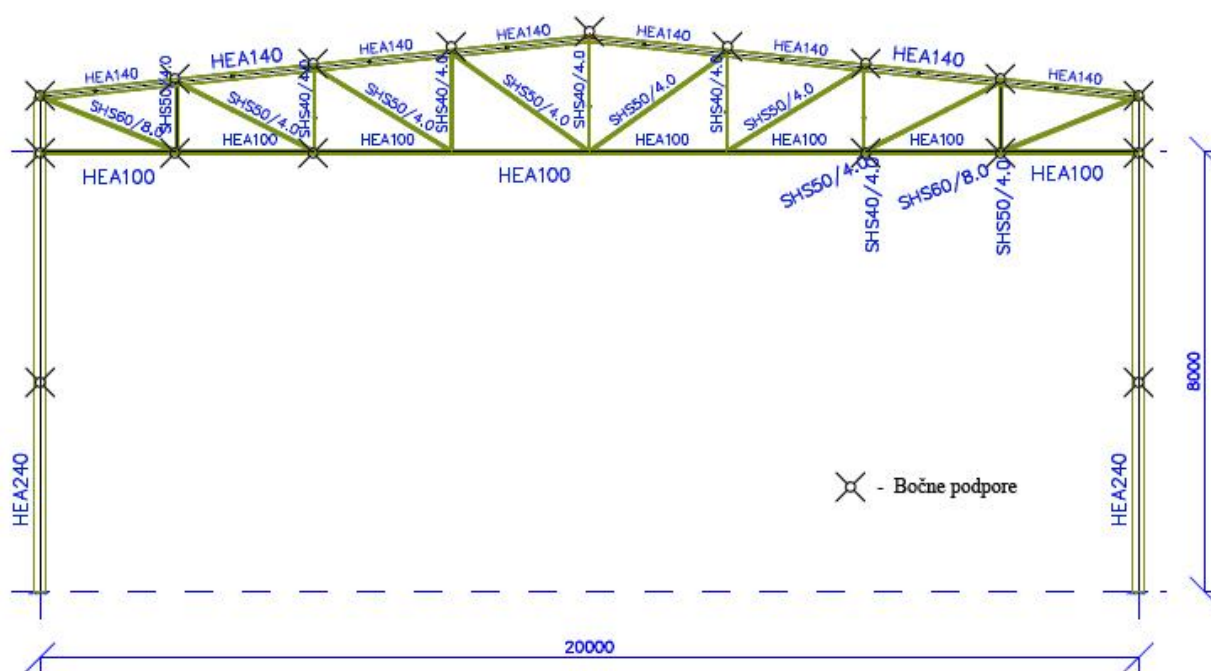


Slika 18: Primer konstrukcije okvira s paličnim strešnim nosilcem

Okvir je izveden kot momentni okvir. To zasnovo okvira tvorita stebra tipa HEA in palični strešni nosilec. Palični strešni nosilec je sestavljen iz zgornjega pasu, spodnjega pasu, vertikal in diagonal. Zgornji in spodnji pas sta narejena iz HEA profilov, vertikalne in diagonale pa iz škatlastih SHS profilov. Prednost paličnih konstrukcij je, da lahko prereze elementov, ki tvorijo rešetko, optimiziramo in velikost elementov prilagodimo njihovi obremenitvi. Uporabimo profile različnih velikosti. Zgornji pas je vseskozi enak, medtem ko je spodnji pas izdelan iz dveh velikosti HEA profilov. Prvo in zadnje polje, kjer se spodnji pas priključi na stebri, je običajno močno tlačno obremenjeno, zato tu omogočim prerez večje velikosti. Osrednji del sp. pasu je tegnjen, zato je tu uporabljen drug prerez HEA profila. Podobno je

tudi z diagonalami in vertikalami. Te so v prvem polju močnejše obremenjene z nateznimi in tlačnimi silami, zato jim je omogočena večja velikost prerezov. Vertikale in diagonale v osrednjem delu rešetke so drugih dimenzij.

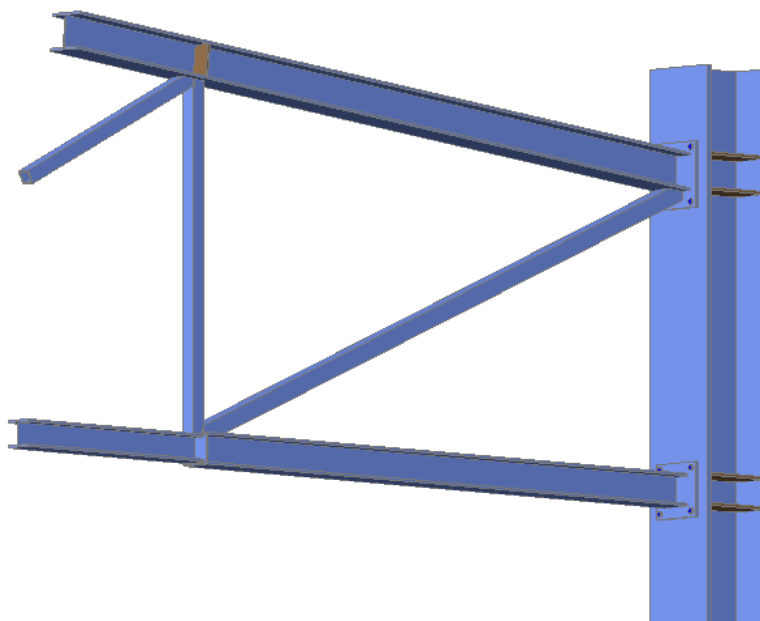
Naklon strehe znaša 6° . Višina rešetke na sredini je lahko največ 2,5m, ob vpetju na steber pa je 1m. Vertikale v rešetki razmestim na osne razdalje od 2,25m do 2,5m tako, da podpirajo strešne lege na zgornjem pasu. Diagonale so usmerjene proti notranjosti okvira. Sistem s paličjem računam za razpon 18, 20, 24 in 30m.



Slika 19: Računalniški model okvira s paličnim strešnim nosilcem

Zgornji pas bočno podpiram na razdalji od 2,25 do 2,5m. Spodnji pas podpiram v prvih in zadnjih dveh poljih na mestu vozlišč vertikal s spodnjim pasom. Stebre bočno podprem na vsake 4m. Vertikal in diagonal bočno ne podpiram.

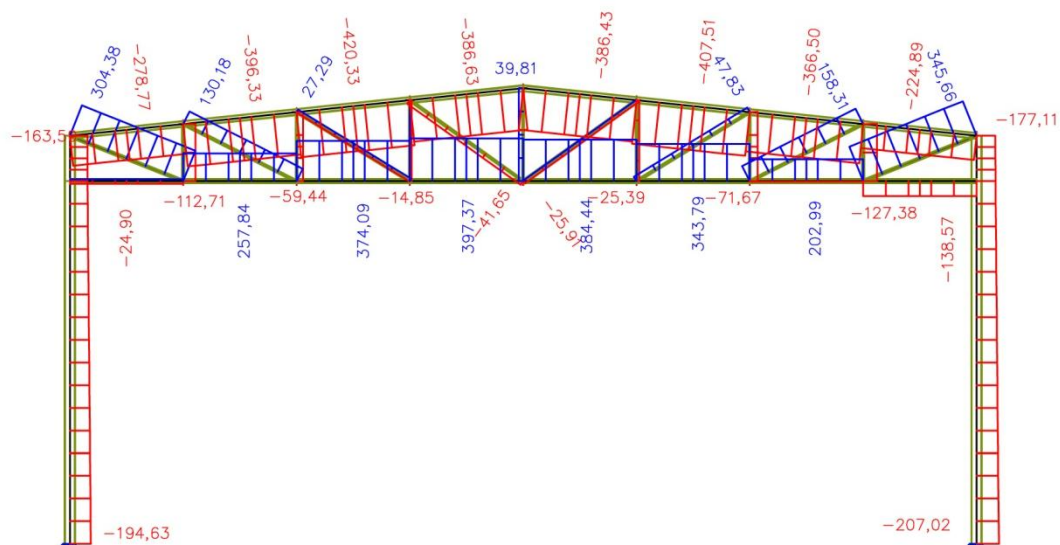
Zgornji ter spodnji pas priključim na steber z momentnimi spoji. Ostali spoji med pasovima, vertikalami ter diagonalami so prav tako momentni v varjeni izvedbi.



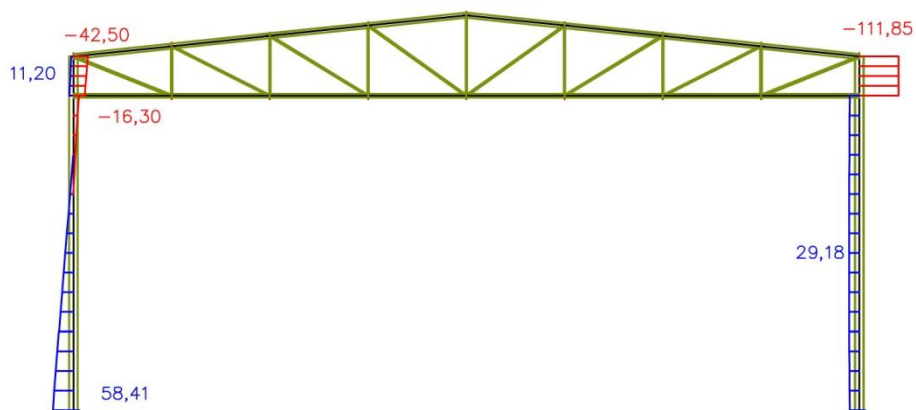
Slika 20: Momentni spoji okvira s paličnim strešnim nosilcem

Ovojnice notranjih sil okvira z natezno vezjo glej *silka 21*.

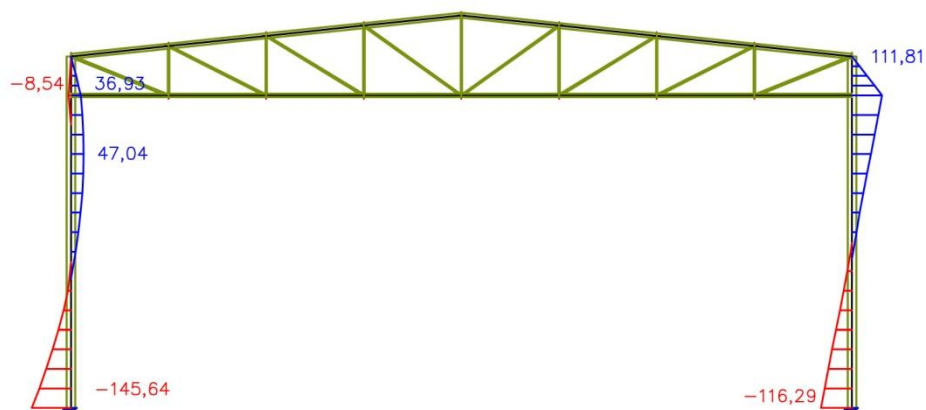
1. Osne sile N [kN]



2. Prečne sile Vz [kN]



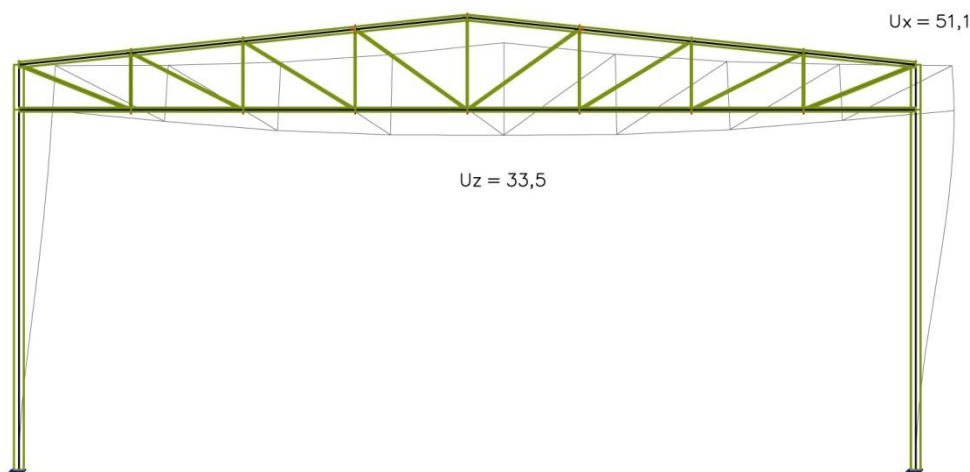
3. Upogibni momenti My [kNm]



Slika 21: Ovojnica notranjih sil okvira s paličnim strešnim nosilcem

V okviru s paličnim strešnim nosilcem so osne sile bistvene za dimenzioniranje. V rešetki se pričakovano pojavljajo samo velike osne sile (sistem paličja). Zgornji pas je močno tlačno obremenjen, medtem ko spodnji pas prevzema velik nateg. V prvem in zadnjem polju spodnjega pasu se pojavi velika tlačna obremenitev. Vertikale so obremenjene na tlak. Vse diagonale razen srednjih dveh, kjer se pojavlja majhna tlačna sila, so obremenjene z natezno osno silo. Diagonali in vertikali so v prvem in zadnjem polju obremenjene z veliko večjo osno silo kot v osrednjem delu rešetke. Prečne sile v stebru so nekoliko večje le na spoju med zg. in sp. pasom. Steber je obremenjen tudi z upogibnim momentom, ki je nekoliko večji od momenta okvira z natezno vezjo.

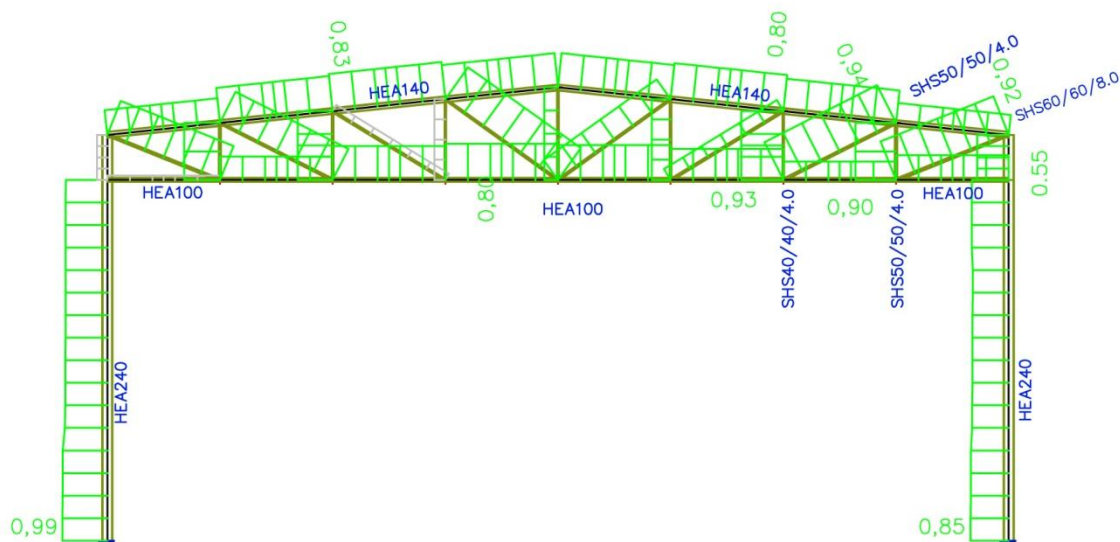
4. Deformacije elementov MSU [mm]



Slika 22: Pomiki konstrukcije okvira z paličnim strešnim nosilcem

Zaradi momentnih vpetij ima ta sistem okvira veliko horizontalno togost. Zaradi višine rešetke in njenih elementov ta zasnova okvira ni občutljiva na vertikalne in horizontalne pomike. Horizontalni pomiki so nekoliko večji, vendar zgolj zaradi majhnih prereзов elementov.

5. Izkoriščenost prerezov MSN [%]



Slika 23: Izkoriščenost prerezov okvira z paličnim strešnim nosilcem

Ker je rešetka obremenjena le z osnimi silami in poleg tega optimiziram posebej posamezne dele rešetke, je izkoriščenost prerezov zelo dobra. Dobra je tudi izkoriščenost stebrov. Palična konstrukcija ima zaradi majhnih in prilagodljivih prerezov dobro razmerje med nosilnostjo in porabo materiala.

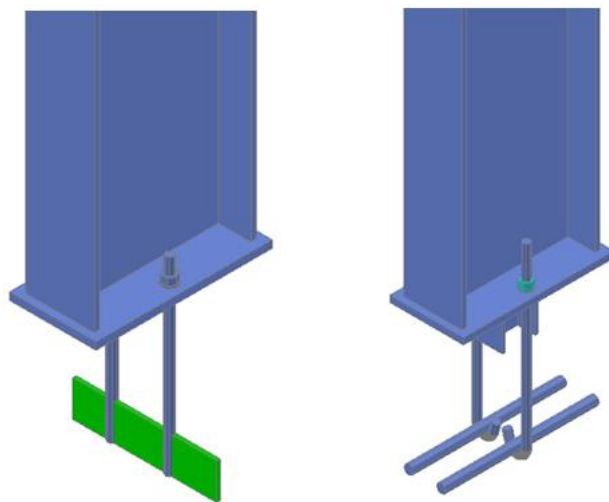
V primeru da namesto togega priključka stebra na temelj uporabimo členkasti priključek, se osne sile zaradi večje podajnosti okvira nekoliko povečajo zlasti v prvem in zadnjem polju rešetke. Bistveno se povečajo tudi prečne sile in upogibni momenti v tem delu. Zaradi tega se prerezi elementov rešetke večji. Horizontalni pomiki se povečajo, zato jih zmanjšam z večjim prerezom stebra. Izkoriščenost rešetke še vedno ostaja dobra, izkoriščenost stebra pa nekoliko manjša.

3.3 Vrsta vpetja stebrov v temelj

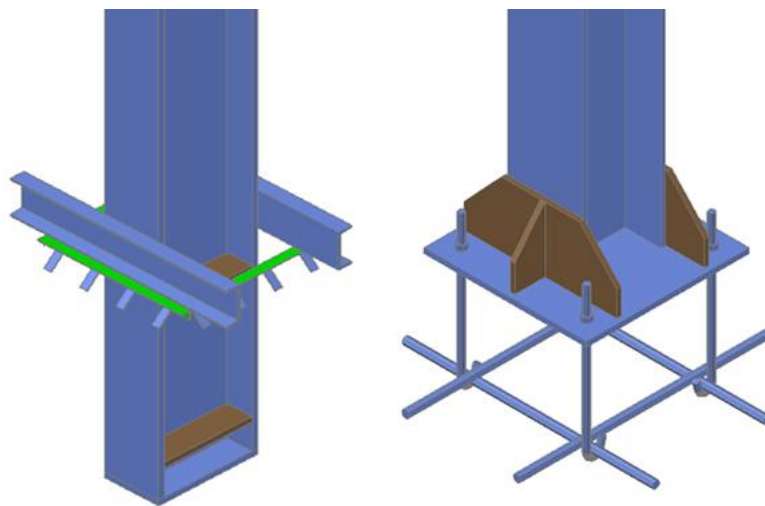
Stebre lahko na točkovni temelj pritrdimo:

- *členkasto*
- *togo*

Če izvedemo členkast stik, lahko pričakujemo večje horizontalne pomike konstrukcije, zato pa bo temelj manj obremenjen in bo lahko imel manjše dimenzije. Pri togem vpetju konstrukcija postane bolj horizontalno toga, prerezi elementov pa se zaradi prerazporeditve momentov zmanjšajo. Vendar s tem ukrepom temelj dodatno obremenimo z momentom, ki močno poveča dimenzije temelja.



Slika 24: Detajl izvedbe togega priključka stebra na temelj



Slika 25: Detajl izvedbe togega priključka stebra na temelj

3.4 Vrsta materiala

Nosilna konstrukcija okvira je lahko izdelan iz treh vrst konstrukcijskega jekla v skladu z standardom EN 10025:1993. Uporablja se mehko konstrukcijsko jeklo kvalitete:

- **S235**
- **S275**
- **S355.**

Priključne pločevine in vezna sredstva (zvari) imajo enako kvaliteto jekla kot glavna nosilna konstrukcija.

3.5 Vrste prerezov

Nosilno konstrukcijo okvira lahko sestavljata dve vrsti prerezov:

- ***vroče valjani prerezi***
- ***varjeni prerezi***

Celotna naloga je izračunana zgolj z uporabo vroče valjanih profilov. Njihova cena je nižja, ker se kupijo v obliki že narejenih standardnih profilov. Stebre in nosilce iz varjencev je potrebno zvariti iz pločevin. Tehnologija avtomatske izdelave varjencev je draga in trenutno take tehnologije v podjetju Trimu Trebnje ne podpirajo. Varjene prereze lahko naredijo po enostavnejših metodah, vendar to vzame veliko časa.

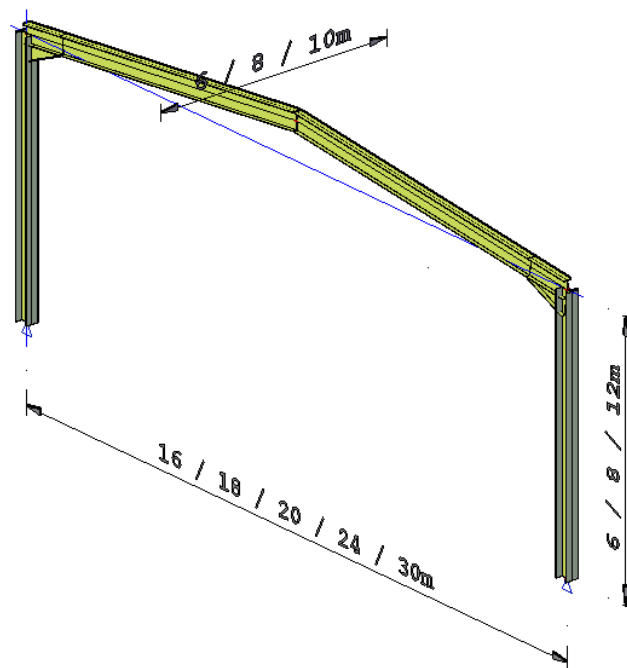
Naredil bom primerjavo konstrukcije narejene iz varjenih prerezov z ostalimi vrstami okvirov, kjer so uporabljeni vroče valjani prerezi. S to primerjavo bom ocenil ali je uporaba varjenih prerezov upravičena glede na manjšo težo in dražjo izvedbo.

3.6 Višina in razpon hale

Okvir opisujejo spodaj navedene dimenzije, ki so najbolj običajne pri enoetažnih okvirnih konstrukcijah. Geometrija okvira je močno povezana z uporabo strešnega nosilca.

Geometrijo okvira opisuje:

- razpon med stebri
- osna višina stebra v kapni legi
- raster okvirov



Slika 26 : Geometrija okvirov z dimenzijami

Razponi so: 16, 18, 20, 24 in 30m. Pri manjših razponih palični nosilec ni optimalna izbira, saj ima rešetko, ki jo sestavlja več elementov. Ti so omejeni z dimenzijami in jih na neki točki ni mogoče več zmanjšati. Tako skupna teža paličnega nosilca preseže težo primarnega nosilca portalnega okvira ali okvira z natezno vezjo. Potrebno je upoštevati tudi dražjo izvedbo paličnega strešnega nosilca. Podobno je s smiselnostjo uporabe polnostenskih nosilcev pri večjih razponih. Ta vrsta okvirov zahteva že pri majhnih obtežbah uporabo največjih možnih profilov, zaradi mejnega stanja nosilnosti ali mejnega stanja uporabnosti. Sistem z natezno vezjo uporabim pri vseh razponih.

Višina stebrov v kapni legi je: 6, 8 ali 12m. Ta višina mora biti približno enaka notranji svetli odprtini enoprostorne jeklene hale. Zato v primeru okvira s paličnim strešnim nosilcem višino stebrov povečam za 1m, kolikor je višina rešetke ob priključku na steber.

Rastri ali razmiki med okviri so: 6,8 in 10m.

3.7 Obtežba

Na konstrukcijo deluje; stalna obtežba, obtežba snega in vetrna obtežba. Velikosti obtežb so določene v naprej in so vrednosti običajnih vplivov na slovenskem območju. Velikost snežne in vetrne obtežbe se na konstrukciji spreminja.

Okvire obremenim s spodaj naštetimi vrednostmi. Portalni okvir in okvir z natezno vezjo obremenjujem s porazdeljenimi obtežbami, medtem ko palični strešni nosilec obremenjujem s točkovnimi silami.

Velikost obtežbe, ki deluje na okvir, je odvisna tudi od rastra med okviri [B]:

$$F = p[\text{kN/m}^2] \cdot B[\text{m}]$$

3.7.1 Lastna in stalna obtežba

Lastno in stalno obtežbo enoetažne jeklene konstrukcije sestavlja lastna teža profilov, ki tvorijo primarno nosilno konstrukcijo, ter teža vseh nepremičnih elementov. Lastna teža je avtomatično upoštevana v računalniškem modelu.

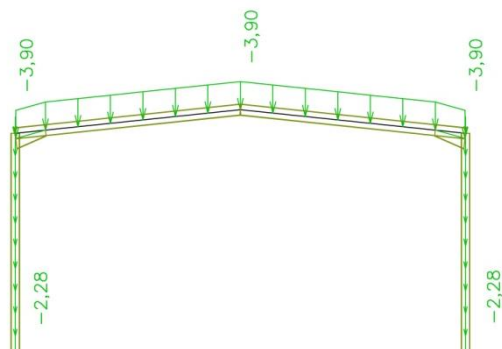
Stalna obtežba, ki deluje na objekt, je teža fasade in njene podkonstrukcije. Za fasado in strešno konstrukcijo izberem Trimo panele.

Teža strehe:

- kritina	$g = 0,35 \text{ kN/m}^2$
- lege	$g = 0,10 \text{ kN/m}^2$
- <u>instalacije</u>	<u>$g = 0,20 \text{ kN/m}^2$</u>
Skupaj:	$g_{\text{str}} = 0,65 \text{ kN/m}^2$

Teža fasade:

- fasadna obloga	$g = 0,30 \text{ kN/m}^2$
- <u>podkonstrukcija</u>	<u>$g = 0,08 \text{ kN/m}^2$</u>
Skupaj:	$g_{\text{fas}} = 0,38 \text{ kN/m}^2$



Slika 27: Stalna teža G

3.7.2 Koristna obtežba

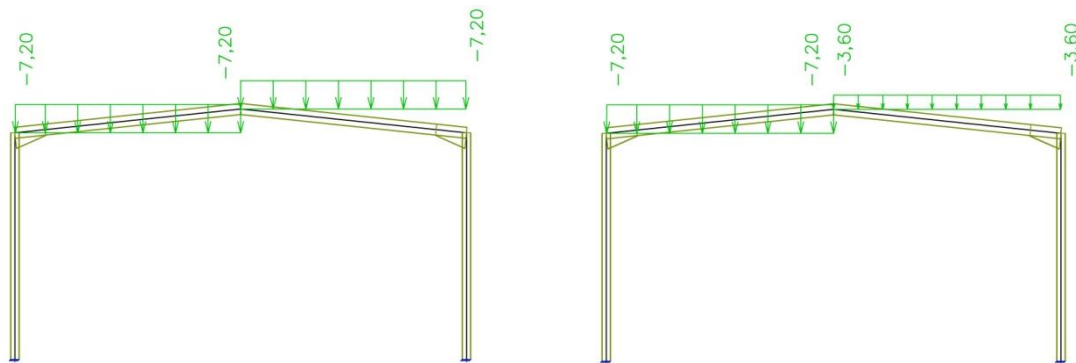
Na okvirno konstrukcijo ne deluje nobena koristna obtežba.

3.7.3 Obtežba snega

Objekt se lahko nahaja na različnih lokacijah zato sem izbral štiri možne obtežbe snega. Obtežba snega je odvisna od nadmorske višine in cone v kateri se nahaja. Obtežba snega je na objekt podana skladno z standardom SIST EN 1991-1-3:2004.

Izberem vrednosti, ki so običajne za gradnjo v Sloveniji:

- $s = 1,0 \text{ kN/m}^2$
- $s = 1,2 \text{ kN/m}^2$
- $s = 1,5 \text{ kN/m}^2$
- $s = 2,0 \text{ kN/m}^2$



Slika 28: Obtežba snega S

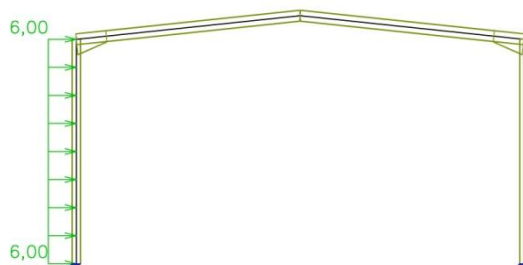
3.7.4 Obtežba vetra

Velikost delovanja vetra je odvisna od lokacije objekta in njegove višine. Poleg tega je potrebno objekt razdeliti na cone, saj veter ne deluje konstantno po celem prerezu. Veter deluje na objekt s pritiskom in srkom. K temu je potrebno prišteti še vpliv notranjih pritiskov in srkov v objektu.

Objekt se lahko nahaja na različnih lokacijah, zato sem izbral tri možne obtežbe vetra. Vetrno obtežbo nisem podajal v skladu s standardom SIST EN 1991-1-4:2005. Konstrukcijo sem z vetrom obremenil zgolj na čelni fasadi, srkov in pritiskov ter vpliv vetra na strehi nisem upošteval.

Izberem vrednosti, ki so običajne za gradnjo v Sloveniji:

- $w = 0,40 \text{ kN/m}^2$
- $w = 0,60 \text{ kN/m}^2$
- $w = 1,00 \text{ kN/m}^2$



Slika 29: Obtežba vetra W

3.7.5 Potresna obtežba

Potresno obtežbo na konstrukciji ne upoštevam, ker potres pri enoetažnih jeklenih konstrukcijah običajno ni merodajen za dimenzioniranje.

4 MODELIRANJE IN ANALIZA

4.1 Splošno

Za izvedbo statične analize okvirnih konstrukcij sem izbral računalniški program SCIA ESA. Konstrukcijske sisteme sem podal in računal kot ravninski računski model. Konstrukcija je računana po elastični teoriji, teoriji drugega reda ob upoštevanju začetnih geometrijskih nepopolnosti.

Začetna globalna geometrijska nepopolnost za okvir z eno etažo in dvema stebroma:

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

4.2 Obtežne kombinacije

Obtežne kombinacije so narejene v skladu s standardom, SIST EN 1990: 2004

4.2.1 Mejno stanje nosilnosti

Osnovna kombinacija vplivov za stalna in začasna projektna stanja:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Za kontrolo mejnega stanja nosilnosti upoštevam naslednje obtežne kombinacije:

1. $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot W + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S1$
2. $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot W + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S2$
3. $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S1 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot W$
4. $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S2 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot W$
5. $1,00 \cdot G + 1,5 \cdot W$

Kjer so:

G stalna obtežba

Wobtežba z vetrom

S obtežba snega

4.2.2 Mejno stanje uporabnosti

Osnovna kombinacija za mejno stanje uporabnosti:

$$1,0 \cdot G + \psi_1 \cdot Q_k + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_i$$

Za kontrolo mejnega stanje uporabnosti upoštevam naslednje obtežne kombinacije:

1. $1,0 \cdot G + 0,9 \cdot (W + S1)$
2. $1,0 \cdot G + 0,9 \cdot (W + S2)$

4.3 Analiza

V programu najprej vsak primer označim z zaporedno številko glede na zasnovo, dimenzije in obtežbo. Nato izberem način analize konstrukcije ter material, ki ga uporabim. V program podam geometrijo konstrukcije, izberem začetne prereze profilov in posamezne elemente ustrezno bočno podprem. Sledi definiranje in podajanje obtežb, ki delujejo na konstrukcijo. Obtežbe, med seboj kombiniram z nelinearnimi obtežnimi kombinacijami ter jih združim v skupini s katerima bom lahko preverjal MSN in MSU. Kontrola nosilnosti v mejnem stanju in mejnem stanju uporabnosti obsega:

- nosilnost prerezov
- stabilnost nosilnih elementov
- kontrolo horizontalnih in vertikalnih pomikov v mejnem stanju uporabnosti

Če katera od zgoraj navedenih kontrol ni izpolnjena ali ne ustreza zahtevam, postopek računanja ponovim. Pred ponovnim izračunom povečam ali zmanjšam prereze elementov. Konstrukcija je optimizirana.

4.4 Kontrole nosilnosti

4.4.1 Mejno stanje nosilnosti MSN

Preverim odpornost konstrukcije na obremenitve. Pri mejnem stanju nosilnosti kontroliram, da izkoriščenost prerezov elementov, ki sestavljajo konstrukcijo, ni večja od njihove nosilnosti.

4.4.2 Mejno stanje uporabnosti MSU

Konstrukcija mora izpolnjevati zahtevam glede: deformacij, upogibov in vibracij. Njihove vrednosti so omejene na največje dovoljene. Pri enoetažni okvirni konstrukciji, ki nima žerjavnih prog, pomike omejimo na naslednje vrednosti:

- $u_x \leq h/150$... horizontalni pomik vozlišča na vrhu stebra, h - višina stebra
- $u_z \leq L/250$... vertikalni pomik nosilca na vrhu strehe na sredini razpona, L - razpon

4.5 Izpis

Vsak izračunan okvir ima izpisano poročilo dimenzioniranja. V poročilu je navedena: geometrija, izpis kontrole prerezov elementov, izpis pomikov in teža konstrukcije.

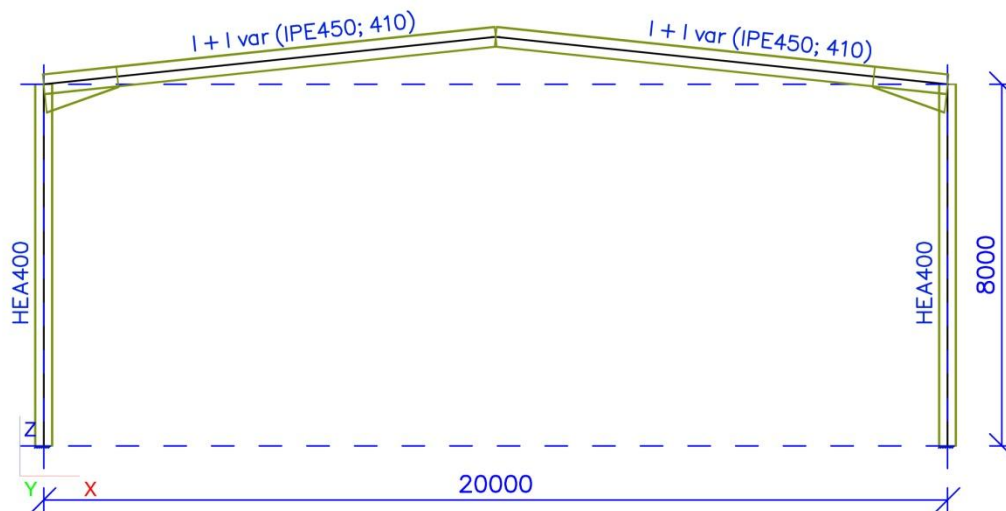
Na naslednjih straneh so priloženi izpisi treh zasnov okvirov. Izpisi so nekoliko prilagojeni. Za okvire s togim vpetjem na temelj vsebujejo: poročilo dimenzioniranja in težo. Za okvire s členkastim vpetjem pa prikazujejo grafike: deformacijske oblike, izkoriščenosti prerezov, notranje sile in teže konstrukcije.

