HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA
15. Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva Opatija, 2021.

Proširenje proizvodnih i skladišnih kapaciteta Jadran galenskog laboratorija (JGL) Rijeka

dr.sc. Saša Mitrović, dipl. ing. građ.
Daniel Repac, dipl. ing. građ.

Daniel Repac, dipl. ing. građ., stabilnost d.o.o., M. Albaharija 10a, 51000 Rijeka
dr. sc. Saša Mitrović dipl. ing. građ., i.t.t. d.o.o., M. Albaharija 10a, 51000 Rijeka
Luka Eškinja, dipl. ing. građ. stabilnost d.o.o., M. Albaharija 10a, 51000 Rijeka
Ivana Nekoksa, mag. ing. aedif., stabilnost d.o.o., M. Albaharija 10a, 51000 Rijeka
Ada Hero, mag. ing. aedif., stabilnost d.o.o., M. Albaharija 10a, 51000 Rijeka

LOKACIJA: Rijeka, Svilno, k.č. 702/1, k.o. Pašac (proširenje proizvodnje)

LOKACIJA: Bakar, Kukuljanovo, k.č. 740, k.o. Kukuljanovo (logistički centar)

LOKACIJA: Rijeka, Svilno, k.č. 702/1, k.o. Pašac (proširenje proizvodnje)
Bakar, Kukuljanovo, k.č. 740, k.o. Kukuljanovo (logistički centar)

SUDIONICI :

GRAĐEVINA: REKONSTRUKCIJA DIJELA GRAĐEVINE ''G60'' U SKLOPU KOMPLEKSA SVILNO 2

LOGISTIČKI CENTAR JGL ''G20'', KUKULJANOVO

ARHITEKTURA: Rožić arhitekti i partneri d.o.o., Đure Šporera 8, 51000 Rijeka

KONSTRUKCIJA: STABILNOST d.o.o., Moše Albaharija 10a, 51000 Rijeka

I.T.T. d.o.o., Moše Albaharija 10a, 51000 Rijeka

Inženjerski ured Maurizio Passarotto, Via Spola 2a, 45100 Rovigo, Italija

PROJEKTANTI KONSTRUKCIJE:

Daniel Repac, dipl. ing. građ., stabilnost d.o.o.

dr. sc. Saša Mitrović dipl. ing. građ., i.t.t. d.o.o.

Maurizio Passarotto, ing. aedif., Inženjerski ured Maurizio Passarotto

Luka Eškinja, dipl. ing. građ. stabilnost d.o.o.

Ivana Nekoksa, mag. ing. aedif., stabilnost d.o.o.

Ada Hero, mag. ing. aedif., stabilnost d.o.o.

REVIZIJA: mr. sc. Eduard Hemerich, dipl.ing.građ.

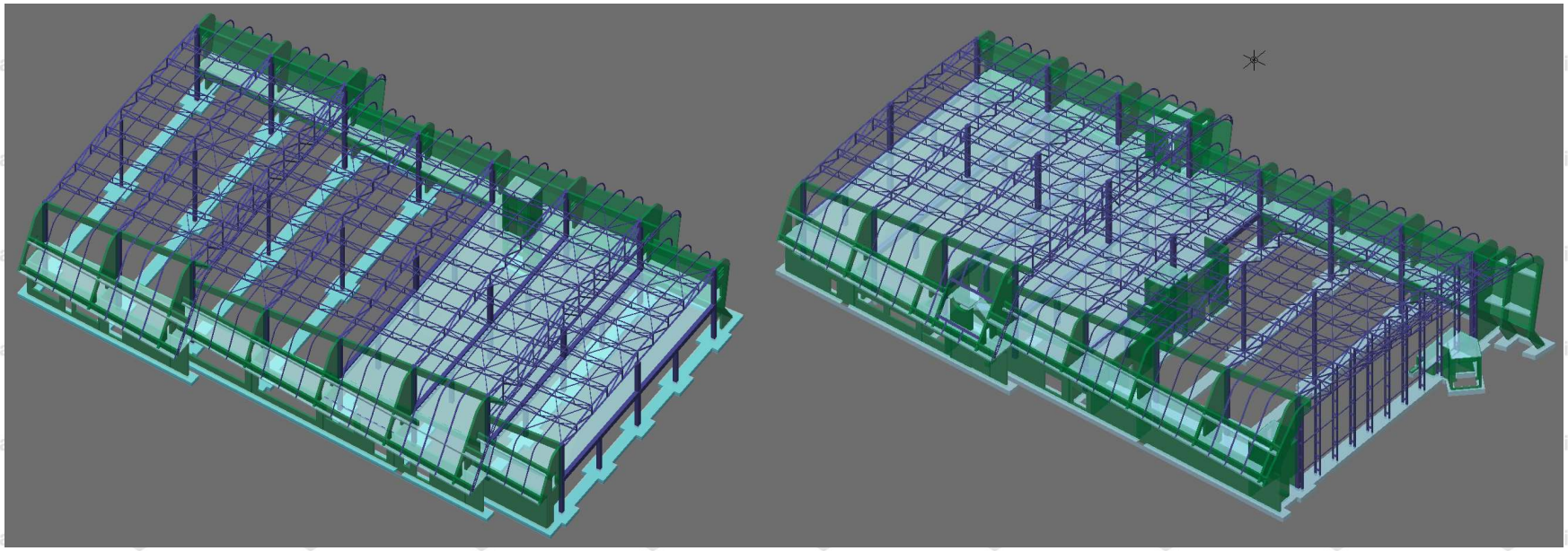
REKONSTRUKCIJA DIJELA GRAĐEVINE ‘’G60’’ U SKLOPU KOMPLEKSA SVILNO 2 :

PROJEKTNI ZADATAK – IZOMETRIJA POSTOJEĆEG STANJA:

Predmet projekta je izrada čelične konstrukcije tehničke etaže iznad nove proizvodnje na I.katu, a ispod postojeće rešetkaste čelične krovne konstrukcije.

Međukatna konstrukcija iznad prizemlja je proračunata za opterećenja uslijed širenja proizvodnje na I.kat, ali nije se predvidjela dodatna tehnička etaža, odnosno bilo je predviđeno da će tehnička etaža iznad prizemlja podržavati oba kata proizvodnje.

Postojeća konstrukcija je podijeljena na tri konstruktivne cjeline (dilatacije), a predmet ove rekonstrukcije su dvije, središnja i sjeverna.

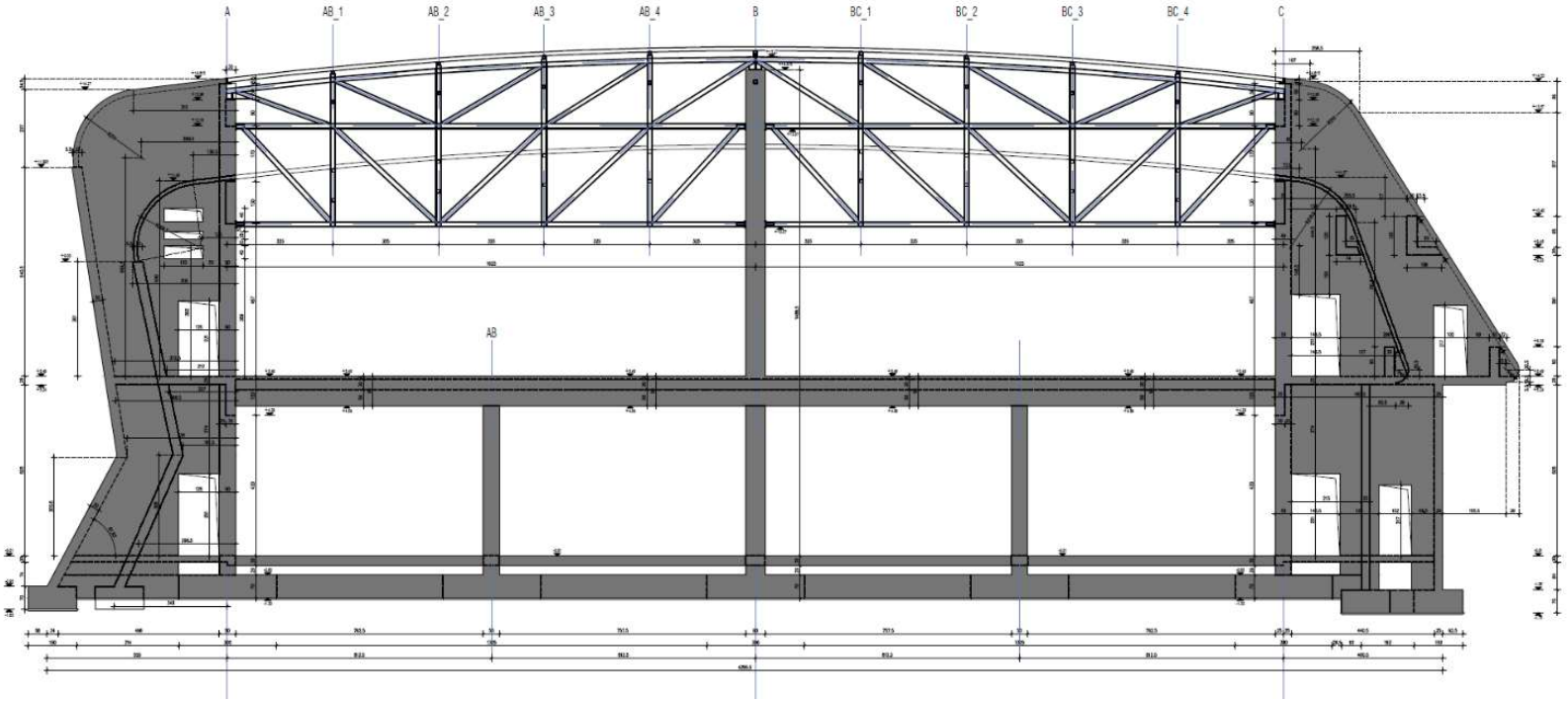


PROJEKTNI ZADATAK – POPREČNI PRESJEK POSTOJEĆEG STANJA:

Postojeću konstrukciju u poprečnom smjeru čine AB okviri sa rešetkastom krovnom konstrukcijom.

Okviri su preko dva polja raspona cca 16,5m uz izuzetak na osima 17, 18 i 19 gdje je središnji stup pomaknut za 125 cm.

Središnji stupovi su dimenzija 60*50cm, a rubni su dimenzija 50*50cm i povezani sa AB krilima debljine 30cm i gredama dimenzija 60*85cm.



PROJEKTNO RJEŠENJE – IZAZOVI (PROBLEMATIKA):

Odnos korisne površine i površine tehničke etaže je 1:1.

Nepravilna geometrija postojeće konstrukcije.

Vrlo mala slobodna visina za smještaj konstrukcije.

Problem transporta i montaže konstrukcije (postojeća proizvodnja i skladišta u funkciji).

Strojarnica sa 6 klima komora u jednom polju, veliko opterećenje i zaseban požarni sektor.

Prilagodba geometrije rešetki gabaritima strojarskih kanala.

Hodne staze i putevi evakuacije.

Prijenos sila na postojeću armiranobetonsku konstrukciju. Oslanjanje glavnih rešetki u razini gornjeg pojasa a bez prihvata donjeg pojasa.

Stabilizacija glavnih i sekundarnih rešetki (sekundarne rešetke i kosnici) i prijenos horizontalnih sila potresa na bočna AB krila (rasterećenje središnjih stupova).

Provjera postojeće konstrukcije na dodatno opterećenje – rezerve nosivosti (vert. sile, potres).

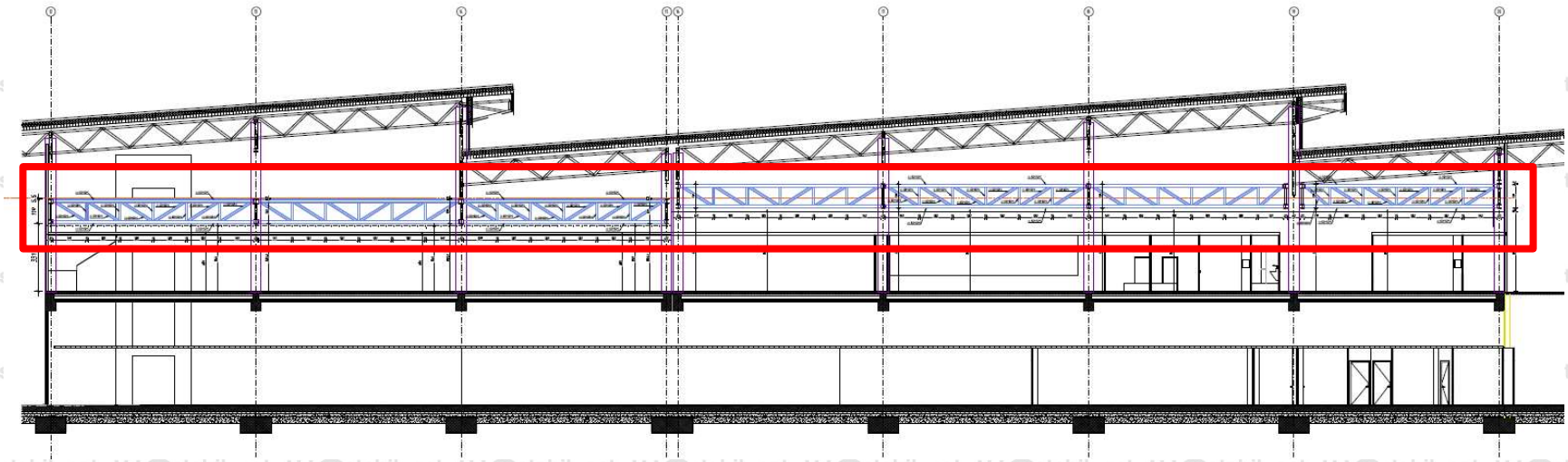
Detalj prihvata nove konstrukcije na postojeću – dvojbe (obujmice ili sidrenje).

PROJEKTNO RJEŠENJE – UZDUŽNI PRESJEK REKONSTRUKCIJE:

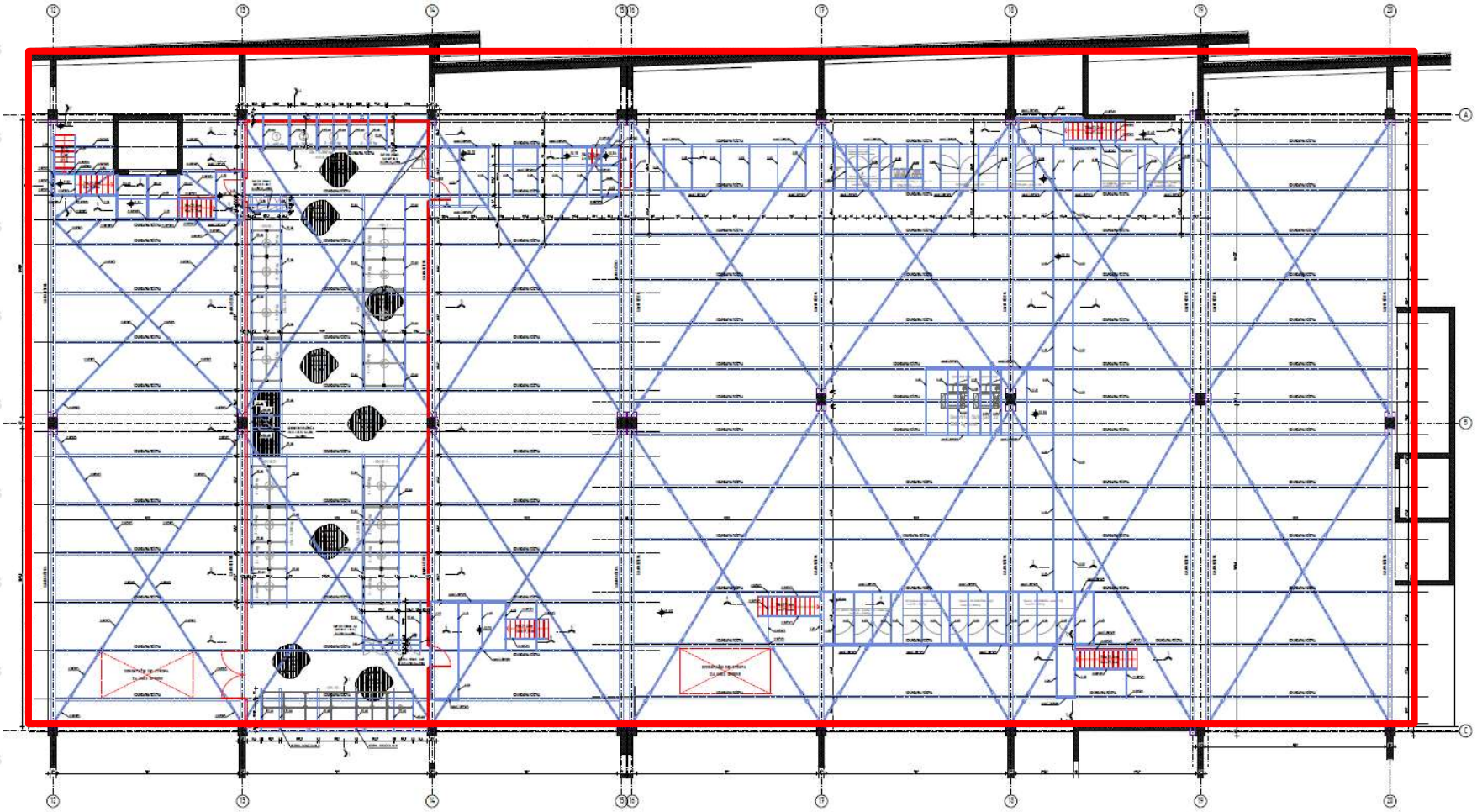
Nova čelična rešetkasta konstrukcija iznad I.kata u gabaritima cca 70*35 m', u 7 polja i dvije dilatacije – 3 polja u središnjoj (niža konstrukcija) i 4 polja u sjevernoj dilataciji (viša konstrukcija).

Glavne rešetke osne visine 100 cm u poprečnom smjeru na dva raspona.
Sekundarne rešetke osne visine 100 cm na međusobnom razmaku 250-275 cm.
Visinski položaj gornje pojasnice je limitiran visinom postojeće rešetke na spojevima ''članaka'' na osima 14, 16 i 20 što se vidi iz uzdužnog presjeka novog stanja.

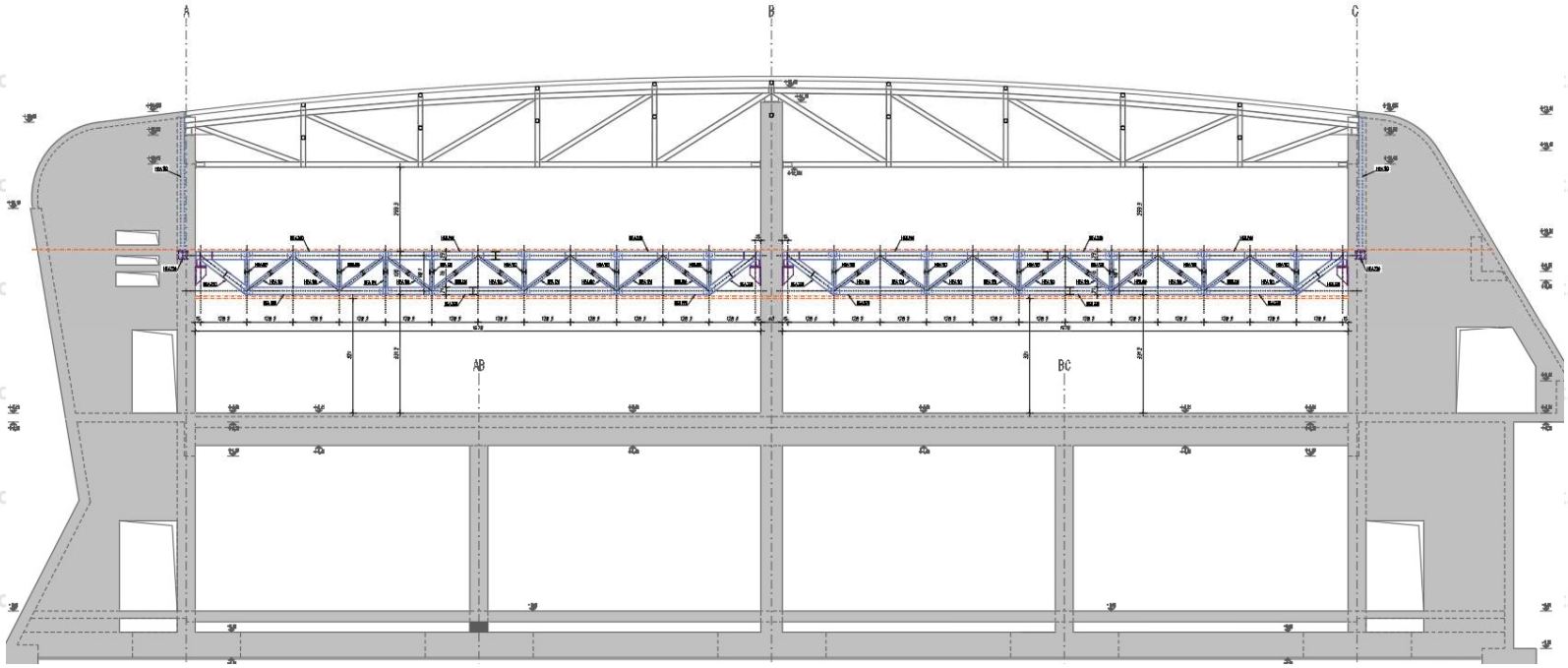
Na osi 19 se iz razloga preklapanja sa postojećom rešetkom izvodi dvostruka, smaknuta rešetka sa bočnim prihvatom na stupove, što se vidi iz uzdužnog presjeka novog stanja

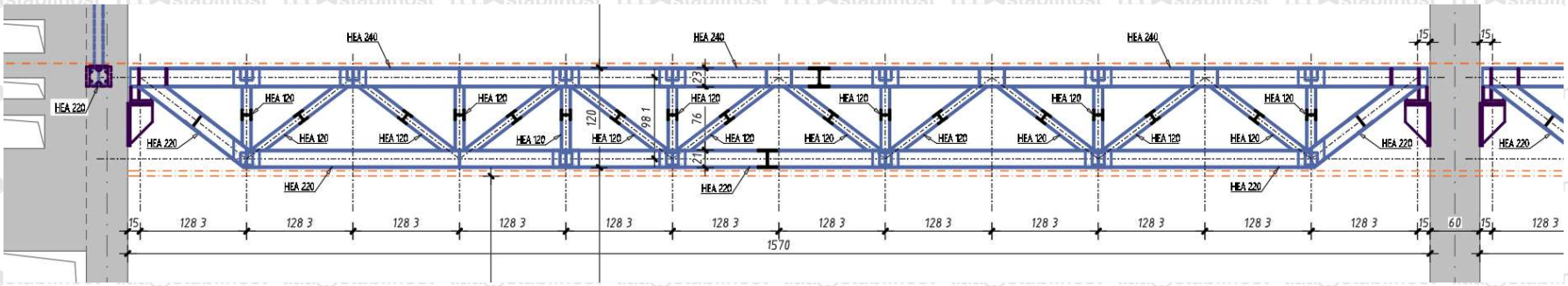


PROJEKTNO RJEŠENJE – TLOCRT REKONSTRUKCIJE:

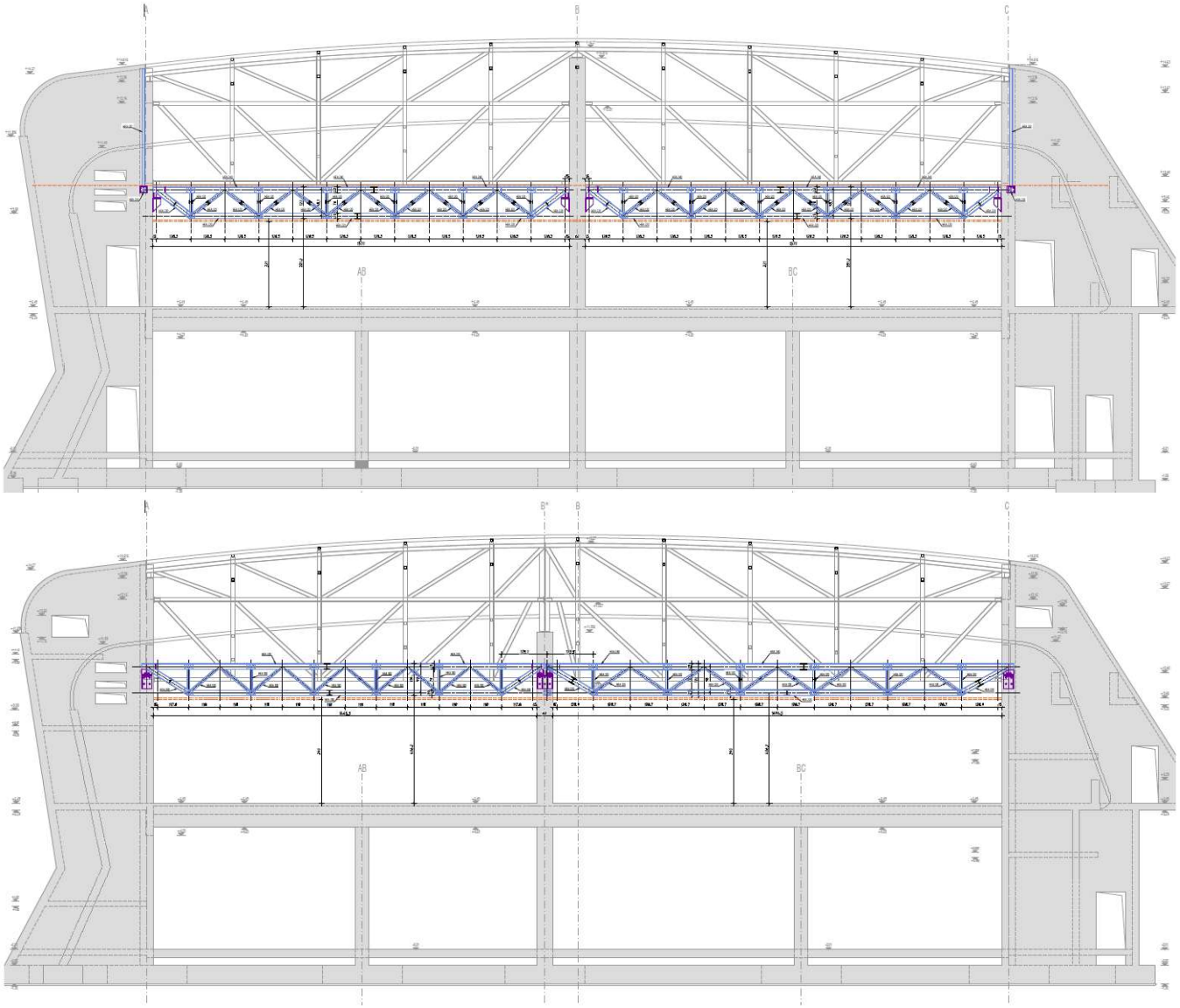


PROJEKTNO RJEŠENJE – POPREČNI PRESJECI REKONSTRUKCIJE:

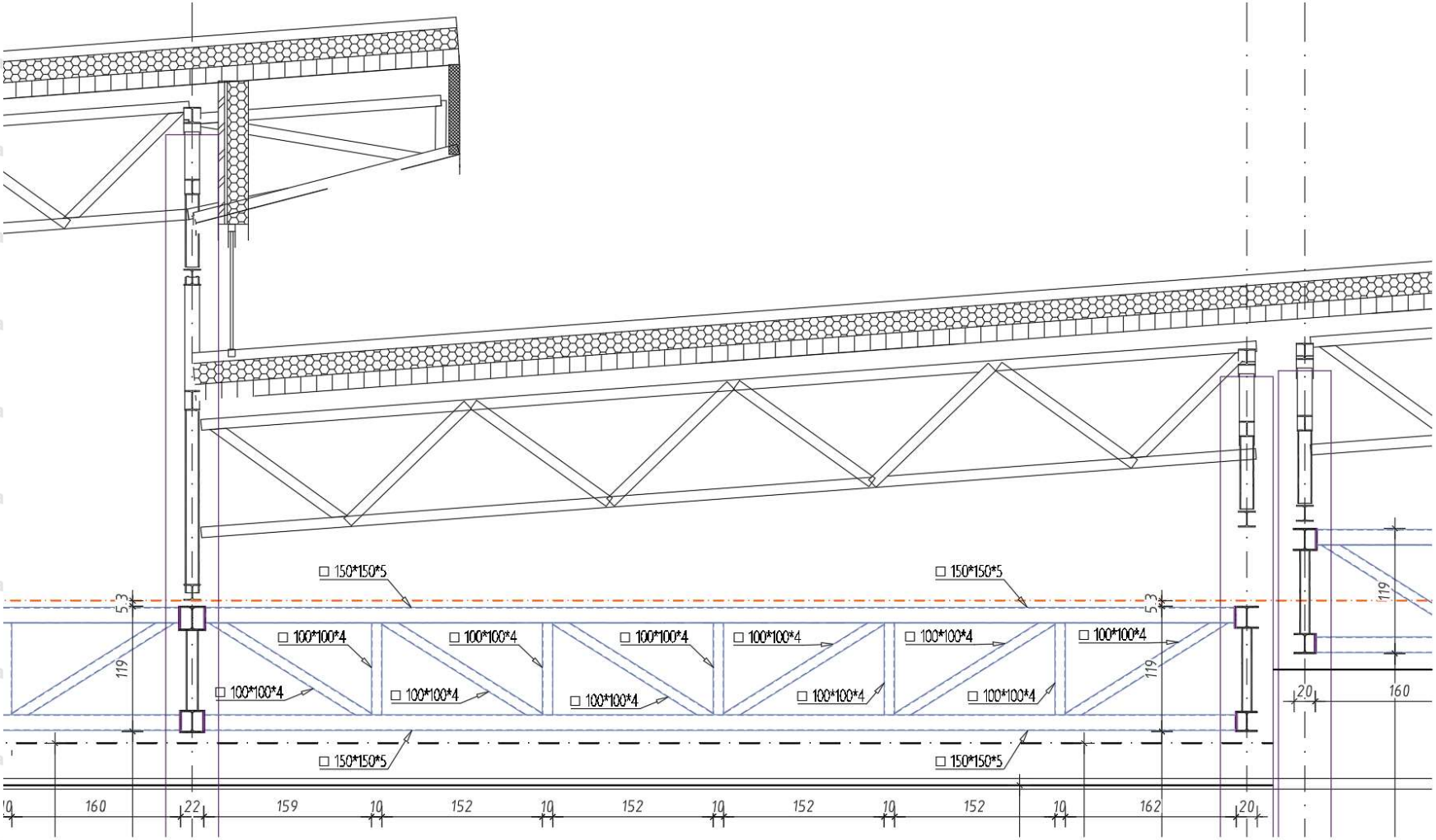




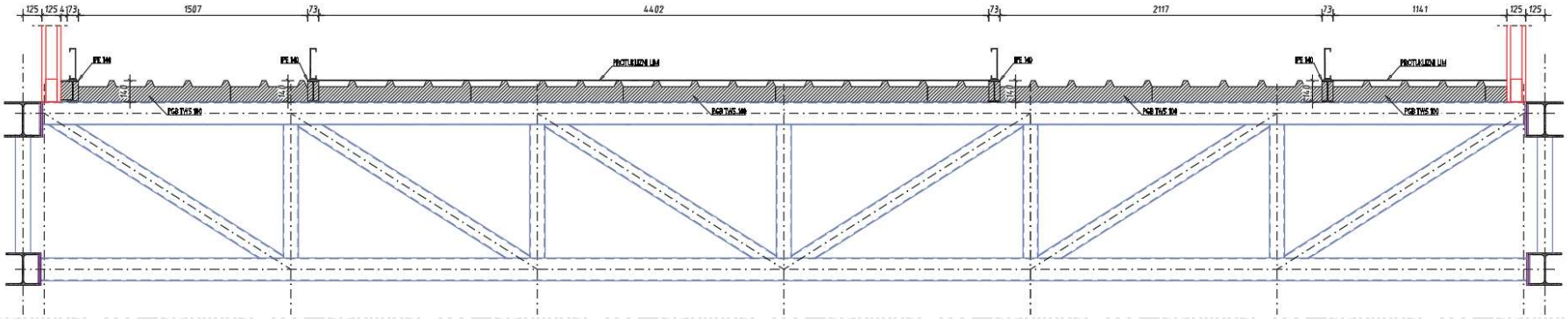
PROJEKTNO RJEŠENJE – POPREČNI PRESJECI REKONSTRUKCIJE:

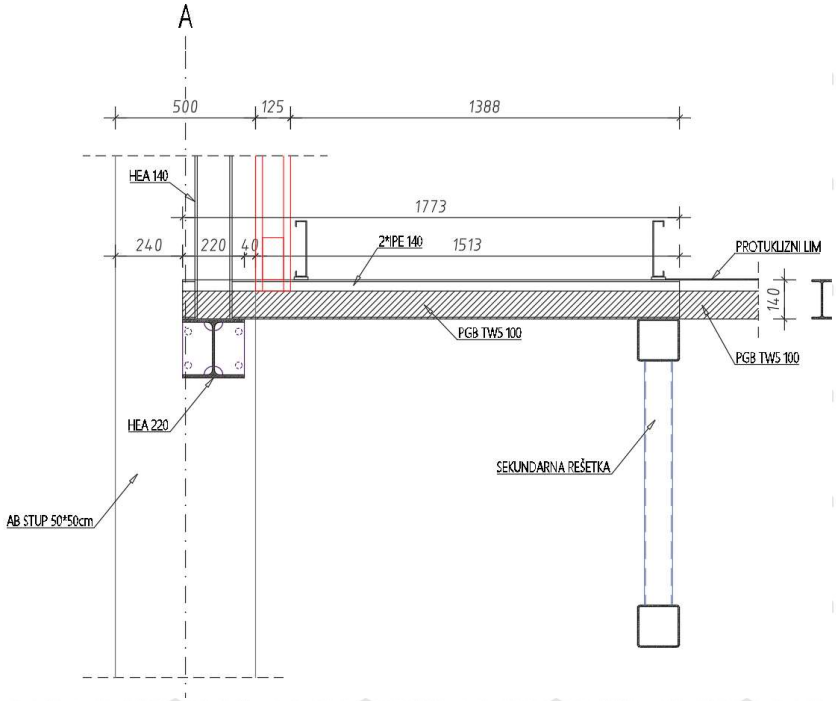


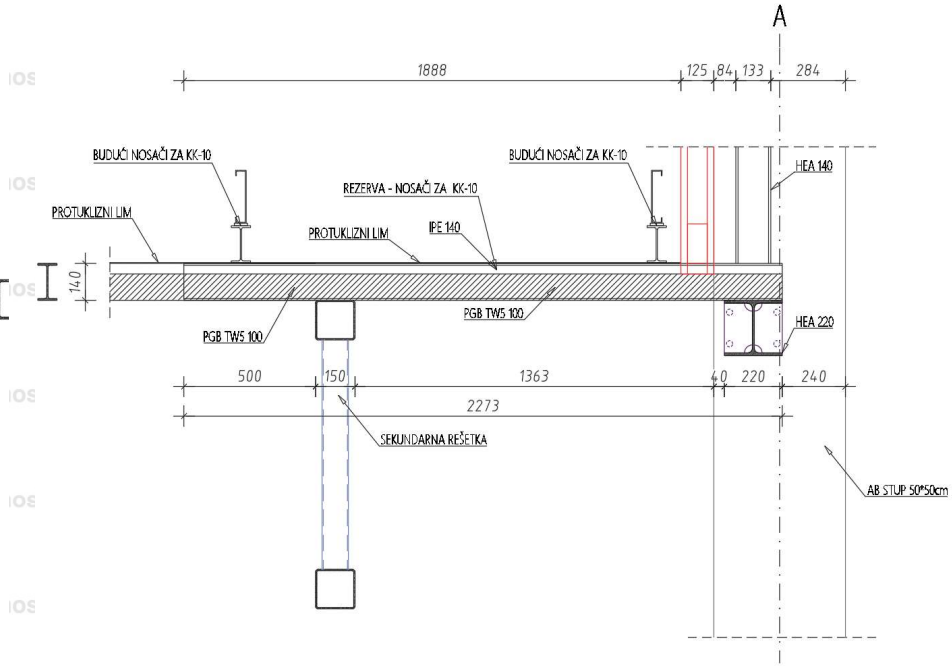
PROJEKTNO RJEŠENJE – TIPIČNA SEKUNDARNA REŠETKA:



PROJEKTNO RJEŠENJE – POD STROJARNICE:

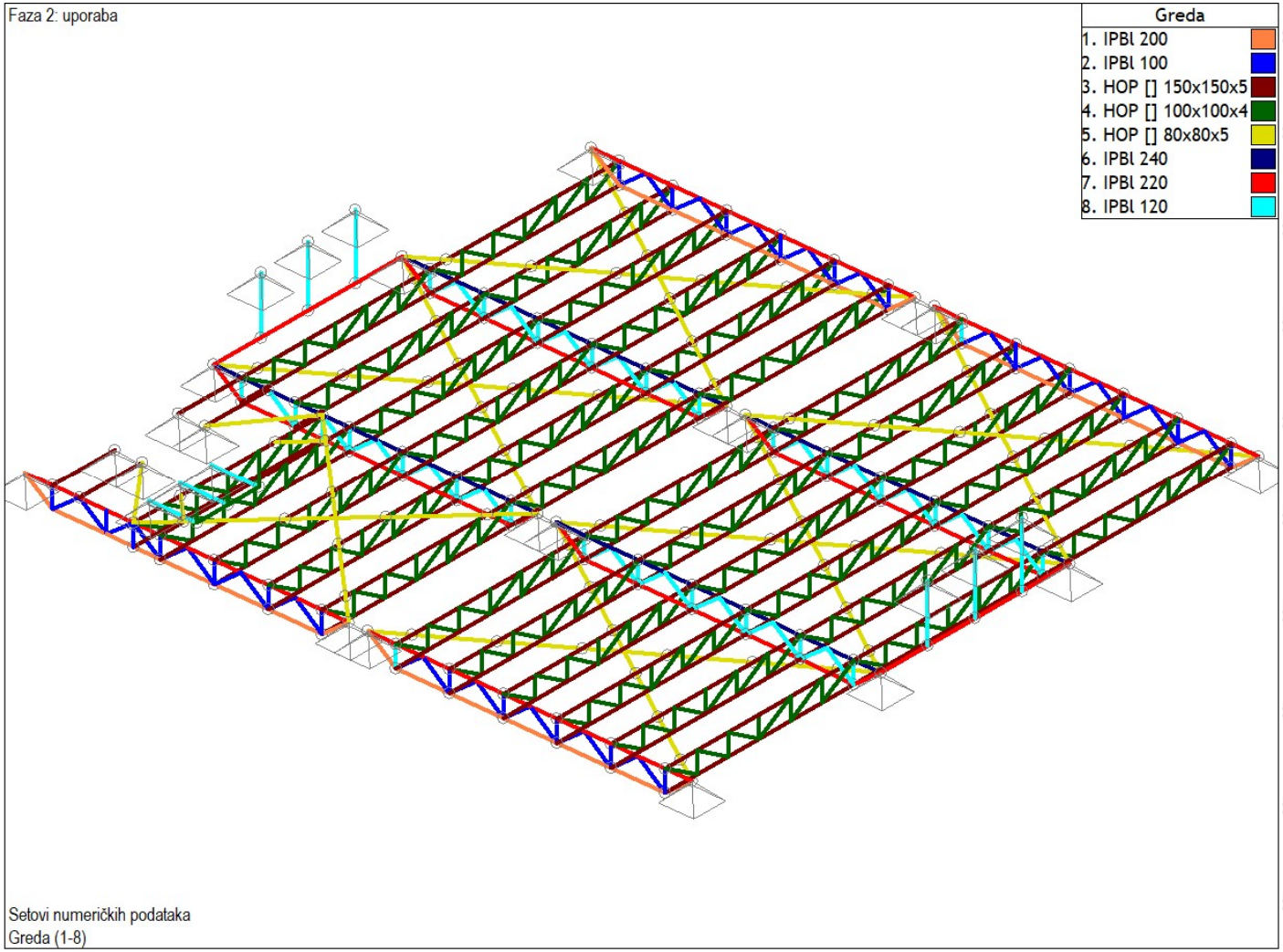






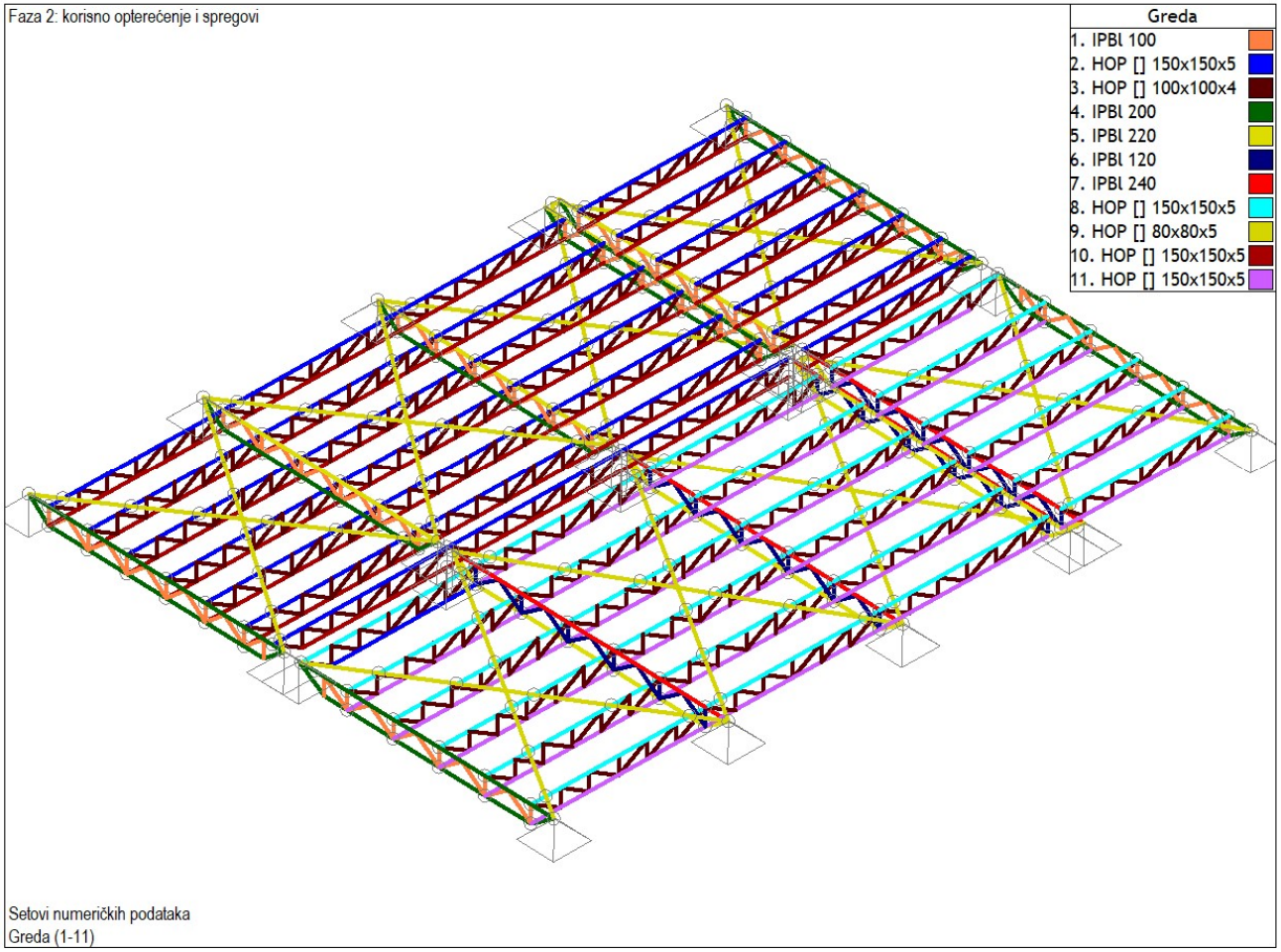
KONSTRUKTIVNI KONCEPT:

Glavni rešetkasti nosači na osima 12, 13, 14 i 15 su osne visine 1,00m i na rasponu od 15,70m, a sekundarni nosači osne visine 100cm su na rasponu od 10,00m. Sekundarni nosači su na međusobnom osnom razmaku od 2,56m.



KONSTRUKTIVNI KONCEPT:

Glavni rešetkasti nosači na osima 16, 17, 18, 19_jug, 19_sjever i 20 su osne visine 1,00m, na rasponu od 15,70m, 14,45m i 16,95m, a sekundarni nosači osne visine 100cm su na rasponu od 9,60m (osi 18-19 i 19-20) i 10,00m (osi 16-17 i 17-18). Sekundarni nosači su na međusobnom osnom razmaku od 2,36m na zapadnom dijelu između osi A i B, te razmaku od 2,78m na istočnom dijelu između osi B i C. .



OPTEREĆENJA

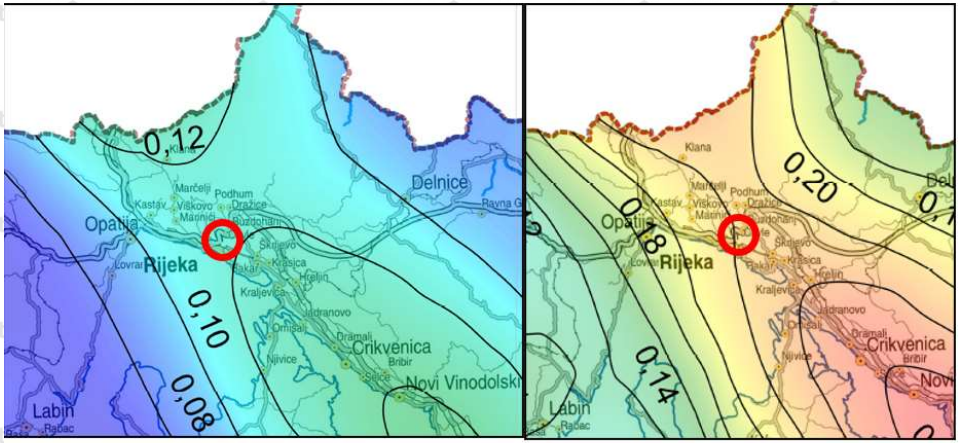
(HRN EN 1991-1, HRN EN 1998-1:2004+AC:2009 i HRN EN 1998-1:2011/NA) :

- TEHNIČKA ETAŽA: G = 2,00 kN/m^2, Q = 1,00 kN/ m^2
- STROJARNICA: G = 2,50 kN/m^2, G_{komore} = 2,50 kN/m^2, Q = 1,00 kN/ m^2
- VJETAR: NEMA UTJECAJA
- POTRES:
  - kategorija terena A (sukladno geotehničkom elaboratu)
  - ubrzanje 0,20g za povratno razdoblje 475 godina i 0,10g za 95 godina (vidi karte)
  - razred važnosti II s pripadnim koeficijentom važnosti 1,0.
  - srednja duktilnost M
  - konzervativno je usvojena vrijednost faktora ponašanja od 2,0
  - koeficijenti za modalnu analizu faktor za korisno opterećenje određen je na slijedeći način (HRN EN 1998-1, točka 4.2.4 i HRN EN 1990, tablica A1):

$$\sum G_{k,j} \text{ "+" } \sum \psi_{E,i} Q_{k,i}$$

$$\psi_{Ei} = \varphi \times \psi_{2i}$$

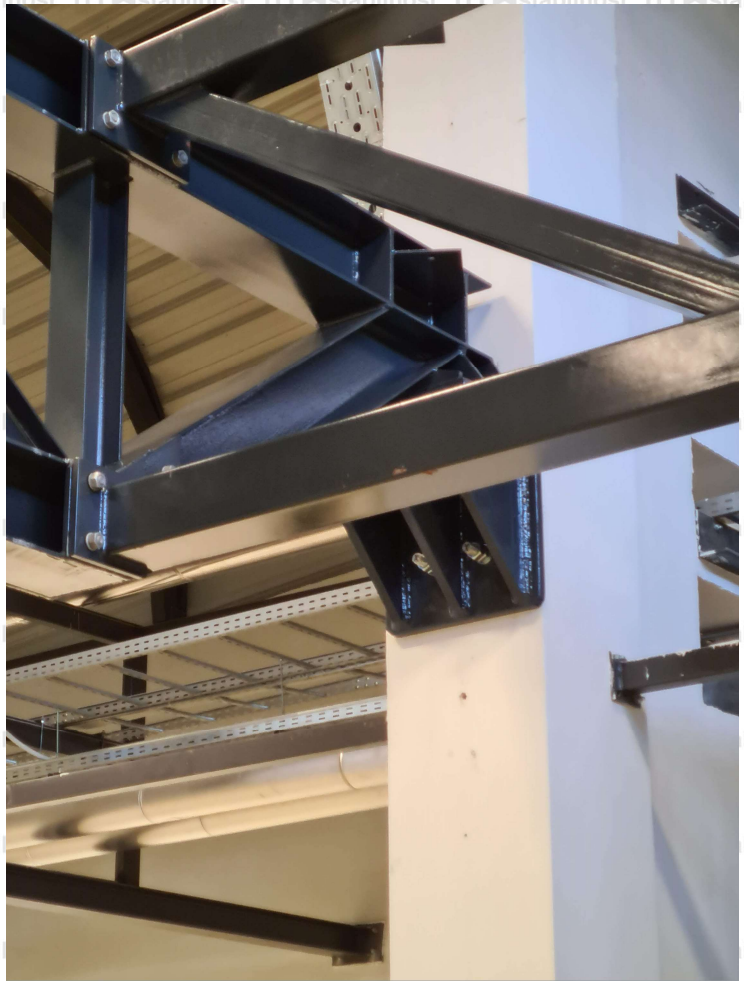
$$\psi_{Ei} = 0{,}5 \times 0{,}3 = 0{,}15$$



