

STATICKÝ VÝPOČET

Ocelová konstrukce provaziště
Posouzení stávající konstrukce upravené pro novou technologii

Rekonstrukce provaziště Státní opera Praha

Stavba: Státní opera Praha

Objednatel: Bosch Rexroth, spol. s r. o. Těžební 2
627 00 Brno

Datum / Revize: 24.8.2018 / R1

Autor:



Ing. C. Slavík
Moravské Málkovice 145
682 01 Vyškov

Mobil: 420 737 827 191
E-mail: CtiradSlavik@seznam.cz

1. Úvod

Ve výpočtu je posouzena stávající celová nosná konstrukce provaziště ve Státní opeře Praha pro novou divadelní techniku. Doplněná konstrukce je navržena firmou Bosch Rexroth, spol. s r. o. Těžební 2 Brno. Konstrukce je prostorová příhradová s příčnými příhradovými vazníky, napojené do podélných příhradových průvlaků. Podepření průvlaků je rohovými sloupy na výšku přikotvených k budově. V horní a dolní úrovni vazníků je vodorovné ztužení. Podélný příhradový průvlak je v horní a dolní úrovni konzolami přikotven do budovy.

Materiál stávající ocelové konstrukce se uvažuje ocel S235JRG2 (11 375.1), materiál nově doplněné konstrukce je ocel S355J0. Součinitel spolehlivosti materiálu je 1,1. Součinitel zatížení od stálého zatížení je 1,35 a pro proměnné zatížení je 4,5. Konstrukce je posouzena podle platných norem ČSN EN pro zdvihací zařízení, uvedených níže

2. Seznam norem / použité literatury / podklady

Při výpočtu byly použity následující české normy a literatura:

ČSN EN 280+A2	Pojízdné zdvihací pracovní plošiny-Konstrukční výpočty-Kritéria stability-Konstrukce-Přezkoušení a zkoušky
ČSN EN 13001-1+A1	Jeřáby-Návrh všeobecně-Část 1: Základní principy a požadavky
ČSN EN 13001-2	Jeřáby-Návrh všeobecně-Část 2: Účinky zatížení
ČSN EN 13001-3-1+A1	Jeřáby- Návrh všeobecně-Část 3-1: Mezní stavy a prokázání způsobilosti ocelových konstrukcí
ČSN EN 4993-1-1	Navrhování ocelových konstrukcí- Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
Hořejší, Šafka:	Statické tabulky

Metoda výpočtu - čl. 5.2.5.2 ČSN EN280+A

Do doby než bude k dispozici vhodná evropská nebo mezinárodní norma, musí být metody výpočtu v souladu s uznanými národními normami pro výpočty - jako např. normy pro zdvihací zařízení.

Výpočtový program: Nexis 16, 32

Jako podklad pro zpracování statického výpočtu nosné konstrukce posloužila výkresová dokumentace zpracovaná ve firmě Bosch Rexroth, spol. s r o. Těžební 2 Brno.

- Modely a výkresová dokumentace provaziště

3. Technické charakteristiky

4. Materiál konstrukce

4.1 Ocel S235JRG2 (11 375.1)

Plech, tvarová ocel do 16 mm

Mez pevnosti (3 < t < 16 mm)

$$f_u = 340 - 470 \text{ N/mm}^2$$

Mez kluzu

$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$$

Obecný součinitel spolehlivosti

$$\gamma_m = 1,1$$

Dílčí součinitel spolehlivosti prvků

$$\gamma_{sm} = 1,0 \text{ válcovaný materiál}$$

Výsledný dílčí součinitel spolehlivosti materiálu

$$\gamma_{Rm} = \gamma_m \cdot \gamma_{sm} = 1,1 \cdot 1,0 = 1,1$$

Návrhové napětí únosnosti pro normálové napětí

$$f_{Rd} = f_{yk} / \gamma_{Rm} = 235 / 1,1 = 213 \text{ N/mm}^2$$

Návrhové napětí únosnosti pro smykové napětí

$$f_{Rd\tau} = f_y / (\gamma_{Rm} \cdot \sqrt{3}) = 235 / (1,1 \cdot \sqrt{3}) = 123 \text{ N/mm}^2$$