Da so izpisi različnih zasnov med seboj primerljivi, izberem okvire enakih dimenzij, materiala in obtežbe. Primerjani okviri bodo imeli naslednjo zasnovo in obtežbo:

- razpon 20m , višina stebrov 8m, razmik med okviri 6m
- togo / členkasto vpetje
- jeklo kvalitete S235
- obtežba: veter $1,0 \text{ kN/m}^2$, sneg $1,2 \text{ kN/m}^2$ (običajna obtežba v Sloveniji)

Project	Portalni okvir - togo vpetje
Part	Primer 20_4 / 10

1. Geometrija



2. Check of steel - STEBER

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B4 | HEA400 | S 235 | NC3 | 0.97

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-211.70	-0.00	107.41	-0.00	-339.94	-0.00

The critical check is on position 0.00 m

Buckling parameters	yy	zz	
type	sway	non-sway	
Slenderness	47.50	54.52	
Reduced slenderness	0.51	0.58	
Buckling curve	a	b	
Imperfection	0.21	0.34	
Reduction factor	0.92	0.85	
Length	8.00	8.00	m
Buckling factor	1.00	0.50	
Buckling length	8.00	4.00	m
Critical Euler load	14605.47	11088.50	kN

LTB		
LTB length	4.00	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	2.69	

Project	Portalni okvir - togo vpetje
Part	Primer 20_4 / 10

LTB	
C2	0.00
C3	0.68

load in center of gravity

SECTION CHECK	
Compression check	$0.06 < 1$
Shear check (V_z)	$0.14 < 1$
Bending moment check (M_y)	$0.57 < 1$
M	$0.57 < 1$

STABILITY CHECK	
Buckling	$0.07 < 1$
LTB	$0.58 < 1$
Compression + Moment	$0.97 < 1$
Compression + Moment	$0.54 < 1$

3. Check of steel - STREŠNI NOSILEC Z VUTO

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B3 | I + I var | S 235 | NC3 | 0.95

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-120.15	-0.00	-140.66	-0.00	-320.65	-0.00

The critical check is on position 8.74 m

Buckling parameters	yy	zz	
type	sway	non-sway	
Slenderness	50.83	57.44	
Reduced slenderness	0.54	0.61	
Buckling curve	b	c	
Imperfection	0.34	0.49	
Reduction factor	0.87	0.78	
Length	10.06	10.06	m
Buckling factor	1.00	0.25	
Buckling length	10.06	2.50	m
Critical Euler load	10609.19	8308.25	kN

LTB	
LTB length	2.50 m
k	1.00
kw	1.00
C1	2.19
C2	0.13
C3	0.85

Project	Portalni okvir - togo vpetje
Part	Primer 20_4 / 10

load in center of gravity

SECTION CHECK	
Compression check	0.04 < 1
Shear check (Vz)	0.23 < 1
Bending moment check (My)	0.77 < 1
M	0.73 < 1

STABILITY CHECK	
Buckling	0.05 < 1
Torsional-flexural buckling	0.08 < 1
LTB	0.84 < 1
Compression + Moment	0.92 < 1
Compression + Moment	0.95 < 1

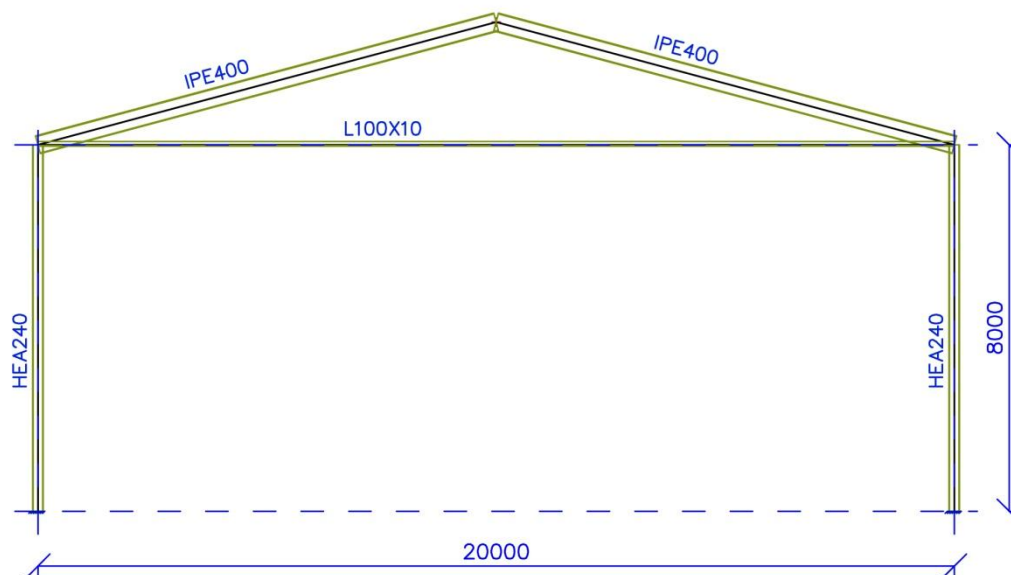
4. Poraba materiala

Name	Mass [kg]	Surface [m ²]	Volume [m ³]
Total results :	3678,51	65,469	4,6860e-001

CSS	Material	Unit mass [kg/m]	Length [m]	Mass [kg]	Surface [m ²]	Unit volume mass [kg/m ³]	Volume [m ³]
CS1 - HEA400	S 235	124,82	16,000	1997,04	30,583	7850,00	2,5440e-001
CS3 - I + I var (IPE450; 410)	S 235	83,61	20,110	1681,47	34,886	7850,00	2,1420e-001

Project	Okvir z natezno vezjo - togo vpetje
Part	Primer 20_10 / 10

1. Geometrija



2. Check of steel -STEBER

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B4 | HEA240 | S 235 | NC3 | 0.95

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-207.65	-0.00	26.96	-0.00	-101.28	-0.00

The critical check is on position 0.00 m

Buckling parameters	yy	zz	
type	sway	non-sway	
Slenderness	79.59	66.60	
Reduced slenderness	0.85	0.71	
Buckling curve	b	c	
Imperfection	0.34	0.49	
Reduction factor	0.69	0.72	
Length	8.00	8.00	m
Buckling factor	1.00	0.50	
Buckling length	8.00	4.00	m
Critical Euler load	2513.05	3588.22	kN

LTB		
LTB length	4.00	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	2.68	

Project	Okvir z natezno vezjo - togo vpetje
Part	Primer 20_10 / 10

LTB	
C2	0.01
C3	0.68

load in center of gravity

SECTION CHECK	
Compression check	0.12 < 1
Shear check (Vz)	0.08 < 1
Bending moment check (My)	0.58 < 1
M	0.58 < 1

STABILITY CHECK	
Buckling	0.17 < 1
LTB	0.60 < 1
Compression + Moment	0.95 < 1
Compression + Moment	0.59 < 1

3. Check of steel -STREŠNI NOSILEC

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B2 | IPE400 | S 235 | NC3 | 0.91

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-368.36	-0.00	79.57	-0.00	-60.60	-0.00

The critical check is on position 0.00 m

Buckling parameters	yy	zz	
type	sway	non-sway	
Slenderness	62.57	63.31	
Reduced slenderness	0.67	0.67	
Buckling curve	a	b	
Imperfection	0.21	0.34	
Reduction factor	0.86	0.80	
Length	10.35	10.35	m
Buckling factor	1.00	0.24	
Buckling length	10.35	2.50	m
Critical Euler load	4472.94	4370.17	kN

LTB	
LTB length	2.50 m
k	1.00
kw	1.00
C1	1.36
C2	1.29
C3	1.73

Project	Okvir z natezno vezjo - togo vpetje
Part	Primer 20_10 / 10

load in center of gravity

SECTION CHECK	
Compression check	$0.19 < 1$
Shear check (V_z)	$0.14 < 1$
Bending moment check (M_y)	$0.22 < 1$
M	$0.41 < 1$

STABILITY CHECK	
Buckling	$0.23 < 1$
LTB	$0.25 < 1$
Compression + Moment	$0.89 < 1$
Compression + Moment	$0.91 < 1$

4. Check of steel - NATEZNA VEZ

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B5 | L100X10 | S 235 | NC3 | 0.69

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
311.06	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00

The critical check is on position 0.00 m

LTB		
LTB length	20.00	m
k	1.00	
k _w	1.00	
C1	1.00	
C2	0.00	
C3	1.00	

load in center of gravity

SECTION CHECK	
Normal force check	$0.69 < 1$
M	$0.69 < 1$

STABILITY CHECK

Project	Okvir z natezno vezjo - togo vpetje
Part	Primer 20_10 / 10

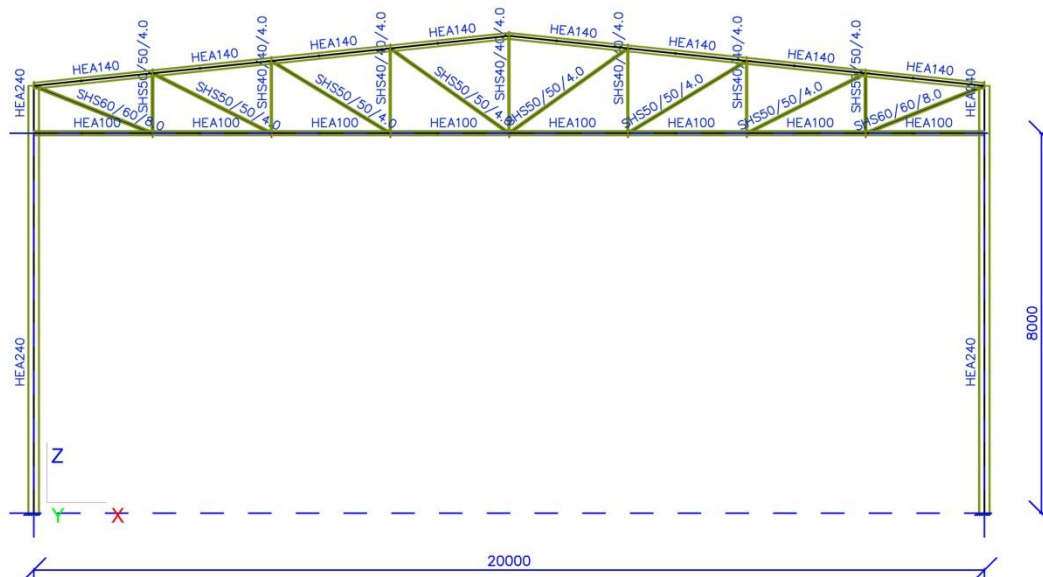
5. Poraba materiala

Name	Mass [kg]	Surface [m ²]	Volume [m ³]
Total results :	2639,48	60,059	3,3624e-001

CSS	Material	Unit mass [kg/m]	Length [m]	Mass [kg]	Surface [m ²]	Unit volume mass [kg/m ³]	Volume [m ³]
CS1 - HEA240	S 235	60,29	16,000	964,61	21,900	7850,00	1,2288e-001
CS2 - IPE400	S 235	66,33	20,705	1373,43	30,366	7850,00	1,7496e-001
CS4 - L100X10	S 235	15,07	20,000	301,44	7,793	7850,00	3,8400e-002

Project	Okvir s paličnim strešnim nosilcem - togo vpetje
Part	Primer 20_4P / 10

1. Geometrija



2. Check of steel- STEBER

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B39 | HEA240 | S 235 | NC1 | 0.99

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
-138.11	-0.00	55.27	0.00	-140.04	0.00

The critical check is on position 0.00 m

Buckling parameters	yy	zz	
type	sway	non-sway	
Slenderness	79.59	66.60	
Reduced slenderness	0.85	0.71	
Buckling curve	b	c	
Imperfection	0.34	0.49	
Reduction factor	0.69	0.72	
Length	8.00	8.00	m
Buckling factor	1.00	0.50	
Buckling length	8.00	4.00	m
Critical Euler load	2513.05	3588.22	kN

LTB		
LTB length	4.00	m
k	1.00	
k _w	1.00	
C ₁	1.81	
C ₂	0.18	

Project	Okvir s paličnim strešnim nosilcem - togo vpetje
Part	Primer 20_4P / 10

LTB	
C3	0.94

load in center of gravity

SECTION CHECK	
Compression check	0.08 < 1
Shear check (Vz)	0.16 < 1
Bending moment check (My)	0.80 < 1
M	0.80 < 1

STABILITY CHECK	
Buckling	0.11 < 1
LTB	0.85 < 1
Compression + Moment	0.99 < 1
Compression + Moment	0.58 < 1

3. Check of steel - ZG. PAS

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B62 | HEA140 | S 235 | NC3 | 0.83

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
-420.33	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00

The critical check is on position 0.00 m

Buckling parameters	yy	zz	
type	sway	non-sway	
Slenderness	43.89	71.42	
Reduced slenderness	0.47	0.76	
Buckling curve	b	c	
Imperfection	0.34	0.49	
Reduction factor	0.90	0.69	
Length	2.51	2.51	m
Buckling factor	1.00	1.00	
Buckling length	2.51	2.51	m
Critical Euler load	3378.36	1275.90	kN

LTB		
LTB length	2.51	m
k	1.00	
k _w	1.00	
C1	1.00	
C2	0.00	
C3	1.00	

load in center of gravity

Project	Okvir s paličnim strešnim nosilcem - togo vpetje
Part	Primer 20_4P / 10

SECTION CHECK	
Compression check	$0.57 < 1$

STABILITY CHECK	
Buckling	$0.83 < 1$
Compression + Moment	$0.63 < 1$
Compression + Moment	$0.83 < 1$

4. Check of steel - SP. PAS (sredina)

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B70 | HEA100 | S 235 | NC3 | 0.80

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
397.37	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00

The critical check is on position 0.00 m

LTB		
LTB length	10.00	m
k	1.00	
k _w	1.00	
C1	1.00	
C2	0.00	
C3	1.00	

load in center of gravity

SECTION CHECK	
Normal force check	$0.80 < 1$

STABILITY CHECK

5. Check of steel - SP. PAS (krajšice)

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B74 | HEA100 | S 235 | NC1 | 0.55

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
-138.57	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00

Project	Okvir s paličnim strešnim nosilcem - togo vpetje
Part	Primer 20_4P / 10

The critical check is on position 0.00 m

Buckling parameters	yy	zz	
type	sway	non-sway	
Slenderness	61.62	99.44	
Reduced slenderness	0.66	1.06	
Buckling curve	b	c	
Imperfection	0.34	0.49	
Reduction factor	0.81	0.51	
Length	2.50	2.50	m
Buckling factor	1.00	1.00	
Buckling length	2.50	2.50	m
Critical Euler load	1157.35	444.37	kN

LTB		
LTB length	2.50	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.00	
C2	0.00	
C3	1.00	

load in center of gravity

SECTION CHECK	
Compression check	0.28 < 1

STABILITY CHECK	
Buckling	0.55 < 1
Compression + Moment	0.34 < 1
Compression + Moment	0.55 < 1

6. Check of steel - VERTIKALE (sredina)

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B46 | SHS40/40 | S 235 | NC3 | 0.93

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
-71.67	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00

The critical check is on position 0.00 m

Buckling parameters	yy	zz	
type	sway	non-sway	
Slenderness	105.00	105.00	
Reduced slenderness	1.12	1.12	
Buckling curve	a	a	
Imperfection	0.21	0.21	

Project	Okvir s paličnim strešnim nosilcem - togo vpetje
Part	Primer 20_4P / 10

Buckling parameters	yy	zz	
Reduction factor	0.58	0.58	
Length	1.53	1.53	m
Buckling factor	1.00	1.00	
Buckling length	1.53	1.53	m
Critical Euler load	105.09	105.09	kN

LTB		
LTB length	1.53	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.00	
C2	0.00	
C3	1.00	

load in center of gravity

SECTION CHECK	
Compression check	0.55 < 1

STABILITY CHECK	
Buckling	0.93 < 1
Compression + Moment	0.93 < 1
Compression + Moment	0.93 < 1

7. Check of steel - VERTIKALI (krajšice)

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B47 | SHS50/50/4.0 | S 235 | NC3 | 0.90

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
-127.38	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00

The critical check is on position 0.00 m

Buckling parameters	yy	zz	
type	sway	non-sway	
Slenderness	67.72	67.72	
Reduced slenderness	0.72	0.72	
Buckling curve	a	a	
Imperfection	0.21	0.21	
Reduction factor	0.84	0.84	
Length	1.26	1.26	m
Buckling factor	1.00	1.00	
Buckling length	1.26	1.26	m
Critical Euler load	324.96	324.96	kN

Project	Okvir s paličnim strešnim nosilcem - togo vpetje	
Part	Primer 20_4P / 10	

LTB		
LTB length	1.26	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.00	
C2	0.00	
C3	1.00	

load in center of gravity

SECTION CHECK	
Compression check	0.75 < 1

STABILITY CHECK	
Buckling	0.90 < 1
Compression + Moment	0.90 < 1
Compression + Moment	0.90 < 1

8. Check of steel - DIAGONALE (sredina)

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B55 | SHS50/50/4.0 | S 235 | NC3 | 0.94

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
158.31	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00

The critical check is on position 0.00 m

LTB		
LTB length	2.80	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.00	
C2	0.00	
C3	1.00	

load in center of gravity

SECTION CHECK	
Normal force check	0.94 < 1

STABILITY CHECK

Project	Okvir s paličnim strešnim nosilcem - togo vpetje
Part	Primer 20_4P / 10

9. Check of steel - DIAGONALI (krajšice)

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B56 | SHS60/60/8.0 | S 235 | NC3 | 0.92

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
345.66	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00

The critical check is on position 0.00 m

LTB		
LTB length	2.69	m
k	1.00	
k _w	1.00	
C1	1.00	
C2	0.00	
C3	1.00	

load in center of gravity

SECTION CHECK	
Normal force check	0.92 < 1

STABILITY CHECK

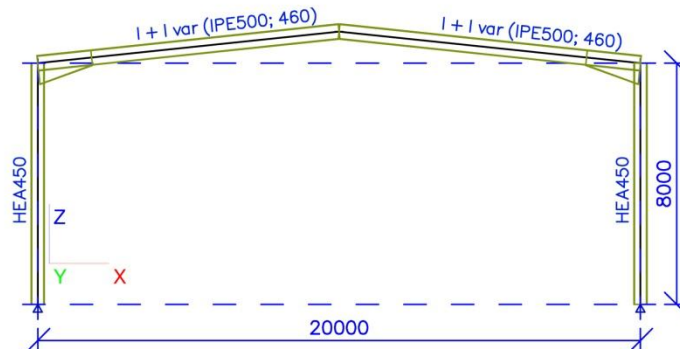
10. Poraba materiala

Name	Mass [kg]	Surface [m ²]	Volume [m ³]
Total results :	2133,07	58,294	2,7173e-001

CSS	Material	Unit mass [kg/m]	Length [m]	Mass [kg]	Surface [m ²]	Unit volume mass [kg/m ³]	Volume [m ³]
CS1 - HEA240	S 235	60,29	18,000	1085,18	24,638	7850,00	1,3824e-001
CS2 - HEA140	S 235	24,65	20,110	495,70	15,974	7850,00	6,3146e-002
CS4 - HEA100	S 235	16,64	5,000	83,21	2,807	7850,00	1,0600e-002
CS3 - HEA100	S 235	16,64	15,000	249,63	8,420	7850,00	3,1800e-002
CS6 - SHS40/40/4.0	S 235	4,39	8,679	38,08	1,333	7850,00	4,8513e-003
CS7 - SHS50/50/4.0	S 235	5,64	2,526	14,25	0,489	7850,00	1,8158e-003
CS8 - SHS50/50/4.0	S 235	5,64	17,606	99,37	3,410	7850,00	1,2659e-002
CS9 - SHS60/60/8.0	S 235	12,56	5,385	67,64	1,224	7850,00	8,6163e-003

Project	Portalni okvir- clenasto vpetje
Part	Primer 20_4 / 10

1. Geometrija

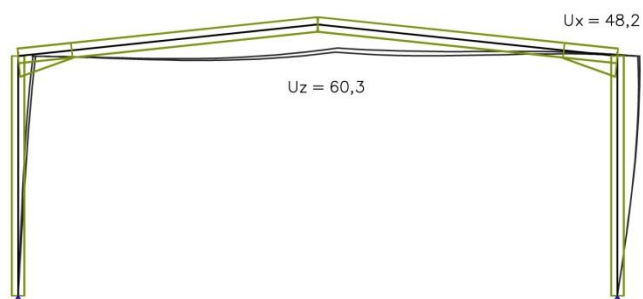


2. Poraba materiala

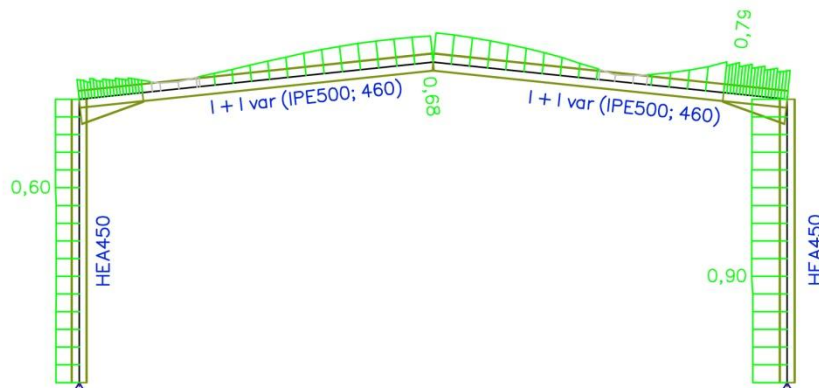
Name	Mass [kg]	Surface [m ²]	Volume [m ³]
Total results :	4224,07	70,348	5,3810e-001

CSS	Material	Unit mass [kg/m]	Length [m]	Mass [kg]	Surface [m ²]	Unit volume mass [kg/m ³]	Volume [m ³]
CS1 - HEA450	S 235	139,73	16,000	2235,68	32,167	7850,00	2,8480e-001
CS3 - I + I var (IPE500; 460)	S 235	98,87	20,110	1988,39	38,181	7850,00	2,5330e-001

3. Deformacije elementov MSU [mm]



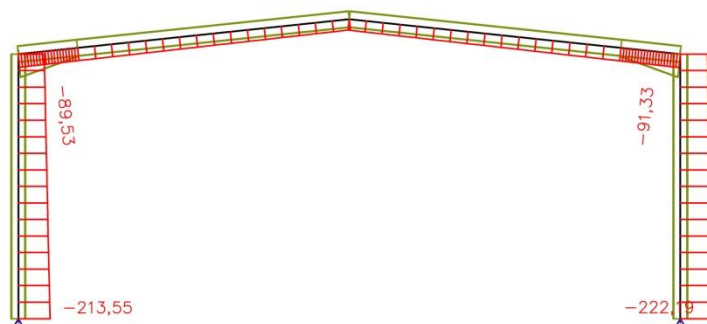
4. Izkoriščenost prerezov MSN [%]



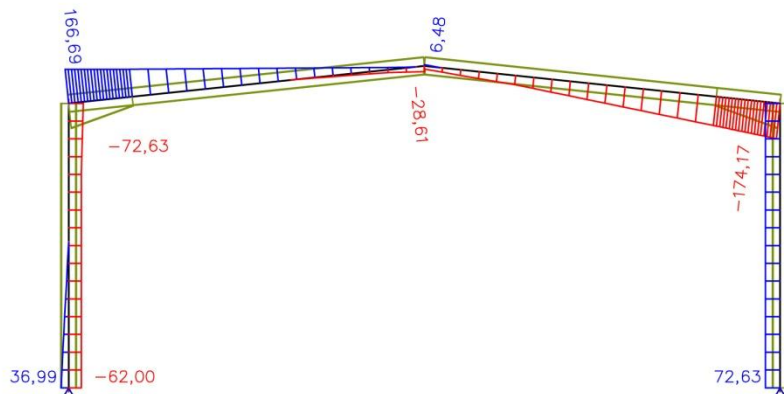
Project
Part

Portalni okvir- clenasto vpetje
Primer 20_4 / 10

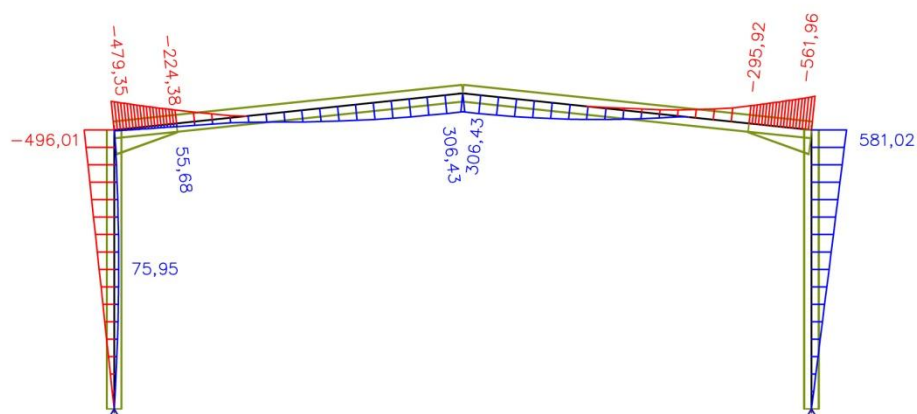
5. Osne sile N [kN]



6. Prečne sile Vz [kN]

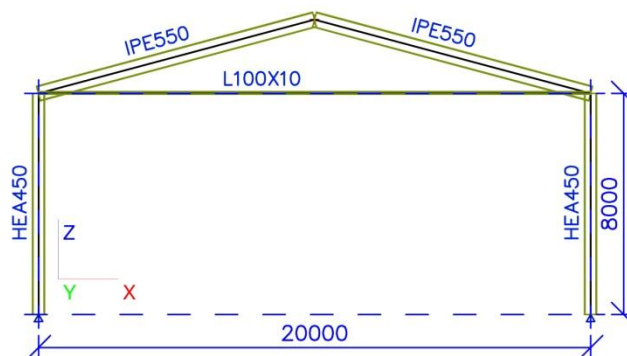


7. Upogibni momenti My [kNm]



Project	Okvir z natezno vezjo - clenasto vpetje
Part	Primer 20_10 / 10

1. Geometrija

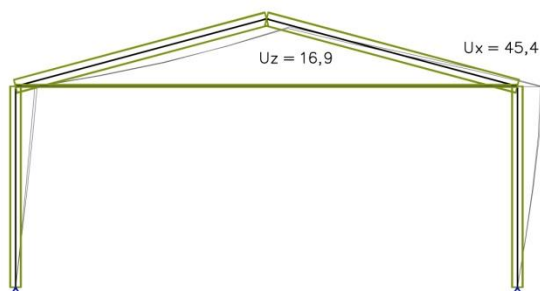


2. Poraba materiala

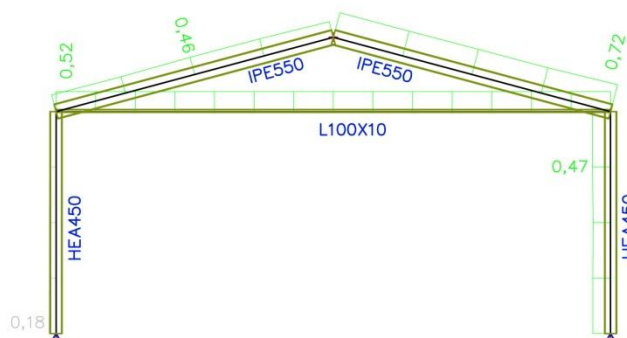
Name	Mass [kg]	Surface [m ²]	Volume [m ³]
Total results :	4715,11	78,811	6,0065e-001

CSS	Material	Unit mass [kg/m]	Length [m]	Mass [kg]	Surface [m ²]	Unit volume mass [kg/m ³]	Volume [m ³]
CS1 - HEA450	S 235	139,73	16,000	2235,68	32,167	7850,00	2,8480e-001
CS2 - IPE550	S 235	105,19	20,705	2177,99	38,851	7850,00	2,7745e-001
CS4 - L100X10	S 235	15,07	20,000	301,44	7,793	7850,00	3,8400e-002

3. Deformacije elementov MSU [mm]



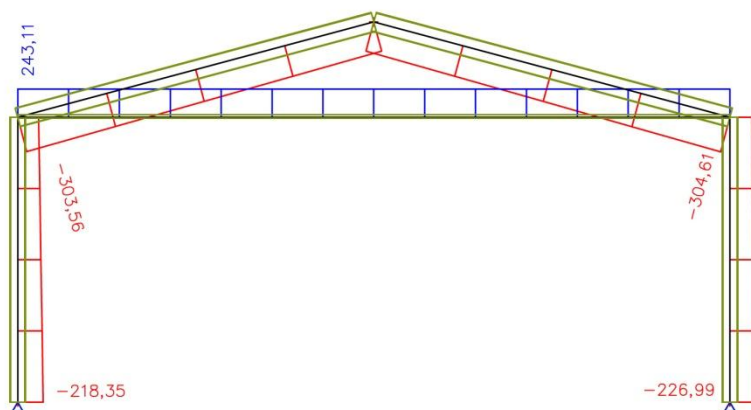
4. Izkoriščenost prerezov MSN [%]



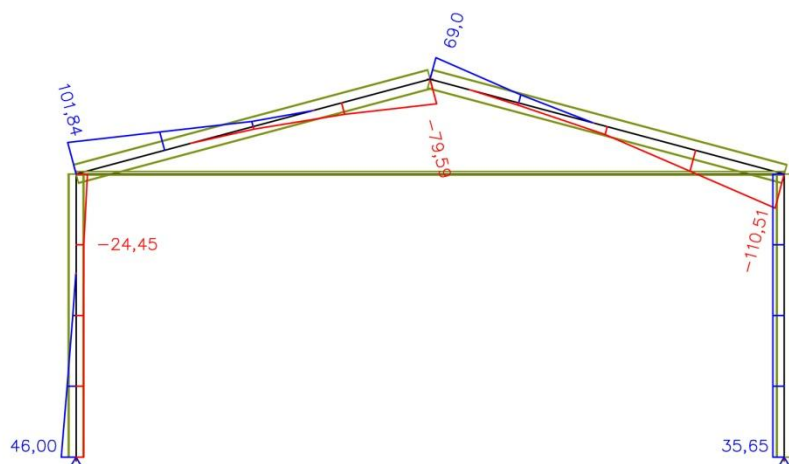
Project
Part

Okvir z natezno vezjo - clenasto vpetje
Primer 20_10 / 10

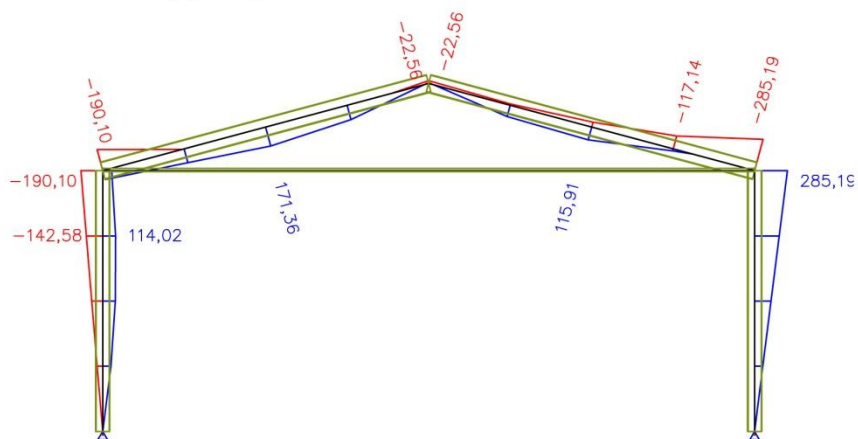
5. Osne sile N [kN]



6. Prečne sile Vz [kN]

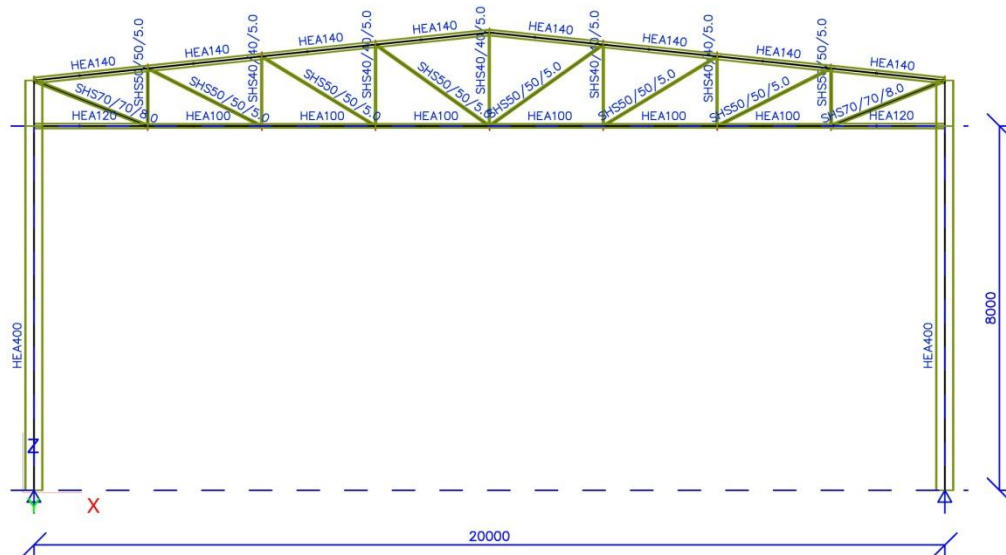


7. Upogibni momenti My [kNm]



Project	Okvir s paličnim strešnim nosilcem- clenasto vpetje
Part	Primer 20_4P /10

1. Geometrija



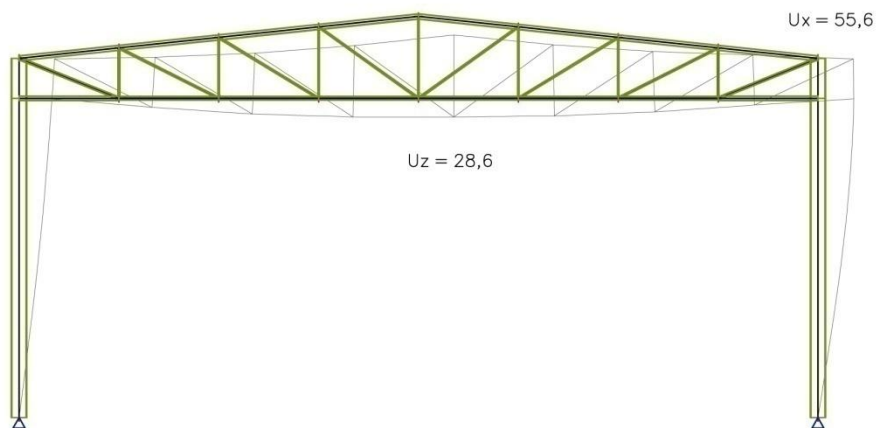
2. Poraba materiala

Name	Mass [kg]	Surface [m ²]	Volume [m ³]
Total results :	3356,28	68,811	4,2755e-001