Vrijednosti horizontalnih vršnih ubrzanja tipa A (a_{gR}= za povratna razdoblja od 475 godina i 95 godina)

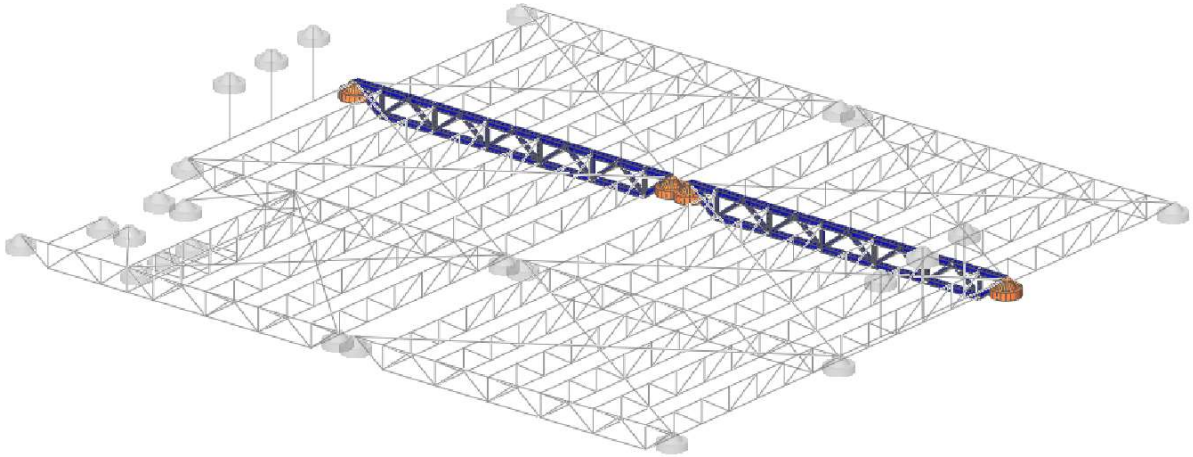
MATERIJALI:

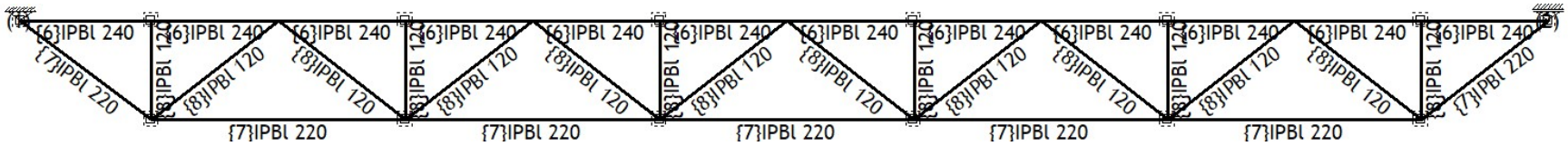
BETON	**XC1 C25/30**	Ploče i zidovi
	XC1 C30/37	Stupovi i grede
ARMATURA	**B500B**	
ČELIK	**Toplovaljani profili, S355**	
VIJCI	**10.9**	

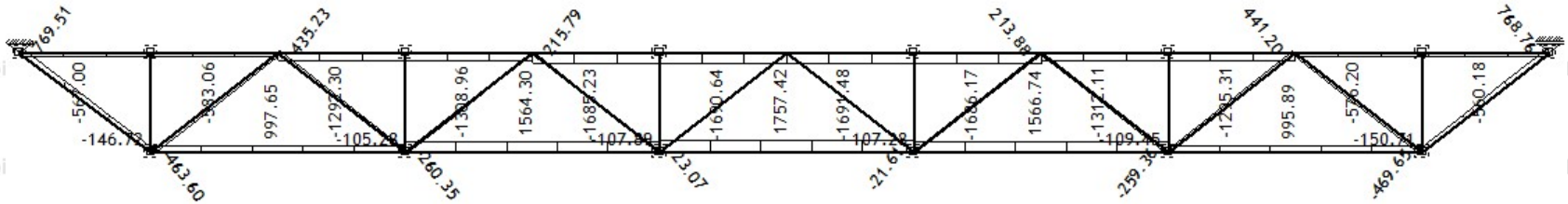


PRORAČUN MEHANIČKE OTPORNOSTI I STABILNOSTI (Tower 8):

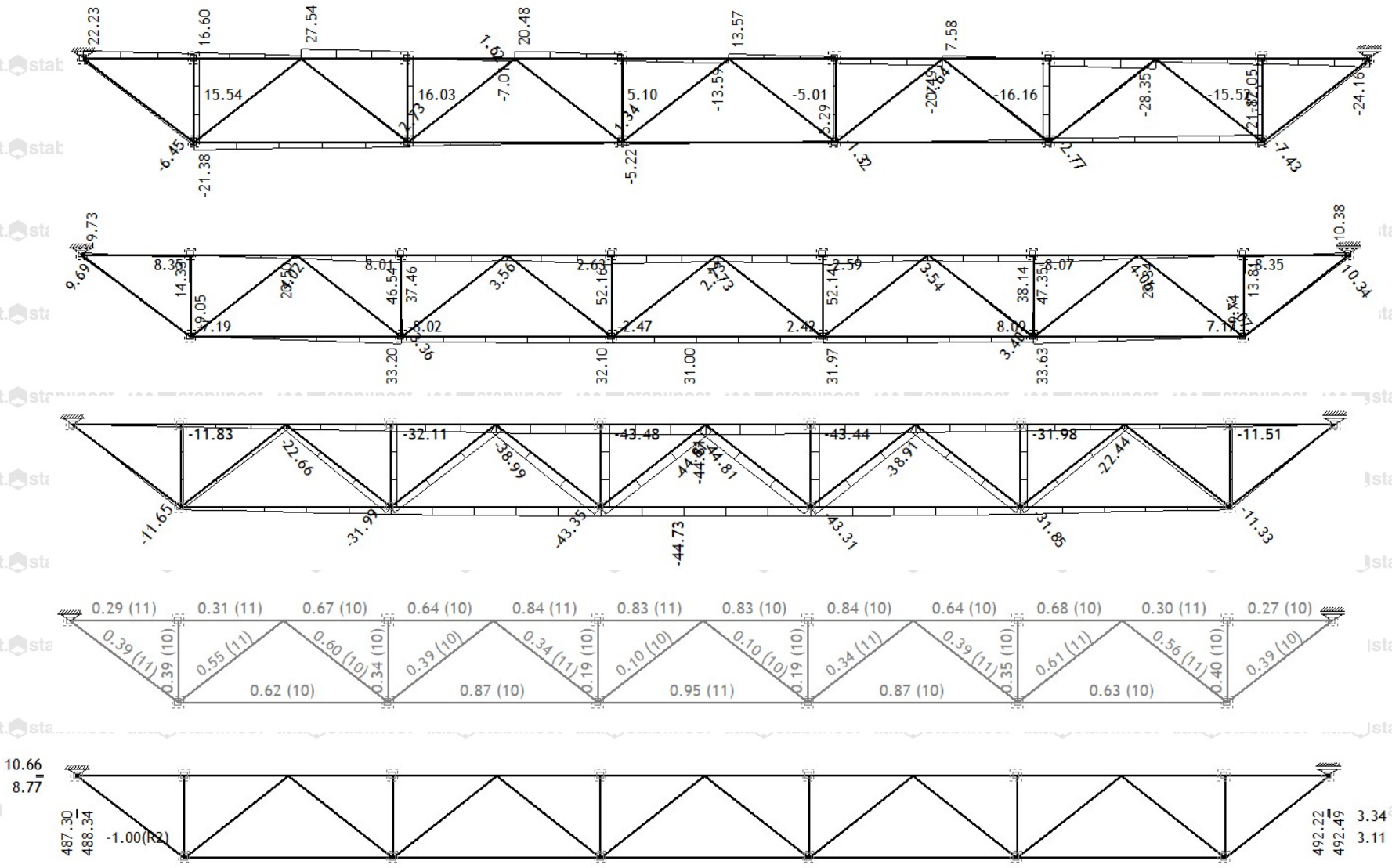
KARAKTERISTIČNA GLAVNA REŠETKA (STROJARNICA) HRN EN 1993-1-1:





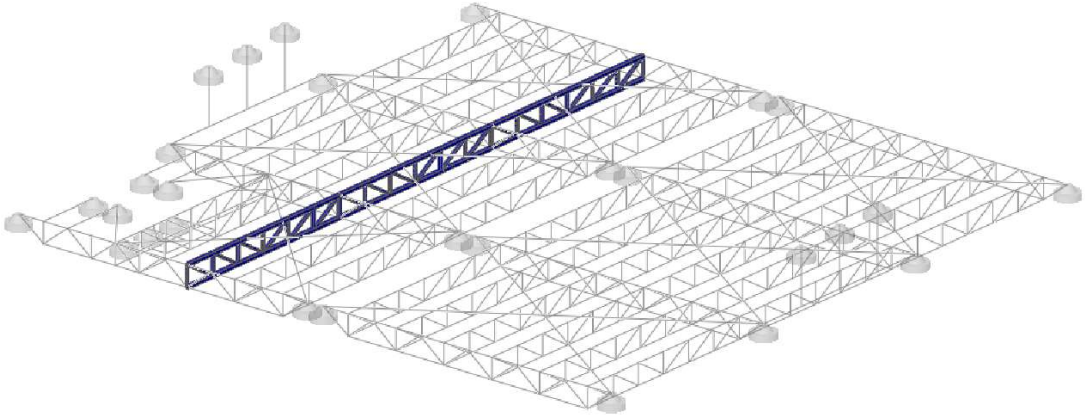


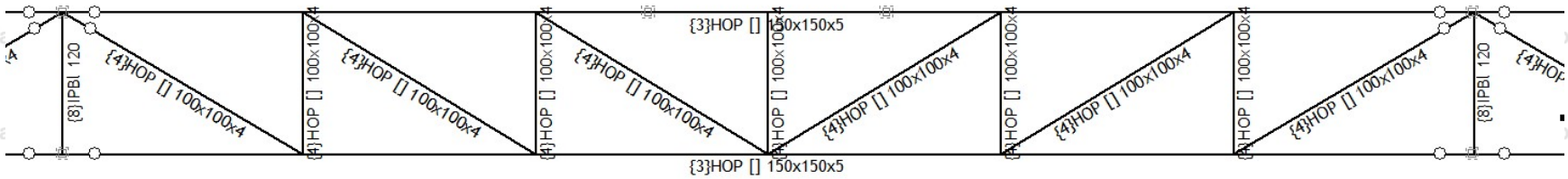
KARAKTERISTIČNA GLAVNA REŠETKA (STROJARNICA) HRN EN 1993-1-1:

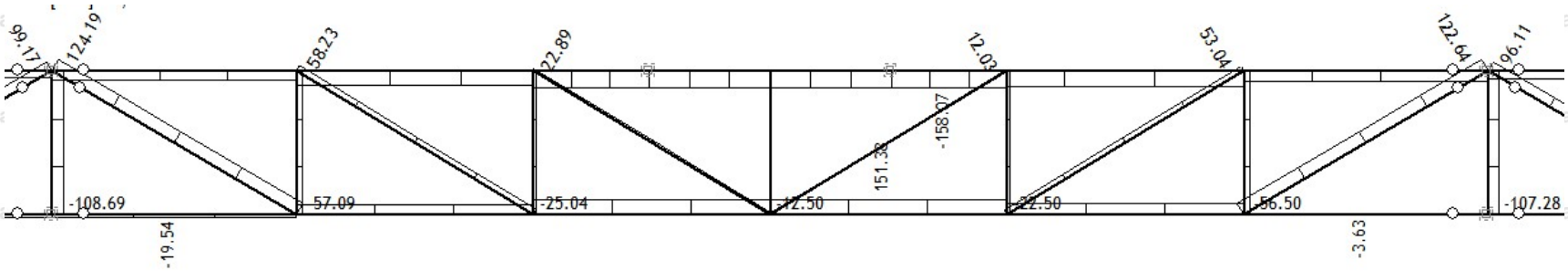


PRORAČUN MEHANIČKE OTPORNOSTI I STABILNOSTI (Tower 8):

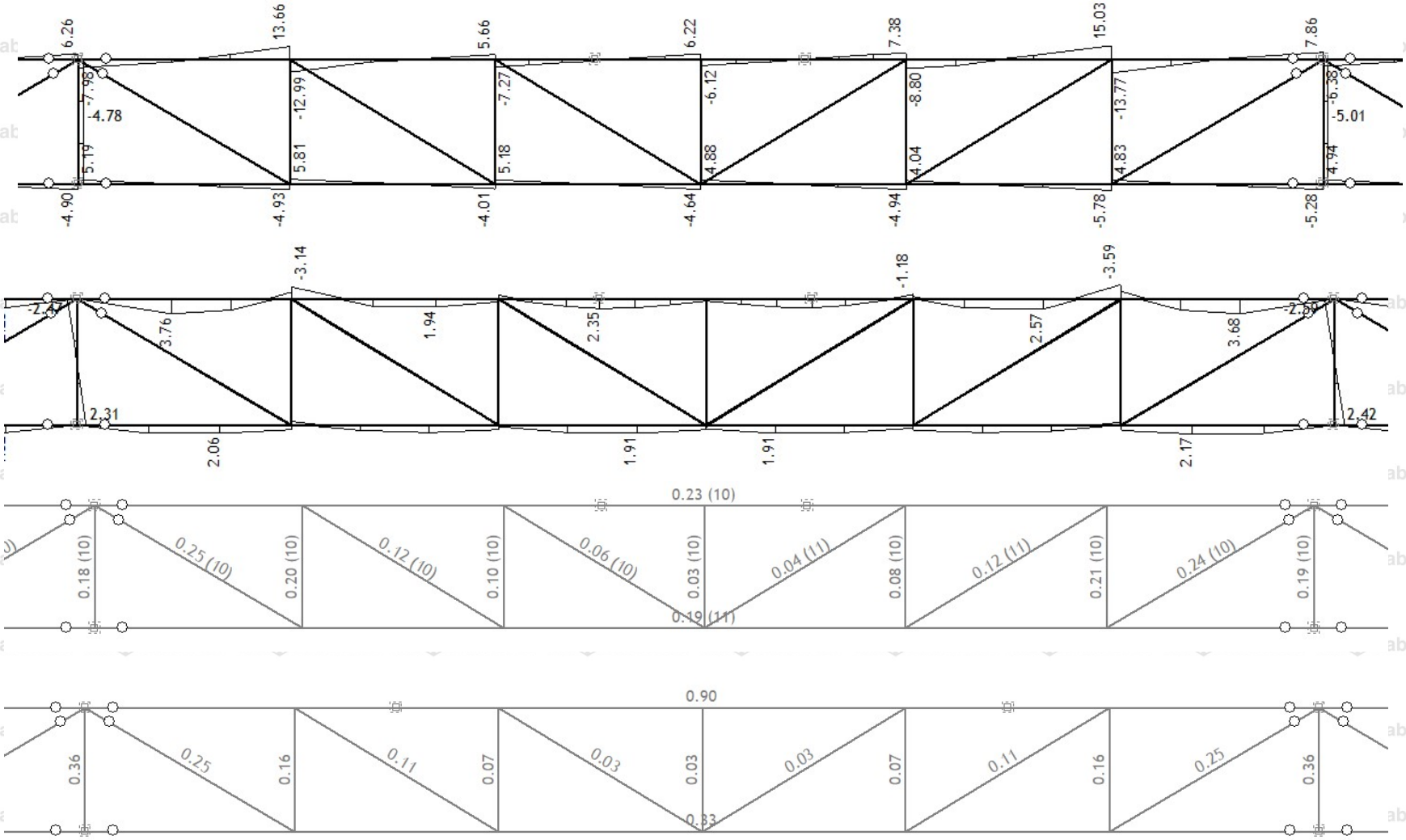
KARAKTERISTIČNA SEKUNDARNA REŠETKA (STROJARNICA) HRN EN 1993-1-1:





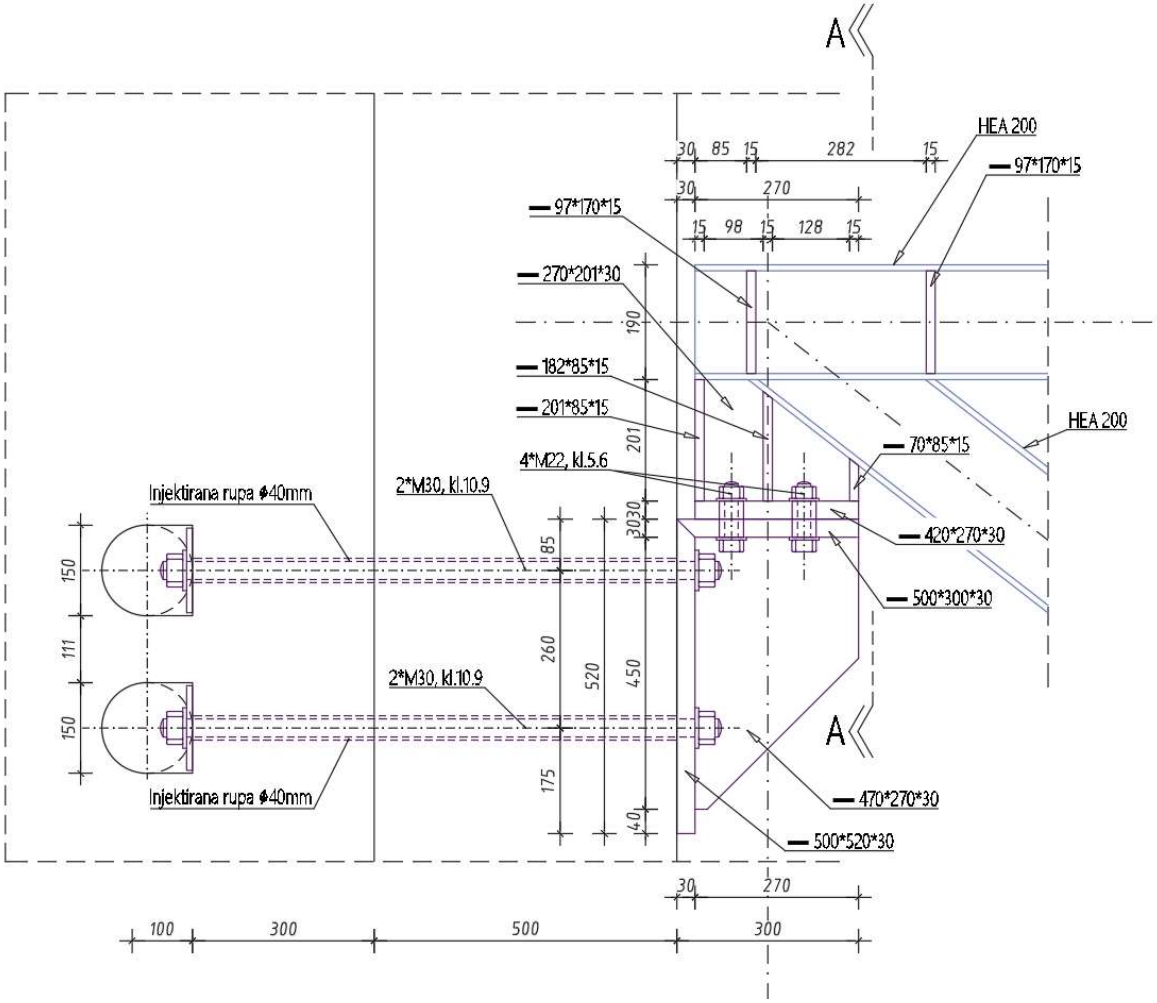


KARAKTERISTIČNA SEKUNDARNA REŠETKA (STROJARNICA) HRN EN 1993-1-1:

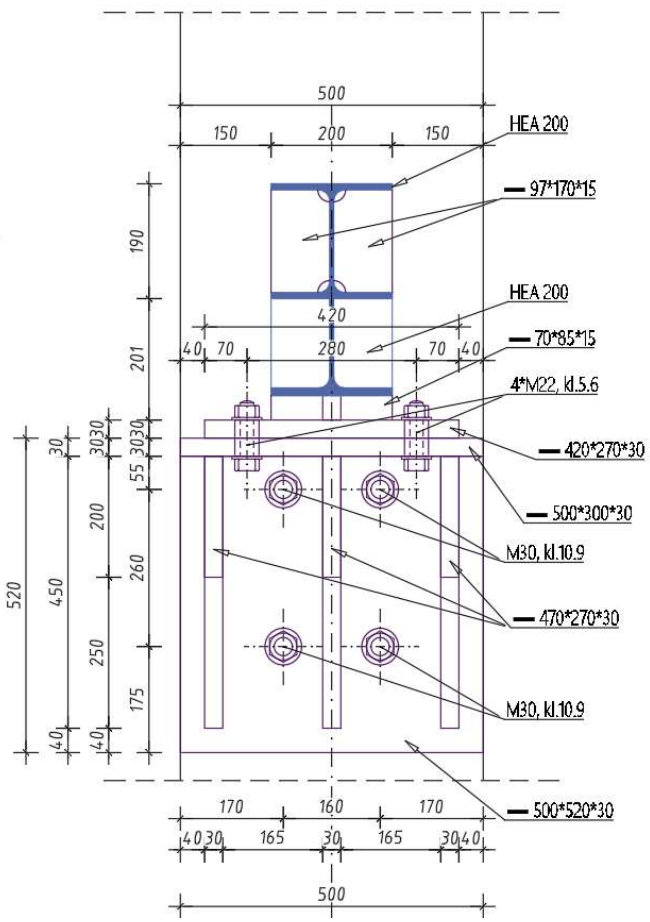


DETALJI OSLONACA – SPOJ S AB KONSTRUKCIJOM (HRN EN 1993-1-8):

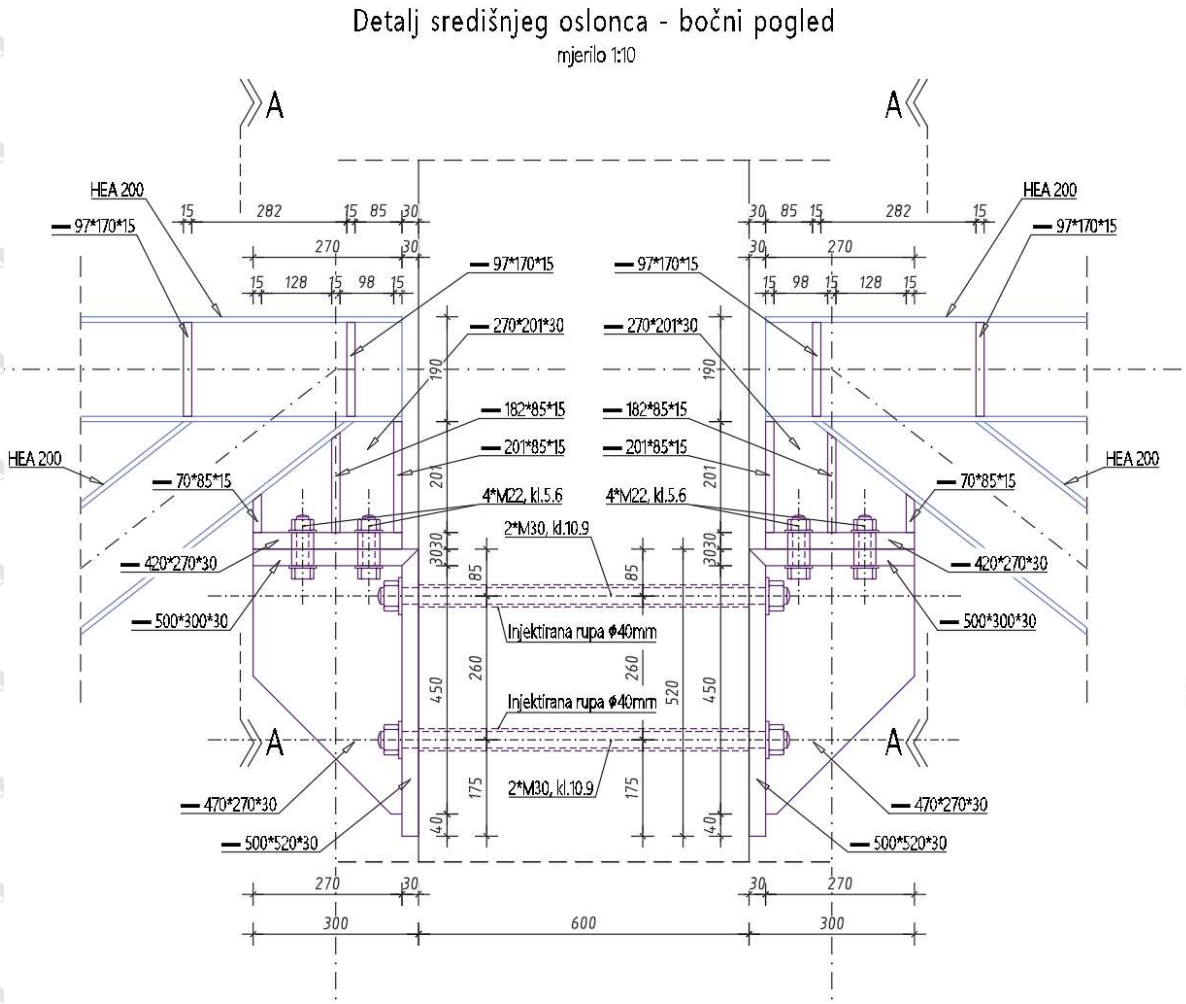
Detalj rubnog oslonca - bočni pogled
mjerilo 1:10