4.1 Ocel S355J0 (11 523.1)

Plech, tvarová ocel do 16 mm

Mez pevnosti (3 < t < 16 mm)

$$f_u = 490 - 630 \text{ N/mm}^2$$

Mez kluzu

$$f_y = 355 \text{ N/mm}^2$$

Obecný součinitel spolehlivosti

$$\gamma_m = 1,1$$

Dílčí součinitel spolehlivosti prvků

$$\gamma_{sm} = 1,0 \text{ válcovaný materiál}$$

Výsledný dílčí součinitel spolehlivosti materiálu

$$\gamma_{Rm} = \gamma_m \cdot \gamma_{sm} = 1,1 \cdot 1,0 = 1,1$$

Návrhové napětí únosnosti pro normálové napětí

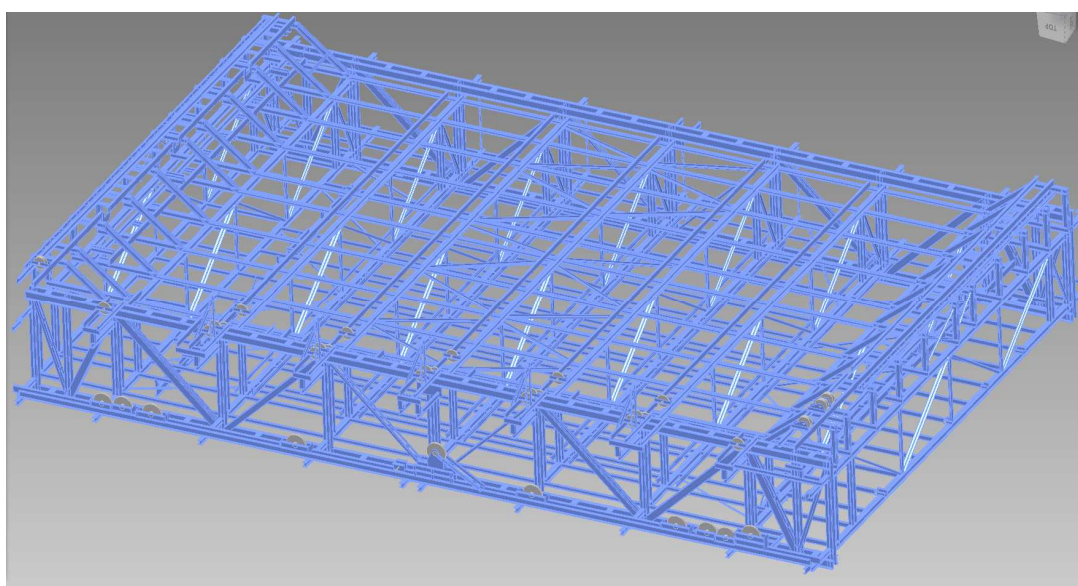
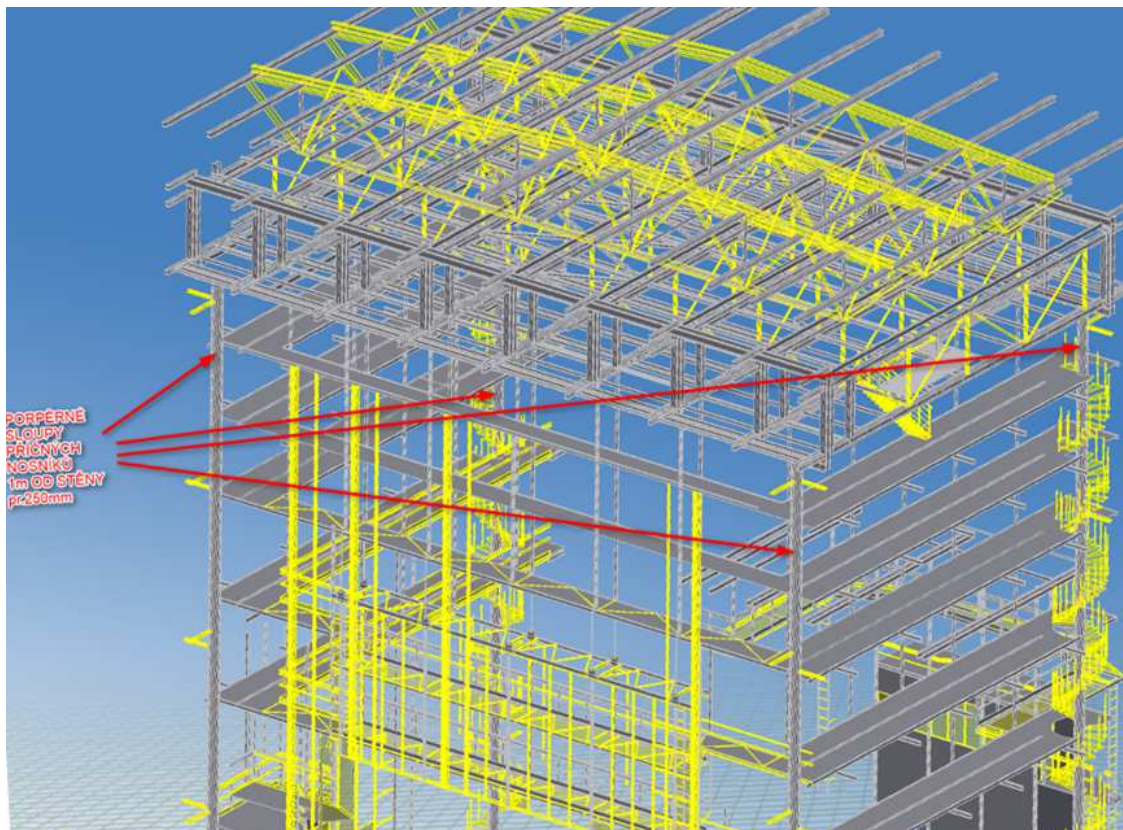
$$f_{Rd} = f_{yk} / \gamma_{Rm} = 355 / 1,1 = 322 \text{ N/mm}^2$$