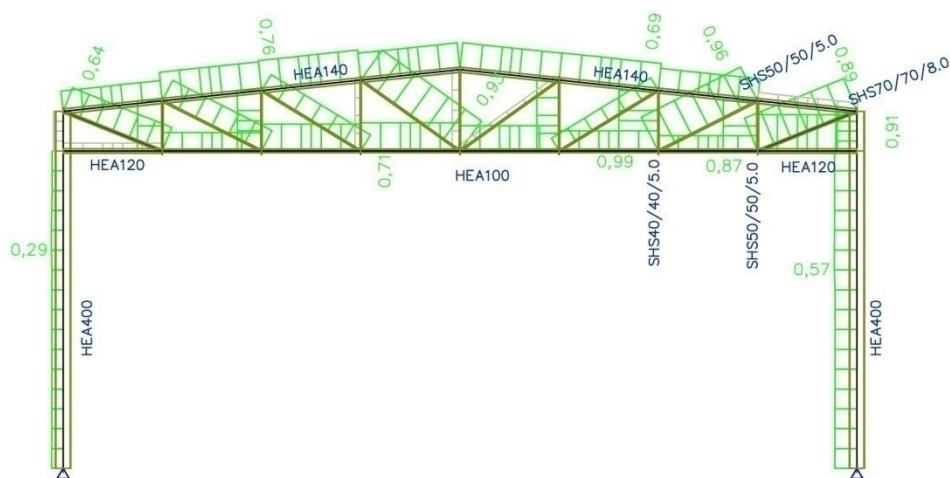
CSS	Material	Unit mass [kg/m]	Length [m]	Mass [kg]	Surface [m ²]	Unit volume mass [kg/m ³]	Volume [m ³]
CS1 - HEA400	S 235	124,81	18,000	2246,67	34,406	7850,00	2,8620e-001
CS2 - HEA140	S 235	24,65	20,110	495,70	15,974	7850,00	6,3146e-002
CS4 - HEA120	S 235	19,86	5,000	99,30	3,387	7850,00	1,2650e-002
CS3 - HEA100	S 235	16,64	15,000	249,63	8,420	7850,00	3,1800e-002
CS6 - SHS40/40/5.0	S 235	5,28	8,679	45,85	1,320	7850,00	5,8406e-003
CS7 - SHS50/50/5.0	S 235	6,85	2,526	17,31	0,485	7850,00	2,2048e-003
CS8 - SHS50/50/5.0	S 235	6,85	17,606	120,66	3,382	7850,00	1,5370e-002
CS9 - SHS70/70/8.0	S 235	15,07	5,385	81,17	1,439	7850,00	1,0340e-002

Project	Okvir s paličnim strešnim nosilcem- clenasto vpetje
Part	Primer 20_4P /10

3. Deformacije elementov MSU [mm]



4. Izkoriščenost prerezov MSN [%]

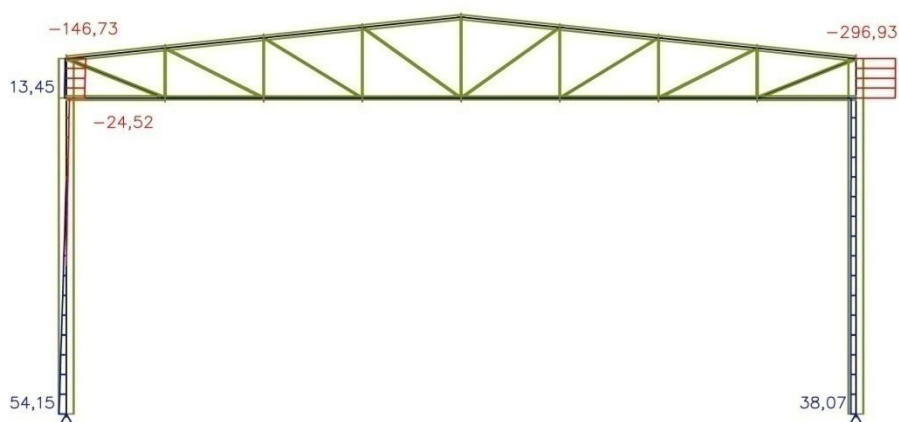


Project	Okvir s paličnim strešnim nosilcem- clenasto vpetje
Part	Primer 20_4P /10

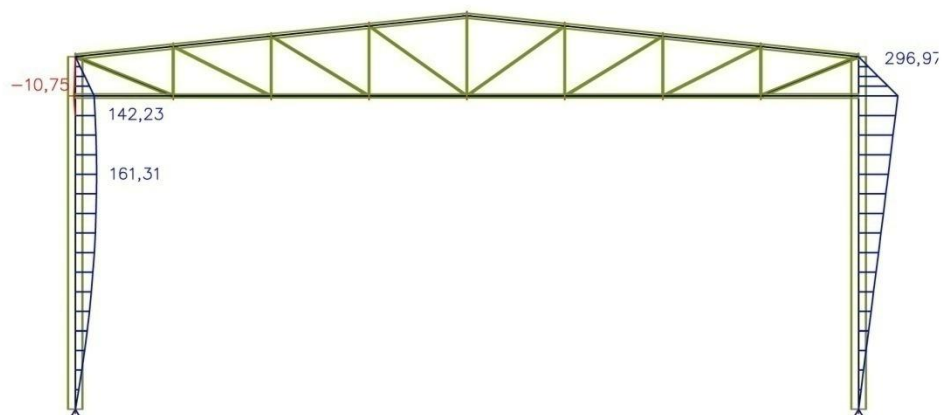
5. Osne sile N [kN]



6. Prečne sile Vz [kN]



7. Upogibni momenti My [kNm]



4.6 Vrednotenje porabe materiala in določitev cene

Zasnove konstrukcij in njihove izvedbe medsebojno ovrednotim s primerjanjem teže in cene nosilnega okvira. Teža je glavni parameter, ki vpliva na končno primerjalno oceno zasnove okvira. Poleg nje na oceno okvira vpliva tudi skupna cena okvira. Ta je sestavljena iz cene materiala, ki ga potrebujemo za izdelavo okvira, in cene dela. Cena materiala je odvisna od uporabe profilov, njihove oblike, dimenzij in kvalitete jekla. Cena dela zajema izdelavo in montažo okvira. Odvisna je od zasnove, dimenzij in teže okvira.

Težo in ceno okvirov prikažem v tabelah. Njuno vrednost prikažem kot porabo teže in stroškov na kvadratni meter koristne tlorisne površine, za izdelavo nosilnega okvira enoprostorne jeklene hale.

Primer vrednosti iz tabele za; portalni okvir, razpona 16m, višine 6m, razmikom med okviri 6m, s členkastim vpetjem in kvaliteto jekla S275, obremenjen z vetrom $0,4\text{kN/m}^2$ ter snegom $1,2\text{kN/m}^2$.

26,87	- teža okvirne konstrukcije na tlorisno površino [kg/m^2]
32,74	- cena okvirne konstrukcije na tlorisno površino [€/m^2]

4.6.1 Teža okvira

Teža okvira je izračunana na kg/m^2 tlorisne površine objekta. Težo okvira dobim iz računalniškega izpisa programa SCIA ESA. Teži nosilnega okvira prištejem tudi težo priključkov in spojev. Težo priključkov upoštevam tako da, težo glavnega nosilnega okvira povečam za dodatnih 12%. Dobljeno težo delim z razponom okvira in razmikom med okviri.

Zgoraj navedeno vrednost **$26,87\text{ kg/m}^2$** dobim na naslednji način:

$$2303\text{kg} \cdot 1,12 / (16\text{m} \cdot 6\text{m}) = 26,87\text{kg/m}^2$$

4.6.2 Cena okvira

Cena je v €/m^2 tlorisne površine okvira. Narejena je na osnovi realnih podatkov, ki veljajo na slovenskem trgu. Ceno sestavlja strošek materiala in dela. Ta vrednost se lahko spreminja, saj se cene materiala in dela na trgu stalno spreminjajo.

Cena materiala

Je odvisna od kvalitete jekla, oblike in dimenzije profila. Odvisna je tudi od zahtevanih dolžin in razpoložljivosti materiala na trgu. Cene sem dobil v podjetju Trimo Trebnje v mesecu juliju. Podana je v €/tono. Cene so iz zaloge dobavitelja in veljajo za rezane na mero.

CENE MATERIALA [€/tono]					
S235		S275		S355	
UNP-IPE		UNP-IPE		UNP-IPE	
120-240	670	120-240	690	120-240	750
270-360	710	270-360	730	270-360	790
400	730	400	750	400	810
450-500	760	450-500	780	450-500	840
550-600	840	550-600	860	550-600	920
HEA-HEB		HEA-HEB		HEA-HEB	
100-180	710	100-180	730	100-180	780
200-220	720	200-220	740	200	790
240-280	740	240-280	760	220-280	820
280-320	750	280-320	770	280-320	830
340-400	790	340-400	810	340-400	860
450-600	840	450-600	860	450-600	910
650-800	930	650-800	950	650-800	990
Cevi SHS		Cevi SHS		Cevi SHS	
do 120/120	750	do 120/120	800	do 120/120	860

Slika 30: Cena profilov glede na tip, dimenzijo in vrsto materiala

Iz *Slike 30* vidimo, da je jeklo kvalitete S275 3% dražje, jeklo kvalitete S355 pa 9% dražje od jekla kvalitete S235.

Ceno materiala zaradi lažjega računa poenostavim. Profile sem razdelil na tri skupine; majhne, srednje in velike profile, s pripadajočo skupno povprečno ceno.

	UNP-IPE	S235	S275	S355
majhni	120-360	690	710	770
srednji	400-500	750	770	830
veliki	550-600	840	860	920
	HEA-HEB	S235	S275	S355
majhni	100-220	720	740	790
srednji	240-400	760	780	840
veliki	450-800	880	900	950
	Cevi SHS	S235	S275	S355
	do 120/120	750	800	860

Slika 31: Poenostavljena cena profilov v skupinah glede na material [€/tono]

Iz računalniških izpisov sem beležil samo skupno težo okvira za določeno kvaliteto jekla. Nisem beležil teže posameznih elementov v okviru glede na obliko in velikost profila. Pri tem naredim v izračunu cene napako, ker v računih ni upoštevano dejansko razmerje teže med posameznimi sestavnimi elementi okvira. Upoštevati pa je potrebno tudi, da sestavni deli okvira niso med seboj nikoli bistveno različnih dimenzij in je zato cena med njimi primerljiva, četudi so profili različnih tipov in velikosti. Razmerje teže glede na steber-strešni nosilec se razporedi pri sistemu z vuto ter sistemu z natezno diagonalo v razmerju 50:50. Pri konstrukcijskem sistemu s paličjem težo razdelim v razmerju: steber- zgornji in spodnji pas-rešetka. Za togo vpetje višine stebra do 8m v razmerju 40:45:15 in pri višini 12m v razmerju 50:35:15. Pri členkastem vpetju višine stebra do 8m v razmerju 50:40:10 in pri višini 12m v razmerju 60:30:10.

Zgoraj navedena razmerja med težami stebrov in strešnih nosilcev veljajo tudi za izdelavo okvirov.

Cena dela

Ceno dela sestavljata; izdelava in montaža okvira. Predstavlja lahko tudi 50% vrednosti celotne cene konstrukcije. V proizvodnji elemente oz. profile, ki tvorijo okvir, ustrezno obdelajo. Najprej se profil odreže na ustrezno velikost, nanj privari potrebne priključne pločevine, naredi ojačitve ter izvrti luknje. Elemente se naredi tako, da se jih na gradbišču hitro in enostavno sestavi v okvir. Ko pridejo elementi okvira na gradbišče, se prične montaža okvira. Najprej se postavijo stebri dveh okvirov ter se na nanje zmontira strešna nosilca. Nato se okvira zavetrjuje in medsebojno poveže z legami, da se dobi stabilno izhodišče konstrukcije. Dela se nadaljujejo z montažo stebrov in strešnih leg ter sprotnim povezovanjem novo nastalih okvirov z že postavljenimi okviri.

Ceno izdelave in montaže dobim z množenjem normativov in njihove cene. Normativ vrednotimo v urah potrebnih za izdelavo ali montažo elementov na tono. Normative za izdelavo in montažo okvirov sem dobil v podjetju Trimo Trebnje.

Normativ izdelave je odvisen od zasnove, zahtevnosti izvedbe detajlov, dimenzij okvira ter uporabljenih profilov. Izdelan je za tri zasnove okvira glede na njihove dimenzije, posebej za stebre in strešni nosilec.

Cena normativa izdelave je trenutno okoli 25 EUR/h.

Vpliv velikosti profila ni upoštevan. Ta vpliva tako, da imajo profili večjih dimenzij nekoliko manjši normativ za izdelavo. Ta poenostavitev nima velikih posledic, saj je ura več ali manj, ki jo potrebujemo za izdelavo okvira, sorazmerno majhen strošek v primerjavi s ceno materiala.

NORMATIVI IZDELAVE

NORMATIV IZDELAVE ZA SISTEM POVEZNIKA Z VUTO

Steber		Poveznik z vuto	
L [m]	Normativ [h/t]	L [m]	Normativ [h/t]
6,0	9,8	16,0	12,8
8,0	7,5	18,0	12,2
12,0	6,2	20,0	11,6

NORMATIV IZDELAVE ZA SISTEM Z NATEZNO DIAGONALO

Steber		Poveznik z nateznim pasom	
L [m]	Normativ [h/t]	L [m]	Normativ [h/t]
6,0	13,7	16,0	14,5
8,0	10,3	18,0	14,1
12,0	7,9	20,0	13,5
		24,0	13,1
		30,0	12,9

NORMATIV IZDELAVE ZA SISTEM PALIČJA

Steber		Rešetka	
L [m]	Normativ [h/t]	L [m]	Normativ [h/t]
6,0	14,5	18,0	23,0
8,0	11,9	20,0	23,0
12,0	8,1	24,0	23,5
		30,0	24,0

Slika 32: Normativi izdelave za zasnove okvirov

Normativ montaže je odvisen samo od teže okvira. Vse tri zasnove okvirov so skoraj v celoti izdelane že v proizvodnji in se njihove sestavne elemente samo še dostavi na gradbišče, kjer se jih zmontira. Zaradi take izdelave je delo namenjeno montaži povsod približno enako.

Okvire razdelim na tri razrede; lahke, srednje težke in težke. Pri lahkih in drobnih konstrukcijah je normativ montaže večji kot pri težkih in masivnih konstrukcijah.

Cena normativa je okoli 23 EUR/h.

NORMATIVI MONTAŽE

OKVIR		
razred	teža [t]	Normativ [h/t]
lahki	- 4	7
srednje težki	4 - 6	6
težki	6 -	4

Slika 33: Normativi montaže

Oceno cene **32,74 €/m²**, ki je navedena na začetku poglavja 4.6 na strani 52 dobim po naslednjem postopku.

K teži konstrukcije dobljeno iz izpisa SCIE ESA, vedno dodam 12%. Najprej upoštevam ceno materiala; 50% skupne teže prevzame primarni nosilec in 50% teže stebri portalnega okvira. Steber je tipa HEA320, zato je cena tega profila 780 €/tono, strešni nosilec pa tipa IPE400, katerega cena znaša 770€/tono. Nato upoštevam ceno dela, najprej izdelave. Tako kot pri materialu tudi tu skupno težo okvira razdelim na 50%; za stebra in strešna nosilca. Normativ izdelave stebrov je 9,8h/tono ter strešnega nosilca 12,8h/tono. Te normative pomnožim s ceno dela na uro, torej z 25€/h. Upoštevam še ceno montaže okvira. Ker je teža okvira manjša od 4. ton, je normativ montaže 7h/tono, cena montaže pa znaša 23€/h.

$$(2,303t \cdot 1,12 \cdot 0,5 \cdot (780€/t + 770€/t) + 2,303t \cdot 1,12 \cdot 0,5 \cdot (9,8h/t + 12,8h/t) \cdot 25€/h + 2,303t \cdot 1,12 \cdot (7h/t) \cdot 23€/h) / (16m \cdot 6m) = 32,74kg/m^2$$

5 REZULTATI ANALIZE

5.1 Splošno

Rezultati prikazujejo porabo jekla in ceno okvira na kvadratni meter koristne površine enoprostorne hale.

Prvi del rezultatov prikazujejo tabele, kjer so predstavljeni vsi izračunani rezultati. Iz tabel lahko izberem želeno zasnovo okvira, njegove dimenzije, kvaliteto jekla, vrsto vpetja ter obtežbo in odčitam težo ali ceno konstrukcije. Tako lahko hitro izberemo najugodnejšo izvedbo jeklenega okvira.

Drugi del rezultatov predstavlja analiza rezultatov v obliki 2D in 3D diagramov za isto zasnovo konstrukcije. Tukaj medsebojno primerjam in ocenjujem izračunane vrednosti posameznih izvedb jeklenih okvirov. Primerjal sem naslednje vrednosti:

- primerjava različnih nosilnih sistemov
- vpliv vpetja stebra na porabo materiala
- vpliv kvalitete jekla na porabo materiala
- vpliv obtežbe snega na porabo materiala
- vpliv obtežbe vetra na porabo materiala
- optimizacija konstrukcije
- primerjava različnih nosilnih sistemov glede na težo in ceno

5.2 Tabele

Tabele prikazujejo porabo jekla in ceno okvira na kvadratni meter koristne površine za različne izvedbe okvirov enoprostornih hal. Tabele so razdeljene na 15 posameznih sklopov, vsak sklop pa na tri tabele. Sklop združuje okvire z enakimi razponi in razmiki med okviri, spreminja pa se njihova višina. Vsak sklop je na začetku tabel opisan grafično in tekstovno. Sklopi in tabele se vrstijo od okvirov z najmanjšimi dimenzijami proti večjim.

Tabelo sestavljajo trije deli. V zgornjem delu lahko izberemo zasnovo okvirne konstrukcije glede na: geometrijo, sistem, vrste vpetja in kvaliteto materiala. Na levi strani izberemo obtežni primer, ki ga sestavlja kombinacija vetrne in snežne obtežbe. V jedru tabele odčitamo težo ali ceno okvirne konstrukcije, ki pripada določeni zasnovi okvira, in nanj delujoči obtežbi.

Geometrija	Razpon	L = 16 m
	Višina	H = 6 m
	Razmik med okviri	D = 6 m

Sistem	Portalni okvir	
Vpetje stebrov	Členkasto	Togo
Material	S235 S275 S355	S235 S275 S355

Obtežba [kN/m²]	s	1,00	w	0,40
	s	1,20	w	0,40

Natezna vez	Členkasto		Togo	
Material	S235 S275 S355	S235 S275 S355	S235 S275 S355	S235 S275 S355

22,37	22,37	22,37	15,88	15,88	14,95
27,70	28,15	29,49	19,35	19,67	19,33
22,37	22,37	22,37	18,36	15,88	14,95
27,70	28,15	29,49	22,38	19,67	19,33

ZASNOVA OKVIRA

Slika 34: Opis tabele

Tabele niso narejene za vse tri vrste okvira pri vseh razponih. Kjer je predvideno, da neka zasnova ne bo konkurenčna glede teže ali cene ostalim zasnovam, tega primera ne računam.

V nekaterih tabelah so polja za prikaz rezultatov prazna. To pomeni, da tako zasnovo okvira pri podani obtežbi ni mogoče izračunati saj ne morem izpolniti zahtevam MSN ali MSU. Prazna polja lahko pomenijo tudi nesmiselnost izvedbe določene izvedbe okvira.

Rezultati se lahko pri enaki zasnovi medsebojno razlikujejo tudi za nekajkrat. Teh rezultatov ni smiselno upoštevati. To se največkrat pojavi pri visokih in podajnih okvirih (členkasto vpetje), kjer moramo, da zagotovimo pogoju MSU, uporabiti zelo velike profile, ki so slabo izkoriščeni.

V nadaljevanju so v tabelah predstavljeni rezultati analize konstrukcijskih zasnov za enoprostorne jeklene hale.

	teža okvira na tlorisno površino [kg/m^2]
	cena okvira na tlorisno površino [€/m^2]

Geometrija			Višina			H = 12 m			L = 16m D = 6m					
Sistem			Portalni okvir						Natezna vez					
Vpetje stebrov			Členekasto			Togo			Členekasto			Togo		
Material			S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355
Obtežba [kN/m ²]														
s	1,00		59,14	59,14	59,14	40,50	40,50	40,50	58,52	58,52	58,52	30,38	30,38	30,38
w	0,40		71,76	71,59	74,84	46,71	47,52	49,95	72,16	73,33	76,54	35,42	36,03	37,85
s	1,20		59,14	59,14	59,14	42,88	42,88	42,88	58,52	58,52	58,52	31,91	31,91	31,91
w	0,40		70,40	71,59	74,84	49,46	50,31	52,89	72,16	73,33	76,54	37,21	37,84	39,76
s	1,50		59,14	59,14	59,14	45,08	45,08	45,08	61,25	61,25	61,25	31,91	31,91	31,91
w	0,40		70,40	71,59	74,84	52,00	52,90	55,61	78,28	79,50	82,87	37,21	37,84	39,76
s	2,00		62,02	59,14	59,14	49,93	49,93	47,95	62,27	62,27	62,27	34,71	34,71	34,71
w	0,40		73,83	71,59	74,84	56,45	57,45	58,04	79,57	80,82	84,24	41,51	42,21	44,29
s	1,00		65,52	65,52	65,52	40,50	40,50	40,50	65,65	65,65	65,65	36,00	36,00	36,00
w	0,60		78,00	79,31	82,92	46,71	47,52	49,95	83,90	85,21	88,82	43,06	43,78	45,94
s	1,20		68,78	68,78	68,78	42,88	42,88	40,46	65,65	65,65	65,65	36,00	36,00	36,00
w	0,60		81,88	83,25	87,03	49,46	50,31	49,91	83,90	85,21	88,82	43,06	43,78	45,94
s	1,50		71,69	68,81	68,81	45,08	45,08	45,08	68,73	68,73	68,73	36,00	36,00	36,00
w	0,60		82,05	83,29	87,08	52,00	52,90	55,61	87,83	89,21	92,99	43,06	43,78	45,94
s	2,00		71,69	71,69	68,81	49,93	49,93	47,95	69,74	69,74	69,74	39,19	39,19	39,19
w	0,60		82,05	83,48	87,08	56,45	57,45	58,04	89,13	90,53	94,36	46,87	47,65	50,00
s	1,00		74,75	74,75	74,75	40,50	40,50	40,50	78,66	78,66	78,66	41,87	41,87	41,87
w	1,00		88,91	90,41	94,52	46,71	47,52	49,95	96,91	98,48	102,80	50,08	50,92	53,43
s	1,20		74,75	74,75	74,75	45,08	42,88	42,88	78,66	78,66	78,66	44,04	41,87	41,87
w	1,00		88,91	90,41	94,52	52,00	50,31	52,89	96,91	98,48	102,80	52,67	50,92	53,43
s	1,50		74,75	74,75	74,75	47,05	45,08	42,88	78,66	78,66	78,66	44,04	44,04	44,04
w	1,00		88,91	90,41	94,52	53,19	52,90	52,89	96,91	98,48	102,80	52,67	53,55	56,20
s	2,00		74,75	74,75	74,75	53,45	49,93	47,96	79,67	79,67	79,67	45,06	45,06	45,06
w	1,00		88,91	90,41	94,52	60,42	57,45	58,06	98,16	99,75	104,13	53,89	54,79	57,49
			teža okvira na tlorisno površino [kg/m ²]											
			cena okvira na tlorisno površino [€/m ²]											

Geometrija			Višina		H = 8 m			
Sistem			Portalni okvir					
Vpetje stebrov			Členekasto		Togo			
Material			S235	S275	S355	S235	S275	S355

Natezna vez					
Členekasto			Togo		
S235	S275	S355	S235	S275	S355

Obtežba [kN/m ²]								
s	1,00		27,43	26,44	26,44	25,65	24,66	24,66
w	0,40		32,09	31,46	33,05	30,00	29,34	30,82
s	1,20		29,19	27,43	27,43	27,43	26,44	26,44
w	0,40		34,15	32,64	34,28	32,09	31,46	33,05
s	1,50		33,43	29,19	29,19	29,19	27,43	27,43
w	0,40		41,12	34,73	36,48	34,15	32,64	34,28
s	2,00		35,63	31,35	31,35	33,43	31,35	29,59
w	0,40		43,00	37,30	39,18	41,12	37,30	36,98
s	1,00		29,19	29,19	29,19	25,65	24,66	24,66
w	0,60		34,15	34,73	36,48	30,00	29,34	30,82
s	1,20		29,19	29,19	29,19	27,43	26,44	26,44
w	0,60		34,15	34,73	36,48	32,09	31,46	33,05
s	1,50		30,81	31,35	29,19	29,19	27,43	27,43
w	0,60		37,89	37,30	36,48	34,15	32,64	34,28
s	2,00		35,63	33,43	31,35	33,43	31,35	29,59
w	0,60		43,00	41,78	39,18	41,12	37,30	36,98
s	1,00		33,43	33,43	33,43	27,43	24,66	24,66
w	1,00		41,12	41,78	43,62	32,09	29,34	30,82
s	1,20		33,43	33,43	33,43	27,43	27,43	26,44
w	1,00		41,12	41,78	43,62	32,09	32,64	33,05
s	1,50		35,63	35,63	35,63	29,19	27,43	27,43
w	1,00		43,00	43,71	45,67	34,15	32,64	34,28
s	2,00		37,92	35,63	35,63	33,43	31,35	31,35
w	1,00		47,47	43,71	45,67	41,12	37,30	39,18

27,32	27,32	27,32	16,69	15,54	15,54
33,49	34,04	35,68	19,62	18,59	19,44
28,31	28,31	28,31	17,45	17,45	16,30
34,70	35,27	36,97	20,52	20,87	20,39
29,07	29,07	29,07	20,17	18,80	17,45
35,64	36,22	37,96	24,73	23,04	21,83
31,03	31,03	31,03	22,89	21,79	18,80
38,04	38,66	40,52	28,06	27,15	24,08
32,03	32,03	32,03	18,06	18,06	16,91
39,26	39,90	41,82	21,60	21,96	21,58
32,03	32,03	32,03	18,82	18,82	18,82
39,26	39,90	41,82	22,51	22,89	24,02
32,79	32,79	32,79	20,17	20,17	18,82
40,20	40,85	42,82	24,73	25,13	24,02
33,70	33,70	33,70	23,80	22,71	21,08
41,31	41,99	44,01	29,18	28,29	27,53
35,57	35,57	35,57	20,50	19,16	19,16
46,52	47,24	49,19	25,13	23,30	24,45
36,15	36,15	36,15	20,50	20,50	19,16
47,28	48,00	49,99	25,13	25,54	24,45
36,16	36,16	36,16	22,89	21,26	19,92
47,30	48,03	50,01	28,06	26,49	25,42
40,03	40,03	40,03	24,96	23,80	22,17
52,36	53,16	55,36	30,59	29,65	28,96

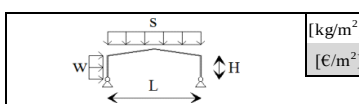
	teža okvira na tlorisno površino [kg/m^2]
	cena okvira na tlorisno površino [€/m^2]

Geometrija			Višina		H = 12 m			L = 16m D = 8m						
Sistem			Portalni okvir						Natezna vez					
Vpetje stebrov			Členekasto			Togo			Členekasto			Togo		
Material			S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355
Obtežba [kN/m²]														
s	1,00		46,52	46,52	46,52	33,81	33,81	33,81	49,24	49,24	49,24	25,66	25,66	25,66
w	0,40		55,38	56,31	58,86	39,00	39,68	41,70	62,92	63,91	66,62	29,92	30,44	31,98
s	1,20		46,52	46,52	46,52	35,96	35,96	35,96	49,24	49,24	49,24	27,76	26,43	26,43
w	0,40		55,38	56,31	58,86	40,66	41,37	43,53	62,92	63,91	66,62	33,21	31,34	32,93
s	1,50		46,52	46,52	46,52	40,08	37,45	37,45	50,00	50,00	50,00	28,67	28,67	28,67
w	0,40		55,38	56,31	58,86	45,31	43,09	45,33	63,90	64,90	67,65	34,29	34,87	36,59
s	2,00		48,81	48,81	48,81	45,51	42,38	39,74	52,50	52,50	52,50	32,89	30,30	28,67
w	0,40		60,30	61,28	63,96	56,23	50,66	49,90	64,68	65,73	68,62	39,34	36,85	36,59
s	1,00		51,12	51,12	51,12	35,29	33,81	33,81	54,05	54,05	54,05	31,40	31,40	30,07
w	0,60		63,16	64,18	66,99	39,89	39,68	41,70	66,59	67,67	70,64	37,56	38,19	37,46
s	1,20		51,12	51,12	51,12	37,45	35,96	35,96	56,53	56,53	56,53	33,79	32,17	30,83
w	0,60		63,16	64,18	66,99	42,34	41,37	43,53	69,64	70,77	73,88	40,42	39,11	38,41
s	1,50		53,88	53,88	53,88	40,08	37,45	37,45	57,28	57,28	57,28	34,70	33,08	33,08
w	0,60		64,09	65,17	68,13	45,31	43,09	45,33	70,57	71,71	74,86	41,50	40,22	42,20
s	2,00		53,88	53,88	53,88	45,51	42,38	39,74	58,20	58,20	58,20	36,66	34,70	34,70
w	0,60		64,09	65,17	68,13	56,23	50,66	49,90	71,70	72,86	76,06	43,01	42,20	44,28
s	1,00		61,99	61,99	61,99	33,81	33,81	33,81	66,25	66,25	66,25	36,16	36,16	36,16
w	1,00		73,74	74,98	78,39	38,22	39,68	41,70	81,62	82,94	86,58	42,42	43,14	45,31
s	1,20		61,99	61,99	61,99	40,08	35,96	35,96	66,25	66,25	66,25	36,16	36,16	36,16
w	1,00		73,74	74,98	78,39	45,31	41,37	43,53	81,62	82,94	86,58	42,42	43,14	45,31
s	1,50		61,99	61,99	61,99	40,08	40,08	37,45		72,77	72,77	38,89	36,93	36,93
w	1,00		73,74	74,98	78,39	45,31	46,12	45,33		91,11	95,12	45,61	44,05	46,27
s	2,00		61,99	61,99	61,99	45,51	42,38	39,74		73,69	73,69	39,80	39,80	37,84
w	1,00		73,74	74,98	78,39	56,23	50,66	49,90		92,26	96,32	46,68	47,48	47,41
			teža okvira na tlorisno površino [kg/m²]											
			cena okvira na tlorisno površino [€/m²]											

	teža okvira na tlorisno površino [kg/m^2]
	cena okvira na tlorisno površino [€/m^2]

Geometrija			Višina			H = 12 m			L = 16m D = 10m					
Sistem			Portalni okvir						Natezna vez					
Vpetje stebrov			Členekasto			Togo			Členekasto			Togo		
Material			S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355
Obtežba [kN/m ²]														
s	1,00		40,89	40,89	40,89	32,07	29,97	29,96	43,24	43,24	43,24	25,59	24,28	24,28
w	0,40		50,52	51,34	53,59	36,25	34,48	36,27	53,27	54,14	56,51	30,60	29,53	30,99
s	1,20		40,89	40,89	40,89	32,07	32,07	32,07	43,85	43,85	43,85	25,59	25,59	24,28
w	0,40		50,52	51,34	53,59	36,25	36,89	38,82	54,02	54,90	57,31	30,60	31,11	30,99
s	1,50		40,89	40,89	40,89	36,41	33,90	33,90	43,85	43,85	43,85	26,31	26,31	24,28
w	0,40		50,52	51,34	53,59	44,98	40,53	42,56	54,02	54,90	57,31	31,47	32,00	30,99
s	2,00		43,13	40,89	40,89	39,05	36,41	36,41	44,58	44,58	44,58	29,52	27,88	26,31
w	0,40		51,31	51,34	53,59	48,24	45,71	47,71	54,92	55,81	58,26	35,95	33,90	33,58
s	1,00		45,11	45,11	45,11	32,07	29,96	29,96	47,80	47,80	47,80	27,03	27,03	27,03
w	0,60		53,66	54,56	57,04	36,25	34,47	36,27	58,89	59,85	62,48	32,33	32,87	34,50
s	1,20		45,11	45,11	45,11	34,57	32,07	32,07	47,80	47,80	47,80	27,03	27,03	27,03
w	0,60		53,66	54,56	57,04	41,16	36,89	38,82	58,89	59,85	62,48	32,33	32,87	34,50
s	1,50		45,11	45,11	45,11	36,41	33,90	33,90		50,31	50,31	28,60	28,60	28,60
w	0,60		53,66	54,56	57,04	44,98	40,53	42,56		62,99	65,75	33,55	34,12	35,84
s	2,00		47,09	47,09	47,09	39,05	36,41	36,41		51,04	51,04	30,98	29,33	29,33
w	0,60		56,01	56,95	59,54	48,24	45,71	47,71		63,90	66,71	37,74	34,99	36,75
s	1,00		52,89	52,89	52,89	34,57	30,35	30,35				33,22	31,65	31,65
w	1,00		62,92	63,97	66,88	41,16	34,91	36,73				40,46	37,75	39,65
s	1,20		52,89	52,89	52,89	34,57	32,07	32,07				33,22	33,22	31,65
w	1,00		62,92	63,97	66,88	41,16	36,89	38,82				40,46	39,63	39,65
s	1,50		57,51	57,51	57,51	37,21	34,57	32,07				34,85	33,22	31,65
w	1,00		68,40	69,55	72,72	45,98	43,41	38,82				42,45	39,63	39,65
s	2,00			57,51	57,51	40,89	37,21	36,41				35,58	35,58	33,94
w	1,00			69,55	72,72	50,52	46,72	47,71				43,34	44,05	42,53
			teža okvira na tlorisno površino [kg/m ²]											
			cena okvira na tlorisno površino [€/m ²]											

Geometrija	Razpon	L = 18 m
	Višina	H = 6 m
	Razmik med okvirji	D = 6 m



Sistem	Portalni okvir					

Sistem	Natezna vez					

Sistem	Paličje					

Vpetje stebrov	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Vpetje stebrov	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Vpetje stebrov	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Obtežba [kN/m²]								
s	1,00		27,22	27,22	27,22	26,34	25,37	25,37
w	0,40		32,42	32,97	34,60	31,37	30,72	32,24
s	1,20		31,17	28,79	28,79	29,62	26,34	26,34
w	0,40		37,13	34,86	36,59	35,27	31,90	33,48
s	1,50		31,17	31,17	31,17	31,17	29,62	28,79
w	0,40		37,13	37,75	39,62	37,13	35,87	36,59
s	2,00		35,92	35,92	33,03	35,92	31,17	31,17
w	0,40		44,94	45,66	43,80	44,94	37,75	39,62
s	1,00		29,62	27,22	27,22	26,34	25,37	25,37
w	0,60		35,27	32,97	34,60	31,37	30,72	32,24
s	1,20		31,17	31,17	28,79	29,62	26,34	26,34
w	0,60		37,13	37,75	36,59	35,27	31,90	33,48
s	1,50		33,03	33,03	33,03	31,17	29,62	28,79
w	0,60		41,32	40,00	41,98	37,13	35,87	36,59
s	2,00		35,92	35,92	33,03	35,92	31,17	31,17
w	0,60		44,94	45,66	43,80	44,94	37,75	39,62
s	1,00		29,62	27,22	27,22	26,34	25,37	25,37
w	1,00		35,27	32,97	34,60	31,37	30,72	32,24
s	1,20		31,17	31,17	31,17	29,62	26,34	26,34
w	1,00		37,13	37,75	39,62	35,27	31,90	33,48
s	1,50		35,92	31,17	28,79	31,17	29,62	29,62
w	1,00		44,94	37,75	36,59	37,13	35,87	37,64
s	2,00		37,87	35,92	33,03	35,92	31,17	31,17
w	1,00		47,38	45,66	43,80	44,94	37,75	39,62