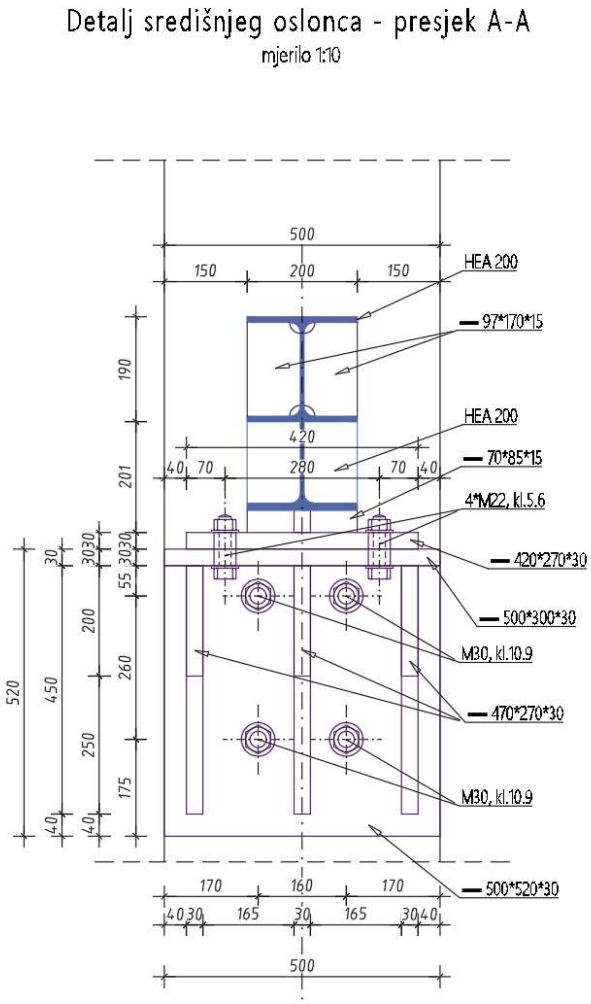


Detalj rubnog oslonca - presjek A-A
mjerilo 1:10



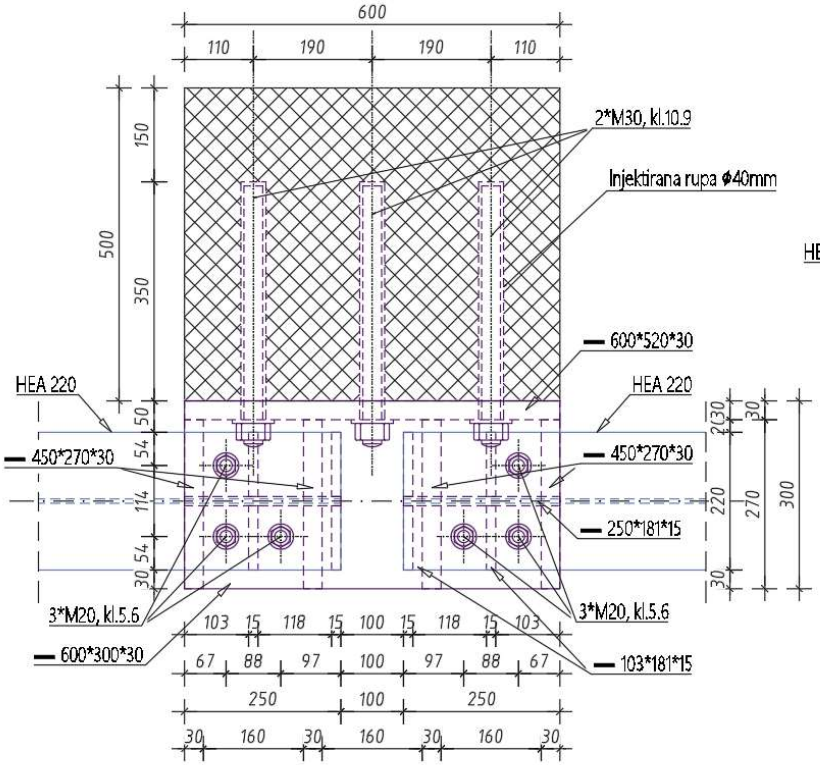
DETALJI OSLONACA – SPOJ S AB KONSTRUKCIJOM (HRN EN 1993-1-8):



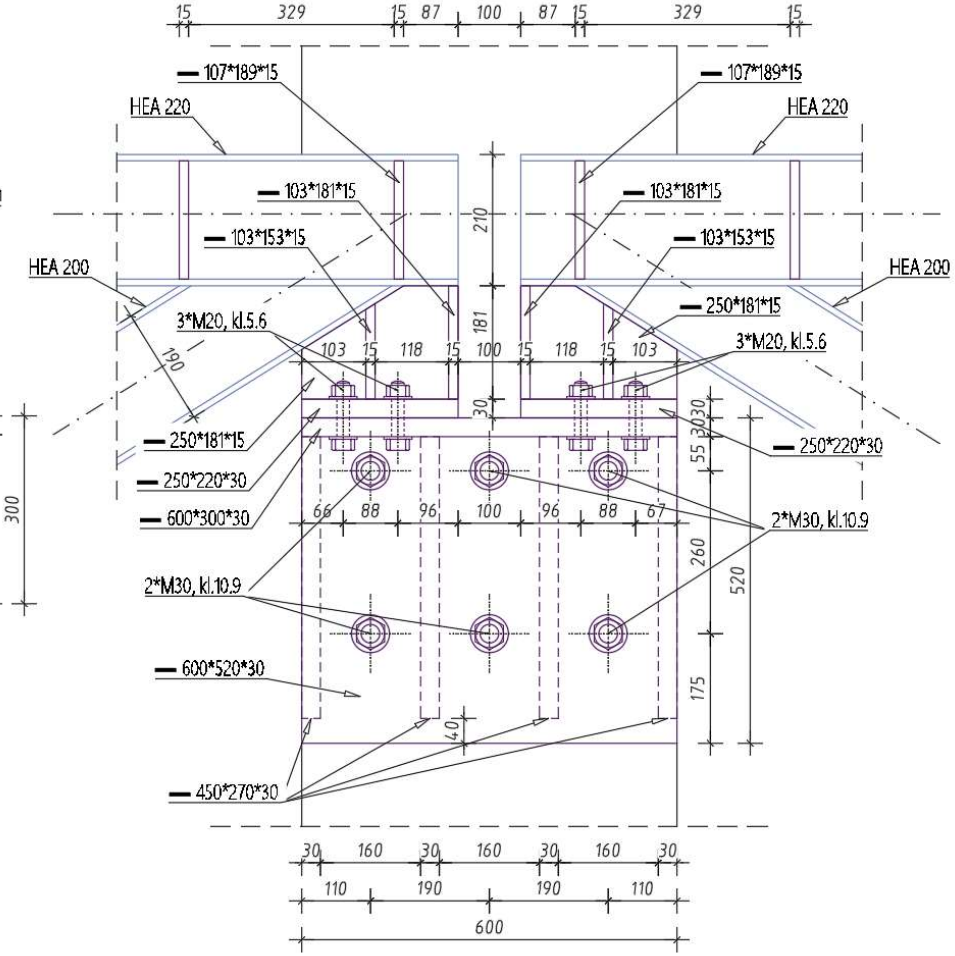


DETALJI OSLONACA – SPOJ S AB KONSTRUKCIJOM (HRN EN 1993-1-8):

Detalj središnjeg bočnog oslonca - tlocrt
mjerilo 1:10



Detalj središnjeg bočnog oslonca - pogled
mjerilo 1:10

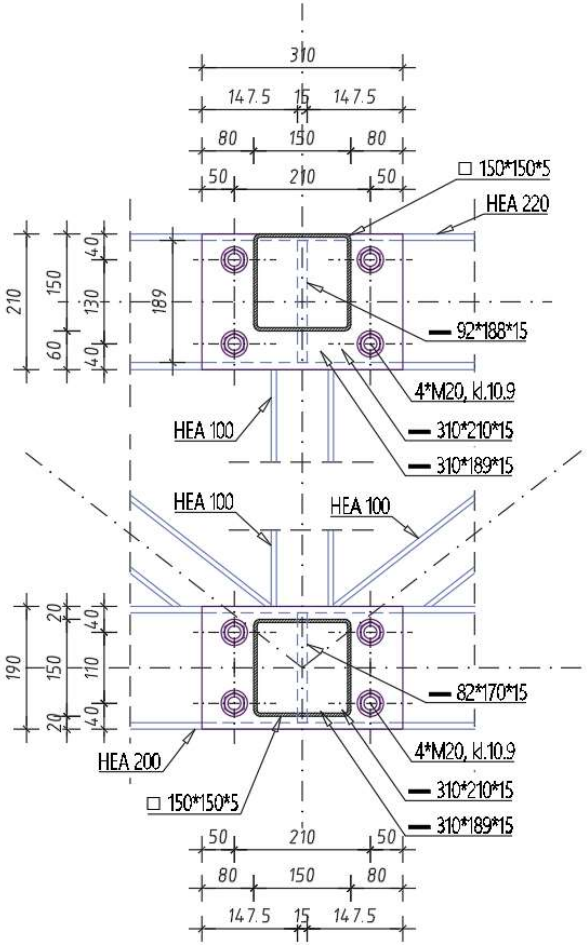


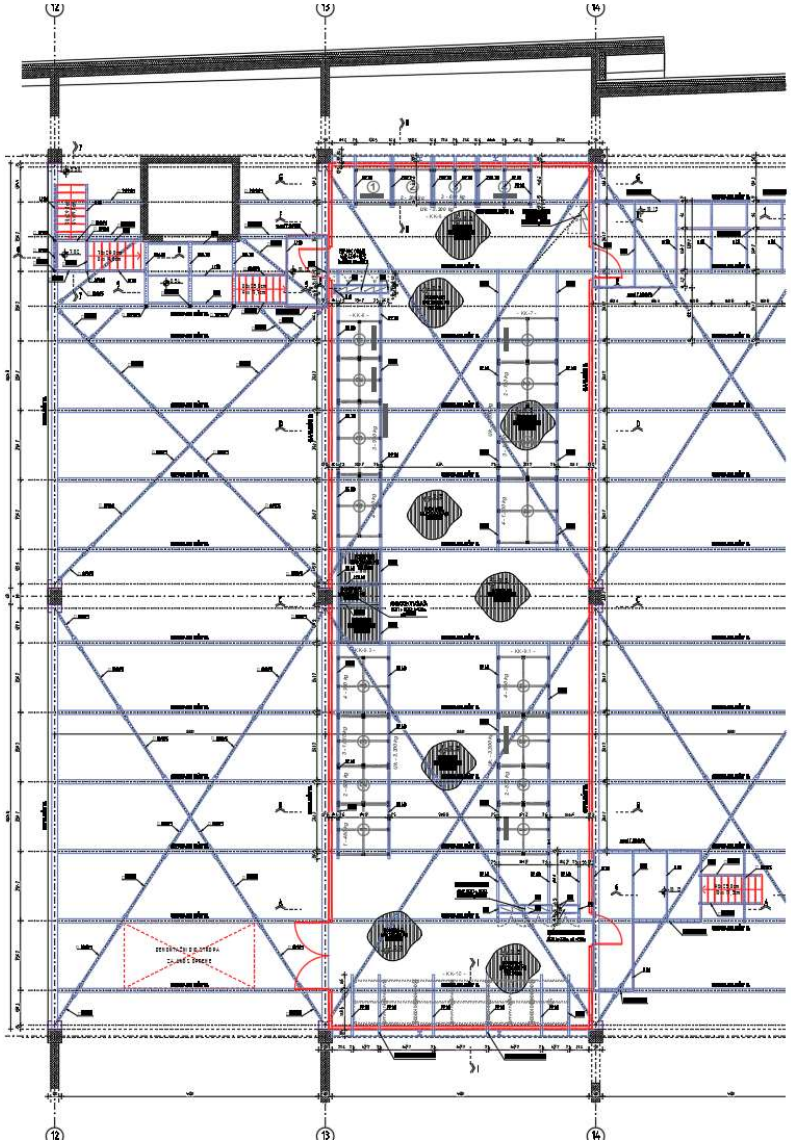
DETALJI OSLONACA – SPOJ S AB KONSTRUKCIJOM (HRN EN 1993-1-8):

DETALJ SPOJA GLAVNE I SEKUNDARNE REŠETKE

Pogled na glavnu rešetku

mjerilo 1:10





PRORAČUN MEHANIČKE OTPORNOSTI I STABILNOSTI (Tower 8):

PROVJERA POSTOJEĆE ARMIRANOBETONSKE KONSTRUKCIJE HRN EN 1998-1:

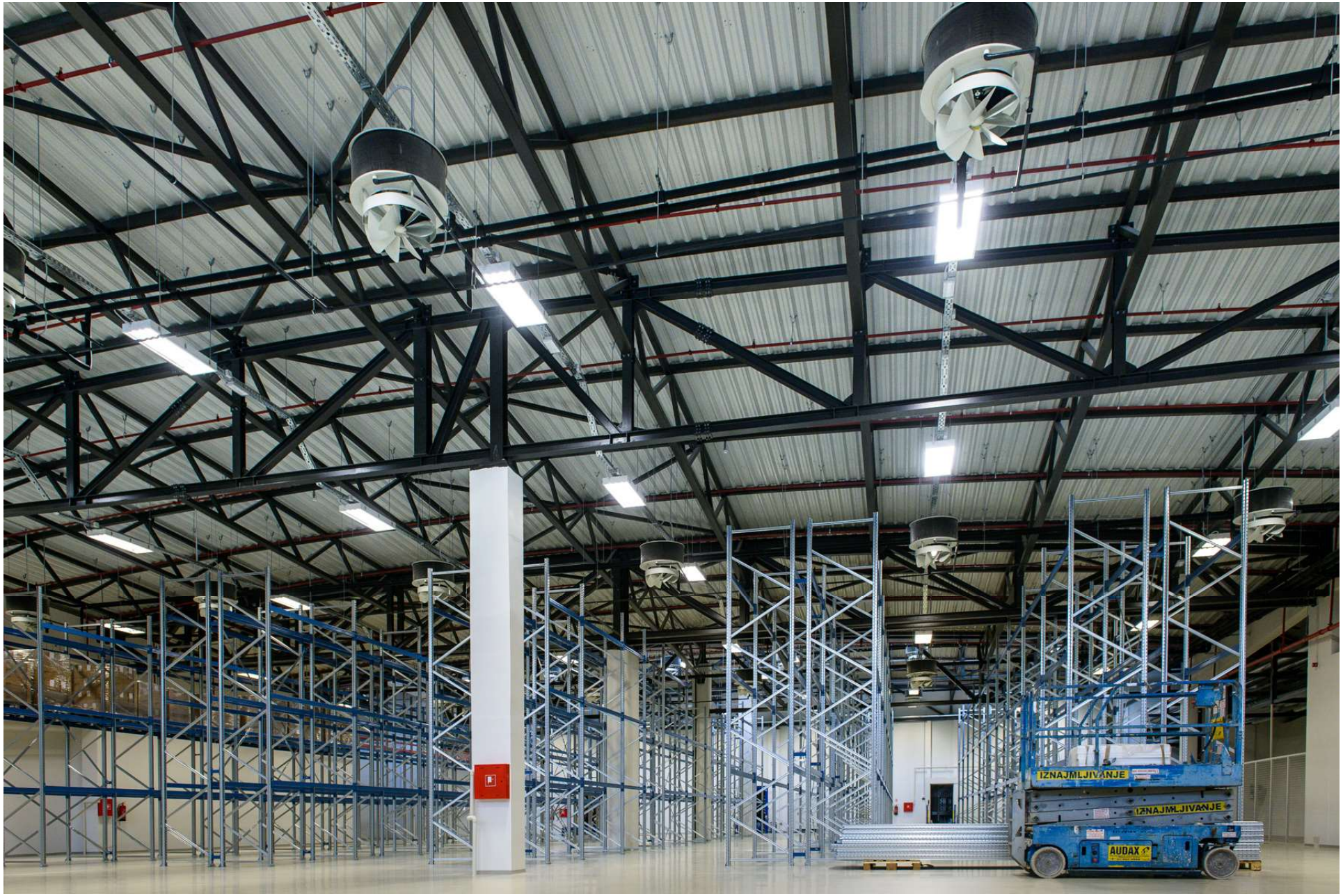
Usporedbom rezultata proračuna i dimenzioniranja utvrđeno je povećanje sila i armature do 15%.

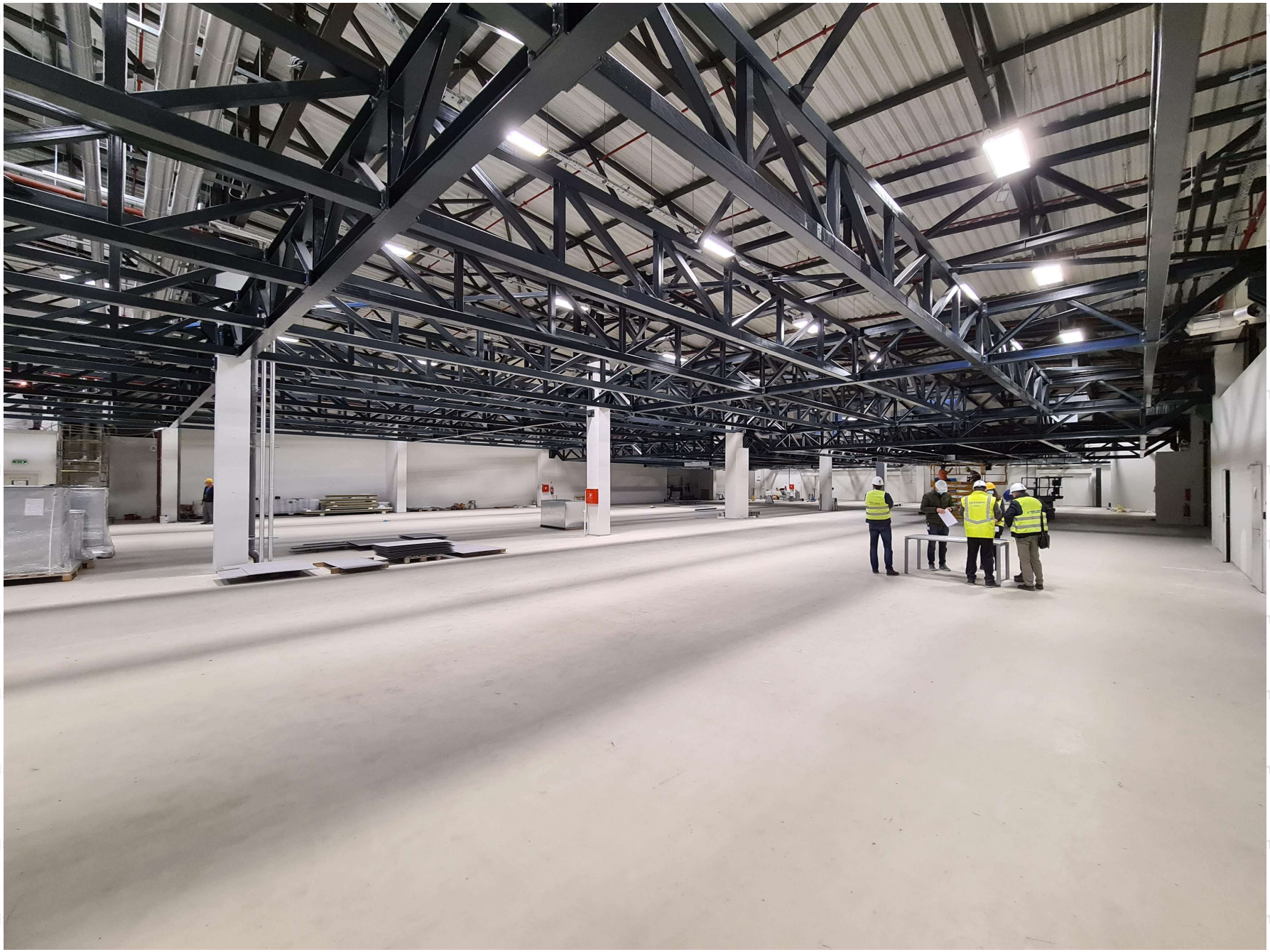
Provjerom geometrije presjeka i ugrađene armature utvrđeno je da ista zadovoljava za novo stanje.

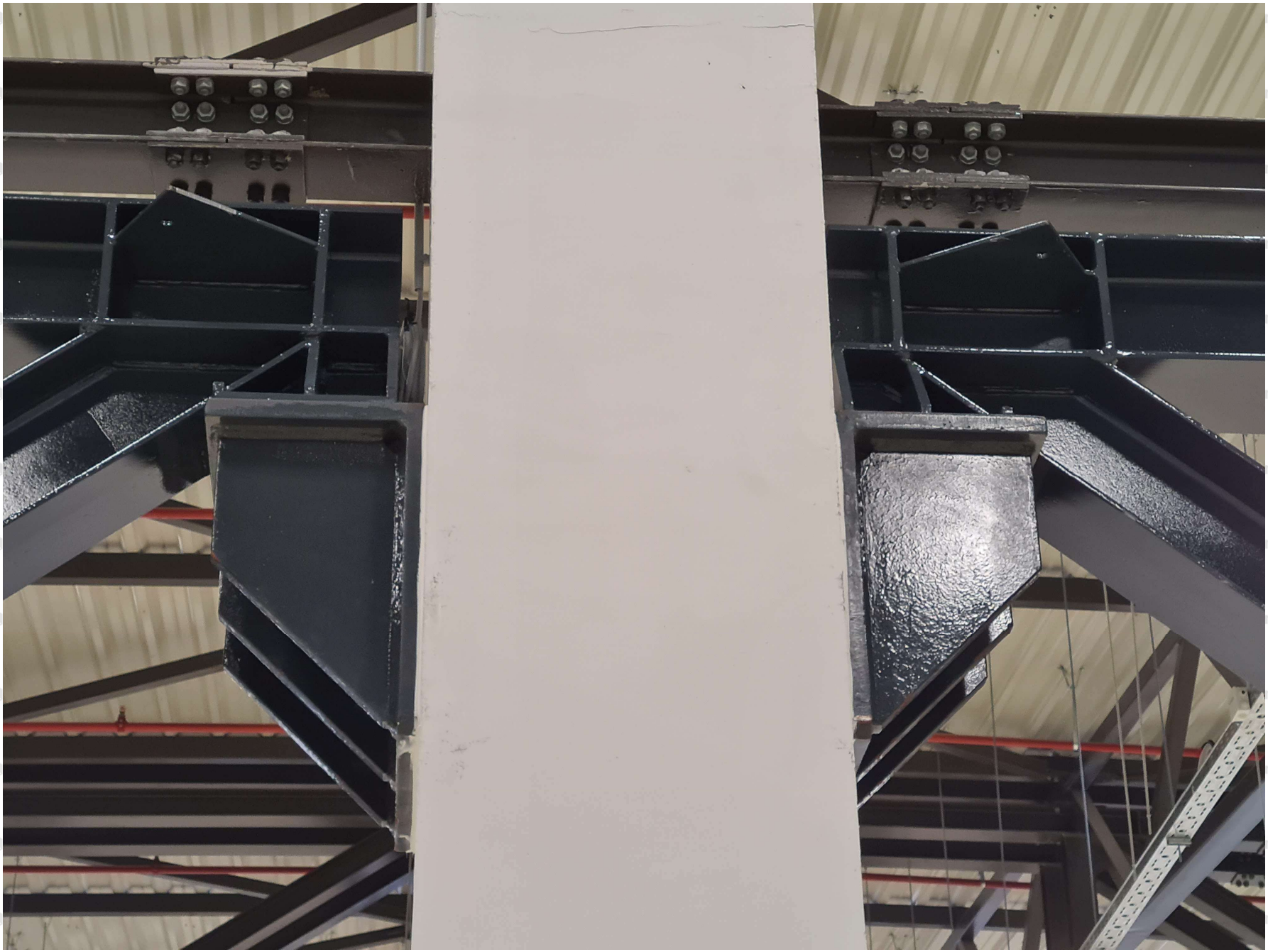
Usporedbom rezultata proračuna i dimenzioniranja utvrđeno je povećanje napona u tlu do 20%.