	23,11	23,11	23,11	17,58	16,55	15,72
	29,19	29,66	31,04	21,33	20,42	20,26
	23,11	23,11	23,11	20,34	17,58	16,55
	29,19	29,66	31,04	25,08	21,68	21,33
	24,12	24,12	24,12	21,34	20,13	19,10
	30,48	30,96	32,41	26,33	24,83	24,61
	27,31	27,31	27,31	26,28	23,14	21,91
	34,50	35,05	36,68	33,20	29,70	28,89
	26,30	26,30	26,30	17,58	17,58	16,55
	33,23	33,76	35,33	21,33	21,68	21,33
	26,30	26,30	26,30	20,34	20,13	16,55
	33,23	33,76	35,33	25,08	24,83	21,33
	26,30	26,30	26,30	21,34	20,13	19,10
	33,23	33,76	35,33	26,33	24,83	24,61
	28,84	28,84	28,84	26,28	23,14	21,91
	36,44	37,02	38,75	33,20	29,70	28,89
	30,44	30,44	30,44	20,34	17,58	16,55
	38,46	39,07	40,89	25,08	21,68	21,33
	30,44	30,44	30,44	20,34	19,11	17,58
	38,46	39,07	40,89	25,08	23,58	22,65
	31,45	31,45	31,45	23,42	21,62	20,13
	39,74	40,37	42,26	28,88	27,10	25,94
	32,52	32,52	32,52	26,28	24,11	21,91
	41,09	41,74	43,69	33,20	30,95	28,89

	17,27	17,27	16,58	12,84	12,84	12,01
	23,70	24,10	24,07	17,66	17,97	17,43
	17,31	17,14	16,96	12,93	12,93	12,85
	23,76	23,93	24,62	17,79	18,10	18,65
	18,59	17,40	17,05	15,01	12,93	12,85
	25,53	24,29	24,75	20,64	18,10	18,65
	19,40	18,69	18,37	15,89	15,06	13,89
	26,64	26,08	26,66	21,85	21,08	20,16
	18,41	18,41	17,63	13,64	13,62	12,92
	25,27	25,69	25,59	18,76	19,06	18,76
	19,79	18,41	17,63	13,68	13,57	13,60
	27,16	25,69	25,59	18,81	19,00	19,73
	19,79	18,41	18,40	15,01	13,74	13,46
	27,16	25,69	26,71	20,64	19,24	19,54
	20,54	20,54	19,73	16,89	16,03	14,62
	28,20	28,67	28,65	23,24	22,45	21,22
	21,61	21,61	21,61	15,80	14,58	13,89
	29,67	30,16	31,38	21,74	20,41	20,16
	21,82	21,61	21,12	15,87	14,58	14,33
	29,95	30,16	30,67	21,82	20,41	20,80
	23,03	21,78	21,61	17,16	14,76	14,43
	31,62	30,40	31,38	23,61	20,66	20,94
	23,83	23,03	21,61	17,61	17,26	15,70
	32,71	32,15	31,38	24,22	24,16	22,79

Geometrija	Višina			H = 8 m		
Sistem	Portalni okvir					
Vpetje stebrov	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Sistem	Natezna vez					
	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Sistem	Paličje					
	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

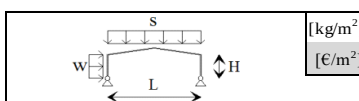
Obtežba [kN/m²]								
s	1,00		33,10	33,10	33,10	31,80	30,36	30,36
w	0,40		38,47	39,14	41,12	36,95	35,90	37,72
s	1,20		34,27	34,27	34,27	33,10	31,80	31,80
w	0,40		39,84	40,52	42,58	38,47	37,59	39,50
s	1,50		36,36	36,36	36,36	36,36	34,27	34,27
w	0,40		42,26	42,98	45,17	42,26	40,52	42,58
s	2,00		41,71	39,24	39,24	41,71	39,24	37,16
w	0,40		50,02	46,39	48,75	47,52	46,39	46,16
s	1,00		33,10	33,10	33,10	33,10	30,36	30,36
w	0,60		38,47	39,14	41,12	38,47	35,90	37,72
s	1,20		36,36	36,36	36,36	34,28	31,80	31,80
w	0,60		42,26	42,98	45,17	39,85	37,59	39,50
s	1,50		36,36	36,36	36,36	36,36	34,27	34,27
w	0,60		42,26	42,98	45,17	42,26	40,52	42,58
s	2,00		41,71	39,24	39,24	41,71	39,24	37,16
w	0,60		50,02	46,39	48,75	47,52	46,39	46,16
s	1,00		39,24	39,24	39,24	33,10	30,36	30,36
w	1,00		45,61	46,39	48,75	38,47	35,90	37,72
s	1,20		39,24	39,24	39,24	34,28	31,80	31,80
w	1,00		45,61	46,39	48,75	39,85	37,59	39,50
s	1,50		41,71	39,24	39,24	36,36	34,27	34,27
w	1,00		50,02	46,39	48,75	42,26	40,52	42,58
s	2,00		44,32	41,71	41,71	41,71	39,24	37,16
w	1,00		53,15	50,85	53,15	47,52	46,39	46,16

	32,08	32,08	32,08	19,67	18,30	18,30
	39,16	39,81	41,73	23,04	21,80	22,81
	34,24	34,24	34,24	21,21	21,21	18,30
	41,81	42,50	44,55	24,83	25,26	22,81
	34,24	34,24	34,24	23,84	23,84	20,85
	41,81	42,50	44,55	28,40	28,87	25,99
	36,47	36,47	36,47	29,02	26,85	23,85
	44,53	45,26	47,45	35,43	33,32	30,43
	35,41	35,41	35,41	19,67	19,67	19,67
	43,24	43,95	46,07	23,04	23,43	24,51
	38,03	38,03	38,03	21,21	21,21	21,21
	46,43	47,19	49,47	24,83	25,26	26,42
	38,03	38,03	38,03	23,84	23,84	22,21
	46,43	47,19	49,47	28,40	28,87	27,68
	39,03	39,03	39,03	29,02	26,85	25,22
	47,66	48,44	50,78	35,43	33,32	32,18
	42,84	42,84	42,84	22,84	22,84	22,84
	53,25	54,11	56,68	27,20	27,65	29,02
	42,84	42,84	42,84	22,84	22,84	22,84
	53,25	54,11	56,68	27,20	27,65	29,02
	42,84	42,84	42,84	25,64	25,64	25,64
	53,25	54,11	56,68	31,30	31,81	33,35
	45,07	45,07	45,07	29,02	26,85	26,85
	56,02	56,92	59,63	35,43	33,32	34,93

25,12	25,12	24,15	16,30	16,30	15,64
33,66	34,24	34,28	22,00	22,40	22,29
25,39	25,38	24,79	16,44	16,30	15,64
34,02	34,59	35,18	22,18	22,40	22,29
26,67	25,39	24,92	17,72	16,47	16,17
35,75	34,61	35,37	23,92	22,63	23,05
27,00	26,61	26,16	18,61	17,79	17,37
36,19	36,28	37,13	25,12	24,44	24,76
26,96	26,56	26,19	17,93	17,93	17,18
36,14	36,21	37,16	24,20	24,64	24,50
27,11	26,80	26,80	17,96	17,93	17,63
36,33	36,53	38,03	24,24	24,64	25,13
29,78	28,65	28,11	19,05	18,04	17,72
39,92	39,06	39,90	25,71	24,79	25,26
30,14	29,84	28,39	20,15	19,35	18,99
40,39	40,67	40,30	27,19	26,59	27,07
32,27	31,74	31,10	19,77	19,83	19,08
43,25	43,27	44,14	26,99	27,56	27,58
32,67	32,35	31,99	19,98	19,83	19,48
43,78	44,09	45,41	27,29	27,56	28,15
33,64	32,66	32,16	21,09	19,90	19,62
45,09	44,52	45,64	28,80	27,66	28,36
34,17	33,62	32,33	21,90	21,19	20,87
45,80	45,83	45,89	29,91	29,45	30,16

Geometrija		Višina		H = 12 m				L = 18m D = 6m											
Sistem		Portalni okvir						Natezna vez						Paličje					
Vpetje stebrov		Členekasto			Togo			Členekasto			Togo			Členekasto			Togo		
Material		S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355
Obtežba [kN/m ²]																			
s	1,00	53,30	53,30	53,30	42,76	42,76	42,76	56,91	56,91	56,91	29,79	29,79	29,79	45,90			26,87	26,86	26,20
w	0,40	63,06	64,12	67,06	48,02	48,87	51,44	72,45	73,59	76,72	34,59	35,19	36,97	60,06			34,78	35,42	36,03
s	1,20	53,30	53,30	53,30	44,71	44,71	44,71	56,91	56,91	56,91	29,79	29,79	29,79	47,04			27,10	26,94	26,60
w	0,40	63,06	64,12	67,06	50,21	51,10	53,78	72,45	73,59	76,72	34,59	35,19	36,97	61,55			35,07	35,53	36,58
s	1,50	53,30	53,30	53,30	46,47	46,47	46,47	56,91	56,91	56,91	32,59	32,59	32,59	47,12			28,21	27,03	27,03
w	0,40	63,06	64,12	67,06	52,19	53,11	55,90	72,45	73,59	76,72	38,82	39,47	41,43	61,66			36,51	35,64	37,17
s	2,00	56,37	56,37	56,37	52,66	52,66	52,66	59,13	59,13	59,13	35,97	33,81	33,81	48,54			28,57	28,30	27,98
w	0,40	69,23	70,35	73,45	61,51	62,56	65,72	75,27	76,46	79,71	42,85	40,94	42,97	63,52			36,98	37,32	38,48
s	1,00	60,27	60,27	60,27	42,76	42,76	42,76	64,15	64,15	64,15	33,63	33,63	33,63	51,73			29,13	28,99	28,15
w	0,60	74,01	75,22	78,54	48,02	48,87	51,44	78,71	80,00	83,52	40,05	40,73	42,75	67,69			37,70	38,22	38,71
s	1,20	60,27	60,27	60,27	44,71	44,71	44,71	64,15	64,15	64,15	35,80	35,80	35,80	51,76			29,63	29,10	28,82
w	0,60	74,01	75,22	78,54	50,21	51,10	53,78	78,71	80,00	83,52	42,64	43,35	45,50	67,73			38,35	38,37	39,63
s	1,50	60,27	60,27	60,27	49,59	46,47	46,47	64,15	64,15	64,15	36,84	36,84	36,84	52,30			30,51	29,42	29,07
w	0,60	74,01	75,22	78,54	55,69	53,11	55,90	78,71	80,00	83,52	43,87	44,61	46,82	68,43			39,49	38,80	39,98
s	2,00	60,27	60,27	60,27	53,30	52,66	52,66	66,38	66,38	66,38	38,03	38,03	38,03	53,78			30,79	30,64	30,21
w	0,60	74,01	75,22	78,54	63,06	62,56	65,72	81,45	82,78	86,43	45,29	46,05	48,33	70,37			39,85	40,41	41,54
s	1,00	69,70	69,70	69,70	44,71	42,76	42,76	76,46	76,46	76,46	41,01	41,01	41,01	63,38			35,04	34,06	33,85
w	1,00	82,38	83,78	87,61	50,21	48,87	51,44	93,82	95,35	99,55	48,85	49,67	52,13	80,02			45,35	44,91	46,55
s	1,20	69,70	69,70	69,70	46,47	44,71	44,71	76,46	76,46	76,46	41,01	41,01	41,01	63,47	62,69	62,69	35,19	34,87	34,56
w	1,00	82,38	83,78	87,61	52,19	51,10	53,78	93,82	95,35	99,55	48,85	49,67	52,13	80,13	80,59	83,78	45,54	45,98	47,53
s	1,50	69,70	69,70	69,70	49,59	46,47	46,47	76,46	76,46	76,46	42,03	42,03	42,03	63,63			36,37	35,07	34,61
w	1,00	82,38	83,78	87,61	55,69	53,11	55,90	93,82	95,35	99,55	49,09	49,93	52,45	80,34			47,07	46,25	47,59
s	2,00	69,70	69,70	69,70	53,30	52,66	52,66	78,69	78,69	78,69	45,86	45,86	45,86	65,08			36,75	36,44	34,99
w	1,00	82,38	83,78	87,61	63,06	62,56	65,72	96,55	98,13	102,45	53,56	54,48	57,23	82,17			47,57	48,06	48,12
		teža okvira na tlorisno površino [kg/m ²]																	
		cena okvira na tlorisno površino [€/m ²]																	

Geometrija	Razpon	L = 18 m
	Višina	H = 6 m
	Razmik med okvir	D = 8 m



Sistem	Portalni okvir					
Vpetje stebrov	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Natezna vez					
					
Členekasto			Togo		
S235	S275	S355	S235	S275	S355

Paličje					
					
Členekasto			Togo		
S235	S275	S355	S235	S275	S355

Obtežba [kN/m²]							
s	1,00	24,77	23,38	23,38	23,38	22,21	22,21
w	0,40	30,99	28,31	29,72	27,85	26,90	28,23
s	1,20	26,94	23,38	23,38	26,94	23,38	23,38
w	0,40	33,70	28,31	29,72	33,70	28,31	29,72
s	1,50	28,40	26,94	24,77	26,94	26,94	23,38
w	0,40	35,53	34,24	32,85	33,70	34,24	29,72
s	2,00	31,73	28,40	26,94	31,73	28,40	26,94
w	0,40	40,39	36,10	35,73	40,39	36,10	35,73
s	1,00	26,94	23,38	23,38	23,38	22,21	22,21
w	0,60	33,70	28,31	29,72	27,85	26,90	28,23
s	1,20	26,94	24,77	23,38	26,94	23,38	23,38
w	0,60	33,70	30,00	29,72	33,70	28,31	29,72
s	1,50	28,40	26,94	24,77	26,94	26,94	23,38
w	0,60	35,53	34,24	32,85	33,70	34,24	29,72
s	2,00	31,73	30,70	26,98	31,73	30,70	26,94
w	0,60	40,39	40,40	35,78	40,39	39,02	35,73
s	1,00	26,94	23,38	23,38	23,38	22,21	22,21
w	1,00	33,70	28,31	29,72	27,85	26,90	28,23
s	1,20	26,94	26,94	23,38	26,94	23,38	23,38
w	1,00	33,70	32,63	29,72	33,70	28,31	29,72
s	1,50	28,40	26,94	24,77	28,40	26,95	23,38
w	1,00	35,53	34,24	32,85	35,53	34,25	29,72
s	2,00	31,73	30,70	26,94	31,73	30,70	26,94
w	1,00	40,39	40,40	35,73	40,39	39,02	35,73

19,72	19,72	19,72	17,33	15,25	15,25
24,92	25,32	26,50	21,90	19,12	20,03
20,48	20,48	20,48	18,08	17,35	16,01
25,88	26,28	27,51	22,85	22,27	21,02
20,48	20,48	20,48	20,48	19,71	17,35
25,88	26,28	27,51	25,88	25,30	23,31
24,50	24,50	22,54	23,35	20,63	19,89
30,96	31,45	30,28	29,50	26,47	26,72
22,83	22,83	22,83	17,33	16,59	15,25
28,84	29,30	30,67	21,90	21,29	20,03
22,83	22,83	22,83	18,08	17,35	16,01
28,84	29,30	30,67	22,85	22,27	21,02
23,59	23,59	23,59	20,48	19,71	17,35
29,81	30,28	31,69	25,88	25,30	23,31
24,50	24,50	24,50	24,50	21,39	19,89
30,96	31,45	32,92	30,96	27,45	26,72
25,03	25,03	25,03	17,33	16,59	15,25
31,62	32,12	33,63	21,90	21,29	20,03
25,78	25,78	25,78	19,71	17,35	16,01
32,58	33,09	34,64	24,90	22,27	21,02
25,78	25,78	25,78	20,48	19,71	17,35
32,58	33,09	34,64	25,88	25,30	23,31
28,75	28,75	28,75	24,50	21,39	19,89
37,62	38,19	39,91	30,96	27,45	26,72

14,80	14,04	13,69	11,25	10,31	10,08
20,32	19,59	19,87	15,48	14,43	14,63
15,13	14,85	13,84	11,33	11,25	10,23
20,77	20,72	20,10	15,59	15,76	14,85
16,45	15,07	14,29	12,58	12,05	11,08
22,58	21,03	20,74	17,31	16,87	16,09
17,46	16,57	15,90	15,20	13,70	11,21
23,97	23,13	23,08	20,90	19,19	16,27
15,93	14,93	14,68	11,98	11,07	10,10
21,87	20,84	21,31	16,48	15,49	14,65
16,02	16,35	16,16	12,21	11,98	10,96
21,99	22,70	23,46	16,80	16,77	15,91
17,97	17,27	16,96	14,48	12,14	11,81
24,67	24,11	24,62	19,92	17,00	17,14
19,70	18,81	17,26	15,20	14,67	12,04
27,04	26,26	25,06	20,90	20,54	17,48
18,49	18,21	17,94	13,95	11,99	11,77
25,38	25,41	26,04	19,41	16,78	17,08
19,40	18,99	17,99	14,18	12,93	11,86
26,63	26,51	26,12	19,73	18,11	17,22
19,61	19,30	18,81	15,58	13,14	12,70
26,92	26,93	27,31	21,68	18,40	18,44
21,72	20,76	19,12	16,37	15,72	12,91
29,82	28,97	27,75	22,78	22,26	18,74

Geometrija	Višina			H = 8 m		
Sistem	Portalni okvir					
Vpetje stebrov	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Natezna vez					
Členekasto			Togo		
S235	S275	S355	S235	S275	S355

Paličje					
Členekasto			Togo		
S235	S275	S355	S235	S275	S355

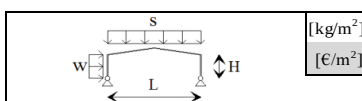
Obtežba [kN/m²]							
s	1,00	29,12	29,12	29,12	27,27	25,71	25,71
w	0,40	35,59	36,17	37,78	31,69	30,39	31,93
s	1,20	31,28	29,12	29,12	29,43	27,27	27,27
w	0,40	37,52	36,17	37,78	34,21	32,24	33,87
s	1,50	33,24	31,28	31,28	31,28	29,43	29,43
w	0,40	39,87	38,14	39,86	37,52	34,79	36,56
s	2,00	36,91	33,24	33,24	35,54	33,58	31,28
w	0,40	45,92	40,53	42,36	44,22	42,46	39,86
s	1,00	31,28	29,12	29,12	27,27	25,71	25,71
w	0,60	37,52	36,17	37,78	31,69	30,39	31,93
s	1,20	31,28	31,28	29,35	29,43	27,27	27,27
w	0,60	37,52	38,14	38,08	34,21	32,24	33,87
s	1,50	33,24	31,28	31,28	31,28	29,43	29,43
w	0,60	39,87	38,14	39,86	37,52	34,79	36,56
s	2,00	36,91	35,54	33,24	35,54	33,58	31,28
w	0,60	45,92	44,93	42,36	44,22	42,46	39,86
s	1,00	31,30	31,30	31,30	27,27	25,71	25,71
w	1,00	37,53	38,16	39,88	31,69	30,39	31,93
s	1,20	33,24	33,24	33,24	31,28	27,27	27,27
w	1,00	39,87	40,53	42,36	36,36	32,24	33,87
s	1,50	35,54	33,24	33,24	31,28	29,43	29,43
w	1,00	44,22	40,53	42,36	37,52	38,14	36,56
s	2,00	36,91	35,54	35,54	35,54	33,58	31,28
w	1,00	45,92	44,93	46,88	44,22	42,46	39,86

27,64	27,64	27,64	17,88	15,91	15,91
33,75	34,30	35,96	21,30	18,94	19,82
28,40	28,40	28,40	19,23	18,01	16,66
34,67	35,24	36,94	23,48	21,98	20,76
28,40	28,40	28,40	21,83	20,85	18,01
34,67	35,24	36,94	26,66	25,88	22,98
31,36	30,19	30,19	24,70	23,72	20,54
38,98	37,47	39,28	30,16	29,44	26,21
30,08	30,08	30,08	19,23	17,88	17,88
36,73	37,33	39,14	23,48	21,65	22,73
30,84	30,84	30,84	20,21	19,23	17,88
37,65	38,27	40,12	24,67	23,86	22,73
32,89	32,89	32,89	21,83	20,85	19,23
40,89	41,54	43,52	26,66	25,88	25,01
33,80	33,80	33,80	25,73	23,72	21,76
42,02	42,69	44,72	31,41	29,44	28,31
36,49	36,49	36,49	20,21	20,21	20,21
47,55	48,28	50,29	24,67	25,08	26,29
37,25	37,25	37,25	21,83	20,21	20,21
48,53	49,28	51,33	26,66	25,08	26,29
37,25	37,25	37,25	22,86	21,83	20,21
48,53	49,28	51,33	27,91	27,09	26,29
38,16	38,16	38,16	27,26	24,70	22,74
49,72	50,48	52,58	33,29	30,66	29,59

21,24	20,39	19,99	14,45	13,53	13,29
28,47	27,80	28,37	19,50	18,59	18,95
21,27	21,23	20,13	14,46	14,44	13,42
28,51	28,94	28,57	19,51	19,85	19,14
23,11	22,34	22,02	15,08	14,61	14,27
30,97	30,45	31,25	20,35	20,07	20,35
24,88	23,89	22,32	16,77	15,80	14,66
33,35	32,56	31,68	22,63	21,70	20,90
23,43	22,47	21,84	15,82	13,56	13,34
31,40	30,63	31,00	21,60	18,63	19,01
23,55	23,26	21,84	16,05	15,87	14,80
31,56	31,70	31,00	21,92	22,07	21,40
23,87	23,56	23,33	17,45	16,08	15,78
31,99	32,12	33,12	23,83	22,36	22,81
25,99	25,36	24,11	18,25	17,59	15,86
34,83	34,57	34,22	24,92	24,45	22,92
27,35	26,88	26,72	18,13	16,15	15,81
38,30	38,26	39,40	24,76	22,45	22,86
28,22	26,97	26,83	18,40	16,96	16,02
39,51	38,39	39,55	25,13	23,58	23,16
28,47	28,20	26,93	18,91	17,19	16,77
39,86	40,14	39,71	25,82	23,89	24,24
29,88	28,57	28,00	20,69	18,70	17,12
41,84	40,66	41,28	28,25	25,99	24,75

	teža okvira na tlorisno površino [kg/m^2]
	cena okvira na tlorisno površino [€/m^2]

Geometrija	Razpon	L = 18 m
	Višina	H = 6 m
	Razmik med okvirji	D = 10 m



Sistem	Portalni okvir					
Vpetje stebrov	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Sistem	Natezna vez					
Vpetje stebrov	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Sistem	Paličje					
Vpetje stebrov	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Obtežba [kN/m²]							
s	1,00	22,72	21,55	19,82	21,55	20,44	18,70
w	0,40	28,43	27,39	26,28	26,96	24,75	23,77
s	1,20	22,72	21,55	21,55	22,72	21,55	20,44
w	0,40	28,43	27,39	28,58	28,43	27,39	25,98
s	1,50	25,38	24,56	21,55	25,38	24,56	21,55
w	0,40	32,31	32,32	28,58	32,31	32,32	28,58
s	2,00	30,51	27,14	25,38	28,52	25,38	24,56
w	0,40	38,84	35,09	34,21	36,30	32,82	33,67
s	1,00	22,72	21,55	19,82	21,55	21,55	18,70
w	0,60	28,43	27,39	26,28	26,96	27,39	23,77
s	1,20	24,56	22,72	21,55	22,72	21,55	20,44
w	0,60	31,83	28,88	28,58	28,43	27,39	25,98
s	1,50	25,38	24,56	21,55	25,38	24,56	21,55
w	0,60	32,31	32,32	28,58	32,31	32,32	28,58
s	2,00	30,51	27,14	25,38	28,52	25,38	24,56
w	0,60	38,84	35,09	34,21	36,30	32,82	33,67
s	1,00	22,72	21,55	19,82	21,55	21,55	18,70
w	1,00	28,43	27,39	26,28	26,96	27,39	23,77
s	1,20	24,56	22,72	21,55	24,56	21,55	20,44
w	1,00	31,83	28,88	28,58	31,83	27,39	25,98
s	1,50	26,26	24,56	21,55	25,38	24,56	21,56
w	1,00	33,43	32,32	28,58	32,31	32,32	28,59
s	2,00	31,97	30,51	25,38	28,52	25,38	24,56
w	1,00	40,70	39,45	34,21	36,30	32,82	33,67

17,95	17,95	17,95	16,38	14,47	12,81
22,68	23,04	24,12	20,69	18,57	16,82
18,87	18,87	18,87	16,38	15,77	13,88
23,84	24,22	25,35	20,70	20,24	18,65
20,25	19,60	19,60	19,60	17,11	16,50
25,58	25,16	26,33	24,76	21,96	22,17
22,47	21,24	19,60	22,47	19,60	18,68
29,40	28,21	26,33	29,40	25,16	25,10
19,51	19,51	19,51	16,38	14,47	13,88
24,65	25,04	26,22	20,70	18,57	18,65
19,51	19,51	19,51	18,87	15,77	13,88
24,65	25,04	26,22	23,84	20,24	18,65
21,88	21,88	21,88	19,61	17,11	16,50
28,63	29,07	30,39	24,77	21,96	22,17
24,47	24,47	23,94	22,47	19,61	18,68
32,02	32,51	33,24	29,40	25,17	25,10
22,27	22,27	22,27	16,38	15,77	13,88
29,14	28,58	30,92	20,70	20,24	18,65
22,27	22,27	22,27	18,87	16,38	14,47
29,14	29,58	30,92	23,84	21,03	19,44
23,94	23,94	23,94	19,60	19,36	16,50
31,32	31,80	33,24	24,76	24,85	22,17
25,93	25,93	25,93	22,47	21,24	19,61
33,34	33,86	36,01	29,40	28,21	26,34

12,94	12,77	12,42	10,07	9,64	8,84
17,77	17,82	18,03	13,85	13,49	12,82
14,01	12,77	12,54	11,70	11,70	9,59
19,24	17,82	18,21	16,09	16,38	13,93
14,69	13,98	12,72	12,16	12,16	9,63
20,17	19,51	18,46	16,72	17,02	13,98
16,41	15,43	14,04	14,52	14,52	11,52
22,52	21,54	20,38	20,20	20,56	16,73
14,03	13,84	13,51	10,78	10,78	9,42
19,26	19,32	19,61	14,83	15,10	13,67
15,08	14,00	14,00	11,70	11,70	9,59
20,70	19,54	20,02	16,09	16,38	13,93
15,85	15,17	14,55	12,16	12,16	9,75
21,76	21,17	21,13	16,72	17,02	14,15
17,48	17,25	15,87	14,75	14,75	11,52
23,99	24,08	23,03	20,52	20,88	16,73
16,30	15,97	15,20	11,37	11,37	10,14
22,38	22,29	22,07	15,82	16,10	14,71
17,42	16,29	15,95	12,56	12,56	10,23
23,92	22,74	23,15	17,47	17,78	14,85
17,99	17,50	16,10	13,28	13,28	10,46
24,70	24,43	23,37	18,49	18,81	15,18
19,62	18,72	17,32	15,43	15,43	12,64
26,93	26,13	25,14	21,47	21,85	18,60

Geometrija	Višina			H = 8 m		
Sistem	Portalni okvir					
Vpetje stebrov	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Sistem	Natezna vez					
Vpetje stebrov	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Sistem	Paličje					
Vpetje stebrov	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Obtežba [kN/m²]							
s	1,00	25,03	25,03	25,03	25,03	23,54	23,54
w	0,40	30,01	30,51	31,89	30,01	27,84	29,25
s	1,20	26,59	25,03	25,03	26,59	25,03	23,54
w	0,40	31,89	30,51	31,89	31,89	30,51	29,25
s	1,50	29,52	28,43	26,87	28,43	26,59	25,03
w	0,40	36,74	35,94	35,45	35,37	32,42	31,89
s	2,00	35,61	30,69	29,52	32,95	29,52	26,87
w	0,40	44,31	38,81	38,95	40,99	37,33	35,45
s	1,00	26,60	25,03	25,03	25,03	23,54	23,54
w	0,60	31,90	30,51	31,89	30,01	27,84	29,25
s	1,20	28,43	25,03	25,03	26,59	25,03	23,54
w	0,60	35,37	30,51	31,89	31,89	30,51	29,25
s	1,50	29,52	28,43	26,87	28,43	26,59	25,03
w	0,60	36,74	35,94	35,45	35,37	32,42	31,89
s	2,00	35,61	30,69	29,52	32,95	29,52	26,87
w	0,60	44,31	38,81	38,95	40,99	37,33	35,45
s	1,00	28,43	28,43	28,43	25,03	23,54	23,54
w	1,00	35,37	35,94	37,51	30,01	27,84	29,25
s	1,20	29,52	28,43	28,43	26,59	25,03	23,54
w	1,00	36,74	35,94	37,51	31,89	30,51	29,25
s	1,50	30,69	28,43	28,43	29,52	28,43	25,03
w	1,00	38,19	35,94	37,51	36,74	35,94	31,89
s	2,00	35,61	33,78	29,52	32,95	29,52	26,87
w	1,00	44,31	42,71	38,95	40,99	37,33	35,45

25,06	25,06	25,06	17,47	15,38	14,40
31,15	31,65	33,16	21,33	19,09	18,38
25,06	25,06	25,06	18,29	16,68	15,38
31,15	31,65	33,16	22,33	20,70	20,01
25,79	25,79	25,79	20,58	18,98	17,41
32,06	32,57	34,12	25,13	23,55	22,65
27,79	27,79	27,79	23,45	22,22	18,98
34,55	35,10	36,77	29,68	28,57	24,69
27,79	27,79	27,79	17,47	16,68	16,68
36,22	36,77	38,30	21,33	20,70	21,70
27,79	27,79	27,79	18,29	17,47	16,68
36,22	36,77	38,30	22,33	21,68	21,70
30,53	28,53	28,53	20,58	19,76	17,41
39,78	37,74	39,31	25,13	24,52	22,65
30,53	30,53	30,53	23,45	22,22	19,76
39,78	40,39	42,07	29,68	28,57	25,71
31,36	31,36	31,36	18,29	18,29	18,29
40,86	41,49	43,21	22,33	22,69	23,79
31,36	31,36	31,36	21,08	18,29	18,29
40,86	41,49	43,21	25,74	22,69	23,79
32,09	32,09	32,09	21,81	20,58	20,58
41,82	42,46	44,23	26,63	25,54	26,78
		33,18	24,30	23,45	20,58
		45,73	30,77	30,15	26,78

18,22	17,87	17,87	13,12	13,12	12,54
24,42	24,36	25,36	17,91	18,23	18,12
19,15	19,15	18,46	14,06	13,61	12,59
25,66	26,10	26,20	19,19	18,92	18,20
20,02	20,02	18,70	14,78	14,07	12,59
26,83	27,29	26,55	20,19	19,56	18,20
22,41	22,41	20,02	17,12	15,53	12,78
30,04	30,55	28,42	23,38	21,59	18,47
20,50	20,50	19,42	13,73	13,73	13,42
27,48	27,95	27,56	18,74	19,08	19,40
22,45	22,45	21,82	14,93	13,73	13,46
31,44	31,95	32,16	20,39	19,08	19,46
23,54	23,11	21,92	15,67	14,96	13,70
32,96	32,89	32,32	21,39	20,79	19,80
25,63	25,63	22,92	18,05	17,34	15,94
35,30	35,89	33,78	24,65	24,10	23,04
24,60	24,60	24,60	14,93	14,65	14,47
34,44	35,01	36,26	20,39	20,36	20,92
24,70	24,70	24,70	17,29	16,07	15,82

Geometrija		Višina		H = 12 m				L = 18m D = 10m					
Sistem		Portalni okvir						Natezna vez					
Vpetje stebrov		Členekasto			Togo			Členekasto			Togo		
Material		S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Obtežba [kN/m²]													
s	1,00	37,81	37,81	37,81	31,98	31,98	31,98	40,74	40,74	40,74	23,93	23,93	22,62
w	0,40	44,69	45,44	47,52	37,83	38,47	40,23	49,98	50,80	53,04	28,50	28,98	28,76
s	1,20	37,81	37,81	37,81	33,82	33,82	33,82	40,74	40,74	40,74	25,49	23,93	23,93
w	0,40	44,69	45,44	47,52	41,54	42,21	44,07	49,98	50,80	53,04	29,78	28,98	30,42
s	1,50	39,57	39,57	39,57	36,16	36,16	36,16	43,23	43,23	43,23	26,22	26,22	24,66
w	0,40	46,77	47,56	49,74	44,41	45,13	47,12	53,04	53,90	56,28	30,63	31,15	31,34
s	2,00	45,81	41,82	39,57	41,82	37,81	37,81			43,23	29,87	27,86	26,22
w	0,40	54,15	50,27	49,74	49,43	45,44	47,52			56,28	36,23	34,36	32,72
s	1,00	41,82	41,82	41,82	31,98	31,98	31,98	46,49	46,49	46,49	26,78	26,78	26,78
w	0,60	49,43	50,27	52,57	37,83	38,47	40,23	57,04	57,97	60,53	31,28	31,82	33,42
s	1,20	43,58	43,58	43,58	36,16	33,82	33,82		49,42	49,42	26,78	26,78	26,78
w	0,60	51,51	52,38	54,78	44,41	42,21	44,07		61,62	64,34	31,28	31,82	33,42
s	1,50	43,58	43,58	43,58	37,81	36,16	36,16			50,14	27,51	27,51	27,51
w	0,60	51,51	52,38	54,78	44,69	45,13	47,12			65,29	32,14	32,69	34,34
s	2,00	48,74	45,81	43,58	41,82	37,81	37,81				31,15	29,15	29,15
w	0,60	57,61	55,06	54,78	49,43	45,44	47,52				37,79	35,94	37,69
s	1,00	52,84	52,84	52,84	34,33	31,98	31,98				32,52	30,89	30,89
w	1,00	62,46	63,51	66,42	40,61	38,47	40,23				39,45	36,69	38,55
s	1,20		52,84	52,84	36,16	33,82	33,82				32,52	30,89	30,89
w	1,00		63,51	66,42	44,41	42,21	44,07				39,45	36,69	38,55
s	1,50		52,84	52,84	37,81	36,16	36,16				33,25	33,25	31,62
w	1,00		63,51	66,42	44,69	45,13	47,12				40,33	41,00	39,46
s	2,00			55,89	41,82	37,81	37,81				35,26	35,26	33,25
w	1,00			70,25	49,43	45,44	47,52				42,76	43,47	42,99

Paličje					
Členekasto			Togo		
S235	S275	S355	S235	S275	S355

36,02			20,71	20,45	20,24
47,13			26,80	26,96	27,84
36,02			21,72	20,45	20,24
47,13			28,11	26,96	27,84
37,32			22,41	21,68	20,42
48,83			29,01	28,59	28,08
40,06			24,10	23,13	21,73
50,58			31,20	30,50	29,89
38,57			22,11	21,85	21,58
48,69			28,62	28,81	29,68
39,46			23,12	22,11	21,63
49,82			29,92	29,16	29,75
39,39			23,87	23,19	21,83
49,73			30,90	30,58	30,02
40,62			26,77	25,80	24,40
51,28			34,03	33,43	33,56
46,37			26,86	26,54	25,63
58,54			34,14	34,39	34,66
46,80	46,80	46,80	27,78	26,68	26,33
59,09	60,17	62,55	35,31	34,57	35,60
47,48			28,22	27,65	26,46
59,94			35,87	35,83	35,78
48,50			30,17	29,36	27,50
61,23			38,36	38,05	37,18

	teža okvira na tlorisno površino [kg/m²]
	cena okvira na tlorisno površino [€/m²]