Provjerom dopuštenih napona u tlu, geometrije presjeka i ugrađene armature utvrđeno je da isti zadovoljavaju za novo stanje.

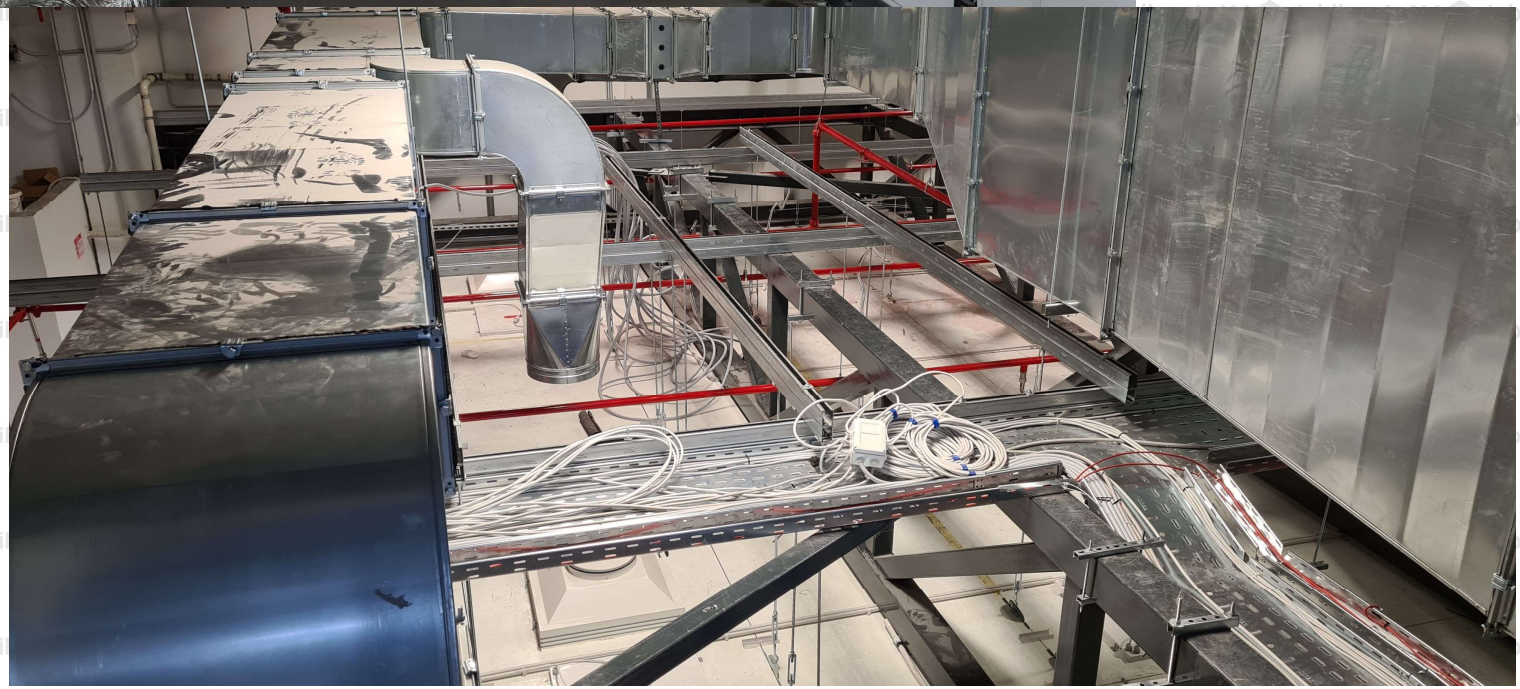
FOTOGRAFIJE:


IZNAJMLJIVANJE
IZNAJMLJIVANJE
AUDAX



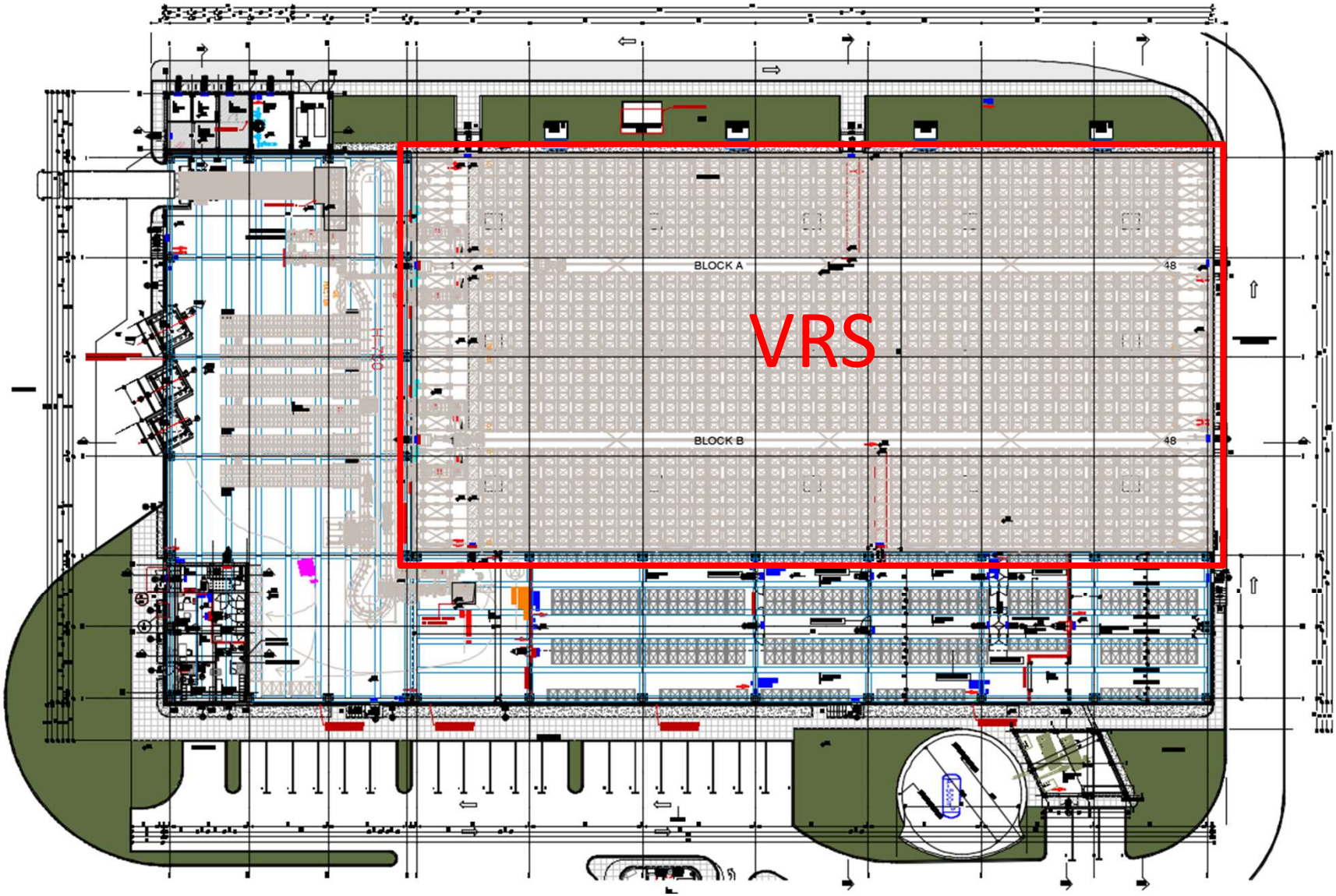



GS-1932

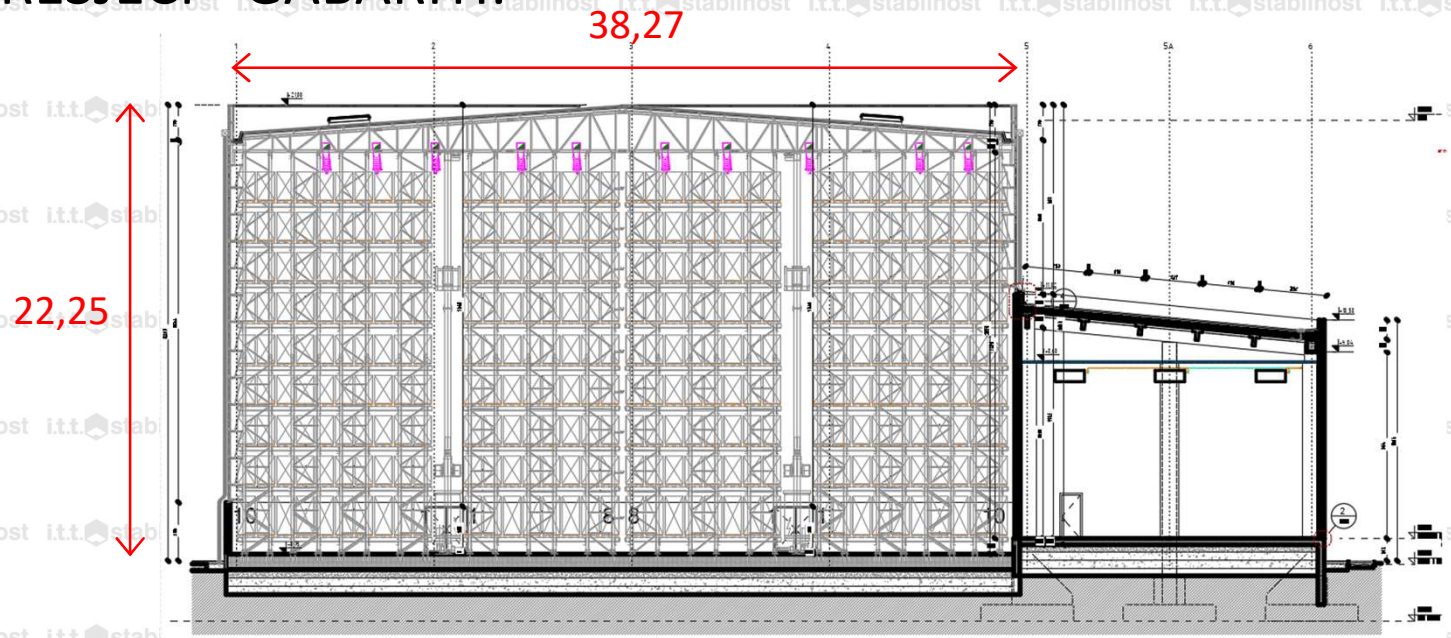


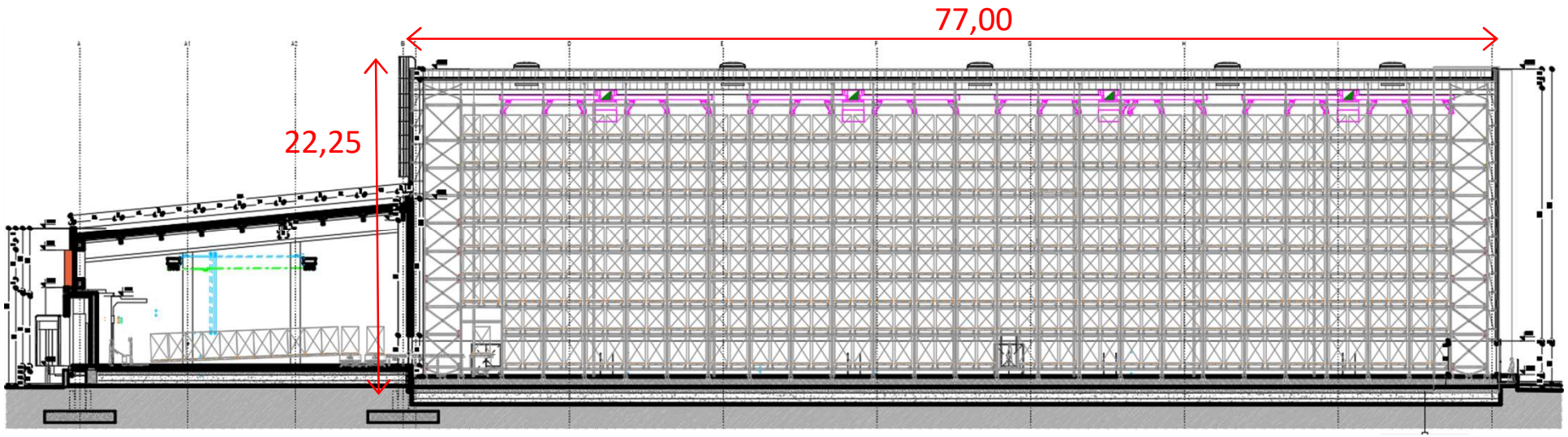
LOGISTIČKI CENTAR JGL ‘’G20’’, KUKULJANOVO - VISOKOREGALNO SKLADIŠTE:

TLOCRT – KONSTRUKTIVNE CJELINE :



PRESJECI - GABARITI:



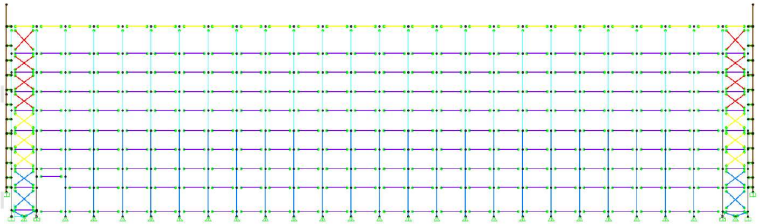


GRAĐEVINA U BROJEVIMA:

BRUTO POVRŠINA:	3.000,00 m^2 BGP
BRUTO VOLUMEN:	64.000,00 m^3
KAPACITET SKLADIŠTENJA:	15.552 komada paleta
MASA SKLADIŠTENJA:	10.886.400,0 kg (10.885,4 t)
VLASTITA TEŽINA ZGRADE:	8.240,0 kN (824,0 t)
BRZINA ULAZA/IZLAZA PALETA:	45/h
BROJ KRANOVA:	2 komada

KONSTRUKTIVNI KONCEPT:

Puno nosača malih dimenzija poprečnog presjeka povezanih u konstruktivnu cjelinu zglobnim vezama a na način da omogućuju brzi utovar i istovar pomoću automatiziranog krana.

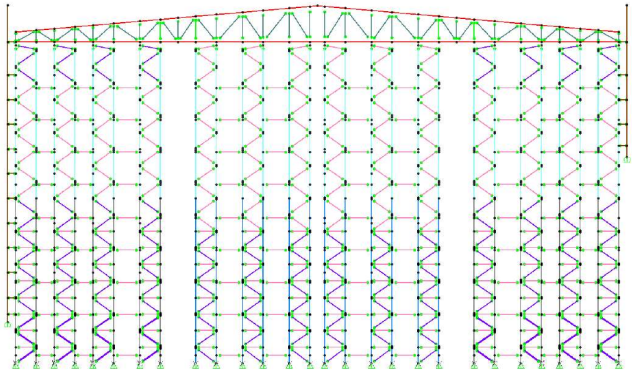


Slika 9: Tipični odjeljak niz prolaz

Gusta čelična rešetkasta konstrukcija s različitim Konceptom prijenosa sila u dva različita smjera.

U uzdužnom smjeru konstrukciju čine središnji čelični okviri i rubni, zabatni okviri s dijagonalama ispune kao horizontalna ukruta.

U poprečnom smjeru konstrukciju čine čelični okviri s Dijagonalama međusobno povezani u 3 cjeline radi prolaska krana, te povezani u jedinstvenu cjelinu preko krovne dvostrešne rešetke.



Slika 8: Tipični odjeljak poprečnog prolaza

Konceptualno i proračunski horizontalne sile u uzdužnom Smjeru prenose 2 rubna zabatna okviri s dijagonalama ispune, a u poprečnom smjeru sklopovi poprečnih okvira sa krovnom rešetkom.

Stabilizacija u horizontalnim ravninama se izvodi u zabatnim okvirima i u krovnoj ravnini.

KONSTRUKTIVNI KONCEPT:

Pokrov i fasade hale su krovni i fasadni ''sandwich'' paneli 10cm.

Temeljna konstrukcija je temeljna ploča debljine 75 cm.

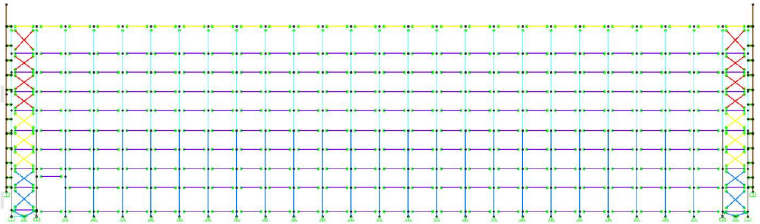
Na za promet izloženom dijelu skladišta se izvodi armiranobetonski zaštitni zid visine 2,0 m (zgrada je razumljivo osjetljiva na udarce).

Zbog relativno malih reznih sila sidrenje u temeljnu konstrukciju se izvodi naknadno, sidrenim vijcima sa kemijskim tiplama i podlijevanjem sidrene pločice.

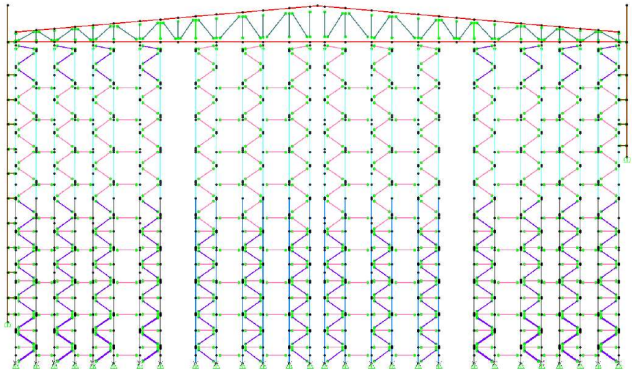
Konstrukcija male otpornosti na požar. Protupožarna zaštita ''sprinkler'' sustavom u dva nivoa (opcija je bio i sustav sa redukcijom kisika ali se odustalo zbog kompliciranosti izvođenja i regulative).

Što se tiče seizmičkih djelovanja, konstrukcija je projektirana kao nedisipativna konstrukcija.

Ta vrsta konstrukcije odgovara klasi DCL kako je definirano u normi HRN EN 1998-1.

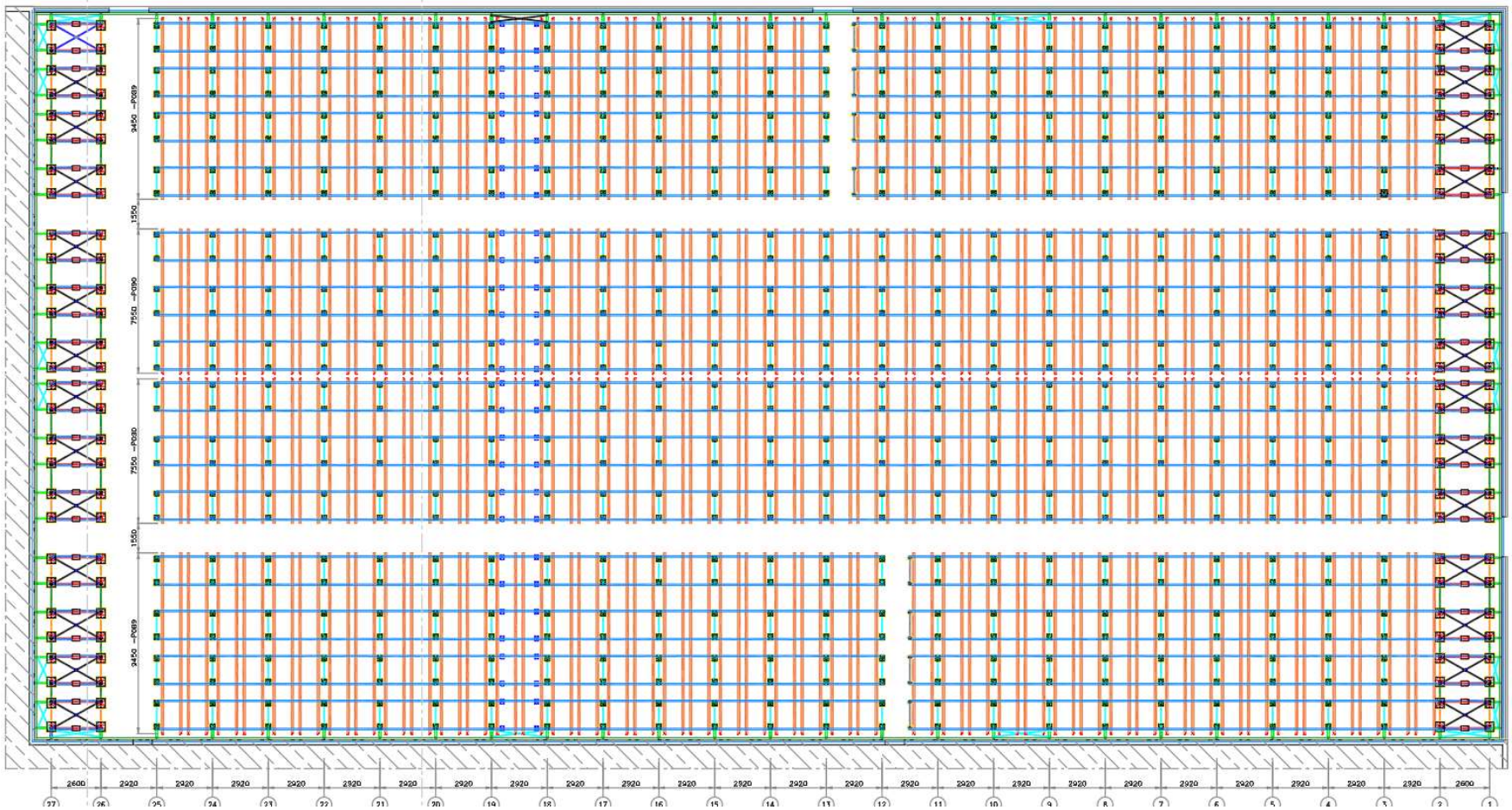


Slika 9: Tipični odjeljak niz prolaz

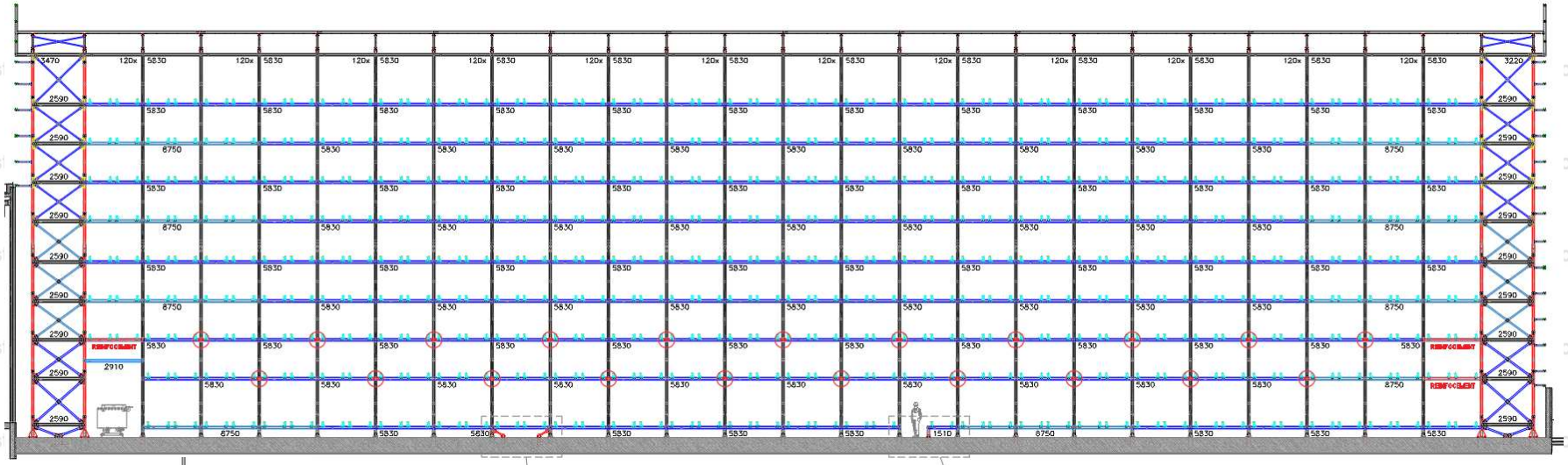


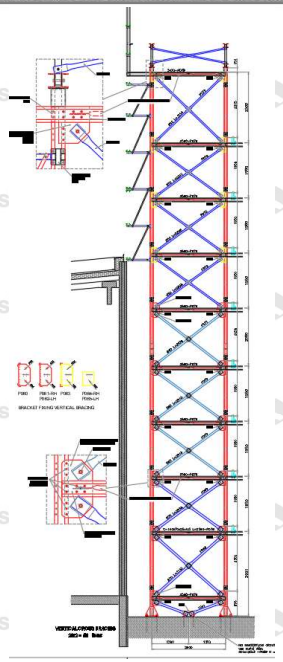
Slika 8: Tipični odjeljak poprečnog prolaza

KONSTRUKTIVNI KONCEPT – tlocrtna dispozicija:

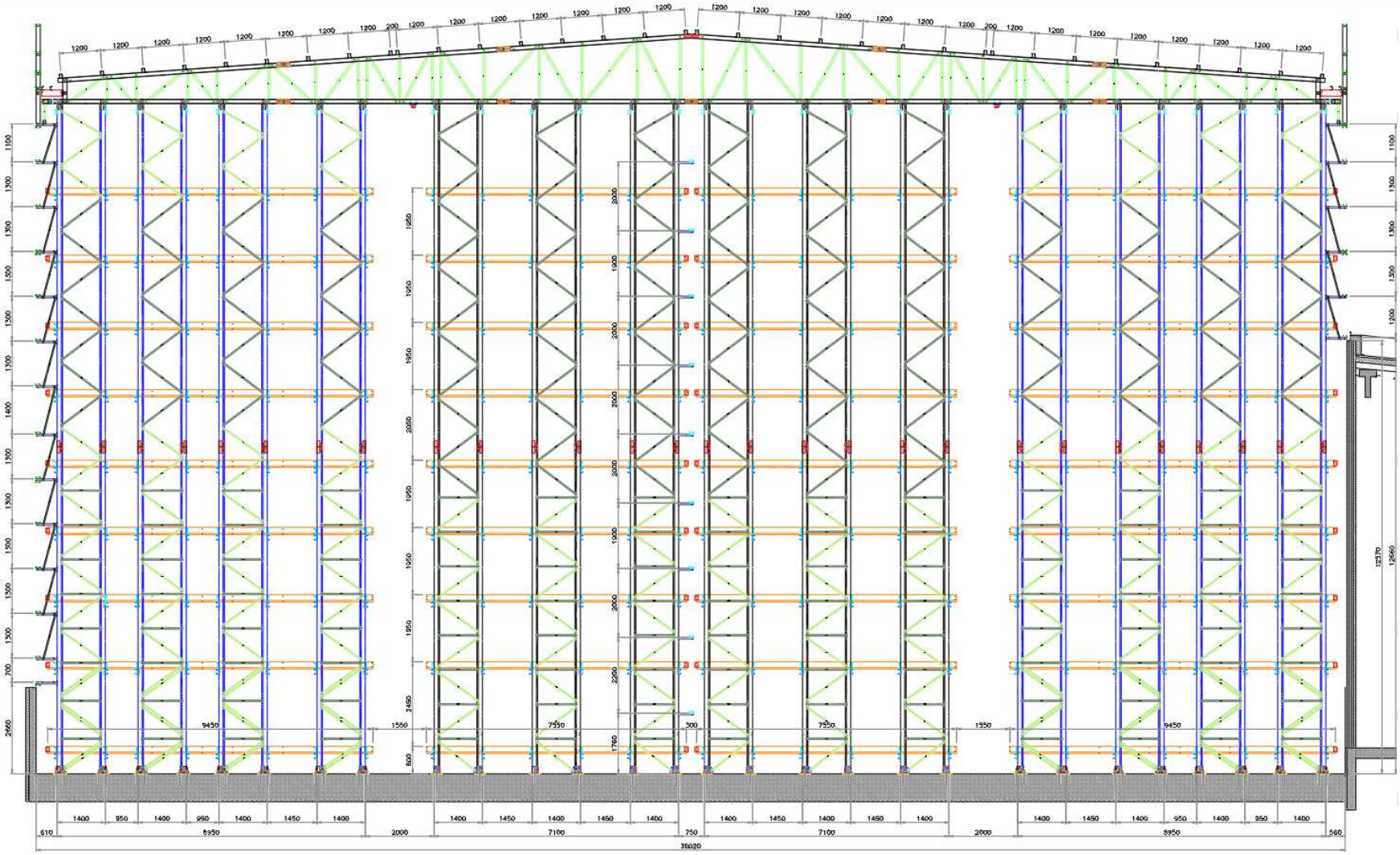


KONSTRUKTIVNI KONCEPT – tipični uzdužni okvir:

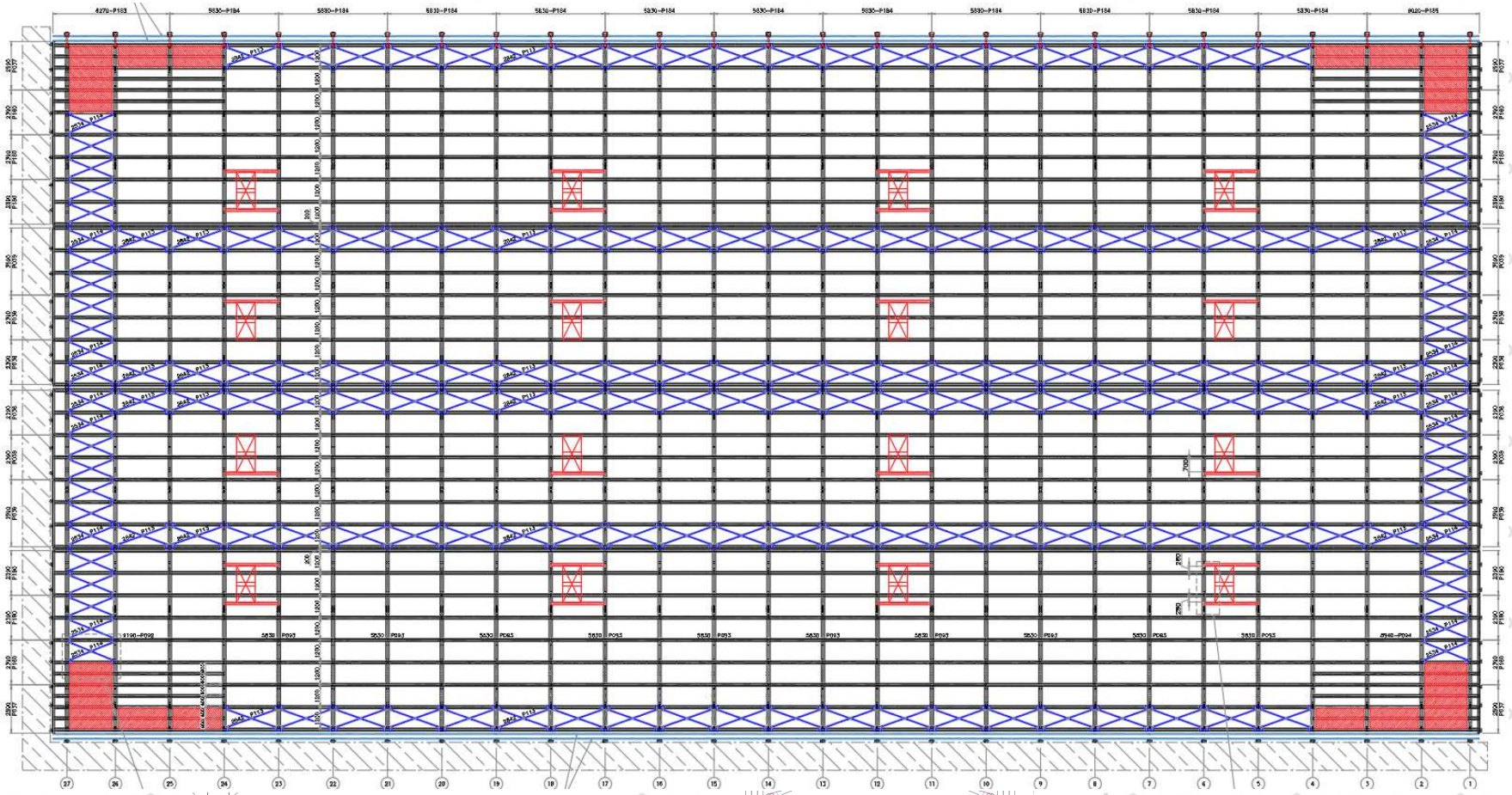


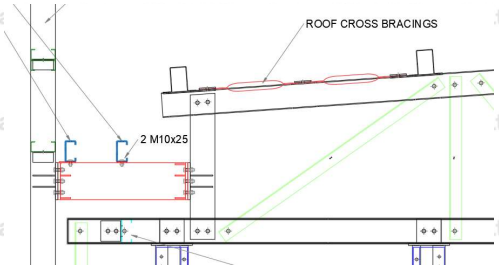


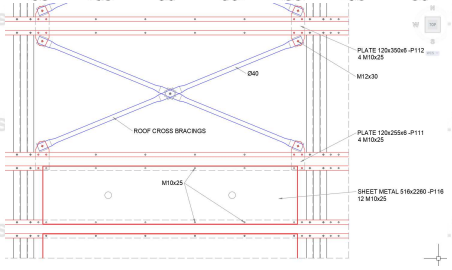
KONSTRUKTIVNI KONCEPT – tipični poprečni okvir:



KONSTRUKTIVNI KONCEPT – krovna ravnina:







NORME ZA PROJEKTIRANJE:

HRN EN 1990 Eurocode 0: Basis of Structural Design

HRN EN 1990:2011/NA (Basis of structural design)

HRN EN 1991-1-1:2012/NA (General actions)

HRN EN 1991-1-3:2012/NA (Snow loads)

HRN EN 1991-1-4:2012/NA (Wind actions)

HRN EN 1993 Eurocode 3: Design of steel structures

HRN EN 1993-1-3:2005 (Design of steel structures)

HRN EN 1993-1-8:2014 (Design of joints)

HRN EN 1993-1-8:2014/NA:2014/a1

HRN EN 1998 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance

HRN EN 1998-1:2011/NA (Earthquake-National annex)

HRN EN 15512:2009 ''Čelični nepokretni skladišni sustavi – Podesivi sustavi polica za palete – Načela za projektiranje''

HRN EN 16681:2016 "Čelični nepokretni sustavi za skladištenje – Prilagodljivi sustavi polica za palete – Načela protupotresnog projektiranja''

MATERIJALI I PRESJECI:

Čelik: S235JR, S275JR, S355JR HRN EN 10025;

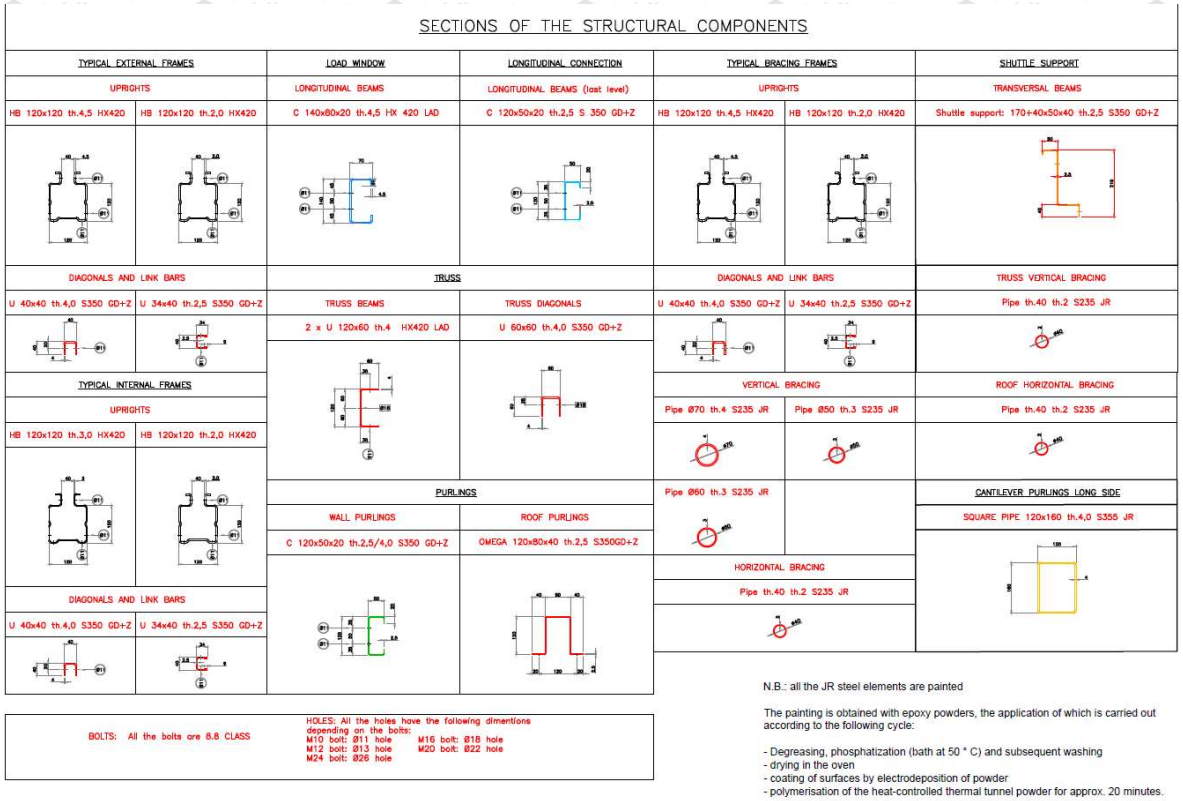
S350GD+Z, S250GD+Z, HX420LAD HRN EN 10346

Vijci: ISO 898-1 ISO 898-2; HRN EN 15048-1; HRN EN 14399-1

razred čvrstoće 8.8 fy = 640 N/mm2

fu = 800 N/mm2

Čelične cijevi: UNI EN 10219-1

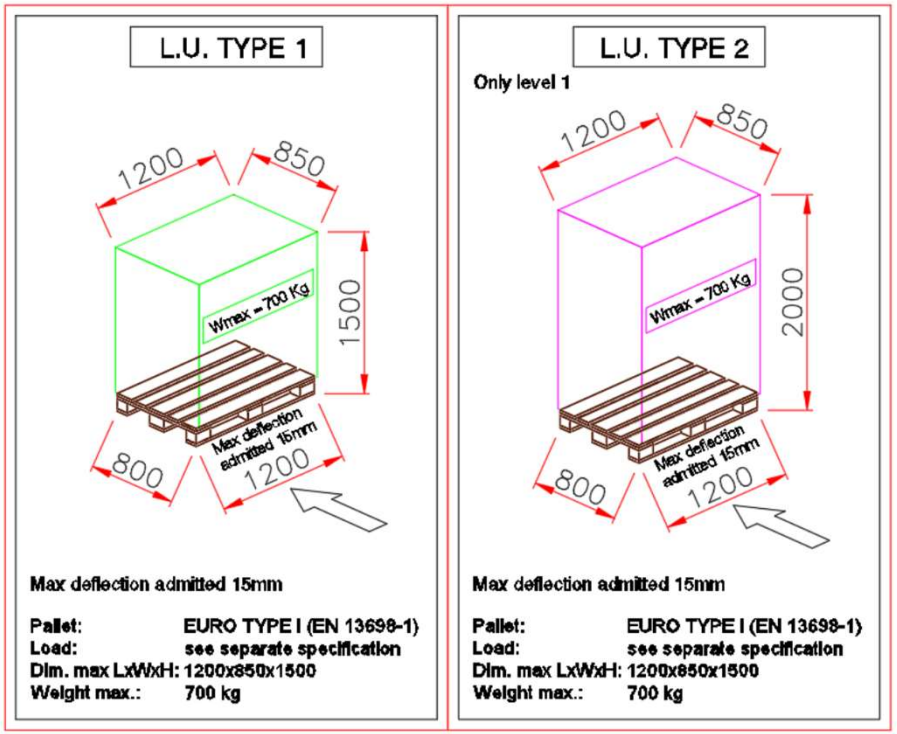


Tablica 1: main structural elements

Description	Profile	Material
Uprights	HB 120x120x4.5	HX 420 LAD HRN-EN 10346
	HB 120x120x3.0	HX 420 LAD HRN-EN 10346
	HB 120x120x2.0	HX 420 LAD HRN-EN 10346
Upright frame bracings	U 40x40x4.0	S350 GD+Z HRN-EN 10346
	U 34x40x2.5	HX 420 LAD HRN-EN 10346
Downaisle bracing upright	HB 120x120x4.5	HX 420 LAD HRN-EN 10346
	HB 120x120x2.0	HX 420 LAD HRN-EN 10346
Pallet beam	C 140x70x20x4.5	HX 420 LAD HRN-EN 10346
Z profile – pallet support	Z170x68x50x40x2.5	HX 420 LAD HRN-EN 10346
Vertical bracings	Ø70x4	S235JR HRN-EN 10219-1
	Ø60x3	S235JR HRN-EN 10219-1
	Ø50x3	S235JR HRN-EN 10219-1
Horizontal bracings	Ø40x2	S235JR HRN-EN 10219-1
Roof truss	2xU 120x60x4.0	HX 420 LAD HRN-EN 10346
	U 60x60x4.0	S350 GD+Z HRN-EN 10346
Sidewall purlins	C 120x50x20x2.5	S350 GD+Z HRN-EN 10346
Roof purlins	Ω 120x80x40x2	S350 GD+Z HRN-EN 10346

OPTEREĆENJA (HRN EN 1991-1):

- SPECIFIČNA MASA ČELIKA (STALNO): 7850 kg/m^3
- PALETE (PROMJENJIVO): 700 kg/kom



- SNIJEG (PROMJENJIVO): 0,50 kN/m^2

OPTEREĆENJA (HRN EN 1991-1):

- VJETAR (PROMJENJIVO):

OSNOVNA BRZINA VJETRA (KONZERVATIVNO): 35 m/s

KATEGORIJA TERENA: I.

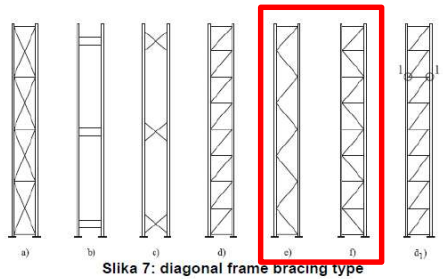
TLAK VJETRA PRI VRŠNOJ BRZINI: $q_p(z_e) = 2{,}50\ kN/m^2$

POTRESNO DJELOVANJE:

Potresno djelovanje određeno je prema HRN EN 1998-1:2004+AC:2009 i HRN EN 1998-1:2011/NA i HRN EN 16681:2016, prema slijedećim parametrima:

- kategorija terena A (sukladno geotehničkom elaboratu)
- ubrzanje 0,22g za povratno razdoblje 475 godina i 0,10g za 95 godina (vidi karte)
- faktor ponašanja je 1,50

POPREČNI SMJER



Slika 7: diagonal frame bracing type

Tablica 2: seismic design procedure for upright frames

Table 8 — Seismic Design procedure for upright frames

Frame type	Structural type	Design concept	Reference behaviour factor	Safety factor for bracing's elements and connections
a	(a.1) Diagonal bracing with active tension diagonals	Dissipative	According to EN 1998-1	According to EN 1998-1
	(a.2) Diagonal bracing with active tension diagonals	Low dissipative	2.0	1.0
	(a.3) Diagonal bracing with tension and compression diagonals	Low dissipative	1.5	1.0 or 1.5[a]
b	dissipative battened frame can be used, provided that the requirements of moment resisting frames of EN 1998-1 are met; otherwise q = 1.5 can be used with safety factor 1.5 on battens-to-upright connection			
c			1.0	1.0
d-e-f-g	Low dissipative		1.5[b]	1.5[b]

[a]The diagonals of scheme a.3 is designed for safety factor 1.5 when their failure is caused by local instability mechanism in the member in compression.

[b]A safety factor of 1.5 is applied to all the bracing members and their connections (See 8.1.6 e) in order to reduce the risk of brittle failure mechanisms.

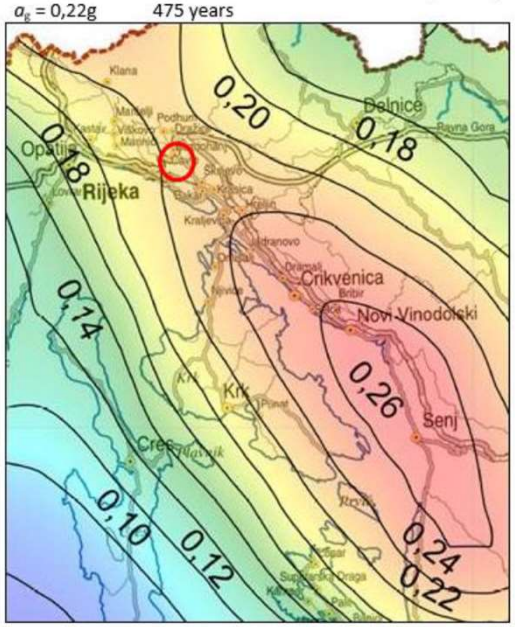
UZDUŽNI SMJER

Table 9 — Seismic design procedure for spine bracing

Typology	Reference behaviour factor q	Detailing rules
Tension only diagonals with horizontal compression element	2	Diagonal's adimensional slenderness $\bar{\lambda} \geq 1.3$
Tension and compression diagonals with horizontal compression element	1.5	-
Tension and compression diagonals without horizontal compression element	1.5	Clause 8.1.6 e)

Seismic load – HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, B Figure B.1(HR)

a_g = 0,22g 475 years

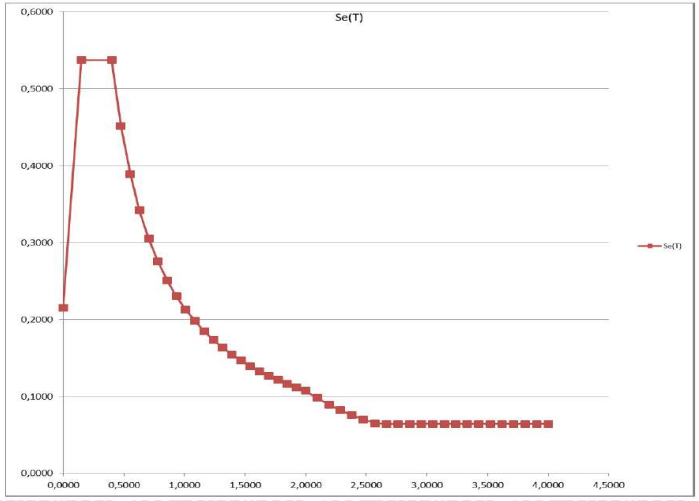


a_g = 0,10g 95 years

POTRESNO DJELOVANJE:

Potresno djelovanje određeno je prema HRN EN 1998-1:2004+AC:2009 i HRN EN 1998-1:2011/NA i HRN EN 16681:2016, prema sljedećim parametrima:

- elastični spektar ubrzanja



- modifikacijski faktori projektnog spektra ED1 = 1,0 i ED3 = 0,80 uzimaju u obzir smanjenje i izmjenu ordinata projektnog spektra, u skladu s normom HRN EN 16681

b) E_{D3} is a reduction coefficient of the seismic action.

The value of E_{D3} is 0,80

NOTE 1 E_{D3} is introduced to account for the dissipative phenomena typical of the dynamic behaviour of racking structures under seismic actions that are not included in the mathematical formulation presented in this Standard, but that are observed on racks that have suffered earthquakes, and from tests performed on shaking tables.

NOTE 2 The value of E_{D3}=0,8 correspond to a conventional viscous damping ratio ξ of 10 % of the loaded rack describing dissipative mechanisms existing in the whole system.

$$E_{D1} = \max[0{,}4; \mu_S / S_e(T_1) + 0{,}2] \leq 1{,}0 \qquad (9)$$

where:

μ_S is the is the reference value of the unit load-beam friction coefficient given in 7.5.3

T_1 is the fundamental period of vibration of the racking structure in the considered direction (the period with highest modal participating mass in the considered direction)

$S_e(T_1)$ is the ordinate of the elastic spectrum defined in EN 1998-1 (normalized by g) with the viscous damping as defined in 6.2.