Paličje					
					
Členekasto			Togo		
S235	S275	S355	S235	S275	S355

17,45	16,32	16,16	13,99	12,33	12,22
23,96	22,78	23,45	19,24	17,26	17,73
17,66	17,52	16,31	14,43	13,34	12,35
24,24	24,45	23,67	19,85	18,67	17,92
18,09	17,71	17,71	14,55	14,41	13,60
24,83	24,73	25,72	20,01	20,17	19,74
21,00	20,78	18,77	18,27	17,15	14,64
28,83	29,00	27,25	25,12	24,00	21,26
18,66	17,36	17,28	14,04	12,99	12,88
25,61	24,23	25,08	19,31	18,19	18,70
18,69	18,55	17,55	15,30	14,01	13,02
25,65	25,88	25,47	21,04	19,61	18,90
20,19	19,81	19,61	15,70	15,28	14,27
27,71	27,66	28,47	21,59	21,39	20,71
22,07	21,40	19,85	18,27	17,15	14,64
30,30	29,87	28,82	25,12	24,00	21,26
21,37	20,16	20,02	15,98	13,96	13,79
29,34	28,14	29,06	21,98	19,55	20,02
21,64	21,37	20,23	16,38	14,92	13,93
29,71	29,83	29,38	22,53	20,89	20,23
21,72	21,63	21,49	16,80	16,36	15,14
29,81	30,18	31,19	23,11	22,91	21,97
23,77	23,17	22,91	19,34	18,45	15,52
32,63	32,35	33,26	26,60	25,86	22,53

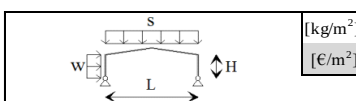
Paličje					
Členekasto			Togo		
S235	S275	S355	S235	S275	S355

23,78	23,36	23,28	16,48	15,54	15,33
31,87	31,85	33,04	22,24	21,35	21,85
24,69	24,57	23,55	16,87	16,50	15,47
33,09	33,49	33,42	22,77	22,67	22,05
25,11	24,74	24,60	17,28	16,86	16,72
33,65	33,73	34,92	23,31	23,16	23,83
27,09	26,49	25,01	21,22	18,97	17,10
36,30	36,11	35,50	28,64	26,06	24,37
26,55	26,24	26,11	17,87	16,92	16,75
35,59	35,77	37,05	24,12	23,25	23,88
27,72	27,45	26,31	18,26	17,95	16,89
37,15	37,42	37,34	24,64	24,64	24,08
27,80	27,71	27,59	18,69	18,25	18,10
37,26	37,78	39,16	25,22	25,07	25,80
29,85	29,32	27,87	21,22	20,35	18,72
40,00	39,97	39,55	28,64	27,96	26,69
30,27	30,20	29,96	19,82	18,57	18,42
40,57	41,17	42,52	27,07	25,82	26,63
31,32	30,26	30,11	19,91	19,77	18,54
41,98	41,25	42,73	27,18	27,48	26,79
31,64	31,21	30,99	20,34	19,96	19,75
42,41	42,55	43,98	27,77	27,75	28,55
33,75	32,80	31,15	23,54	21,55	20,24
45,23	44,71	44,22	32,14	29,96	29,26

cena okvira na tlorisno površino [$\text{€}/\text{m}^2$]

Geometrija		Višina						H = 12 m						L = 20m D = 6m											
Sistem		Portalni okvir												Natezna vez						Paliče					
Vpetje stebrov		Členekasto						Togo						Členekasto			Togo			Členekasto			Togo		
Material		S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355			
Obtežba [kN/m ²]																									
s	1,00	52,94	52,94	52,94	46,52	46,52	46,52	53,43	53,43	53,43	29,89	29,89	29,89	43,21			26,11	24,98	24,81						
w	0,40	64,61	65,67	68,58	51,89	52,82	55,61	67,62	68,69	71,63	35,37	35,97	37,76	56,54			33,80	32,94	34,12						
s	1,20	52,94	52,94	52,94	46,52	46,52	46,52	56,77	56,77	56,77	30,89	30,89	30,89	44,27			26,31	26,18	24,95						
w	0,40	64,61	65,67	68,58	51,89	52,82	55,61	69,23	70,36	73,48	36,56	37,18	39,03	57,92			34,05	34,52	34,31						
s	1,50	52,94	52,94	52,94	49,86	49,86	49,86	57,78	57,78	57,78	33,07	33,07	33,07	44,56			26,74	26,38	26,15						
w	0,40	64,61	65,67	68,58	58,61	59,61	62,35	70,47	71,62	74,80	39,14	39,80	41,78	58,30			34,61	34,78	35,97						
s	2,00	60,25	56,74	56,74	52,94	52,94	52,94	57,78	57,78	57,78	36,89	34,28	34,28	46,69			28,63	28,40	26,65						
w	0,40	70,76	67,77	70,89	64,61	65,67	68,58	70,47	71,62	74,80	43,65	41,26	43,31	61,09			37,05	37,45	36,65						
s	1,00	56,46	56,46	56,46	46,52	46,52	46,52	60,28	60,28	60,28	33,90	33,90	33,90	48,09			28,32	26,99	26,91						
w	0,60	66,31	67,44	70,54	51,89	52,82	55,61	73,52	74,72	78,04	40,12	40,80	42,83	62,93			36,65	35,60	37,01						
s	1,20	60,25	60,25	60,25	46,52	46,52	46,52	63,76	63,76	63,76	34,91	34,91	34,91	48,92			28,32	28,18	27,18						
w	0,60	70,76	71,96	75,28	51,89	52,82	55,61	77,75	79,03	82,53	41,31	42,01	44,10	64,01			36,65	37,16	37,38						
s	1,50	60,25	60,25	60,25	49,86	49,86	49,86	63,76	63,76	63,76	37,67	37,67	37,67	49,18			28,74	28,57	28,16						
w	0,60	70,76	71,96	75,28	58,61	59,61	62,35	77,75	79,03	82,53	43,72	44,47	46,73	64,35			37,19	37,68	38,73						
s	2,00	60,25	60,25	60,25	56,46	52,94	52,94	63,76	63,76	63,76	40,28	37,67	37,67	50,82			30,63	30,41	28,64						
w	0,60	70,76	71,96	75,28	68,91	65,67	68,58	77,75	79,03	82,53	46,75	44,47	46,73	66,50			39,65	40,10	39,39						
s	1,00	65,35	65,35	65,35	46,52	46,52	46,52	75,76	75,76	75,76	40,36	40,36	40,36	58,18			32,50	32,19	32,05						
w	1,00	76,76	78,06	81,66	51,89	52,82	55,61	92,39	93,90	98,07	46,83	47,64	50,06	73,46			42,06	42,45	44,08						
s	1,20	67,98	67,98	67,98	46,52	46,52	46,52	76,77	76,77	76,77	41,37	41,37	41,37	59,33	57,89	57,89	33,67	33,40	32,27						
w	1,00	79,85	81,21	84,95	51,89	52,82	55,61	93,62	95,15	99,37	48,00	48,83	51,31	74,91	74,42	77,38	43,58	44,05	44,37						
s	1,50	67,98	67,98	67,98	49,86	49,86	49,86	76,77	76,77	76,77	43,97	41,37	41,37	63,38			33,90	33,67	33,54						
w	1,00	79,85	81,21	84,95	58,61	59,61	62,35	93,62	95,15	99,37	51,03	48,83	51,31	80,02			43,87	44,40	46,13						
s	2,00	67,98	67,98	67,98	56,46	52,94	52,94		76,77	76,77	43,97	43,97	41,37	64,27			35,95	35,24	33,81						
w	1,00	79,85	81,21	84,95	68,91	65,67	68,58		95,15	99,37	51,03	51,91	51,31	81,14			46,53	46,48	46,50						
		teža okvira na tlorisno površino [kg/m ²]																							
		cena okvira na tlorisno površino [€/m ²]																							

Geometrija	Razpon	L = 20 m
	Višina	H = 6 m
	Razmik med okviri	D = 8 m



Sistem	Portalni okvir					
Vpetje stebrov	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Natezna vez						
	Členekasto			Togo		
	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Paliče						
	Členekasto			Togo		
	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Obtežba [kN/m²]							
s	1,00	25,66	25,66	23,51	25,66	24,40	22,25
w	0,40	31,90	32,42	30,99	31,90	29,37	28,12
s	1,20	26,98	25,66	25,66	26,98	25,66	23,51
w	0,40	33,55	32,42	33,83	33,55	32,42	30,99
s	1,50	30,21	29,28	25,66	29,28	29,28	25,66
w	0,40	38,22	37,64	33,83	37,06	37,64	33,83
s	2,00	36,29	31,20	30,21	34,04	30,21	29,28
w	0,40	45,92	40,11	40,49	43,08	38,83	39,25
s	1,00	26,98	25,66	23,51	25,66	24,40	22,25
w	0,60	33,55	32,42	30,99	31,90	29,37	28,12
s	1,20	29,28	26,98	25,66	26,98	25,66	23,51
w	0,60	37,06	34,09	33,83	33,55	32,42	30,99
s	1,50	30,21	29,28	25,66	30,21	29,28	25,66
w	0,60	38,22	37,64	33,83	38,22	37,64	33,83
s	2,00	36,29	34,30	30,21	34,04	30,21	29,28
w	0,60	45,92	44,09	40,49	43,08	38,83	39,25
s	1,00	26,98	25,66	23,51	25,66	24,40	22,25
w	1,00	33,55	32,42	30,99	31,90	29,37	28,12
s	1,20	29,28	29,28	25,66	26,98	25,59	23,51
w	1,00	37,06	37,00	33,83	33,55	32,33	30,99
s	1,50	30,21	29,28	25,66	30,21	29,28	25,66
w	1,00	38,22	37,64	33,83	38,22	37,64	33,83
s	2,00	36,29	36,29	30,21	34,04	30,21	29,28
w	1,00	45,92	46,65	40,49	43,08	38,83	39,25

19,77	19,77	19,77	19,08	16,79	15,45
24,83	25,22	26,41	23,96	21,42	20,18
21,72	20,80	20,80	19,77	19,08	16,79
27,28	26,55	27,79	24,83	24,34	22,43
22,76	21,72	21,72	22,76	21,72	18,42
28,58	27,72	29,02	28,58	27,72	24,61
26,45	25,72	23,67	26,45	23,67	20,68
34,41	33,97	31,63	34,41	30,21	27,63
22,76	22,76	22,76	19,08	16,79	16,79
28,58	29,04	30,40	23,96	21,42	22,43
22,76	22,76	22,76	19,77	19,08	16,79
28,58	29,04	30,40	24,83	24,34	22,43
24,40	24,40	24,40	22,76	21,72	18,42
30,64	31,13	32,59	28,58	27,72	24,61
26,45	26,45	26,45	26,45	23,67	20,68
34,41	34,94	36,52	34,41	30,21	27,63
24,75	24,40	24,40	19,77	17,45	16,79
31,08	31,14	32,60	24,83	22,27	22,43
26,78	26,98	26,98	19,80	19,08	16,79
34,84	35,64	37,26	24,87	24,34	22,43
27,70	27,70	27,70	22,76	21,72	19,08
36,04	36,59	38,25	28,58	27,72	25,48
30,20	27,70	27,70	26,45	25,72	20,68
38,59	36,59	38,25	34,41	33,97	27,63

14,33	14,06	13,90	11,80	11,46	10,70
19,67	19,62	20,17	16,22	16,04	15,54
15,71	14,25	14,18	12,95	12,61	10,93
21,56	19,88	20,58	17,81	17,66	15,86
16,41	15,68	15,20	14,52	13,17	11,89
22,52	21,89	22,06	19,97	18,43	17,25
18,99	18,04	16,31	16,38	15,34	12,90
26,07	25,18	23,68	22,53	21,47	18,73
16,29	16,07	15,97	11,80	11,46	10,70
22,36	22,43	23,18	16,22	16,04	15,54
17,75	16,26	16,09	12,95	12,61	11,58
24,36	22,70	23,36	17,81	17,66	16,81
18,43	17,72	16,09	14,52	13,98	12,54
25,30	24,74	23,36	19,97	19,57	18,20
20,20	19,48	17,51	16,38	15,34	12,90
27,72	27,19	25,43	22,53	21,47	18,73
18,20	18,02	17,68	12,60	11,46	11,40
24,98	25,15	25,66	17,33	16,04	16,55
19,22	18,17	17,82	14,67	12,61	12,39
26,38	25,35	25,87	20,17	17,66	17,98
19,89	19,30	17,93	15,55	14,97	13,37
27,31	26,94	26,03	21,63	21,19	19,41
22,39	21,28	19,23	17,41	16,30	13,71
30,73	29,70	27,92	24,22	23,08	19,89

Geometrija	Višina			H = 8 m		
Sistem	Portalni okvir					
Vpetje stebrov	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Natezna vez						
	Členekasto			Togo		
	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Paliče						
	Členekasto			Togo		
	S235	S275	S355	S235	S275	S355

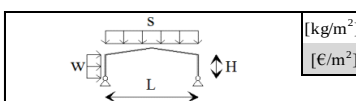
Obtežba [kN/m²]							
s	1,00	29,57	29,57	29,57	29,57	27,90	27,90
w	0,40	35,24	35,83	37,46	35,24	32,77	34,44
s	1,20	31,33	31,33	31,33	31,47	29,57	27,90
w	0,40	37,33	37,96	39,68	37,50	35,83	34,44
s	1,50	34,87	33,64	31,88	33,64	31,33	29,57
w	0,40	43,12	42,27	41,82	41,60	37,96	37,46
s	2,00	39,03	34,87	34,87	39,03	34,87	31,88
w	0,40	48,27	43,82	45,74	48,27	43,82	41,82
s	1,00	31,33	29,57	29,57	29,57	27,90	27,90
w	0,60	37,33	35,83	37,46	35,24	32,77	34,44
s	1,20	33,64	31,33	31,33	31,33	29,57	27,90
w	0,60	41,60	37,96	39,68	37,33	35,83	34,44
s	1,50	34,87	33,64	31,88	33,64	31,33	29,57
w	0,60	43,12	42,27	41,82	41,60	37,96	37,46
s	2,00	39,03	34,87	34,87	39,03	34,87	31,88
w	0,60	48,27	43,82	45,74	48,27	43,82	41,82
s	1,00	33,64	31,33	31,33	29,57	27,90	27,90
w	1,00	41,60	37,96	39,68	35,24	32,77	34,44
s	1,20	33,64	33,64	33,64	31,33	29,57	27,90
w	1,00	41,60	42,27	44,12	37,33	35,83	34,44
s	1,50	34,87	33,64	33,64	33,64	31,33	29,57
w	1,00	43,12	42,27	44,12	41,60	37,96	37,46
s	2,00	42,02	39,03	34,87	39,03	34,87	31,88
w	1,00	51,97	49,05	45,74	48,27	43,82	41,82

27,88	27,88	27,88	20,10	17,37	17,37
33,83	34,39	36,06	24,40	21,08	22,04
27,88	27,88	27,88	20,99	20,10	17,37
33,83	34,39	36,06	25,47	24,80	22,04
29,93	29,93	29,93	23,86	20,99	19,01
36,98	37,58	39,38	28,96	25,89	24,11
30,84	30,84	30,84	26,82	24,77	22,97
38,11	38,72	40,57	33,76	30,56	29,72
31,33	31,33	31,33	20,10	18,47	18,47
38,71	39,34	41,22	24,40	22,79	23,89
31,33	31,33	31,33	20,99	20,10	18,47
38,71	39,34	41,22	25,47	24,80	23,89
31,33	31,33	31,33	23,86	20,99	20,10
38,71	39,34	41,22	28,96	25,89	26,00
34,75	34,75	34,75	28,20	24,77	22,97
42,93	43,63	45,71	34,84	30,56	29,72
35,51	35,51	35,51	20,99	19,36	19,36
46,00	46,71	48,67	25,47	23,87	25,04
35,51	35,51	35,51	21,90	20,99	20,99
46,00	46,71	48,67	26,58	25,89	27,15
37,27	37,27	37,27	25,24	23,86	20,99
48,28	49,03	51,08	30,63	29,44	27,15
	38,18	38,18	28,20	26,15	23,85
	50,22	52,32	34,84	32,26	30,85

19,87	19,79	19,71	15,25	13,74	13,57
26,63	26,98	27,97	20,83	18,88	19,35
21,34	20,01	19,71	16,44	14,80	13,86
28,60	27,28	27,97	22,45	20,33	19,76
22,24	21,29	20,78	17,17	15,39	14,76
29,81	29,03	29,50	23,45	21,14	21,04
25,04	24,12	23,06	19,10	17,98	15,12
33,56	32,87	32,73	26,09	25,00	21,55
22,04	21,85	21,70	15,25	14,97	14,81
29,53	29,79	30,80	20,83	20,81	21,41
23,39	23,39	23,28	16,44	16,04	15,10
31,35	31,89	33,04	22,45	22,29	21,83
24,23	24,23	23,35	17,23	16,63	16,06
32,48	33,04	33,13	23,53	23,11	23,21
26,22	26,22	24,64	19,10	17,98	16,36
35,14	35,75	34,97	26,09	25,00	23,65
25,87	25,64	24,51	17,28	15,96	15,86
36,23	36,49	36,13	23,59	22,18	22,93
26,20	25,82	25,42	18,68	16,15	16,09

Geometrija		Višina						H = 12 m						L = 20m D =8m											
Sistem		Portalni okvir												Natezna vez						Paliče					
Vpetje stebrov		Členekasto						Togo						Členekasto						Togo					
Material		S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355						
Obtežba [kN/m ²]																									
s	1,00	42,34	42,34	42,34	37,39	37,39	37,39	45,97	45,97	45,97	26,18	26,18	26,18	36,55			21,47	21,35	21,23						
w	0,40	49,73	50,58	52,91	43,96	44,70	46,76	56,06	56,98	59,51	30,98	31,51	33,08	47,82			27,79	28,16	29,20						
s	1,20	42,34	42,34	42,34	39,70	39,70	39,70	45,97	45,97	45,97	28,14	26,18	26,18	36,88			22,93	21,47	21,40						
w	0,40	49,73	50,58	52,91	48,46	49,25	51,44	56,06	56,98	59,51	32,66	31,51	33,08	48,26			29,68	28,31	29,43						
s	1,50	44,18	44,18	44,18	42,34	42,34	42,34	47,82	47,82	47,82	29,05	29,05	29,05	38,24			23,63	22,90	22,42						
w	0,40	51,89	52,78	55,21	49,73	50,58	52,91	58,31	59,27	61,90	33,71	34,29	36,04	50,04			30,59	30,20	30,83						
s	2,00	49,01	47,03	47,03	49,01	44,18	44,18		47,82	47,82	33,17	31,10	29,05	40,05			25,40	24,46	22,72						
w	0,40	57,57	56,18	58,77	57,57	52,78	55,21		59,27	61,90	39,99	38,11	36,04	52,41			32,88	32,25	31,25						
s	1,00	47,03	47,03	47,03	37,39	37,39	37,39	51,77	51,77	51,77	29,70	29,70	29,70	41,98			23,71	23,30	23,14						
w	0,60	55,24	56,18	58,77	43,96	44,70	46,76	63,14	64,17	67,02	34,47	35,06	36,84	54,93			30,69	30,73	31,82						
s	1,20	49,01	49,01	49,01	40,03	39,70	39,70	51,77	51,77	51,77	30,21	30,21	30,21	42,15			25,20	23,89	23,55						
w	0,60	57,57	58,55	61,24	48,86	49,25	51,44	63,14	64,17	67,02	35,06	35,67	37,48	53,21			32,62	31,51	32,38						
s	1,50	49,01	49,01	49,01	42,34	42,34	42,34			54,28	31,12	31,12	31,12	43,37			25,89	25,17	23,77						
w	0,60	57,57	58,55	61,24	49,73	50,58	52,91			70,26	36,12	36,74	38,61	54,76			33,50	33,20	32,68						
s	2,00	53,49	50,99	49,01	49,01	44,18	44,18			55,20	34,62	33,17	33,17	44,71			27,65	26,93	26,54						
w	0,60	62,83	60,91	61,24	57,57	52,78	55,21			71,45	41,74	40,65	42,64	56,45			35,79	35,51	36,50						
s	1,00	56,79	56,79	56,79	37,39	37,39	37,39				34,17	34,17	34,17	52,18			28,42	28,11	27,99						
w	1,00	66,70	67,84	70,96	43,96	44,70	46,76				39,65	40,33	42,38	65,87			36,13	36,42	37,84						
s	1,20	56,79	56,79	56,79	40,03	39,70	39,70				34,17	34,17	34,17	52,63	52,00	51,42	29,34	28,42	28,04						
w	1,00	66,70	67,84	70,96	48,86	49,25	51,44				39,65	40,33	42,38	66,45	66,84	68,72	37,29	36,83	37,92						
s	1,50	56,79	56,79	56,79	44,18	42,34	42,34				37,13	35,08	35,08	53,63			30,02	29,42	28,05						
w	1,00	66,70	67,84	70,96	51,89	50,58	52,91				44,76	41,41	43,51	67,70			38,16	38,12	37,93						
s	2,00		61,40	61,40	49,01	44,18	44,18				37,13	37,13	37,13	54,50			34,80	33,73	31,63						
w	1,00		73,35	76,72	57,57	52,78	55,21				44,76	45,50	47,73	68,80			44,24	43,70	42,78						
		teža okvira na tlorisno površino [kg/m ²]																							
		cena okvira na tlorisno površino [€/m ²]																							

Geometrija	Razpon	L = 20 m
	Višina	H = 6 m
	Razmik med okviri	D = 10 m



Sistem	Portalni okvir					
Vpetje stebrov	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Natezna vez					
Členekasto			Togo		
S235	S275	S355	S235	S275	S355

Paliče					
Členekasto			Togo		
S235	S275	S355	S235	S275	S355

Obtežba [kN/m²]							
s	1,00	24,16	21,58	20,52	23,42	20,52	19,52
w	0,40	30,58	27,27	27,06	29,64	25,93	24,67
s	1,20	24,96	23,42	21,58	24,16	23,42	20,52
w	0,40	31,59	30,11	28,46	30,58	30,11	27,06
s	1,50	29,03	25,75	25,75	27,23	24,16	23,42
w	0,40	36,74	33,10	34,52	34,46	31,06	31,40
s	2,00		30,35	28,03		29,03	24,96
w	0,40		39,01	37,57		37,32	33,46
s	1,00	24,16	23,42	20,52	23,42	21,58	19,52
w	0,60	30,58	30,11	27,06	29,64	27,27	24,67
s	1,20	24,96	24,16	21,58	24,16	23,42	20,52
w	0,60	31,59	31,06	28,46	30,58	30,11	27,06
s	1,50	29,03	28,03	25,75	27,23	24,16	23,42
w	0,60	36,74	36,03	34,52	34,46	31,06	31,40
s	2,00		30,35	28,03		29,03	24,96
w	0,60		39,01	37,57		37,32	33,46
s	1,00	24,16	23,42	20,52	23,42	21,58	19,52
w	1,00	30,58	30,11	27,51	29,64	27,27	24,67
s	1,20	27,23	24,16	21,58	24,16	23,42	20,52
w	1,00	34,46	31,06	28,93	30,58	30,11	27,06
s	1,50	29,03	28,03	25,75	27,23	24,16	23,42
w	1,00	36,74	36,03	34,52	34,46	31,06	31,40
s	2,00		30,35	28,03		29,03	24,96
w	1,00		39,01	37,57		37,32	33,46

18,21	18,21	18,21	18,21	15,81	13,96
22,87	23,23	24,32	22,87	20,18	18,65
20,43	18,21	18,21	20,43	18,21	15,81
26,58	23,23	24,32	26,58	23,23	21,13
21,68	20,57	19,52	21,16	18,94	16,54
28,21	27,18	26,07	27,52	24,17	22,10
25,00	23,69	20,57		23,69	20,57
31,96	30,75	28,41		30,75	28,41
21,55	19,31	19,31	18,21	15,81	13,96
28,03	24,65	25,80	22,87	20,18	18,65
20,96	20,43	20,43	20,43	18,21	15,81
27,26	26,99	28,41	26,58	23,23	21,13
24,16	20,43	20,43	21,16	20,57	18,11
30,87	26,99	28,21	27,52	27,18	24,20
	24,16	21,68		23,69	20,57
	31,36	29,94		30,75	28,41
22,27	22,27	22,27	18,21	17,38	15,26
28,97	29,42	29,75	22,87	22,17	20,39
24,28	22,27	22,27	20,60	18,21	15,81
31,02	29,42	30,76	26,80	23,23	21,13
25,00	25,00	23,00	21,16	20,57	18,11
31,96	32,46	31,24	27,52	27,18	24,20
		25,00		24,16	21,16
		33,96		31,36	29,22

13,29	13,21	12,06	11,20	10,94	9,23
18,25	18,44	17,50	15,41	15,31	13,40
14,54	13,36	12,65	12,31	11,17	10,13
19,96	18,64	18,37	16,94	15,64	14,70
15,19	14,62	13,05	13,93	12,27	10,96
20,86	20,40	18,94	19,38	17,18	15,92
16,84	16,39	15,33	15,58	14,68	12,33
23,12	22,87	22,25	21,69	20,79	17,89
14,26	14,26	13,83	11,60	11,08	9,38
19,58	19,91	20,07	15,96	15,51	13,62
15,51	15,02	14,32	12,33	11,18	10,13
21,29	20,97	20,80	16,95	15,66	14,70
16,38	16,32	14,80	13,93	13,04	10,96
22,49	22,78	21,48	19,38	18,46	15,92
19,23	18,09	16,38	16,20	14,68	13,10
26,40	25,25	23,78	22,54	20,79	19,27
16,60	15,88	14,90	12,60	11,68	9,88
22,79	22,16	21,63	17,53	16,54	14,34
17,03	16,22	16,18	13,89	11,93	10,49
23,38	22,64	23,50	19,33	16,90	15,23
18,11	17,61	17,07	14,54	13,17	11,79
24,86	24,57	24,79	20,24	18,65	17,35
20,54	19,22	18,36	16,20	15,44	13,10
28,20	26,83	26,66	22,54	21,86	19,27

Geometrija	Višina			H = 8 m		
Sistem	Portalni okvir					
Vpetje stebrov	Členekasto			Togo		
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Natezna vez					
Členekasto			Togo		
S235	S275	S355	S235	S275	S355

Paliče					
Členekasto			Togo		
S235	S275	S355	S235	S275	S355

Obtežba [kN/m²]							
s	1,00	26,91	25,06	25,06	26,91	23,65	23,65
w	0,40	33,28	30,37	31,74	33,28	28,66	29,96
s	1,20	27,89	26,91	26,05	27,89	26,91	25,06
w	0,40	34,50	33,82	32,99	34,50	33,82	31,74
s	1,50	31,23	27,89	27,89	31,23	27,89	26,91
w	0,40	38,62	35,06	36,59	38,62	35,06	35,30
s	2,00		33,62	31,23		33,62	28,95
w	0,40		42,25	40,96		42,25	37,97
s	1,00	27,89	26,91	25,06	26,91	23,65	23,65
w	0,60	34,50	33,82	31,74	33,28	28,66	29,96
s	1,20	28,95	28,95	26,05	27,89	26,91	25,06
w	0,60	35,80	36,38	32,99	34,50	33,82	31,74
s	1,50	31,23	27,89	27,89	31,23	27,89	26,91
w	0,60	38,62	35,06	36,59	38,62	35,06	35,30
s	2,00		33,62	31,23		33,62	28,95
w	0,60		42,25	40,96		42,25	37,97
s	1,00	27,89	27,89	27,89	26,91	23,65	23,65
w	1,00	34,50	35,06	36,59	33,28	28,66	29,96
s	1,20	31,23	27,89	27,89	27,89	26,91	25,06
w	1,00	38,62	35,06	36,59	34,50	33,82	31,74
s	1,50	33,62	32,28	28,95	31,23	27,89	26,91
w	1,00	41,58	40,57	37,97	38,62	35,06	35,30
s	2,00			31,23		33,62	28,95
w	1,00			40,96		42,25	37,97

23,95	23,95	23,95	19,09	16,79	14,78
29,58	30,06	31,50	23,17	20,71	19,12
25,07	25,07	25,07	20,92	19,08	16,81
30,97	31,47	32,97	25,39	23,53	21,75
26,67	26,67	26,67	22,56	20,72	18,38
32,95	33,49	35,09	27,88	26,49	23,77
27,80	27,80	27,80	26,04	24,57	21,46
34,34	34,90	36,57	32,17	30,84	28,72
26,40	26,40	26,40	19,09	16,79	15,48
34,21	34,73	36,19	23,17	20,71	20,03
28,41	26,40	26,40	20,92	19,08	16,81
36,80	34,73	36,19	25,39	23,53	21,75
29,14	29,14	29,14	22,56	21,46	18,38
37,75	38,33	39,93	27,88	27,44	23,77
		29,14	26,67	24,57	21,46
		39,93	32,95	30,84	28,72
30,80	30,80	30,80	20,19	17,52	17,52
39,90	40,52	42,21	24,50	21,61	22,67
	30,80	30,80	20,92	19,82	18,26
	40,52	42,21	25,39	24,45	23,61
	31,53	31,53	23,34	22,56	19,82
	41,48	43,21	28,83	28,85	25,64
				25,34	22,56
				31,81	29,68

18,27	18,27	17,34	13,42	12,13	11,20
24,48	24,90	24,61	18,32	16,67	15,97
18,67	18,67	18,19	14,44	12,31	11,64
25,02	25,45	25,82	19,72	16,92	16,60
20,98	20,09	18,72	15,28	14,39	12,10
28,12	27,39	26,57	20,87	20,00	17,24
22,92	21,77	20,06	17,72	16,03	14,45
30,19	29,67	28,48	24,20	22,29	20,88
20,38	19,66	18,68	14,61	13,12	12,19
27,32	26,80	26,51	19,95	18,24	17,62
20,94	20,19	20,19	15,24	13,28	12,61
28,07	27,53	28,66	20,81	18,46	18,23
21,96	21,52	21,38	16,07	14,52	13,14
29,44	29,34	30,34	21,95	20,18	18,99
24,32	23,13	22,53	18,58	16,97	14,45
32,04	31,00	31,46	25,37	23,59	20,88
23,79	22,92	22,30	16,33	14,49	13,87
32,77	32,09	32,36	22,30	20,14	20,04
24,02	23,77	22,55	17,49	15,09	14,36
33,08	33,28	32,73	23,89	20,98	20,76
25,24	24,09	23,28	18,14	16,33	14,76
34,77	33,73	33,79	24,78	22,70	21,33
27,18	25,49	24,33	19,80	18,09	16,07
37,43	35,69	35,31	27,03	25,15	23,2

Geometrija		Višina		H = 12 m			
Sistem		Portalni okvir					
Vpetje stebrov		Členekasto			Togo		
Material		S235	S275	S355	S235	S275	S355

L = 20m D = 10m					
Natezna vez					
Členekasto			Togo		
S235	S275	S355	S235	S275	S355

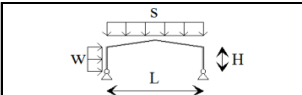
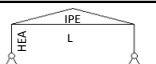
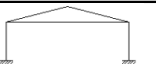
Paličje					
Členekasto			Togo		
S235	S275	S355	S235	S275	S355

Obtežba [kN/m ²]							
s	1,00	36,93	36,93	36,93	33,87	33,50	33,50
w	0,40	43,38	44,12	46,15	39,79	38,51	40,35
s	1,20	36,93	36,93	36,93	35,35	33,87	33,87
w	0,40	43,38	44,12	46,15	41,52	40,46	42,33
s	1,50	42,80	39,21	38,52	39,21	35,35	35,35
w	0,40	50,26	46,84	48,13	46,05	42,22	44,17
s	2,00		45,43	40,79		42,80	39,21
w	0,40		54,27	50,97		51,12	48,99
s	1,00	40,79	40,79	40,79	33,87	33,50	33,50
w	0,60	47,91	48,72	50,97	39,79	38,51	40,35
s	1,20	40,79	40,79	40,79	35,35	33,87	33,87
w	0,60	47,91	48,72	50,97	41,52	40,46	42,33
s	1,50	45,43	40,79	40,79	39,21	35,35	35,35
w	0,60	53,36	48,72	50,97	46,05	42,22	44,17
s	2,00			42,80		42,80	39,21
w	0,60			53,47		51,12	48,99
s	1,00		51,87	51,87	35,35	33,50	33,50
w	1,00		61,96	64,82	41,52	38,51	40,35
s	1,20		51,87	51,87	35,35	33,87	33,87
w	1,00		61,96	64,82	41,52	40,46	42,33
s	1,50				39,21	35,35	35,35
w	1,00				46,05	42,22	44,17
s	2,00					42,80	39,21
w	1,00					51,12	48,99

39,84	39,84	39,84	24,17	22,60	22,60
48,58	49,38	51,57	28,05	26,68	28,04
	39,84	39,84	24,90	24,90	24,90
	49,38	51,57	28,89	29,39	30,89
		41,42	26,54	26,54	26,54
		53,62	31,99	32,52	34,12
				28,54	26,54
				34,97	34,12
	46,06	46,06	26,38	26,38	24,82
	57,09	59,62	30,62	31,14	30,79
		49,76	27,70	27,70	27,12
		64,41	33,39	33,94	33,64
			27,70	27,70	27,70
			33,39	33,94	35,61
				29,70	29,70
				36,39	38,18
			30,66	30,66	29,02
			36,96	37,57	36,00
			31,39	31,39	29,75
			37,84	38,47	36,91
			33,39	33,39	31,39
			40,26	40,92	40,35
				33,39	33,39
				40,92	42,93

32,58			20,34	19,64	19,06
42,63			26,32	25,90	26,22
34,05			21,54	20,23	19,62
42,99			27,88	26,67	26,99
34,05			22,12	21,54	19,98
42,99			28,63	28,41	27,47
35,74			23,77	23,31	21,29
45,12			30,22	30,21	29,27
36,56			21,60	21,26	20,07
46,15			27,95	28,03	27,60
36,77			22,89	21,60	20,90
46,42			29,10	28,48	28,74
37,63			24,98	24,10	22,45
47,50			31,75	31,22	30,36
39,65			26,92	25,77	24,06
50,06			34,22	33,39	32,54
43,71			26,05	25,44	24,32
55,19			33,12	32,96	32,88
43,98	43,36	43,36	26,54	25,92	24,40
55,52	55,74	57,95	33,74	33,58	32,99
44,63			27,48	27,12	25,46
56,34			34,93	35,13	34,43
46,33			29,91	28,72	27,02
58,50			38,02	37,22	36,54

	teža okvira na tlorisno površino [kg/m ²]
	cena okvira na tlorisno površino [€/m ²]

Geometrija	Razpon	L = 24 m											
	Višina	H = 6 m											
	Razmik med okviri	D = 6 m											
Sistem	Natezna vez												
													
Vpetje stebrov	Členkasto						Togo						
Material	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	