When pallets are restrained on the pallet beams by means of any special system (for example materials increasing the friction between pallet and beam), E_{D1} = 1,0.

KOMBINACIJE DJELOVANJA:

Kombinacije djelovanja prema normi HRN EN 16681 (kombinacije seizmičkih djelovanja):

9.2 Safety Verifications

9.2.1 Ultimate limit states

9.2.1.1 Combination rules

The design actions shall be combined using the following formula:

$$\sum G_{k,i} \text{ "+" } \sum \psi_{2,i} Q_{k,i} \text{ "+" } A_{E,d} \qquad (13)$$

where

"+" implies "to be combined with";

Σ implies "the combined effects of";

$G_{k,i}$ is characteristic value of permanent action i;

$Q_{k,i}$ is characteristic value of variable action i;

$A_{E,d}$ is design value of seismic action for the reference return period;

$\psi_{2,i}$ is combination factor for variable actions.

The values of the combination factors shall be assumed according to national regulations, but not less than:

— $\psi_{2,1} = 1{,}0$ for unit loads;

— $\psi_{2,2} = 0{,}8$ for floor loads in storage areas;

— $\psi_{2,3} = 0{,}3$ for floors not for storage or for walkway loads in operating areas;

— $\psi_{2,4} = 0$ for walkway loads for exclusive access for maintenance.

Combination factor for snow load shall be according to EN 1990.

ULS COMBINATIONS		
ComboName	**Load Case Name**	**Factor**
ULS PALLET	DEAD(1)	1,3
	PALLET	1,3(2)
	IMPERFECTIONS	1,3(2)
ULS SNOW	DEAD(1)	1,3
	SNOW	1,5
ULS WIND (+)	DEAD(1)	1,3
	WIND (+)	1,5
ULS WIND (-)	DEAD(1)	1,3
	WIND (-)	1,5
ULS ALL WIND (+)	DEAD(1)	1,3
	WIND (+)	1,35
	SNOW	1,35
	PALLET	1,17
	IMPERFECTIONS	1,17(2)
ULS ALL WIND (-)	DEAD(1)	1,3
	WIND (-)	1,35
	SNOW	1,35
	PALLET	1,17
	IMPERFECTIONS	-1,17(2)
ULS ALL WIND (+) TORS	DEAD(1)	1,3
	WIND TORS (+)	1,35
	SNOW	1,35
	PALLET	1,17
	IMPERFECTIONS	1,17(2)
ULS ALL WIND (-) TORS	DEAD(1)	1,3
	WIND TORS(-)	1,35
	SNOW	1,35
	PALLET	1,17
	IMPERFECTIONS	-1,17(2)
ULS QUAKE X/Y	DEAD(1)	1
	PALLET	1
	QUAKE X/Y "+" 0.3 QUAKE Y/X	1,0 x ω(3)
ULS QUAKE _ OVERSTRENGTH OF CONNECTIONS	DEAD(1)	1
(according to EN16681 - only for upright	PALLET	1
frames in the cross aisle direction)	QUAKE X(4)	1,5 x ω(3)
ULS WIND (+) FOR ANCHOR BOLTS	DEAD(1)	1
	WIND (+)	1,5
ULS WIND (-) FOR ANCHOR BOLTS	DEAD(1)	1

KOMBINACIJE DJELOVANJA:

Kombinacije djelovanja prema normi HRN EN 15512:

7.2 Combinations of actions for the ultimate limit state

The design values of actions shall be combined using the following rules, whichever gives the larger value:

considering only the most unfavourable variable action;

$$\sum \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_{k,1} \quad (6)$$

considering all unfavourable variable actions which can occur simultaneously;

$$\sum \gamma_G G_k + 0{,}9 \sum_{i \geq 1} \gamma_Q Q_{k,i} \quad (7)$$

design for accidental load.

$$\sum \gamma_{GA} G_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{QA} Q_{k,i} + \gamma_A A_k \quad (8)$$

where

G_k = characteristic value of permanent action (dead load);

$Q_{k,1}$ = characteristic value of one of the variable loads;

$Q_{k,i}$ = characteristic value of a typical variable load;

A_k = characteristic value of an accidental load;

γ_G = partial factor for permanent loads;

γ_Q = partial factor for variable loads;

γ_A = partial factor for accidental loads.

Table 2 — Load factors γ_f

Actions	Ultimate limit state	Serviceability limit state
Permanent loads γ_G		
- with unfavourable effect	1,3	1,0
- with favourable effect	1,0	1,0
Variable loads γ_Q		
unit loads	1,4	1,0
unit loads in crane operated systems	1,4 or 1,3[1]	1,0
placement loads	1,4	1,0
other live loads	1,5	1,0
Accidental loads		
γ_A	1,0	
γ_{GA}	1,0	
γ_{QA}	1,0	

[1]Applicable for a crane-operated warehousing system including the weighing of all unit loads and the rejection of all unit loads weighing more than the design load of the rack, the load factor for unit loads may be reduced from 1,4 to 1,3.

NOTE The statistical uncertainty regarding the magnitude of weight of unit loads is considerably less than that for the conventional variable actions in building construction (wind, snow, floor load, etc). Furthermore the user exerts a high level of control in the operation of the system. Consequently unit loads have a load factor between that for other live loads and permanent actions. The main uncertainty in the load-related performance of a pallet rack is in the interaction with the loading equipment. It is considered that these effects are incorporated in the accidental loads and placement loads which reflect the likely result of good practice (see 6.3).

MODALNA ANALIZA :

Proračun konstrukcije izrađen je pomoću modela konačnih elemenata razvijenih s pomoću softvera za strukturnu analizu *SAP2000 V.21.0.2* koji je proizvelo društvo Computers and Structures Inc. (SAD).

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
RITZ	Mode	1	0,58	70%	0%	0%	70%	0%	0%
RITZ	Mode	2	0,24	0%	0%	0%	70%	0%	0%
RITZ	Mode	3	0,19	15%	0%	0%	85%	0%	0%
RITZ	Mode	4	0,11	5%	0%	0%	89%	0%	0%
RITZ	Mode	5	0,06	6%	0%	0%	96%	0%	0%

Tablica 3 – Poravnanja u poprečnom smjeru – doprinos modalnih masa

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
RITZ	Mode	1	1,82	0%	63%	0%	0%	63%	0%
RITZ	Mode	2	0,49	0%	21%	0%	0%	84%	0%
RITZ	Mode	3	0,32	0%	9%	0%	0%	92%	0%
RITZ	Mode	4	0,20	0%	0%	0%	0%	93%	0%
RITZ	Mode	5	0,11	0%	6%	0%	0%	99%	0%

Tablica 4 – Poravnanja u uzdužnom smjeru – doprinos modalnih masa

PRORAČUN MEHANIČKE OTPORNOSTI I STABILNOSTI:

Proračun konstrukcije izrađen je pomoću modela konačnih elemenata razvijenih s pomoću softvera za strukturnu analizu *SAP2000 V.21.0.2* koji je proizvelo društvo Computers and Structures Inc. (SAD).

Sekundarni učinci uzimaju se u obzir sekundarnom analizom (s pomoću geometrijskog nelinearnog ''solver-a'') u slučaju učinaka stvorenih silom vjetra.

Sekundarni učinci seizmičkog djelovanja uzimaju se u obzir primjenom metode amplifikacije iz norme HRN EN 16681 stavka 7.3.

$$\Theta = \frac{P \cdot d_r}{V \cdot h}$$

Q= koeficijent osjetljivosti međukatnog pomaka
P = težina na razini
d_r = međukatni pomak na razini
V = posmična sila u razini
H = međukatna visina

Verifica Θ														
Livello	Altezza assoluta	Interpiano	Peso i	Peso tot	Massa i	Acc.	Taglio i	Taglio tot	q	d i	d_r i	Θ	Θ MAX	1 / (1-Θ)
numero	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kg)	(mm/s²)	(kN)	(kN)	numero	(mm)	(mm)			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1	510	510	22,9	205,9	2332	890,8	2,1	23,2	1,5	2,6	4	0,069	0,08	**1,00**
2	2960	2450	22,9	183,0	2332	1643,7	3,8	21,1	1,5	15,4	19	0,068		
3	4910	1950	22,9	160,1	2332	1086,2	2,5	17,3	1,5	25,8	16	0,074		
4	6860	1950	22,9	137,3	2332	1009,6	2,4	14,7	1,5	35,9	15	0,073		
5	8810	1950	22,9	114,4	2332	1036,2	2,4	12,4	1,5	46,4	16	0,074		
6	10860	2050	22,9	91,5	2332	834,7	1,9	10,0	1,5	57,9	17	0,077		
7	12810	1950	22,9	68,6	2332	691,1	1,6	8,0	1,5	67,4	14	0,063		
8	14760	1950	22,9	45,8	2332	1202,3	2,8	6,4	1,5	74,8	11	0,041		
9	16710	1950	22,9	22,9	2332	1540,2	3,6	3,6	1,5	79,1	6	0,021		

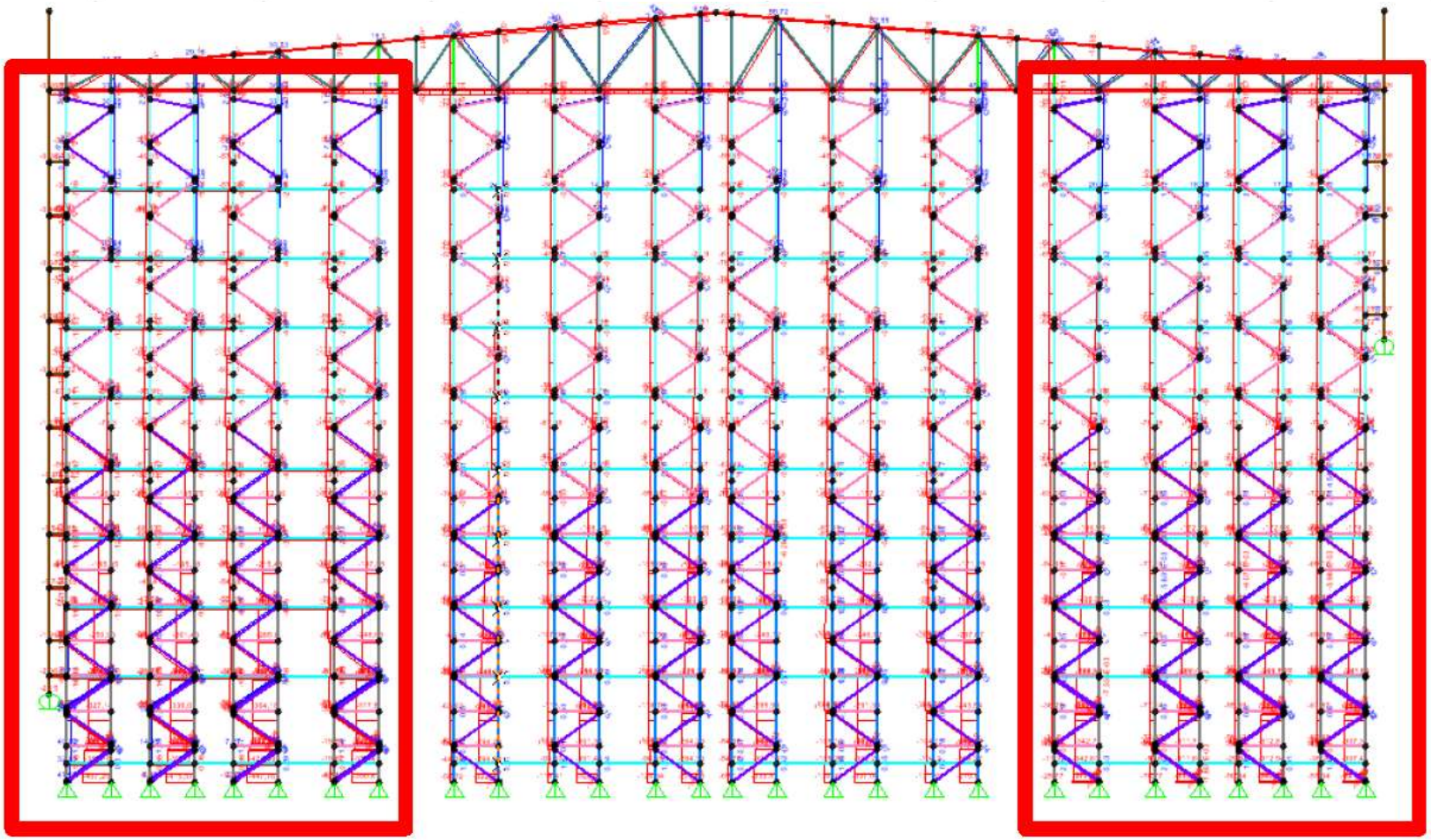
Tablica 5 – Poprečni smjer – učinci PD

Verifica Θ														
Livello	Altezza assoluta	Interpiano	Peso i	Peso tot	Massa i	Acc.	Taglio i	Taglio tot	q	d i	d_r i	Θ	Θ MAX	1 / (1-Θ)
numero	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kg)	(mm/s²)	(kN)	(kN)	numero	(mm)	(mm)			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1	510	510	22,9	205,9	1866	1633,9	3,048	25,671	1,5	1,7	3	0,041	0,09	**1,00**
2	2960	2450	22,9	183,0	1866	2684,4	5,008	22,623	1,5	9,4	12	0,038		
3	4910	1950	22,9	160,1	1866	1512,3	2,821	17,615	1,5	12,5	5	0,022		
4	6860	1950	22,9	137,3	1866	1430,9	2,669	14,793	1,5	19,8	11	0,052		
5	8810	1950	22,9	114,4	1866	1540,0	2,873	12,124	1,5	28,5	13	0,063		
6	10860	2050	22,9	91,5	1866	1459,5	2,723	9,251	1,5	38,5	15	0,073		
7	12810	1950	22,9	68,6	1866	1021,6	1,906	6,528	1,5	49,4	16	0,088		
8	14760	1950	22,9	45,8	1866	835,3	1,558	4,622	1,5	61,2	18	0,090		
9	16710	1950	22,9	22,9	1866	1642,4	3,064	3,064	1,5	73,3	18	0,070		

Tablica 6 – Uzdužni smier – učinci PD

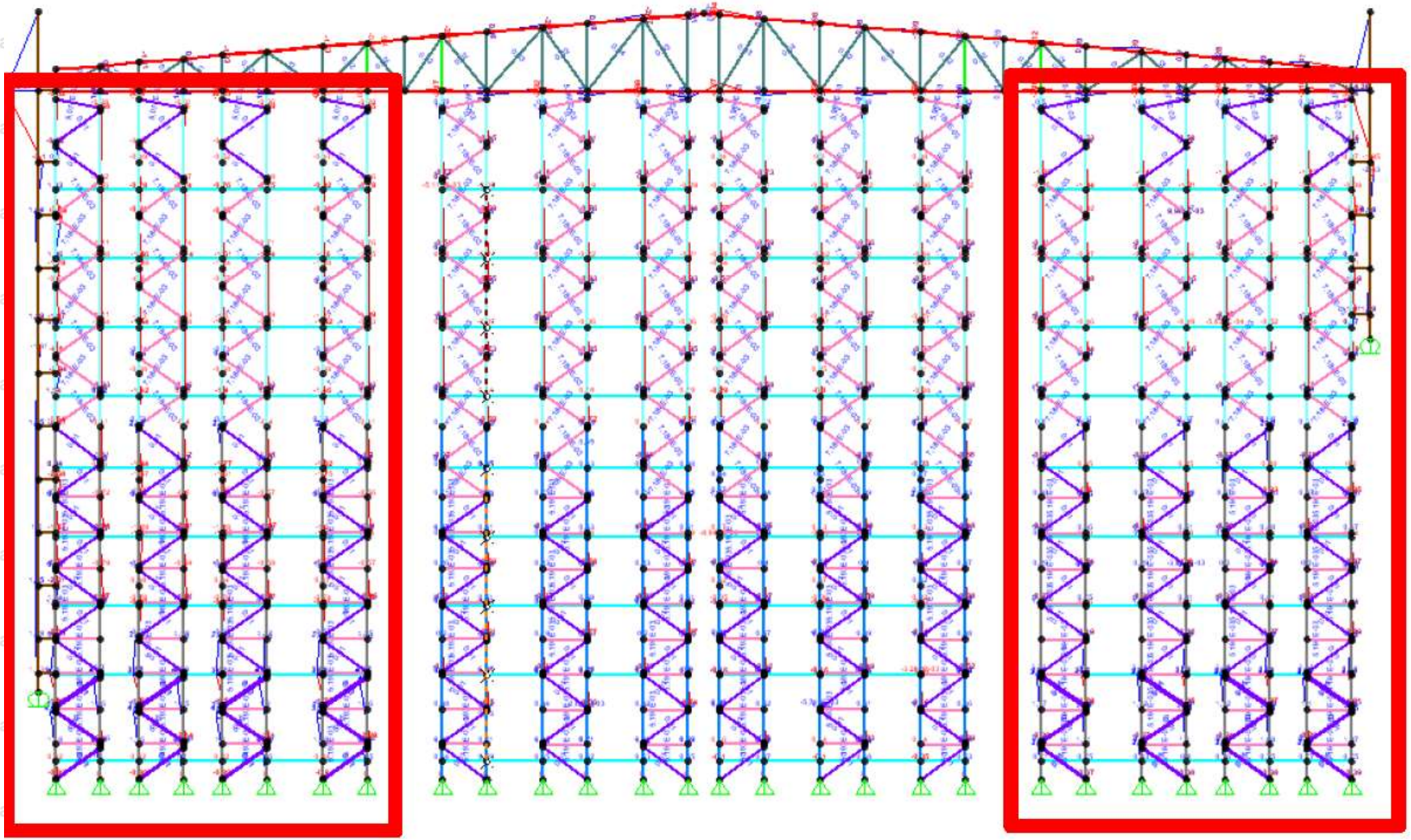
PRORAČUN MEHANIČKE OTPORNOSTI I STABILNOSTI:

Karakteristični poprečni okvir (rezne sile):



Slika 12: ULS ALL WIND (+) TORS – uzdužna sila

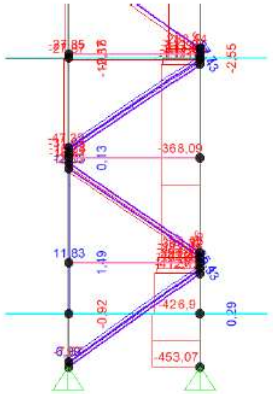
PRORAČUN MEHANIČKE OTPORNOSTI I STABILNOSTI:



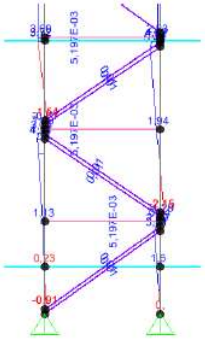
Slika 13: ULS ALL WIND (+) TORS – moment savijanja

PRORAČUN MEHANIČKE OTPORNOSTI I STABILNOSTI:

U nastavku se navodi provjera potpornja duljine 510 mm prema najnepovoljnijoj kombinaciji: ULS ALL WIND (+) TORS.
Moment savijanja uzima u obzir i ekscentričnost opterećenja na gredama za palete.



Slika 14: ULS ALL WIND (+) TORS – uzdužna sila (kN)

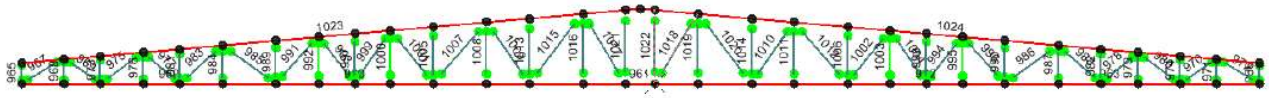


Slika 15: ULS ALL WIND (+) TORS – moment savijanja (kNm)

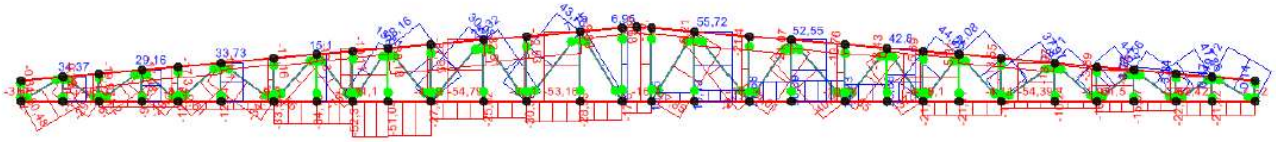
TABLE: Element Forces - Frames - transversal direction						
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	M3
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN-m
6	0	ULS ALL WIND (+) TORS	NonStatic	Max	-453,1	0,00
6	0,255	ULS ALL WIND (+) TORS	NonStatic	Max	-453,0	0,81
6	0,51	ULS ALL WIND (+) TORS	NonStatic	Max	-453,0	1,60

PRORAČUN MEHANIČKE OTPORNOSTI I STABILNOSTI:

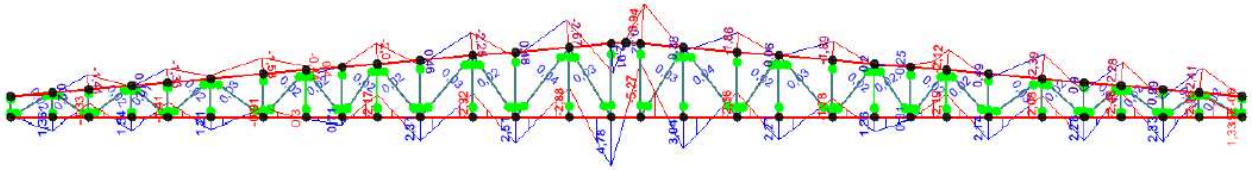
Karakteristična krovna rešetka (rezne sile):



18.4.1. Grede rešetkastog nosača – 2 x U120x60x4



Slika 31: ULS ALL WIND (+) TORS – uzdužna sila



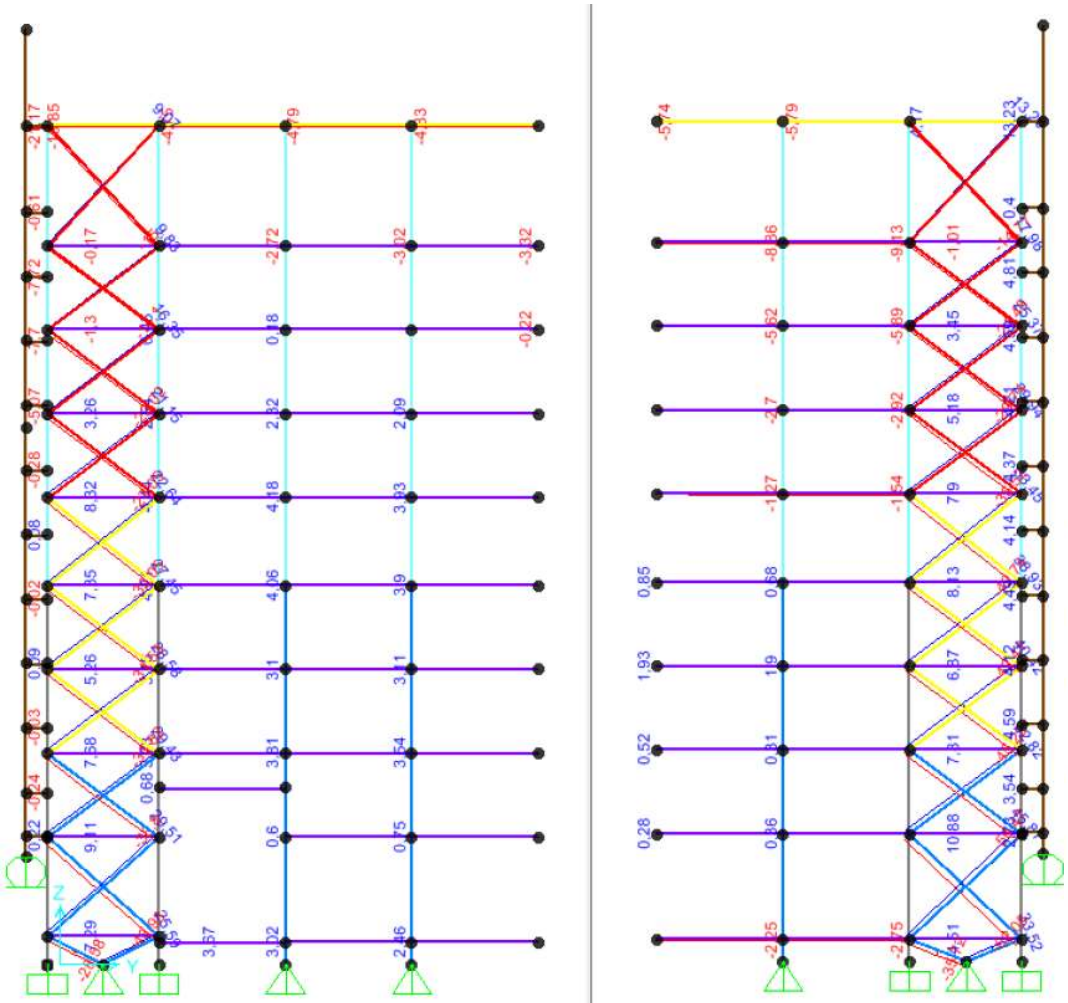
Slika 32: ULS ALL WIND (+) TORS – moment savijanja

U sljedećoj su tablici predstavljena najveća opterećenja elemenata:

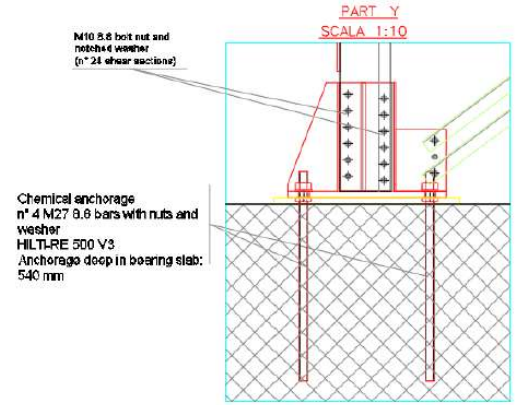
TABLE: Element Forces - Frames						
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	M3
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN-m
960	0	ULS ALL WIND (+) TORS	NonStatic	Max	-34,8	0,3
960	1,07	ULS ALL WIND (+) TORS	NonStatic	Max	-53,7	0,7
960	2,14	ULS ALL WIND (+) TORS	NonStatic	Max	-53,7	-2,2

PRORAČUN MEHANIČKE OTPORNOSTI I STABILNOSTI:

Karakteristični uzdužni okvir (uzdužne sile) i sidrenje stupova:



Slika 35: ULS ALL WIND (-) TORS – uzdužna sila

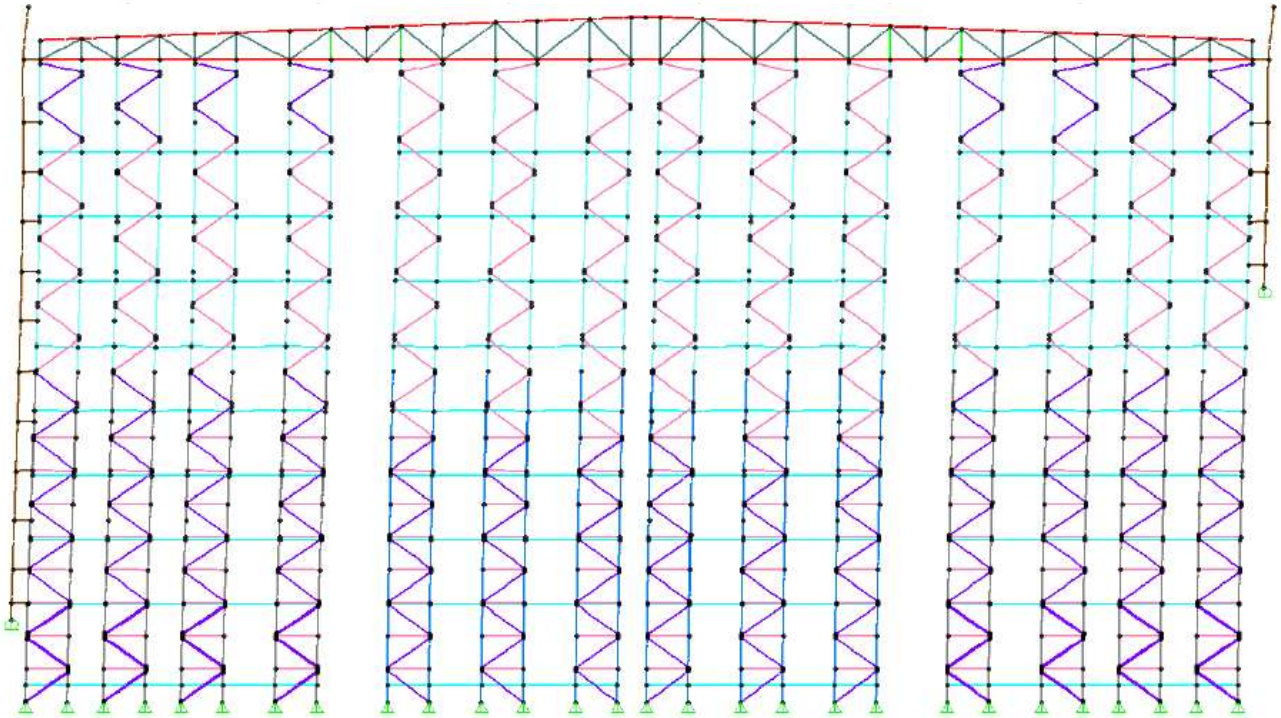


Slika 37: Sidrena ploča okvira podupirača

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
1	ULS ALL WIND (-) TORS	NonStatic	Max	0,0	5,7	448,2	-4,0	0,0
3	ULS ALL WIND (-) TORS	NonStatic	Max	0,0	6,9	-313,8	-4,0	0,0
27	ULS ALL WIND (-) TORS	NonStatic	Max	0,0	6,7	490,3	-4,4	0,0
29	ULS ALL WIND (-) TORS	NonStatic	Max	0,0	6,0	-342,3	-3,8	0,0
1	ULS ALL WIND (+) TORS	NonStatic	Max	0,0	-4,3	-298,1	3,0	0,0
3	ULS ALL WIND (+) TORS	NonStatic	Max	0,0	-5,9	433,4	3,6	0,0
27	ULS ALL WIND (+) TORS	NonStatic	Max	0,0	-6,5	-287,0	3,9	0,0
29	ULS ALL WIND (+) TORS	NonStatic	Max	0,0	-6,0	434,9	4,1	0,0
1	ULS WIND (-) STRAPPO	Combination		0,0	4,3	315,0	-3,0	0,0
3	ULS WIND (-) STRAPPO	Combination		0,0	5,6	-310,8	-3,2	0,0
27	ULS WIND (-) STRAPPO	Combination		0,0	6,0	336,5	-3,7	0,0
29	ULS WIND (-) STRAPPO	Combination		0,0	5,5	-331,7	-3,5	0,0
1	ULS WIND (+) STRAPPO	Combination		0,0	-3,8	-288,3	2,6	0,0
3	ULS WIND (+) STRAPPO	Combination		0,0	-4,9	293,2	2,9	0,0
27	ULS WIND (+) STRAPPO	Combination		0,0	-5,2	-299,2	3,2	0,0
29	ULS WIND (+) STRAPPO	Combination		0,0	-4,6	303,8	3,0	0,0
1	ULS QUAKE	Combination	Max	0,0	9,2	485,1	5,3	0,0
1	ULS QUAKE	Combination	Min	0,0	-8,0	-384,6	-5,9	0,0
3	ULS QUAKE	Combination	Max	0,0	18,8	493,9	7,5	0,0
3	ULS QUAKE	Combination	Min	0,0	-19,0	-377,8	-7,5	0,0
27	ULS QUAKE	Combination	Max	0,0	14,4	508,3	6,9	0,0
27	ULS QUAKE	Combination	Min	0,0	-14,3	-369,1	-7,0	0,0
29	ULS QUAKE	Combination	Max	0,0	8,6	488,9	6,3	0,0
29	ULS QUAKE	Combination	Min	0,0	-9,8	-388,6	-5,7	0,0

PRORAČUN MEHANIČKE OTPORNOSTI I STABILNOSTI:

Pomaci poprečnih okvira :



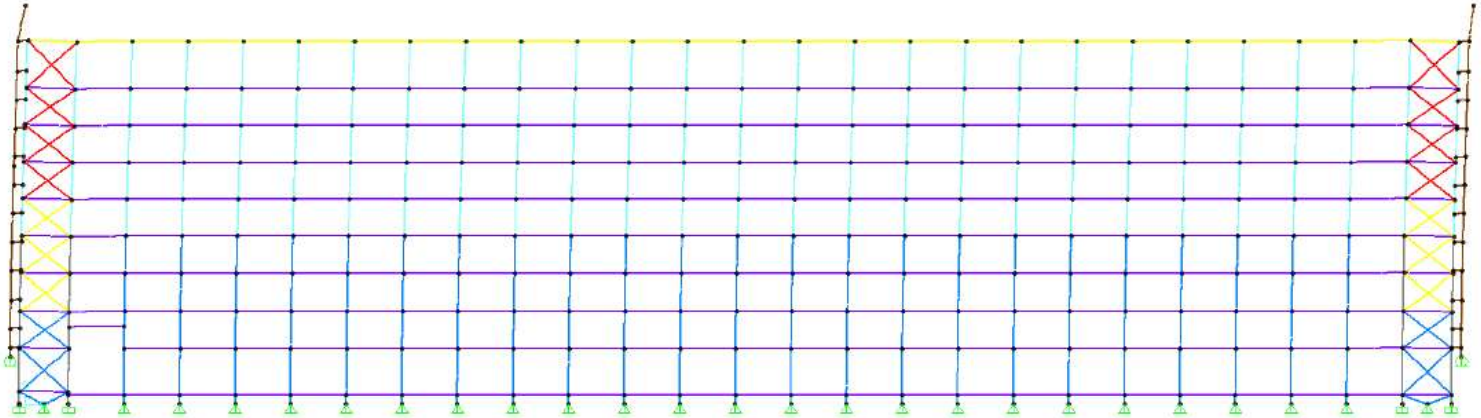
Slika 45: deformacija SLS u poprečnom prolazu

TABLICA: Joint Displacements - Absolute				
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1
Text	Text	Text	Text	mm
1192	QUAKE	Combination	Max	79
1192	SLS WIND1	Combination		71

Najveći seizmički pomak ULS jednak je 1,5 (faktor ponašanja) * 79 = 118,5 mm.

PRORAČUN MEHANIČKE OTPORNOSTI I STABILNOSTI:

Pomaci uzdužnih okvira :



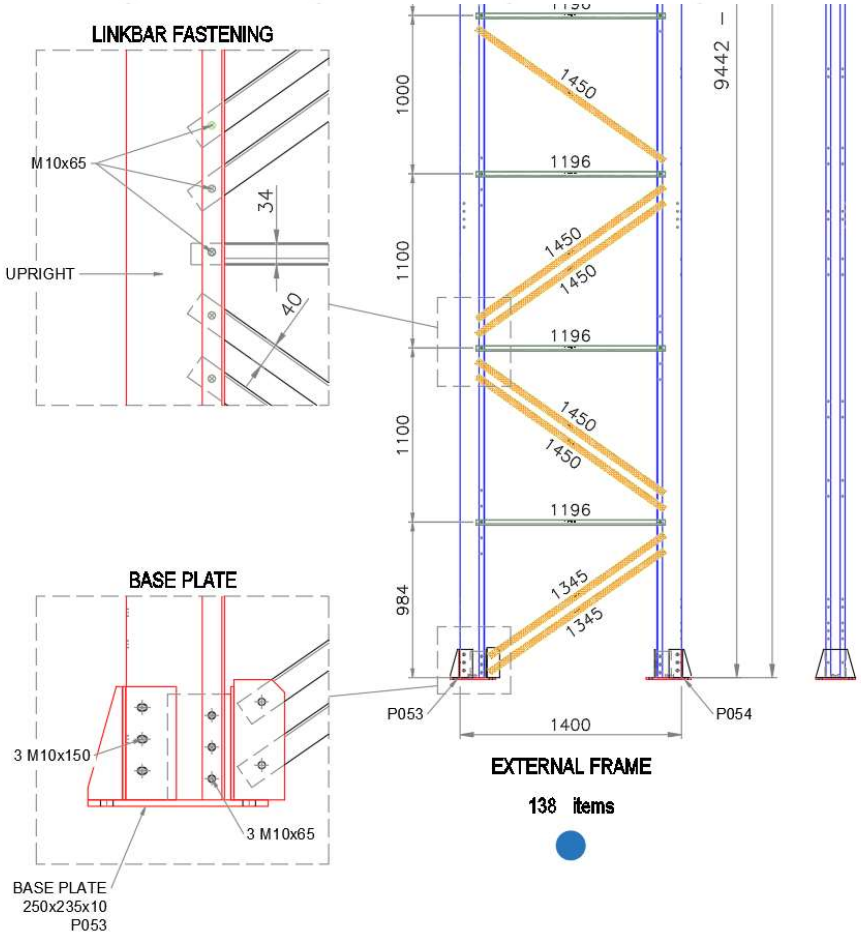
Slika 46: deformacija niz prolaz

TABLICA: Joint Displacements - Absolute				
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1
Text	Text	Text	Text	mm
400	QUAKE	Combination	Max	89
400	SLS WIND	Combination		51

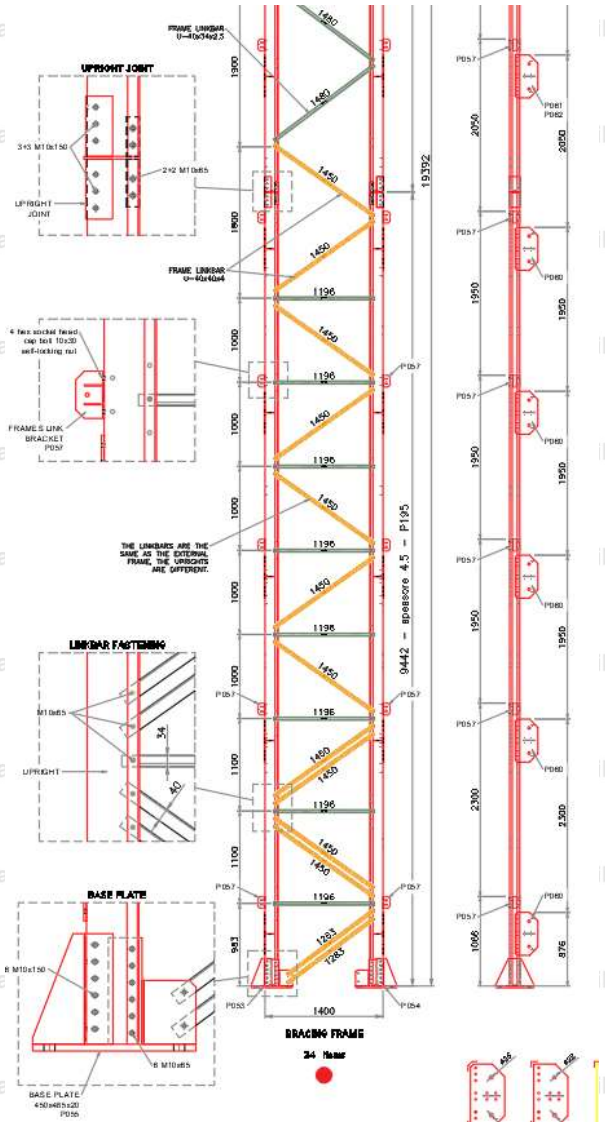
Najveći seizmički pomak ULS jednak je 1,5 (faktor ponašanja) * 89 = 133,5 mm.

DETALJI IZVEDBE ČELIČNE KONSTRUKCIJE:

POPREČNI OKVIRI:

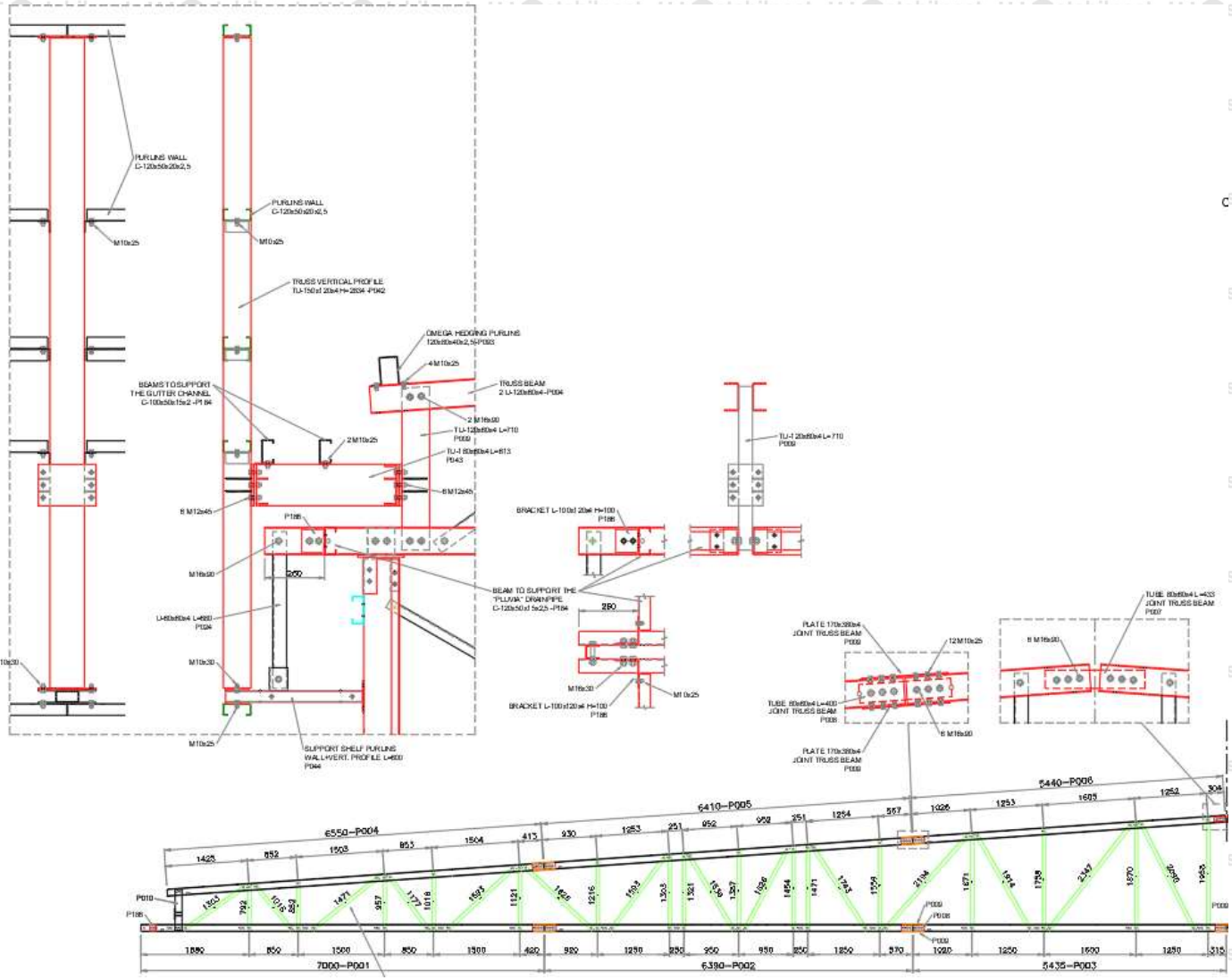


UZDUŽNI OKVIRI:



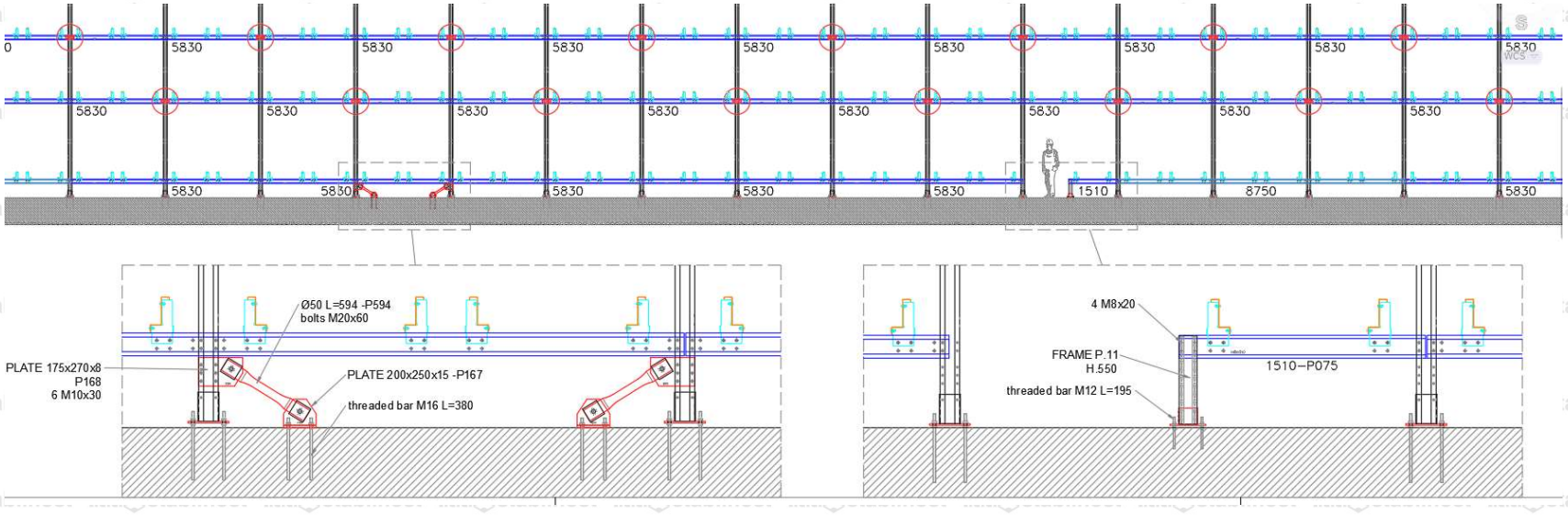
DETALJI IZVEDBE ČELIČNE KONSTRUKCIJE:

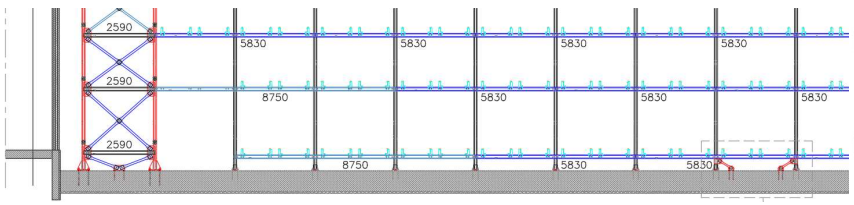
KROVNA REŠETKA:

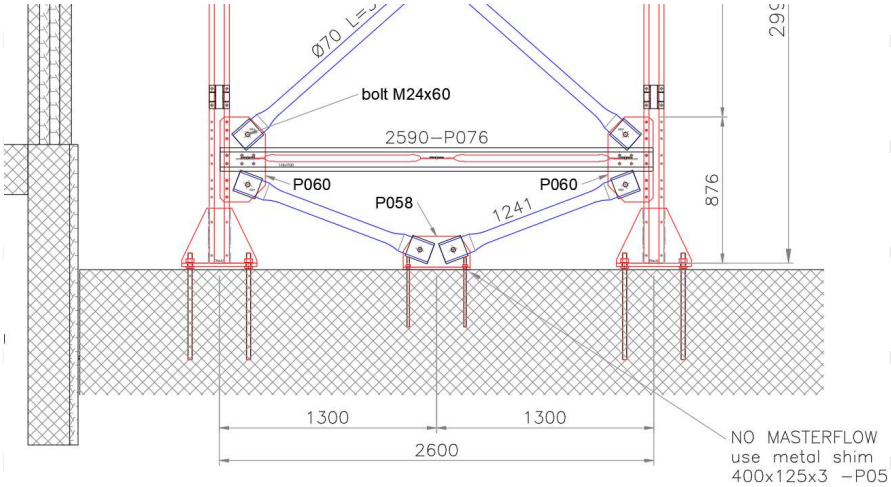


DETALJI IZVEDBE ČELIČNE KONSTRUKCIJE:

SIDRENJE UZDUŽNIH OKVIRA:







FOTOGRAFIJE:


RIWAL.COM
JLG


RIWAL.COM
RIWAL
JLG


HA41PX

Hvala na pažnji!

Daniel Repac, dipl. ing. građ., stabilnost d.o.o., M. Albaharija 10a, 51000 Rijeka
dr. sc. Saša Mitrović dipl. ing. građ., i.t.t. d.o.o., M. Albaharija 10a, 51000 Rijeka
Luka Eškinja, dipl. ing. građ. stabilnost d.o.o., M. Albaharija 10a, 51000 Rijeka
Ivana Nekoksa, mag. ing. aedif., stabilnost d.o.o., M. Albaharija 10a, 51000 Rijeka
Ada Hero, mag. ing. aedif., stabilnost d.o.o., M. Albaharija 10a, 51000 Rijeka