Obtežba [kN/m²]													
s	1,00	26,08	25,07	25,85	23,92	22,00	20,35	16,68	16,68	16,49	14,72	14,62	13,70
w	0,40	32,62	31,86	34,40	29,92	27,96	26,57	23,01	23,39	24,04	20,35	20,58	19,99
s	1,20	28,69	26,08	26,08	27,68	24,16	22,51	18,55	18,55	18,55	16,58	14,96	13,86
w	0,40	35,89	33,15	34,71	34,63	30,70	29,40	25,58	26,01	27,05	22,93	21,06	20,22
s	1,50	28,69	28,69	28,69	28,69	27,98	24,65	20,39	20,39	19,63	18,46	16,29	13,86
w	0,40	35,89	36,47	38,19	35,89	35,57	32,81	28,12	28,59	28,62	25,54	22,92	20,22
s	2,00	33,44	31,42	28,69	33,44	29,91	27,98	22,78	22,78	20,39	21,93	19,53	16,37
w	0,40	42,57	40,63	38,19	42,57	38,01	37,25	31,42	31,94	29,73	30,67	27,49	23,89
s	1,00	28,10	26,89	26,89	23,92	22,00	20,35	19,41	19,41	19,41	14,72	14,62	14,62
w	0,60	35,15	34,17	35,79	29,92	27,96	26,57	26,76	27,21	28,29	20,35	20,58	21,33
s	1,20	30,71	29,49	29,49	27,68	24,16	22,51	20,30	20,11	19,51	16,58	14,96	14,96
w	0,60	38,42	37,49	39,26	34,63	30,70	29,40	27,99	28,19	28,44	22,93	21,06	21,83
s	1,50	30,71	29,49	29,49	28,69	27,98	24,65	21,73	20,39	19,63	18,46	17,19	15,07
w	0,60	38,42	37,49	39,26	35,89	35,57	32,81	29,97	28,59	28,62	25,54	24,19	21,99
s	2,00	33,44	32,22	30,23	33,44	29,91	28,75	23,71	22,78	21,19	21,93	19,53	19,53
w	0,60	42,57	41,66	40,24	42,57	38,01	38,27	32,70	31,94	30,89	30,67	27,49	28,49
s	1,00	31,45	31,45	31,45	23,92	22,00	20,35	20,07	20,07	20,07	15,61	15,61	14,43
w	1,00	38,62	39,24	41,13	29,92	27,96	26,57	27,68	28,14	29,27	21,59	21,97	21,05
s	1,20	32,11	32,11	32,11	27,68	24,16	22,51	21,67	20,30	20,11	17,48	15,77	14,86
w	1,00	39,43	40,07	42,00	34,63	30,70	29,40	29,88	28,46	29,31	24,17	22,20	21,67
s	1,50	34,84	34,84	32,06	28,69	27,98	24,65	25,06	21,65	20,11	18,46	17,19	15,07
w	1,00	44,35	45,04	41,93	35,89	35,57	32,81	34,56	30,36	29,31	25,54	24,19	21,99
s	2,00	38,17	34,84	34,84	33,44	29,91	28,75	25,57	23,71	22,79	21,93	20,94	19,53
w	1,00	48,59	45,04	47,13	42,57	38,01	38,27	35,27	33,25	33,23	30,67	29,80	28,49

Geometrija		Višina		H = 8 m			
Sistem		Natezna vez					
Vpetje stebrov		Členkasto			Togo		
Material		S235	S275	S355	S235	S275	S355

Paličje					
Členkasto			Togo		
S235	S275	S355	S235	S275	S355

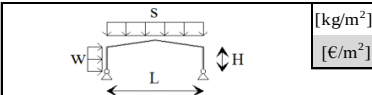
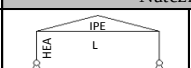
Obtežba [kN/m ²]														
s	1,00		33,50	33,50	33,50	25,30	24,08	20,89						
w	0,40		39,71	40,38	42,39	30,58	29,10	26,40						
s	1,20		33,50	33,50	33,50	26,28	25,30	23,05						
w	0,40		39,71	40,38	42,39	31,76	31,08	29,13						
s	1,50		35,60	35,60	35,60	30,11	29,13	25,30						
w	0,40		42,20	42,91	45,05	36,39	35,78	31,97						
s	2,00		38,33	38,33	38,33	33,86	32,84	27,91						
w	0,40		47,16	47,93	50,23	41,67	41,06	35,26						
s	1,00		35,94	35,94	35,94	25,30	24,08	21,91						
w	0,60		42,61	43,33	45,48	30,58	29,10	27,68						
s	1,20		38,67	38,67	38,67	26,28	25,30	24,08						
w	0,60		47,58	48,36	50,68	31,76	31,08	30,43						
s	1,50		39,89	39,89	39,89	30,11	29,13	25,30						
w	0,60		49,09	49,89	52,28	36,39	35,78	31,97						
s	2,00		43,23	39,89	39,89	35,40	32,84	29,13						
w	0,60		53,19	49,89	52,28	43,56	41,06	37,53						
s	1,00		40,53	40,53	40,53	26,28	25,30	24,11						
w	1,00		52,30	53,11	55,34	31,76	31,08	31,07						
s	1,20		42,48	42,48	42,48	27,31	26,28	26,28						
w	1,00		54,82	55,67	58,01	33,00	32,29	33,86						
s	1,50		47,04	43,70	43,70	31,13	30,11	27,49						
w	1,00		58,54	57,27	59,68	36,91	36,99	35,43						
s	2,00		47,04	47,04	47,04	35,40	33,86	30,11						
w	1,00		58,54	59,48	62,07	43,56	42,35	38,10						

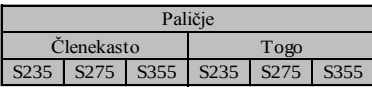
22,57	22,52	22,40	16,02	16,01	15,80
30,39	30,84	31,93	21,74	22,12	22,65
24,43	22,72	22,53	19,05	16,28	16,17
32,89	31,11	32,12	25,85	22,49	23,17
25,73	24,51	22,53	20,04	18,76	16,17
34,64	33,56	32,12	27,19	25,92	23,17
28,33	26,83	25,26	23,80	21,10	18,85
38,15	36,75	36,01	32,68	29,15	27,01
25,14	24,73	24,72	17,17	17,17	16,96
33,85	33,87	35,24	23,29	23,71	24,31
26,84	25,14	24,91	19,05	17,34	16,96
36,14	34,43	35,51	25,85	23,96	24,31
28,04	26,98	25,83	20,04	18,76	17,32
37,75	36,95	36,82	27,19	25,92	24,82
30,76	29,14	28,43	23,80	22,47	20,21
41,42	39,91	40,52	32,68	31,40	29,37
28,13	27,74	26,55	18,66	18,54	18,43
37,88	37,99	37,84	25,62	25,91	26,77
28,80	28,12	27,58	20,42	18,71	18,71
38,78	38,51	39,32	28,04	26,15	27,19
30,60	29,29	28,86	22,51	20,43	19,23
41,20	40,11	41,14	30,90	28,55	27,95
32,96	32,37	31,16	24,90	23,92	21,32
45,60	43,59	45,41	34,19	33,42	30,98

teža okvira na tlorisno površino [kg/m²]
cena okvira na tlorisno površino [€/m²]

Geometrija			Višina		H = 12 m			L = 24m D = 6m						
Sistem			Natezna vez						Paliče					
Vpetje stebrov			Členekasto			Togo			Členekasto			Togo		
Material			S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355
Obtežba [kN/m ²]														
s	1,00		52,16	52,16	52,16	30,52	30,52	30,52	38,82			23,93	23,89	23,76
w	0,40		63,35	64,39	67,26	35,97	36,58	38,41	50,99			31,12	31,65	32,83
s	1,20		54,20	54,20	54,20	33,13	32,06	32,06	39,41			25,77	24,06	24,06
w	0,40		65,83	66,91	69,90	38,29	37,69	39,61	51,77			33,51	31,88	33,23
s	1,50		57,55	54,20	54,20	35,89	34,35	33,27	41,38			26,76	25,78	24,06
w	0,40		69,89	66,91	69,90	41,47	40,37	41,11	54,35			34,80	34,15	33,23
s	2,00		58,76	58,76	58,76	38,62	38,62	35,89	43,75			30,81	28,16	25,56
w	0,40		71,37	72,54	75,77	46,36	47,13	44,34	57,47			40,07	37,31	35,31
s	1,00		59,74	59,74	59,74	34,36	34,36	34,36	43,50			25,86	25,55	25,43
w	0,60		72,56	73,75	77,04	39,71	40,39	42,45	57,14			33,63	33,85	35,14
s	1,20		59,74	59,74	59,74	36,97	34,36	34,36	44,82			27,46	25,74	25,67
w	0,60		72,56	73,75	77,04	42,72	40,39	42,45	58,88			35,72	34,11	35,46
s	1,50		59,74	59,74	59,74	38,19	38,19	35,58	45,27			28,42	27,44	25,98
w	0,60		72,56	73,75	77,04	44,13	44,89	43,95	59,47			36,96	36,36	35,89
s	2,00			63,16	63,16	40,92	40,92	38,19	47,12			30,81	29,94	27,63
w	0,60			77,97	81,44	49,12	49,94	47,18	59,72			40,07	39,68	38,17
s	1,00			77,33	77,33	40,05	38,76	38,76	53,91			30,22	29,70	29,68
w	1,00			95,46	99,71	46,28	45,56	47,88	68,33			39,31	39,35	41,00
s	1,20				77,33	40,05	40,05	38,76	55,24	53,71	52,72	31,92	30,10	29,80
w	1,00				99,71	46,28	47,08	47,88	70,01	69,31	70,72	40,78	39,88	41,17
s	1,50					41,26	41,26	39,97	55,80			33,12	31,94	29,80
w	1,00					47,68	48,50	49,38	70,72			42,31	41,59	41,17
s	2,00					43,99	43,99	42,58	56,68			35,72	34,23	31,32
w	1,00					52,81	53,69	52,61	71,85			45,64	44,57	42,55

	teža okvira na tlorsno površino [kg/m ²]
	cena okvira na tlorsno površino [€/m ²]

Geometrija	Razpon		L = 24 m											
	Višina		H = 6 m											
	Razmik med okviri		D = 8 m											
Sistem		Natezna vez												
														
Vpetje stebrov		Členkasto						Togo						
Material		S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	
Obtežba [kN/m²]														
s	1,00	21,52	21,52	21,52	21,52	20,66	17,57	15,55	14,56	13,73	13,85	12,89	10,73	
w	0,40	26,92	27,35	28,64	26,92	26,25	23,39	21,45	20,41	20,02	19,16	18,15	15,65	
s	1,20	24,17	23,56	22,12	24,17	21,52	20,66	16,44	15,24	14,53	14,90	13,81	11,82	
w	0,40	30,77	30,46	29,44	30,77	27,35	27,49	22,67	21,36	21,18	20,61	19,44	17,25	
s	1,50	25,63	24,48	23,04	28,13	24,48	21,57	19,12	17,06	15,32	17,80	15,74	13,00	
w	0,40	32,63	31,65	30,66	35,81	31,65	28,70	26,36	23,91	22,34	24,90	22,40	18,97	
s	2,00		28,63	25,08		28,63	25,08	20,32	19,08	16,92	19,64	17,79	15,70	
w	0,40		37,02	33,94		37,02	33,94	28,03	26,74	24,66	27,48	25,33	23,22	
s	1,00	24,17	22,67	22,67	23,57	20,66	18,12	17,23	16,44	14,76	13,85	12,92	10,73	
w	0,60	30,77	28,82	30,18	30,00	26,25	24,12	23,76	23,05	21,52	19,16	18,18	15,65	
s	1,20	24,72	24,17	24,17	24,72	21,52	20,66	18,12	16,65	15,72	15,70	13,81	11,82	
w	0,60	31,47	31,25	32,70	31,47	27,35	27,49	24,99	23,35	22,92	21,97	19,44	17,25	
s	1,50	28,63	25,08	25,08	28,13	25,08	22,43	19,29	18,19	16,33	17,80	15,74	13,00	
w	0,60	36,45	32,43	33,94	35,81	32,43	29,85	26,60	25,51	23,81	24,90	22,40	18,97	
s	2,00		28,63	28,13		28,63	25,08	22,49	20,22	17,93	19,64	17,79	15,70	
w	0,60		37,02	38,07		37,02	33,94	31,01	28,35	26,14	27,48	25,33	23,22	
s	1,00	26,09	26,09	26,09	24,17	21,52	18,70	18,30	17,48	16,26	14,65	13,12	11,45	
w	1,00	33,22	33,74	35,30	30,77	27,35	24,88	25,23	24,50	23,70	20,50	18,47	16,70	
s	1,20	28,60	26,09	26,09	24,72	23,56	20,66	19,89	18,30	17,36	16,35	14,58	12,50	
w	1,00	36,40	33,74	35,30	31,47	30,46	27,49	27,43	25,66	25,31	22,87	20,76	18,24	
s	1,50	29,51	29,51	28,05	28,13	25,08	22,43	20,73	19,66	17,97	18,44	16,38	13,21	
w	1,00	37,57	38,16	37,95	35,81	32,43	29,85	28,58	27,56	26,20	25,80	23,32	19,27	
s	2,00			29,51		29,51	28,13	23,18	22,19	19,59	20,32	18,08	15,70	
w	1,00			39,93		38,16	38,07	31,96	31,11	28,56	28,43	25,74	23,22	

Geometrija		Višina		H = 8 m															
Sistem		Natezna vez																	
Vpetje stebrov		Členkasto						Togo											
Material		S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355						
Obtežba [kN/m²]																			
s	1,00	27,83	27,83	27,83	22,44	21,67	18,06	19,76	19,41	19,41	15,03	14,09	12,62						
w	0,40	34,25	34,80	36,47	27,11	26,62	22,82	26,61	26,59	27,67	20,40	19,47	18,08						
s	1,20	30,33	29,00	29,00	24,50	22,58	21,85	21,19	20,28	19,41	17,12	14,99	13,68						
w	0,40	37,33	36,27	38,01	29,04	27,74	28,15	28,53	27,78	27,67	23,50	20,71	19,60						
s	1,50	31,25	31,25	29,92	26,55	25,40	21,85	23,18	22,00	20,22	18,27	17,14	14,39						
w	0,40	38,45	39,08	39,21	32,67	31,76	28,15	31,21	30,13	28,83	25,08	23,96	20,61						
s	2,00		32,42	32,42	31,25	29,86	25,40	25,22	24,12	21,91	21,23	20,10	17,10						
w	0,40		40,54	42,49	38,45	37,33	33,28	33,38	32,47	31,23	29,15	28,08	24,85						
s	1,00	31,51	30,40	30,40	23,59	22,44	18,98	22,81	21,15	20,84	16,06	15,32	13,65						
w	0,60	38,77	39,84	39,84	27,97	27,56	23,98	30,72	28,97	29,70	22,05	21,42	19,83						
s	1,20	31,51	30,40	30,40	24,50	23,35	21,85	23,69	22,81	21,15	17,12	16,00	14,71						
w	0,60	38,77	39,84	39,84	29,04	28,15	28,15	31,35	31,24	30,15	23,50	22,36	21,38						
s	1,50	32,42	32,42	32,42	27,35	25,40	21,85	25,52	24,48	22,17	19,09	17,97	15,42						
w	0,60	39,89	42,49	42,49	33,66	31,76	28,15	33,78	32,97	31,60	26,21	25,12	22,40						
s	2,00			33,81		29,86	26,55	27,83	26,84	24,13	22,10	19,99	17,10						
w	0,60			46,17		37,33	34,79	36,83	36,14	33,85	30,35	27,94	24,85						
s	1,00	34,36	34,36	34,36	23,59	22,44	20,71	25,52	24,23	22,91	18,01	16,23	14,47						
w	1,00	44,35	45,03	45,34	27,97	27,56	26,17	35,31	34,08	33,40	24,72	22,68	21,03						
s	1,20		35,39	35,39	26,55	23,35	23,35	25,57	24,46	23,54	18,89	16,31	15,53						
w	1,00		46,38	46,70	32,67	28,15	29,54	35,38	34,40	34,31	25,94	22,79	22,57						
s	1,50			36,31	27,35	26,55	23,35	26,97	25,67	24,46	19,96	18,11	16,31						
w	1,00			47,91	33,66	33,20	29,54	37,32	36,10	35,65	27,40	25,30	23,70						
s	2,00					29,86	26,55	30,03	28,29	26,04	23,40	20,86	17,84						
w	1,00					37,33	34,79	41,55	39,78	37,95	32,12	29,15	25,92						

	teža okvira na tlorisno površino [kg/m²]
	cena okvira na tlorisno površino [€/m²]

Geometrija			Višina		H = 12 m			L = 24m D = 8m						
Sistem			Natezna vez						Paliče					
Vpetje stebrov			Členekasto			Togo			Členekasto			Togo		
Material			S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355
Obtežba [kN/m²]														
s	1,00		43,16	43,16	43,16	26,92	26,92	25,77	33,73			21,65	20,72	18,95
w	0,40		52,42	53,28	55,66	31,10	31,64	31,84	44,30			28,15	27,45	26,18
s	1,20		45,72	45,72	45,72	30,69	28,64	25,77	34,48			22,46	21,26	19,96
w	0,40		55,52	56,44	58,95	36,84	33,67	31,84	45,28			29,21	28,17	27,58
s	1,50			45,72	45,72	33,19	30,69	27,73	35,88			23,52	22,40	20,67
w	0,40			56,44	58,95	39,85	37,46	34,26	45,47			30,05	29,16	28,56
s	2,00						33,19	30,69	38,36			27,54	24,42	22,27
w	0,40						40,51	39,30	48,62			35,18	31,80	30,76
s	1,00			51,29	51,29	30,69	29,85	27,89	38,62			23,52	22,59	21,01
w	0,60			63,32	66,14	36,84	35,09	34,46	48,95			30,05	29,93	29,03
s	1,20				56,05	31,90	29,85	29,85	38,74			24,33	23,15	21,93
w	0,60				72,27	38,29	35,09	36,88	49,10			31,08	30,14	30,29
s	1,50				56,05	34,40	31,90	29,85	39,99			26,44	24,40	23,85
w	0,60				72,27	41,30	38,93	36,88	50,68			33,77	31,77	32,40
s	2,00						34,40	31,90	41,99			28,85	27,54	25,45
w	0,60						41,98	40,84	53,23			36,85	35,86	34,57
s	1,00					33,99	33,99	32,78	45,70			26,73	25,89	24,68
w	1,00					40,80	41,48	40,50	57,93			34,15	33,71	33,52
s	1,20					33,99	33,99	32,78	45,89	45,03	45,03	28,33	26,73	25,89
w	1,00					40,80	41,48	40,50	58,16	58,11	60,40	36,19	34,81	35,17
s	1,50					36,49	33,99	33,99	47,50			29,31	28,09	26,40
w	1,00					42,12	41,48	43,52	60,20			37,44	36,58	35,87
s	2,00						36,49	36,49	48,81			33,65	30,63	28,02
w	1,00						42,85	45,04	61,87			42,98	39,87	38,07

teža okvira na tlorisno površino [kg/m²]

cena okvira na tlorisno površino [€/m²]

	teža okvira na tlorisno površino [kg/m^2]
	cena okvira na tlorisno površino [€/m^2]

Geometrija			Višina		H = 12 m			L = 24m D = 10m						
Sistem			Natezna vez						Paliče					
Vpetje stebrov			Členkasto			Togo			Členkasto			Togo		
Material			S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355
Obtežba [kN/m ²]														
s	1,00				39,56	26,39	23,88	23,15				30,03		
w	0,40				51,02	31,69	28,07	28,60				38,07		
s	1,20				41,86	26,39	25,52	23,15				30,56		
w	0,40				53,97	31,69	31,14	28,60				38,73		
s	1,50					30,15	27,52	25,52				32,06		
w	0,40					34,80	33,59	32,67				40,63		
s	2,00							27,52				34,59		
w	0,40							35,24				43,84		
s	1,00					26,39	26,39	25,67				35,80		
w	0,60					31,69	32,21	32,87				45,37		
s	1,20					28,40	26,39	25,67				36,51		
w	0,60					32,78	32,21	32,87				46,28		
s	1,50						28,40	26,39				37,72		
w	0,60						33,35	33,80				47,81		
s	2,00							28,40				39,68		
w	0,60							35,06				50,30		
s	1,00					30,59	30,59	27,86				41,44		
w	1,00					35,32	35,93	35,68				52,53		
s	1,20					30,59	30,59	27,86				41,47	40,24	40,24
w	1,00					35,32	35,93	35,68				52,57	51,93	53,98
s	1,50						30,59	30,59				42,63		
w	1,00						35,93	37,77				54,03		
s	2,00											44,55		
w	1,00											56,47		

	teža okvira na tlorisno površino [kg/m ²]
	cena okvira na tlorisno površino [€/m ²]

	teža okvira na tlorisno površino [kg/m^2]
	cena okvira na tlorisno površino [€/m^2]

Geometrija			Višina			H = 12 m			L = 30m D = 6m					
Sistem			Natezna vez						Paličje					
Vpetje stebrov			Členkasto			Togo			Členkasto			Togo		
Material			S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355

Obtežba [kN/m ²]														
s	1,00		51,36	51,36	51,36	34,57	31,84	31,84	36,47			26,77	23,23	22,47
w	0,40		62,25	63,27	66,10	41,42	37,35	39,26	48,08			34,37	30,93	31,19
s	1,20			53,12	53,12	37,63	36,41	31,84	38,14			27,83	25,31	23,14
w	0,40			65,44	68,36	43,35	44,35	39,26	48,54			35,73	33,11	32,11
s	1,50				54,87	40,97	40,97	34,57	40,94			29,80	28,21	25,26
w	0,40				70,62	47,20	48,02	44,18	52,10			38,25	36,90	34,47
s	2,00						42,26	40,99	44,47			35,86	30,38	28,83
w	0,40						49,53	50,50	56,59			46,03	39,74	39,34
s	1,00			60,03	60,03	36,41	36,41	33,68	42,31			26,77	23,25	23,25
w	0,60			73,96	77,26	43,62	44,35	41,53	53,84			34,37	30,95	32,26
s	1,20				64,14	40,97	36,41	34,97	42,64			27,83	27,83	27,40
w	0,60				82,55	47,20	44,35	43,12	54,26			35,73	36,41	37,40
s	1,50				68,40	42,26	40,97	34,97	44,23			31,80	30,35	27,40
w	0,60				88,03	48,69	48,02	44,69	56,29			40,82	39,70	37,40
s	2,00						42,26	42,26	47,58			35,86	32,37	30,35
w	0,60						49,53	52,07	60,54			46,03	42,35	41,41
s	1,00					38,88	38,88	37,20	51,20			30,42	29,34	27,38
w	1,00					44,79	45,56	45,86	65,15			39,05	38,38	37,36
s	1,20					43,43	38,88	37,20	52,80	51,13	50,18	31,76	31,69	28,73
w	1,00					50,03	45,56	45,86	67,18	66,24	67,56	40,78	41,46	39,22
s	1,50					43,43	43,43	39,93	52,84			33,29	33,11	30,49
w	1,00					50,03	50,90	49,19	67,24			42,73	43,32	41,61
s	2,00						44,49	43,43	55,97			37,36	36,01	32,98
w	1,00						52,14	53,51	71,22			46,24	47,11	45,01

	teža okvira na tlorisno površino [kg/m ²]
	cena okvira na tlorisno površino [€/m ²]

	teža okvira na tlorisno površino [kg/m^2]
	cena okvira na tlorisno površino [€/m^2]

Geometrija			Višina			H = 12 m			L = 30m D = 8m					
Sistem			Natezna vez						Paliče					
Vpetje stebrov			Členekasto			Togo			Členekasto			Togo		
Material			S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355
Obtežba [kN/m ²]														
s	1,00				45,94	31,70	30,73	27,31	31,84			24,28	21,12	19,90
w	0,40				59,12	36,51	36,02	34,90	40,52			31,16	27,63	27,16
s	1,20					33,37	31,70	27,31	33,48			26,09	23,68	21,60
w	0,40					38,44	37,15	34,90	42,61			33,49	30,98	29,48
s	1,50						32,57	31,70	35,42			28,28	26,09	23,33
w	0,40						38,18	39,05	45,08			35,01	34,13	31,84
s	2,00								39,49			32,56	31,02	25,80
w	0,40								50,72			40,76	39,59	35,21
s	1,00					32,57	31,70	29,16	34,72			24,80	23,85	22,06
w	0,60					37,52	37,15	35,92	44,18			31,84	31,20	30,11
s	1,20					33,37	31,70	29,16	36,52			27,24	24,80	24,43
w	0,60					38,44	37,15	35,92	46,47			34,97	32,45	33,34
s	1,50						33,37	32,57	38,67			28,72	27,11	24,71
w	0,60						39,11	40,13	49,21			35,55	35,47	33,72
s	2,00								42,37			33,61	31,05	26,93
w	0,60								54,43			42,08	39,62	36,75
s	1,00					34,77	34,77	31,36	44,31			27,25	25,09	23,24
w	1,00					40,06	40,75	38,63	56,38			34,99	32,82	31,72
s	1,20						34,77	33,86	44,89	43,77	43,77	29,26	26,73	25,80
w	1,00						40,75	41,72	57,13	56,71	58,94	36,21	34,96	35,21
s	1,50							34,77	46,61			32,33	29,04	26,51
w	1,00							42,84	59,31			40,01	36,65	36,18
s	2,00								47,96			35,25	34,09	28,88
w	1,00								61,61			44,12	43,51	38,08

teža okvira na tlorisno površino [kg/m²]

cena okvira na tlorisno površino [€/m²]

Paličje					
					
Členekasto			Togo		
\$235	\$275	\$355	\$235	\$275	\$355

17,60	16,03	13,37	16,90	14,96	12,90
23,98	22,21	19,58	23,38	21,06	19,17
20,61	17,50	14,95	18,74	16,88	14,30
28,41	24,24	21,54	25,92	23,76	21,26
21,95	20,68	17,18	21,58	19,81	16,73
30,26	28,97	24,76	30,25	28,24	24,48
27,43	23,81	19,52	24,55	23,15	19,85
38,18	33,69	28,14	33,27	31,95	29,49
18,74	16,48	14,66	17,60	15,93	12,90
25,53	22,83	21,47	24,35	22,43	19,17
20,74	18,22	15,40	19,24	17,42	14,30
28,58	25,24	22,20	26,62	24,53	21,26
22,72	21,03	17,59	21,95	20,03	16,73
30,27	29,46	25,35	30,77	28,21	24,48
31,33	23,81	19,96	24,55	23,15	19,85
43,62	33,69	28,77	33,27	31,95	29,49
19,75	17,56	15,63	17,60	16,03	13,37
26,91	24,33	22,53	24,35	22,57	19,87
22,61	20,33	16,77	19,63	18,22	14,95
31,12	29,38	24,17	27,16	25,65	21,88
24,93	23,03	17,83	22,72	20,03	16,73
34,32	32,23	25,69	30,79	28,21	24,48
32,15	27,28	20,52	25,41	23,71	19,85
44,76	38,17	30,70	34,44	32,72	29,49

Paličje					
Členekasto			Togo		
S235	S275	S355	S235	S275	S355

21,16 28,14	18,84 25,48	16,64 23,44	17,94 24,35	16,17 22,35	14,64 21,38
22,41 29,13	20,80 28,14	17,94 25,28	20,60 28,34	17,94 24,79	14,83 21,66
24,47 31,81	23,48 31,05	20,96 29,52	22,66 30,12	21,27 29,78	17,1 24,68
29,75 40,45	26,71 35,33	23,15 32,01	27,53 36,60	24,79 33,56	20,62 30,10
22,13 29,43	20,43 28,86	18,61 27,24	19,16 26,00	17,15 23,71	14,74 21,53
22,44 28,81	21,69 30,64	20,31 29,72	21,43 29,47	18,82 26,01	15,39 22,12
25,89 35,21	23,55 32,19	20,96 30,67	23,06 30,66	21,27 29,78	18,05 25,95
30,61 41,62	26,90 37,20	23,15 32,83	28,09 37,35	25,40 34,39	21,22 30,98
23,79 31,97	21,97 31,03	20,07 29,38	19,80 26,88	17,26 23,85	15,63 22,46
25,72 34,56	22,84 31,21	21,01 30,76	22,07 30,35	19,41 26,82	16,27 23,39
29,56 38,43	24,86 33,97	22,86 32,41	24,47 32,54	21,60 29,85	18,27 26,26
36,35 49,43	29,41 40,67	24,79 35,64	28,93 38,47	25,91 35,09	21,31 31,11

	teža okvira na tlorisno površino [kg/m ²]
	cena okvira na tlorisno površino [€/m ²]

Geometrija			Višina		H = 12 m			L = 30m D = 10m						
Sistem			Natezna vez						Paliče					
Vpetje stebrov			Členekasto			Togo			Členekasto			Togo		
Material			S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355	S235	S275	S355
Obtežba [kN/m ²]														
s	1,00					26,69	25,36		29,50			21,86	19,74	18,02
w	0,40					31,28	31,24		37,54			28,07	25,83	24,59
s	1,20						25,36		30,57			24,97	21,41	18,86
w	0,40						31,24		38,90			31,26	28,02	25,74
s	1,50								32,75			26,36	24,82	20,64
w	0,40								42,07			32,99	31,68	28,17
s	2,00								36,72			31,35	28,46	24,10
w	0,40								47,17			39,25	36,32	32,21
s	1,00					26,69	26,69		31,27			23,74	21,50	19,23
w	0,60					31,28	32,89		39,80			29,38	28,13	26,24
s	1,20						26,69		33,27			25,76	23,46	20,52
w	0,60						32,89		42,33			32,25	29,62	28,01
s	1,50								35,85			28,20	26,05	22,30
w	0,60								46,06			35,30	33,25	30,44
s	2,00								41,10			32,66	29,23	24,89
w	0,60								52,80			40,89	37,30	33,26
s	1,00						29,15		39,21			25,97	23,52	21,22
w	1,00						37,52		49,90			32,14	29,68	28,97
s	1,20								40,17	39,02	37,92	27,73	25,08	22,80
w	1,00								51,11	50,56	51,05	36,37	31,66	30,06
s	1,50								42,15			30,07	27,05	24,49
w	1,00								54,14			39,44	34,52	32,30
s	2,00								47,95			34,39	31,08	26,88
w	1,00								61,59			45,11	41,53	35,91

teža okvira na tlorisno površino [kg/m²]

cena okvira na tlorisno površino [€/m²]

5.3 Analiza rezultatov

Namen analize je kar najbolj pregledno prikazati vpliv zasnove in obtežbe na porabo materiala in ceno okvira. Iz primerjav se bo lahko projektant, ki želi projektirati enoprostorno jekleno halo, hitro odločil, katera zasnova je primernejša in ugodnejša. Namen diagramov je tudi usmeritev projektanta, v katero smer je vredno razmišljati pri optimiziranju okvirne konstrukcije, saj se lahko prav vsako konstrukcijo še dodatno optimizira s preprostimi ukrepi.

Rezultati so prikazani v obliki 2D in 3D diagramov. Diagrami na vertikalni osi prikazujejo težo ali ceno okvirne konstrukcije na kvadratni meter koristne površine okvira. Horizontalna ravnina diagrama prikazuje razpon okvira in višino stebra. Poleg tega je tu naveden tudi parameter, ki ga primerjam. Diagrami so na desni strani opremljeni z legendo, v kateri je navedena: zasnova in geometrija okvira, obtežba in parameter.

Na začetku in koncu je narejen 2D diagram, ki združuje vse tri vrste okvirov. Njegov namen je jasno prikazati, kako geometrija vpliva na težo ali ceno konstrukcije. Ostali diagrami so narejeni za vsako zasnovo okvira posebej za določen parameter, ki ga primerjam.

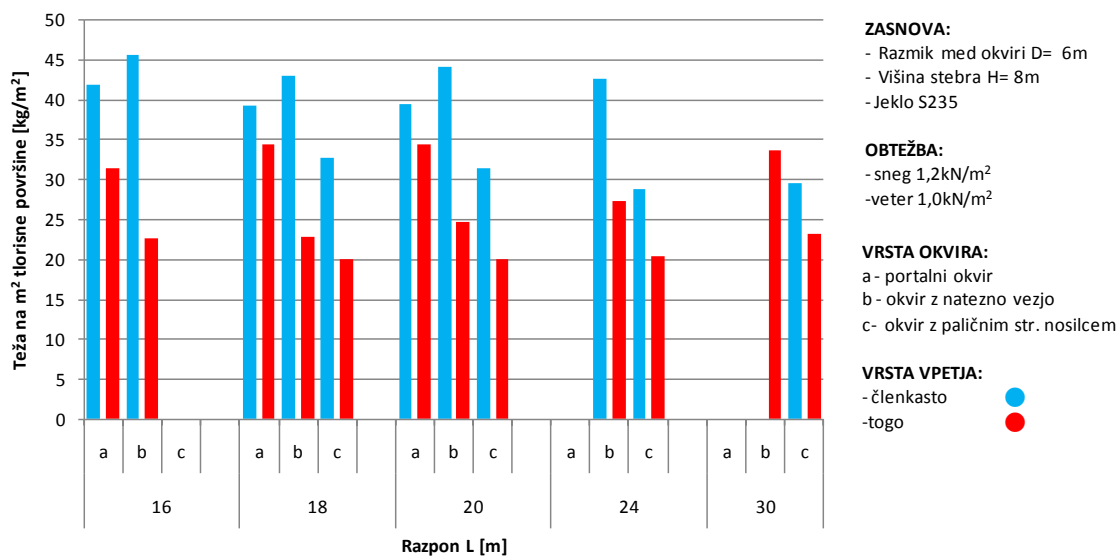
Da so rezultati analize medsebojno primerljivi, nekatere parametre naloge fiksiram. Običajno imajo vse vrste okvirov privzete naslednje vrednosti:

- razmik med okviri 6m
- togo vpetje
- jeklo kvalitete S235
- obtežba: veter $1,0\text{kN/m}^2$, sneg $1,2\text{kN/m}^2$ (običajna obtežba v Sloveniji)

Analiza zajema relativno majhen vzorec rezultatov, vendar so ti izbrani tako, da kar najboljše opisujejo širok krog zasnov okvirov.

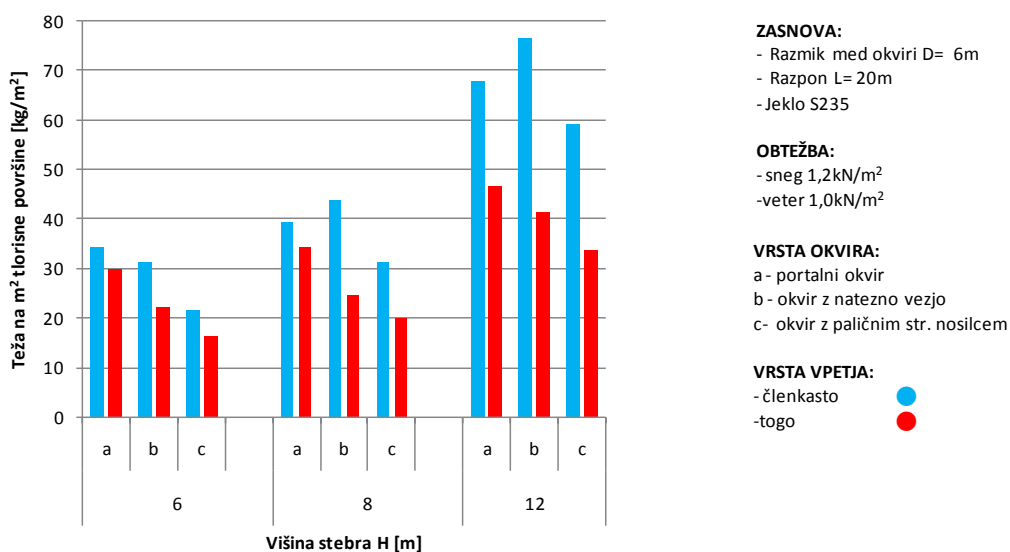
5.3.1 Primerjava različnih nosilnih sistemov

Narejena je primerjava za različne razpone med stebri, različne višine objektov in različne razdalje med okviri.



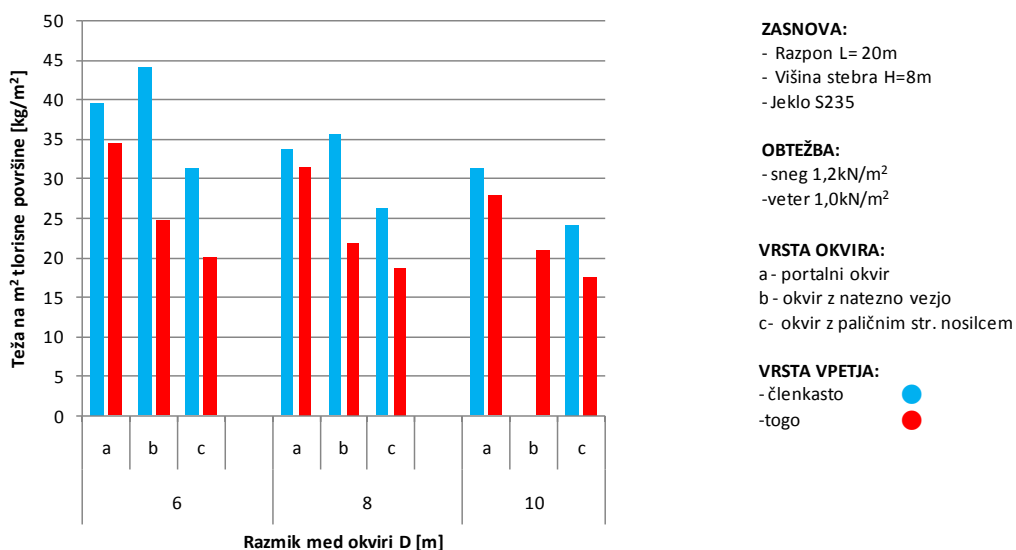
Slika 35: Poraba jekla v kg/m² tlorisne površine pri različnih razponih med stebri

Pri najmanjšem razponu in členkastem vpetju vidimo rahlo prednost portalnega okvira pred okvirom z natezno vezjo. Pri večjih razponih ga ne računam zaradi prevelike porabe materiala. Okvir s paličnim strešnim nosilcem računam od razpona 18m dalje. Od tu dalje je ta vrsta okvira najboljša. Pri razponu 16m je njegova cena zaradi drage izdelave, nekoliko višja od okvira z natezno vezjo. Pri togem vpetju je razlika v teži bistveno manjša. Najslabši je v tem primeru portalni okvir. Natezna vez in paličje sta v začetnih razponih izenačana, pri večjih pa postane okvir s paličnim strešnim nosilcem veliko boljše izbira.



Slika 36: Poraba jekla v kg/m² tlorisne površine pri različnih višinah stebrov

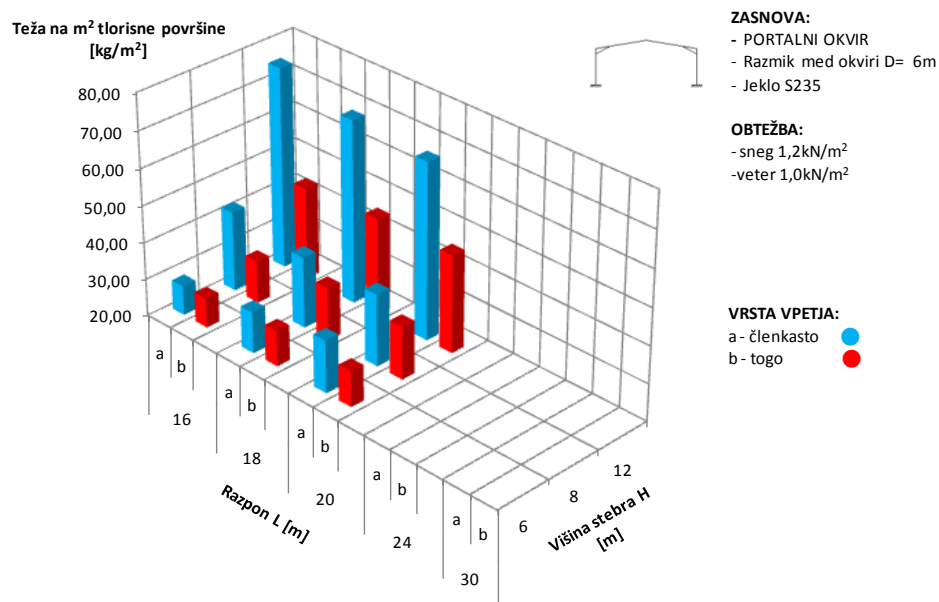
Iz grafa je razvidno, kako zelo vpliva višina na porabo materiala. Poraba skokovito naraste zlasti pri členkastem vpetju stebra na temelj. Pri višjih stebrih okvira so kritični horizontalni pomiki, ki zahtevajo povečanje prerezov okvira.



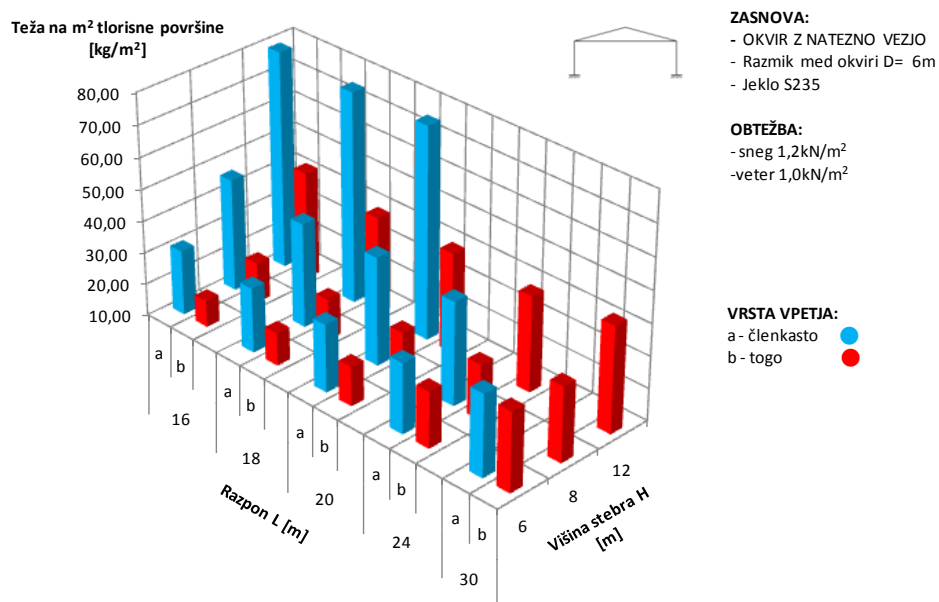
Slika 37: Poraba jekla v kg/m² tlorisne površine pri različnih razmikih med okviri

Razvidno je da raster na vse tri vrste okvirov vpliva enako, to je zgolj s povečanjem obtežbe na okvir. Nekoliko preseneti, da poraba materiala na prvi pogled ne poveča teže ampak, jo celo zmanjša. To ni res saj se povečuje tudi koristna površina okvira in teža dejansko narašča.

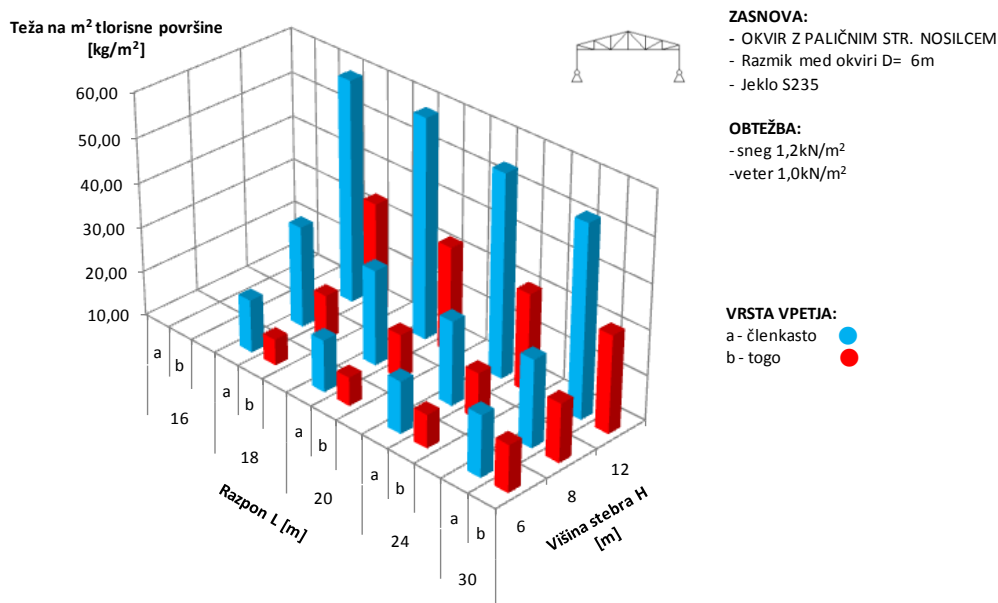
5.3.2 Vpliv vpetja stebra na porabo materiala



Slika 38: Poraba jekla v kg/m² tlorisne površine pri različnih razponih in višinah objekta ter različnih vrstah vpetja za portalni okvir



Slika 39: Poraba jekla v kg/m² tlorisne površine pri različnih razponih in višinah objekta ter različnih vrstah vpetja za okvir z natezno vezjo



Slika 40: Poraba jekla v kg/m² tlorisne površine pri različnih razponih in višinah objekta ter različnih vrstah vpetja za okvir s paličnim strešnim nosilcem

Vpetje stebra zelo vpliva na porabo materiala. Če imamo tog priključek, je teža konstrukcije bistveno nižja zlasti pri višjih okvirih. Iz grafov vidimo, veliko občutljivost okvira z natezno vezjo pri členkastem vpetju.

Če izvedemo členkast spoj med stebrom in temeljem, dobimo precej podajne konstrukcije, velikih tež vendar so temelji bistveno manjših dimenzij kot pri togem priključku. Iz rezultatov je jasno razvidno, da v primeru togega priključka na temelj močno optimiziramo jekleno konstrukcijo in njeno težo, ne vidi pa se posledica tega ukrepa. Zavedati se je potrebno, da pri takem načinu temeljenja dobimo temelje veliko večjih dimenzij. Posledično lahko strošek temeljenja hitro preraste razliko v ceni med sistemom, ki je členkasto pritrjen na temelj in sistemom s togim vpetjem.

Izračunal sem temelj, ki ga potrebujem pri okviru z natezno vezjo, tako za členkasti kot togi spoj. Vhodni podatki:

- okvir z natezno vezjo / razpon 20m, višina 8m, raster 6m / kvaliteta jekla S235
- obtežba: veter 0,6kN/m², sneg 1,5kN/m²

- Temeljna tla: Dobro nosilna / plitvo temeljenje / kohezija $c=18\text{kN/m}^2$ / strižni kot $\varphi=22^\circ$ / specifična teža zemljine $\gamma=20,5\text{kN/m}^3$ / drenirani pogoji
- Temelj: Točkovni / razmerje L:B:H – 1:1:0,5

TEMELJ členkasto vpetje**Dimenzije temelja**

L = 1,1 m
B = 1,1 m
H = 0,55 m

$$G_{\text{tem}} = 16,64 \text{ kN}$$

$$W = 0,22 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{bet}} = 25 \text{ kN/m}^3$$

Obtežba na temeljna tla

$$N = 248 \text{ kN} \rightarrow N_{\text{sd}} = 265 \text{ kN}$$

$$V = 28 \text{ kN} \rightarrow V_{\text{sd}} = 28 \text{ kN}$$

$$M = 0 \text{ kNm} \rightarrow M_{\text{sd}} = 15 \text{ kNm}$$

Vpliv ekscentričnosti

$$L/6 = 0,183 \text{ m}$$

$$e_d = 0,058 \text{ m} < L/6 \quad \text{Rezultanta v jedru prereza OK}$$

$$\downarrow$$

$$A' = 1,21 \text{ m}^2$$

$$\sigma_{\text{max}} = 288 \text{ kN/m}^2$$

Nosilnost temeljnih tal

$$\sigma_{\text{dop}} = 302 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Dobro nosilna temeljna tla}$$

$$\sigma_{\text{max}} < \sigma_{\text{dop}}$$

$$288 < 302 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Pogoj je izpolnjen}$$

TEMELJ togo vpetje**Dimenzije temelja**

L = 2 m
B = 2 m
H = 1 m

$$G_{\text{tem}} = 100 \text{ kN}$$

$$W = 1,33 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{bet}} = 25 \text{ kN/m}^3$$

Obtežba na temeljna tla

$$N = 235 \text{ kN} \rightarrow N_{\text{sd}} = 335 \text{ kN}$$

$$V = 23 \text{ kN} \rightarrow V_{\text{sd}} = 23 \text{ kN}$$

$$M = 86 \text{ kNm} \rightarrow M_{\text{sd}} = 109 \text{ kNm}$$

Vpliv ekscentričnosti

$$L/6 = 0,333 \text{ m}$$

$$e_d = 0,325 \text{ m} < L/6 \quad \text{Rezultanta v jedru prereza OK}$$

$$\downarrow$$

$$A' = 4 \text{ m}^2$$

$$\sigma_{\text{max}} = 166 \text{ kN/m}^2$$

Nosilnost temeljnih tal

$$\sigma_{\text{dop}} = 403 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Dobro nosilna temeljna tla}$$

$$\sigma_{\text{max}} < \sigma_{\text{dop}}$$

$$166 < 403 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Pogoj je izpolnjen}$$

Slika 41: Izračun potrebnih dimenzij temeljev za členkasto in togo vpetje stebrov

Lahko opazimo bistveno razliko v teži temeljev in seveda v sami dimenziji. Temelj s togim vpetjem je bistveno večjih dimenzij od potrebnih, ki bi jih lahko prenesla temeljna tla zaradi ekscentričnosti sile (obremenitev z momentom).

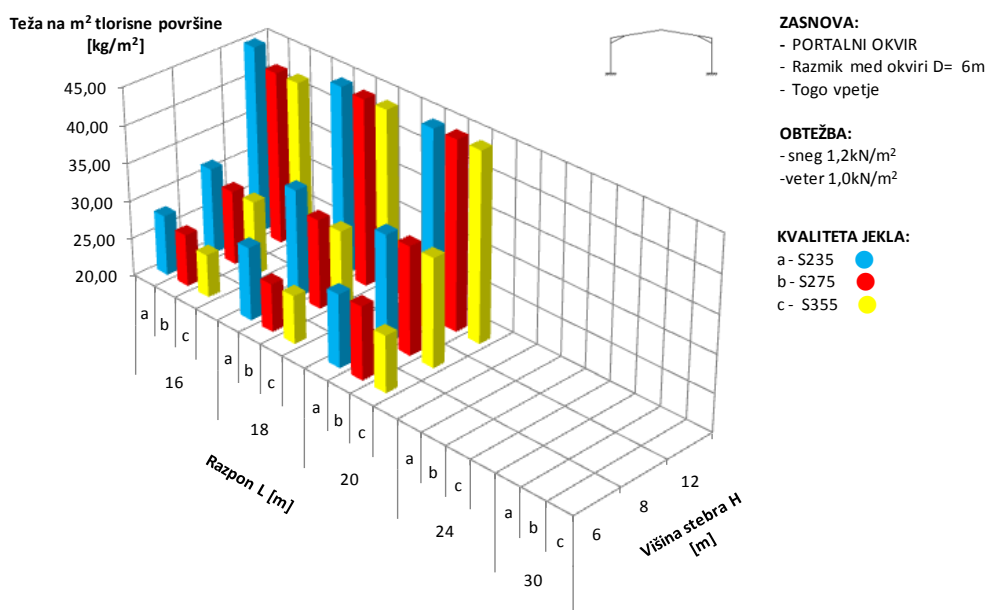
Zgoraj izračunane temelje sem tudi stroškovno ovrednotil, da dobim primerjavo, kolikšna je razlika med eno in drugo vrsto vpetja stebra na temelj. Podjetje Begrad d.d. mi je naredil predračun za izdelavo temeljev v katerem je upoštevan: opaž, armatura, beton in izdelava temelja. Cena točkovnega temelja:

- členkast vpetje, temelj dim. 1,1 x 1,1 x 0,5m – 240€/kom

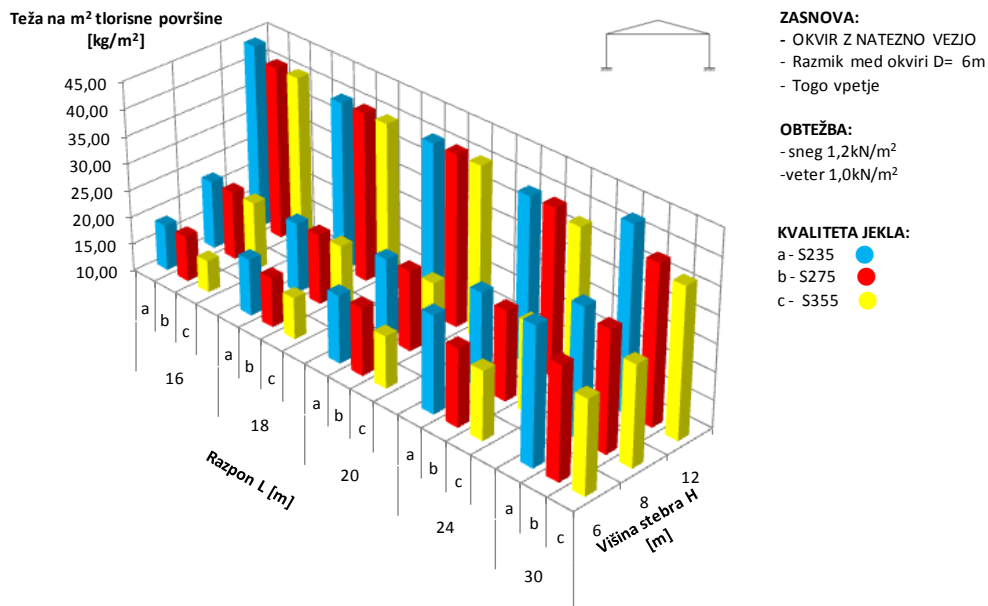
- togo vpetje, temelj dim. $2,0 \times 2,0 \times 1,0\text{m}$ je – 770€/kom

Izkaže se da je razlika v ceni kar 3 krat večja v korist temelju s členkastim priključkom stebra na temelj. Sedaj naredim primerjavo, da ocenim, koliko približno to prinese €/m². Če naredimo dva temelja za okvir, dobimo razliko med členkastim in togim vpetjem na temelj okoli 1000€, kar je cena dobre tone jeklene konstrukcije. Iz tega sledi da je konstrukcija, ki ima tog spoj na temelj, okoli 6€/m² dražja od okvira s členkastim priključkom! Seveda ima vsak primer okvira temelje različnih dimenzij in je lahko ta razlika v ceni večja ali manjša. Pomembno je, da se zavedamo, kakšen vpliv ima temeljenje na ceno konstrukcije in da se znamo pravilno odločiti za izbor vrste priključka na temelj. Če je torej cena v tabelah med členkastim in togim vpetjem podobna (okvir s togim vpetjem je po ceni nekoliko boljši), ima prednost okvirna konstrukcija s členkastim vpetjem na temelj.

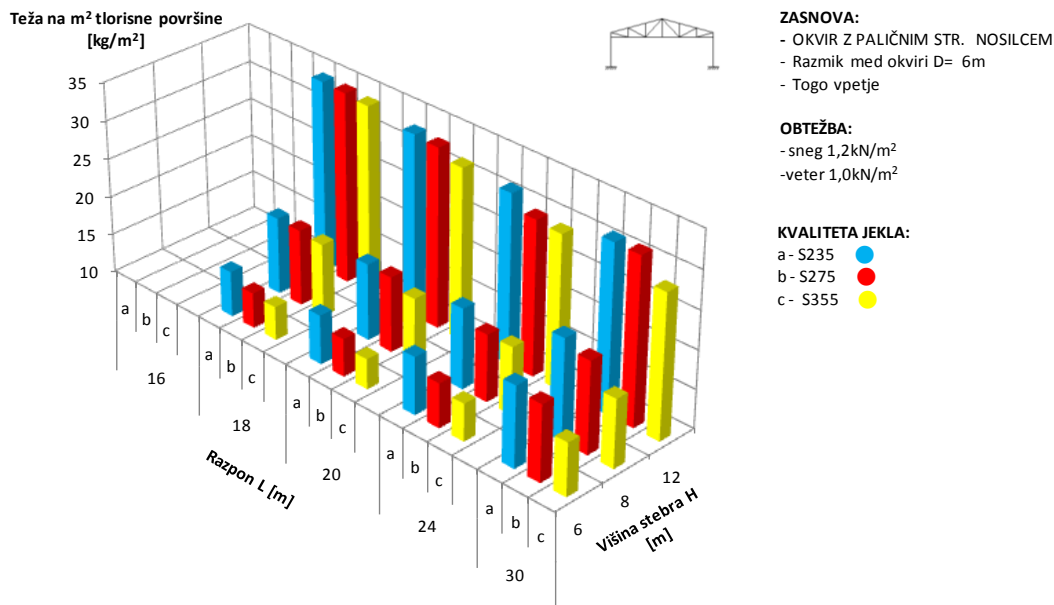
5.3.3 Vpliv kvalitete jekla na porabo materiala



Slika 42: Poraba jekla v kg/m² tlorisne površine pri različnih razponih in višinah objekta ter različnih kvalitetah jekla za portalni okvir



Slika 43: Poraba jekla v kg/m² tlorisne površine pri različnih razponih in višinah objekta ter različnih kvaliteta jekla za okvir z natezno vezjo

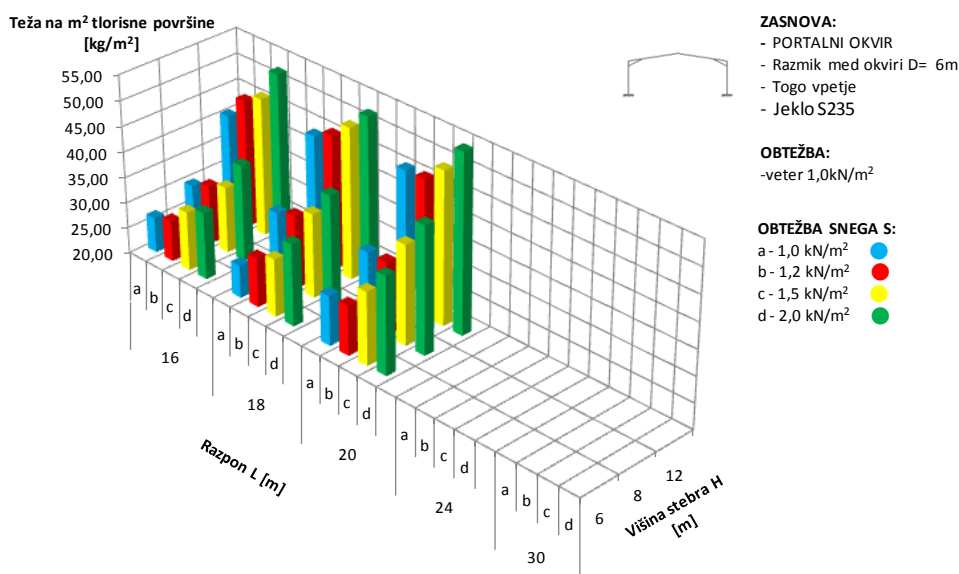


Slika 44: Poraba jekla v kg/m² tlorisne površine pri različnih razponih in višinah objekta ter različnih kvaliteta jekla za okvir s paličnim strešnim nosilcem

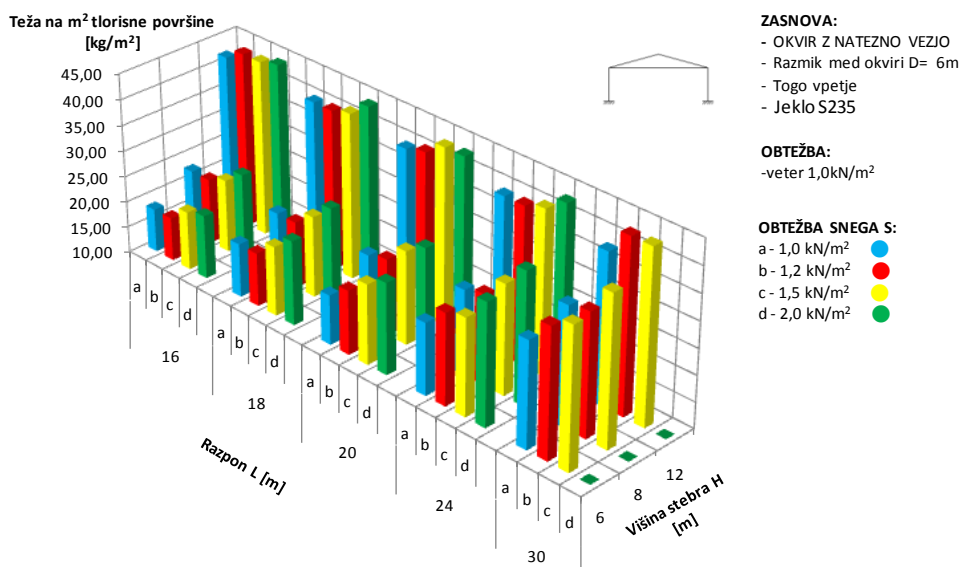
Pričakoval bi, da bo kvaliteta jekla bolj vplivala na skupno težo konstrukcije, vendar temu ni tako. Pri portalnem okviru in natezni vezi razlike ni veliko. To pripisujem temu, da sta ti dve vrsti okvira precej podajni. Okvir s paličnim strešnim nosilcem bolj izkoristi kvalitetnejše jeklo.

Ne smemo pozabiti tudi na ceno materiala. Jeklo kvalitete S275 je za 3%, S355 pa za cca. 9% dražje od jekla kvalitete S235. V povprečju se ravno za tolik ali nekoliko več zmanjša tudi poraba materiala, zato je uporaba kvalitetnejšega jekla priporočljiva. Jeklo višje kakovosti zmanjša težo in ceno okvira predvsem nižjim konstrukcijam in tistim s togim priključkom stebra na temelj

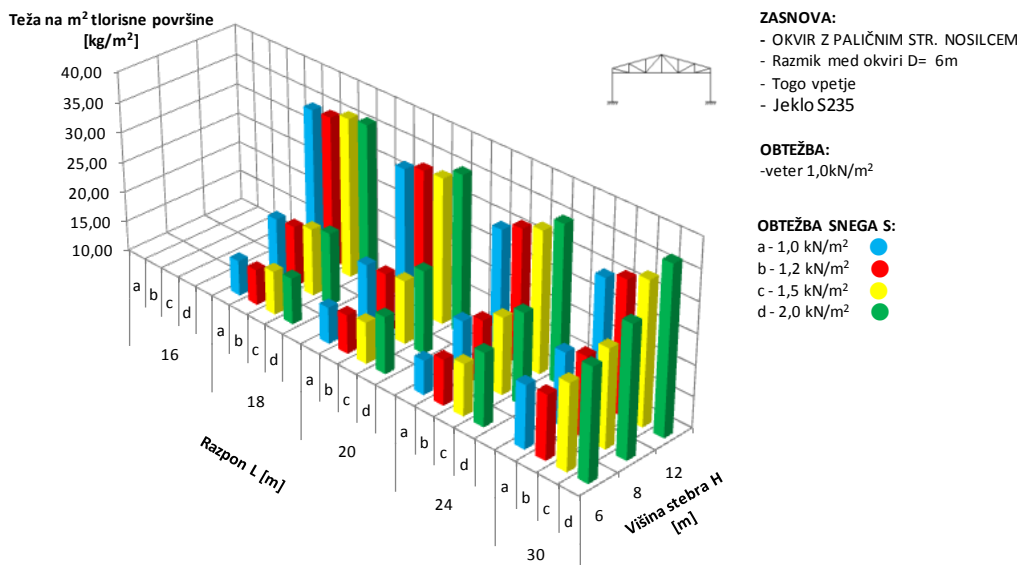
5.3.4 Vpliv obtežbe snega na porabo materiala



Slika 45: Poraba jekla v kg/m² tlorisne površine pri različnih razponih in višinah objekta glede na velikost snežne obtežbe, za portalni okvir



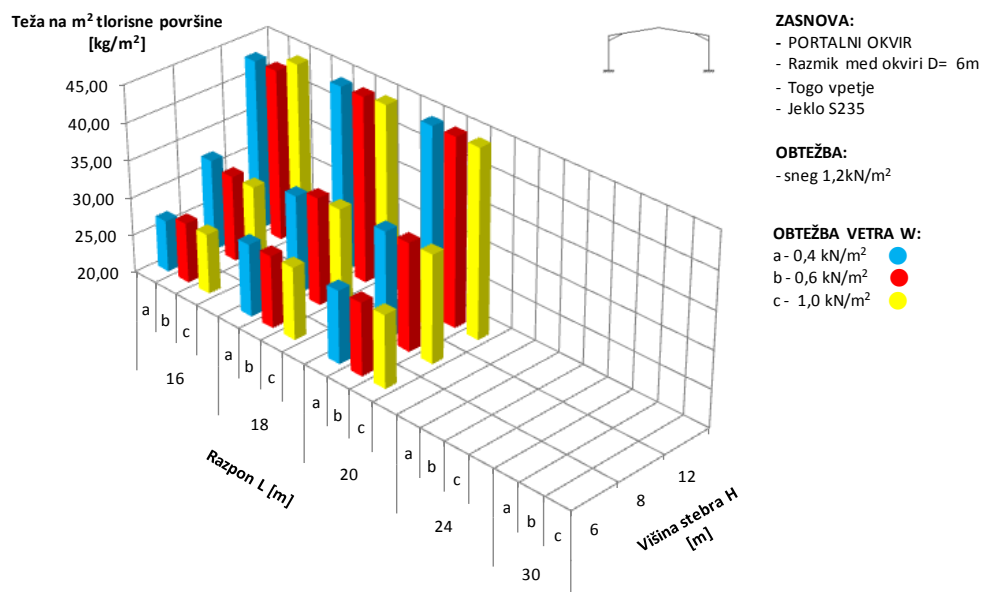
Slika 46: Poraba jekla v kg/m² tlorisne površine pri različnih razponih in višinah objekta glede na velikost snežne obtežbe, za okvir z natezno vezjo



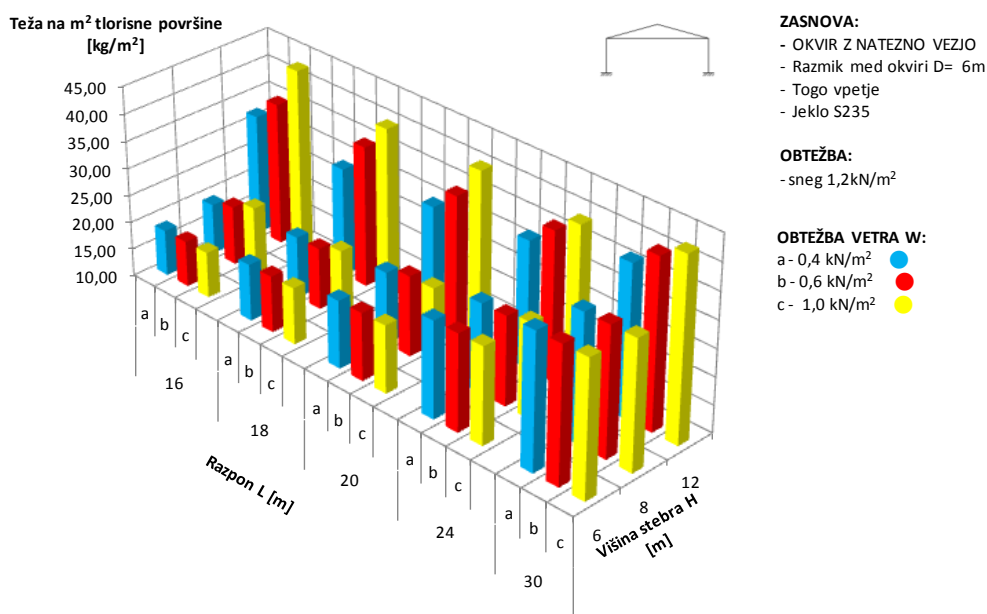
Slika 47: Poraba jekla v kg/m² tlorisne površine pri različnih razponih in višinah objekta glede na velikost snežne obtežbe, za okvir s paličnim strešnim nosilcem

Sneg obremenjuje strešni sistem okvirov. Na vse sisteme učinkuje podobno, tako da postopno povečuje težo. Pri portalnem okviru vidimo veliko povečanje teže za razpon 20m. Poleg tega se že na začetku pokaže bistvena razlika v teži v primerjavi z ostalima vrstama okvirov. To kaže na precejšnjo obremenitev strešnih nosilcev ali na to, da je vertikalni pomik na meji MSU. Portalnega okvira od tega razpona naprej ne preračunavam. Snežno obtežbo pri večjih razponih in večjih obremenitvah najbolje prenaša okvir z paličnim strešnim sistemom, ki ima majhen vertikalni upogib strešnega sistema, paličje pa ohrani ugodno težo konstrukcije. Tudi sistem okvira s natezno vezjo dobro prenaša snežno obtežbo.

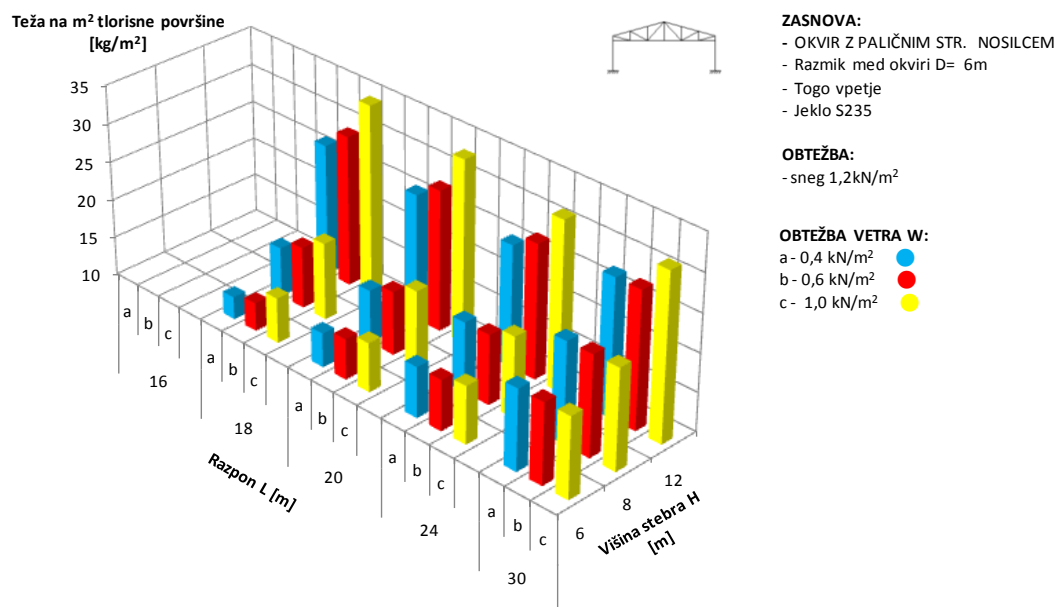
5.3.5 Vpliv obtežbe vetra na porabo materiala



Slika 48: Poraba jekla v kg/m² tlorisne površine pri različnih razponih in višinah objekta glede na velikost vetrne obtežbe, za portalni okvir



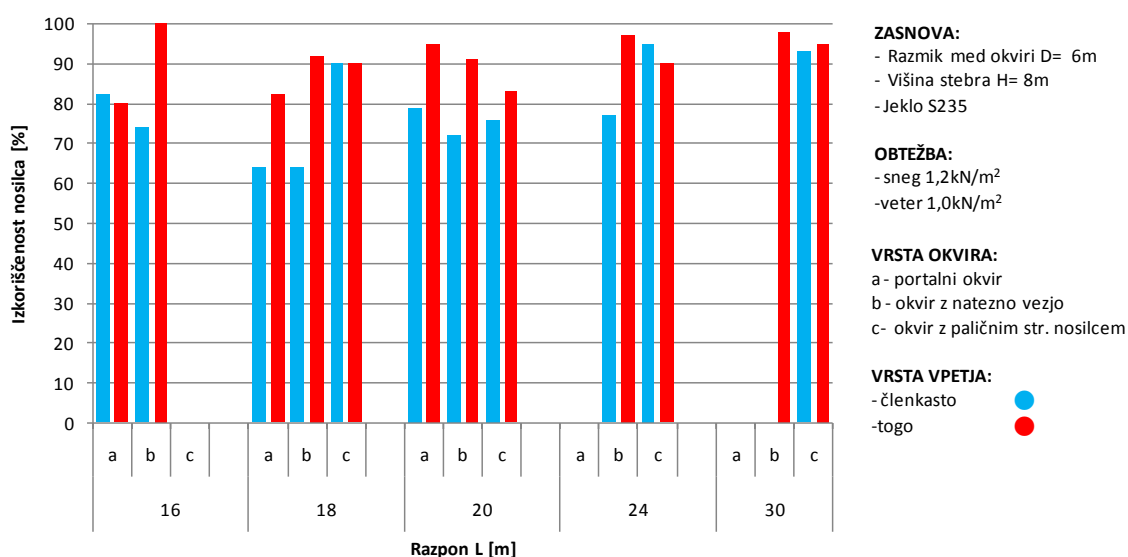
Slika 49: Poraba jekla v kg/m² tlorisne površine pri različnih razponih in višinah objekta glede na velikost vetrne obtežbe, za okvir z natezno vezjo



Slika 50: Poraba jekla v kg/m² tlorisne površine pri različnih razponih in višinah objekta glede na velikost vetrne obtežbe, za okvir s paličnim strešnim nosilcem

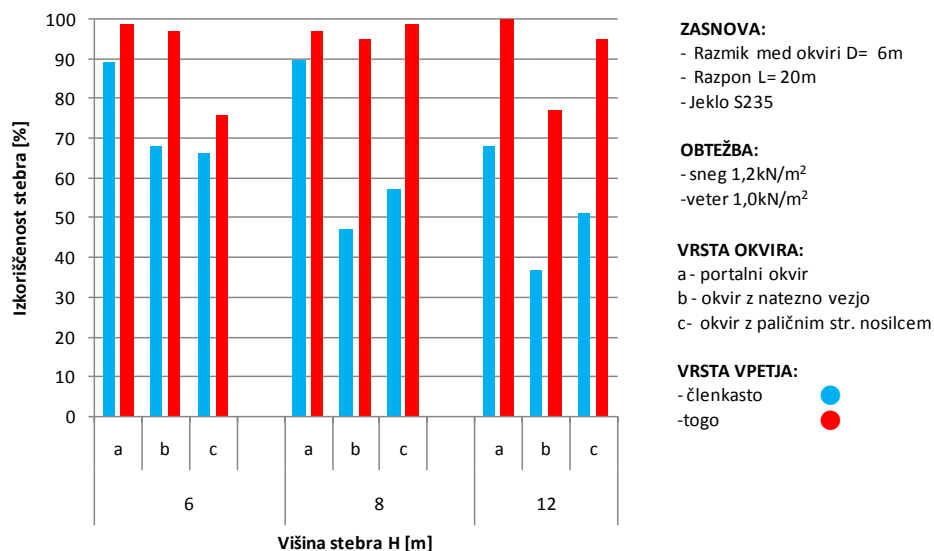
Tudi veter na vse sisteme učinkuje z enakim vplivom. Razvidno je da pri višjih objektih in večjih vetrnih obremenitvah teža konstrukcijam precej naraste. Vetrno obtežbo dobro prenaša portalni okvir, kar pa ne pomeni boljše teže. Sistem z natezno vezjo in paličje slabše prenašata ta vpliv. To je zaradi majhnih prerezov stebrov, ki jih je potrebno bolj povečevati, da izpolnim pogoje MSU. Rezultati bi bili bistveno slabši, če bi namesto tega uporabili členkast priključek na temelj, zlasti pri okviru z natezno vezjo.

5.3.6 Optimizacija konstrukcije



Slika 51: Stopnja izkoriščenosti nosilnosti nosilca pri različnih razponih

Razberemo, da je pri togem vpetju izkoriščenost nosilcev vedno dobra. Pri členkastem vpetju lahko opazimo bistveno slabšo izkoriščenost nosilca portalnega okvira in okvira z natezno vezjo. To se pojavi zaradi zagotovitve MSU, saj so lahko vertikalni pomiki nosilca na meji dopustnih.



Slika 52: Stopnja izkoriščenosti nosilnosti stebra pri različnih višinah objekta

Iz grafov se vidi, da so stebri večjih višin in s členkastim vpetjem na temelj, slabo izkoriščeni. Prerezi morajo biti večji zgolj zato, da konstrukcija lahko prevzame horizontalne pomike in izpolni pogoje MSN.

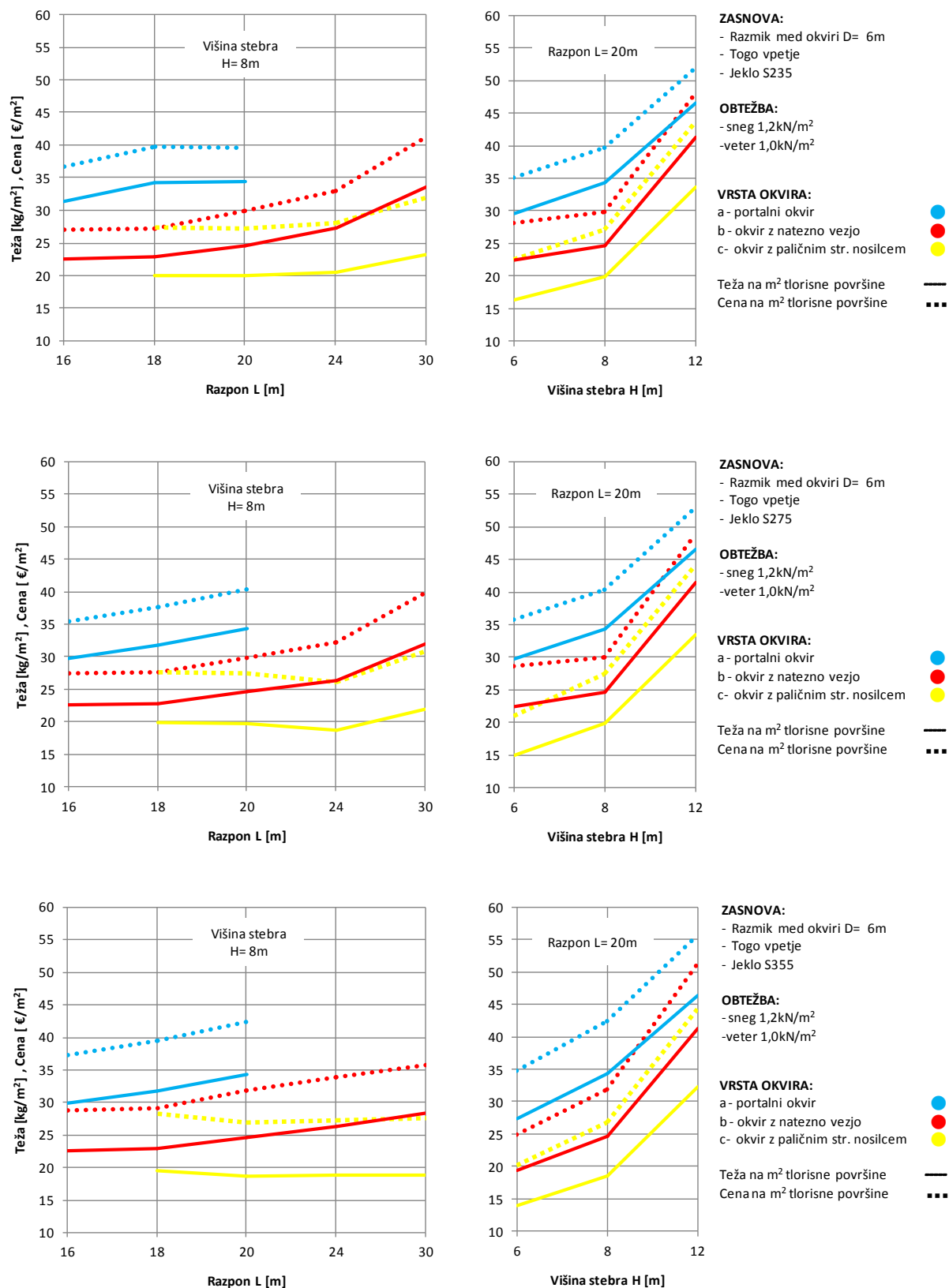
5.3.7 Primerjava različnih nosilnih sistemov glede na težo in ceno

Spodnji slike najbolj nazorno prikazujeta, kako se spreminjata teža in cena okvira. Grafi so narejeni za vse tri vrste okvirov s togim ali členkastim vpetjem stebra na temelj, z uporabo vseh treh kakovosti materiala pri različnih razponih med stebri ter različnimi višinami objektov.

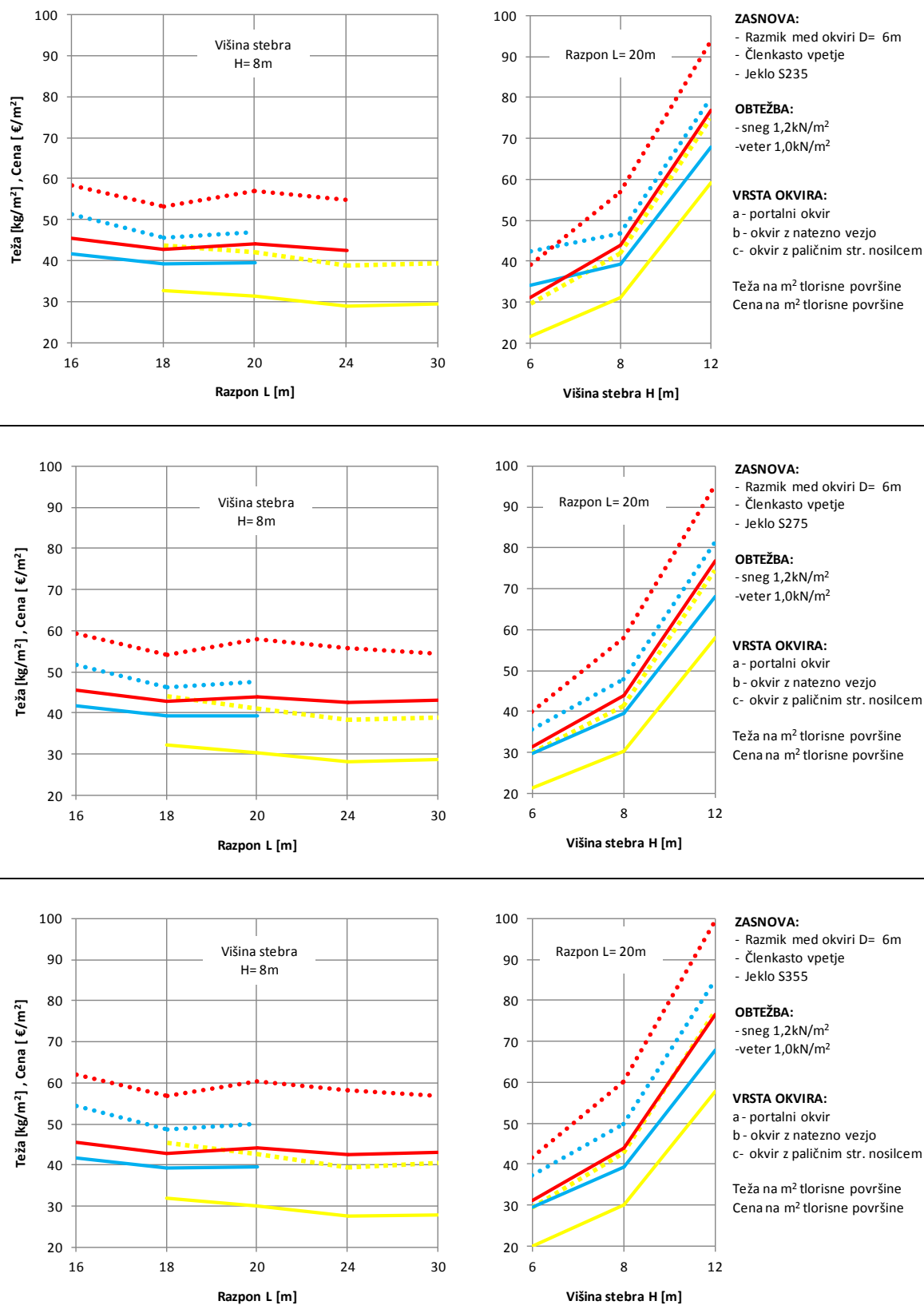
Iz grafov se vidi, da ni samo teža tista, ki bo vplivala na ceno končnega okvira. Pomemben del cene je tudi izdelava okvira. To je vidno predvsem pri okviru s paličnim strešnim nosilcem, ki ima težo vedno zelo ugodno toda ne najboljše razmerje med težo in ceno. Zaradi tega to vrsto okvira ni smotrno izdelovati pri majhnih razponih. Vidi se tudi nekonkurenčnost izdelave portalnega okvira pri večjih razponih. Portalni okvir je dobra izbira pri majhnih razponih in členkastem vpetju.

Razvidno je tudi, kakšen vpliv ima vrsta vpetja na velikost teže in cene.

Razviden je tudi vpliv izbire kvalitete materiala na ceno okvira. Zgodí se, da je razlika v teži manjša od želene in je cena okvira s kvalitetnejšim jeklom dražja.



Slika 53: Poraba jekla v kg/m² in cene okvira v €/m² tlorisne površine pri različnih razponih in višinah objekta ter togim vpetjem stebra na temelj



Slika 54: Poraba jekla v kg/m² in cene okvira v €/m² tlorisne površine pri različnih razponih in višinah objekta ter členkastim vpetjem stebra na temelj

Z dobljenimi rezultati sem zadovoljen. Vsak sistem okvira pokaže svoje prednosti in slabosti. Portalni okvir s pomočjo vute in s tem s spremenljivim prerezom ojača prerez, kjer je to potrebno in lahko razbremeni prerez tudi do 40%. Poleg tega zmanjša vertikalne pomike konstrukcije in nekoliko bolj obremeni stebre. Vendar pa prerezi strešnega nosilca, ki jih tvorijo IPE profili, kmalu dosežejo svojo max. nosilnost. Okvir z natezno vezjo je po mojih izračunih dober sistem, saj ima dobro porabo materiala in ugoden normativ izdelave. Ta sistem za razliko od portalnega okvira ni tako učinkovit pri členkastih vpetjih stebra na temelj in pri velikih veternih obremenivah. Mislim, da bi bila zelo dobra kombinacija, portalnega okvira z natezno vezjo. S tem sistemom bi lahko premeščal velike razpone, težo in ceno konstrukcije pa ohranil zelo konkurenčno. Najboljši sistem glede teže je okvir s paličnim strešnim nosilcem. Bistvo paličnih konstrukcij je v tem, da lahko prereze elementov prilagajam njihovi obremenitvi in tako dobim zelo ugodno ceno. Ta sistem postane učinkovit pri večjih razponih, saj je pri majhnih razponih njegova cena izdelave bistveno večja in postane dražji od ostalih vrst okvirov.

6 OKVIR IZ VARJENIH I PROFILOV

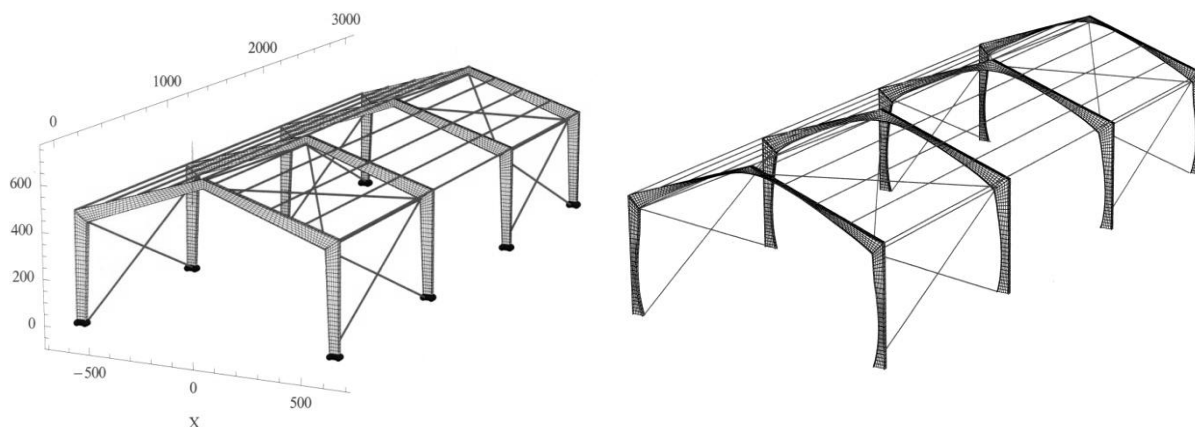
Obliko konstrukcije, ki je narejena iz varjenih prereзов, sem prevzel iz doktorske disertacije, *Sinteza konstrukcij z uporabo točne občutljivostne analize in optimizacije oblike v nelinearnem področju*, avtorja Nika Kristaniča.

6.1 Postopek optimizacije

Večina modernih tehničnih standardov pri projektiranju konstrukcij zahteva, da je nosilnost konstrukcije takšna, da bo v svoji življenjski dobi z dano verjetnostjo prenesla vse predvidene obtežbe in ne bo presegla projektiranih mejnih stanj. Standardni postopki optimizacije oblike konstrukcij v splošnem ne upoštevajo mejnih stanj konstrukcij. Običajno se konstrukcija optimizira z ozirom na njihov volumen, ceno ali kakšno drugo lastnost npr. togost. Izračun pravilne mejne obtežbe je zahtevna naloga, zato se pri klasični optimizaciji oblike konstrukcij uporablja kriterij napetosti in prvega nastopa elastičnega uklona, kar pa ni prava smer za izračun optimalne oblike za mejno stanje konstrukcije.

Oblika konstrukcije je optimizirana z upoštevanjem mejnega stanja. Skozi celoten proces optimizacije je bila konsistentno upoštevana polna geometrijska in materialna nelinearnost, kar omogoča efektiven in robusten način projektiranja konstrukcij. Pristop, ki upošteva dejansko mejno obtežbo ter uporabo najbolj neugodnih nepopolnosti, povzroči, da je v okviru optimizacije oblike iskana takšna konstrukcija, ki izkazuje plastično in duktilno obnašanje z zmanjšano nevarnostjo nastanka nestabilnosti ter po drugi strani minimalnim volumnom konstrukcije. Na tak način je rezultat predlagane metode optimizacije robustna konstrukcija z minimalno težo ter minimalno možnostjo uklona pri danih pogojih.

V doktorskem delu je predstavljen primer optimizacije okvirne konstrukcije, enoprostorne jeklene hale, z uporabo računalniških programov *AceFEM*, *Mathematica*, ki natančno analizirata in popolno optimizirata okvir. Izračunan je bil z uporabo točne občutljivostne analize in optimizacije oblike v nelinearnem področju.



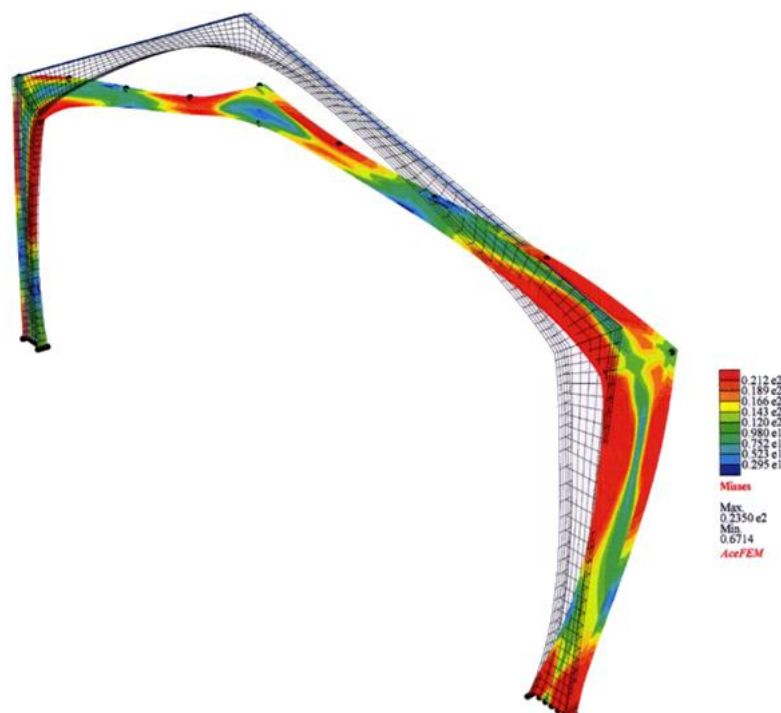
Slika 55: Začetna in optimizirana geometrija enoetažne jeklene hale (Kristanič, N. 2008, *Sinteza konstrukcij z uporabo točne občutljivostne analize in optimizacije oblike v nelinearnem področju*)



Slika 56: Optimalna oblika notranjega okvira jeklene konstrukcije v zadnjem krogu optimizacijskega procesa (Kristanič, N. 2008, *Sinteza konstrukcij z uporabo točne občutljivostne analize in optimizacije oblike v nelinearnem področju*)

Okvir iz varjencev, ki ga preračuna program *AceFEM*, je optimiziran glede na mejno stanje z upoštevanjem najbolj neugodne začetne nepopolnosti ter materialne in geometrijske nelinearnosti. S takim načinom projektiranja dobimo konstrukcijo, ki je na meji plastičnosti vendar še vedno stabilna in ima minimalni volumen. Tak način projektiranja konstrukcij in elementov je sodoben, naprednejši in se ga uporablja pri projektiranju zahtevnih konstrukcij, nepravilnih, amorfnih oblik.

Na sliki 57 so prikazane Von Misesove napetosti v prerezi. To je kombinacija normalnih in strižnih napetosti v prerezu v vseh treh smereh. Napetosti povejo materialno izkoriščenost prerezov okvira.



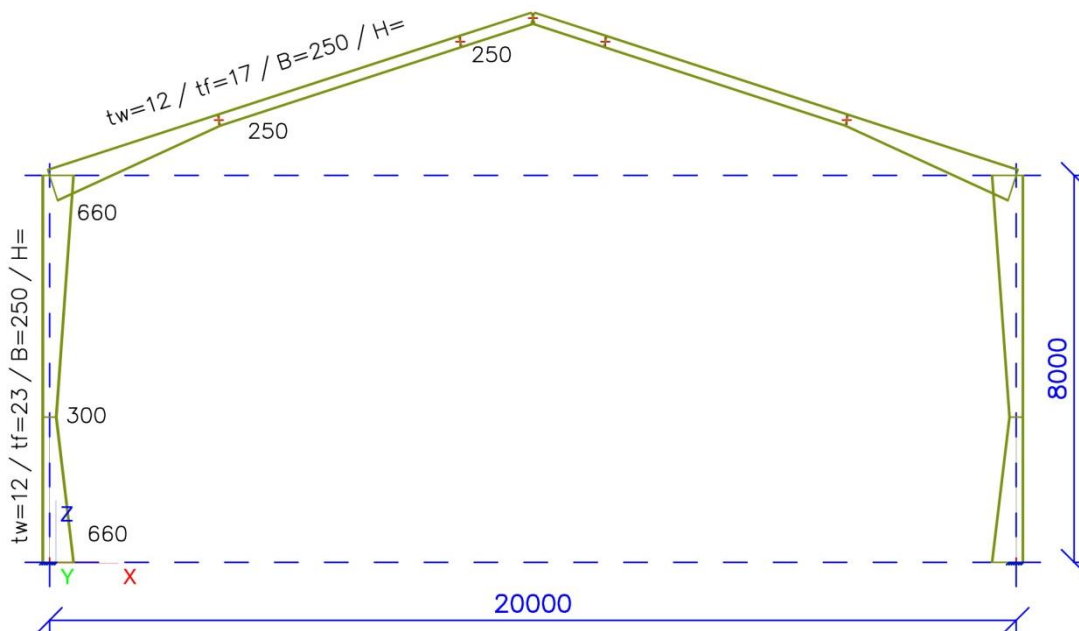
Slika 57: Von Misesove napetosti okvira narejenega s programom AceFEM [MPa] (Kristanič, N. 2008, *Sinteza konstrukcij z uporabo točne občutljivostne analize in optimizacije oblike v nelinearnem področju*)

Drug način projektiranja je standarden, enostavnejši in namenjen konstrukcijam, ki so pravilnejših, enostavnejših oblik. To je projektiranje po Eurocod standardih z računalniškimi programi. V tem primeru konstrukcije dimenzioniram glede na mejna stanja nosilnosti in uporabnosti. Pri optimizaciji oblike se uporablja kriterij napetosti, prvega nastopa elastičnega uklona. Moj okvir je preračunan s programom SCIA ESA.

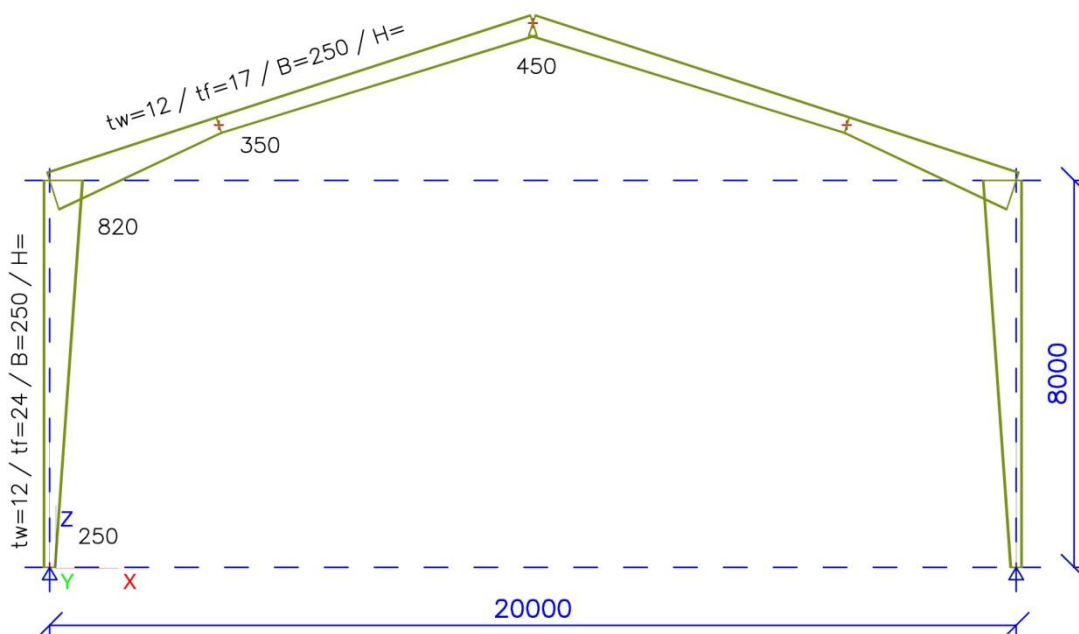
6.2 Primerjava z ostalimi zasnovami okvirov

Zasnovo varjenega okvira in začetno obliko prerezov, prevzamem iz zgornjega okvira in jo nekoliko priredim. Dimenzije pasnic in stojin dobim iz primera, ko izračunam portalni okvir, višino stojine pa prilagajam izkoriščenosti prereza. Najmanjša višina stojine je omejena z širino pasnic. Naredim izračun za naslednji primer:

- razpon 20m , višina stebrov 8m, razmik med okviri 8m, naklon strehe 20°
- togo / členkasto vpetje
- jeklo kvalitete S235
- obtežba: veter 0,6kN/m², sneg 1,5kN/m²



Slika 58: Računalniški model okvira narejenega iz varjencev s togim vpetjem v temelj



Slika 59 : Računalniški model okvira narejenega iz varjencev s členkastim vpetjem v temelj

Cena materiala oz. cena pločevin, ki sestavljajo prerez varjenca, kvalitete jekla S235, debeline od 3-30mm znaša 700€/tono.

Za zgoraj prikazana okvira, je normativ izdelave okoli 27,60h/tono.

Ceno okvira izračunam po enakem postopku, kot sem ga opisal v poglavju 4 *.Računalniški model in analiza*. Podatke o ceni jeklenih pločevin in normativu izdelave, sem dobil v podjetju Trimo Trebnje.

Tabela 1: Primerjava okvira iz varjencev z ostalimi zasnovami okvirov -togo vpetje na temelj

Tip okvira	Teža okvira na tlorisno površino [kg/m ²]	Cena okvira na tlorisno površino [€/m ²]
Okvir iz varjencev	28,55	43,63
Portalni okvir	33,64	41,60
Okvir z natezno vezjo	23,86	28,96
Okvir s paličnim str. nosilcem	17,23	23,53

Tabela 2: Primerjava okvira iz varjencev z ostalimi tipi okvirov -členkasto vpetje na temelj

Tip okvira	Teža okvira na tlorisno površino [kg/m ²]	Cena okvira na tlorisno površino [€/m ²]
Okvir iz varjencev	31,49	48,11
Portalni okvir	34,87	43,12
Okvir z natezno vezjo	31,33	38,71
Okvir s paličnim str. nosilcem	24,23	32,48

Če primerjam okvir, ki ima varjene prereze, z ostalimi zasnovami okvirov, ki imajo uporabljene vroče valjane profile, lahko opazim, da je teža takega okvira še konkurenčna. Kljub ugodni teži pa je cena varjenega okvira veliko večja od ostalih zasnov. To je zaradi drage izdelave, saj je normativ izdelave veliko večji od ostalih normativov izdelave. Iz tega sklepam, da se okvirov z varjenimi prerezi s preprosto tehniko izdelave, kot jo podpira Trimo, ne izplača izdelovati. Cena varjenih okvirov bi se zelo znižala, če bi uporabljali napravo za samodejno varjenje. Začetna cena take naprave oz. linije izdelave je precej draga.

7 ZAKLJUČEK

V okviru diplomskega dela sem naredil primerjavo različnih konstrukcijskih zasnov okvirov za enoprostorne jeklene hale. Primerjava je narejena z vidika povečanja konkurenčnosti na trgu. Konstrukcije so statično preračunane in ustrezajo zahtevam mejnega stanja nosilnosti in mejnega stanja uporabnosti. Iz primerjav lahko izberemo izvedbo z najugodnejšo težo. Vsaka zasnova je tudi stroškovno ovrednotena in s pomočjo vsega tega se lahko projektant hitro odloči, katera zasnova in njena izvedba bistveno pripomore k bolj ekonomični nosilni konstrukciji jeklene enoprostorne hale.

Enoprostorne jeklene hale lahko izvedemo na tri različne načine. Zasnova nosilne konstrukcije je lahko: portalni okvir, okvir z natezno vezjo in momentni okvir s paličnim strešnim sistemom. Zasnovane okvirov so izračunane za različne; razpone, višine stebrov in razmake med okviri. Okviri imajo tudi različne vrste; vpetij stebrov, kvalitete jekla ter različno vetrno in snežno obtežbo.

Narejene so primerjave v obliki tabel, ki služijo projektantom in komercialistom v prvi fazi projektiranja. Služijo kot pomoč za bolj realno oceno vrednosti del za izdelavo enoprostornih hal iz jekla. Iz tabel lahko za izbran okvir glede na zasnovo, geometrijo in obtežbo izberemo izvedbo z najmanjšo porabo jekla in cene okvira na kvadratni meter koristne površine.

Pomembnejše ugotovitve o snovanju in stroškovnemu vrednotenju enoprostornih jeklenih hal:

- Portalni okvir je veliko bolj obremenjen z momentom in ima manjše osne sile v primarnih nosilcih, kot okvir z natezno vezjo ali okvir s paličnim strešnim nosilcem.
- Okvir z natezno vezjo ima tlačno obremenjen primarni nosilec in natezno obremenjeno vez. Zaradi natezne vezi so osne sile v elementih veliko večje kot pri portalnem okviru a so upogibni momenti mnogo manjši.
- V okviru s paličnim strešnim nosilcem nastopajo le osne sile, ki se spreminjajo po velikosti in predznaku. Osne sile so lahko tlačne ali natezne. Dimenzije elementov paličnega strešnega nosilca lahko spreminjamo glede na velikost osnih sil.
- Portalni okviri so smiselni za uporabo pri majhnih razponih, še manjših kot so bili računani in manjši obtežbi.

- Okvir s natezno vezjo je dobra zasnova okvira prav v vseh območjih razpona, razen pri večjih, ko prerezi ne prenesejo obtežbo ali pri podajnih izvedbah in velikih obremenitvah z veterno obtežbo.
- Okvir s paličnim strešnim nosilcem je zelo dober sistem, saj ima v vseh razponih najmanjšo težo in postane še bolj učinkovit pri večjih razponih in bolj obremenjenih konstrukcijah. Pri majhnih razponih ni tako učinkovit, saj ima v primerjavi z ostalima dvema zasnovama večjo začetno težo, poleg tega pa dražjo ceno izdelave.
- Členkasto vpetje stebra na temelj je smiselno pri nižjih objektih in z vetrom manj obremenjenih konstrukcijah.
- Togo vpetje na temelj se izvede pri višjih in bolj z vetrom obremenjenih konstrukcijah.
- Vpliv izbire vrste priključka na temelj je potrebno vedno preveriti zaradi velikosti izdelave točkovnih temeljev, ker lahko ti presežejo razliko v vrednosti konstrukcije.
- Višja kvaliteta jekla bistveno ne zmanjša porabe materiala.
- Jeklo višje kvalitete je smiselno uporabiti pri togih konstrukcijah, kjer ni merodajno mejno stanje uporabnosti.
- Okvir, ki ga tvorijo varjeni prerezi se s preprostimi metodami varjenja in izdelovanja ne izplača izdelovati. Razlika v porabi jekla je v primerjavi s portalnim okvirom majhna, porabi pa se bistveno več ur za izdelavo varjenih okvirov.

Tekom analize okvirov sem spoznal, da je optimizacija precej zapleten pojem. Vsako konstrukcijo je mogoče še dodatno optimizirati z rahlo spremenjeno zasnovo, izbiro profilov in detajli. Iz diplomskega dela je mogoče ugotoviti nekaj koristnih usmeritev o začetnem snovanju in vrednotenju jeklenih enoprostornih hal, v prvi fazi projektiranja. Iz rezultatov se jasno vidi, kako posamezna zasnova vpliva na porabo materiala in končno ceno jeklenih okvirov.

VIRI

Beg, D. 1999. Projektiranje jeklenih konstrukcij po evropskem predstandardu ENV 1993-
Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: št. strani 219 str.

Krajnc, A. 1998. Optimalno projektiranje jeklenih okvirjev. Doktorska disertacija. Ljubljana,
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: št. strani 175 str.

Kristanič, N. 2008. Limit State Design Using Exact Sensitivity Analysis and Shape
Optimization. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
gradbeništvo in geodezijo: št. strani 130 str.

SIST EN 1993-1-1: 2004. Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij – Del 1.1: Splošna
pravila in pravila za stavbe.

SIST EN 1998-1: 2005. Evrokod 8: Projektiranje potresno odpornih konstrukcij – Del 1:
Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe.

Jeklene konstrukcije TRIMO,
<http://www.trimo.si/> (20.1.2010)