Návrhové napětí únosnosti pro smykové napětí

$$f_{Rd\tau} = f_y / (\gamma_{Rm} \cdot \sqrt{3}) = 355 / (1,1 \cdot \sqrt{3}) = 186 \text{ N/mm}^2$$

5. Konstrukční řešení

5.1 Stávající stav provaziště a lávek, profily provaziště, fotodokumentace

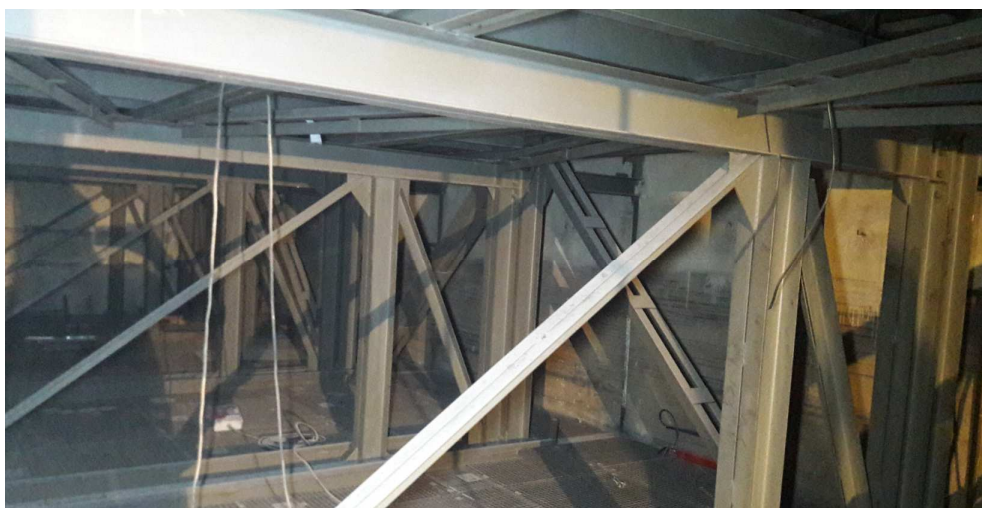




Provaziště- Vazníky pásy 2U180/10 (horní vodorovné ztužení)



Provazistišě- Vazníky, krajní rámové okno pro průchod

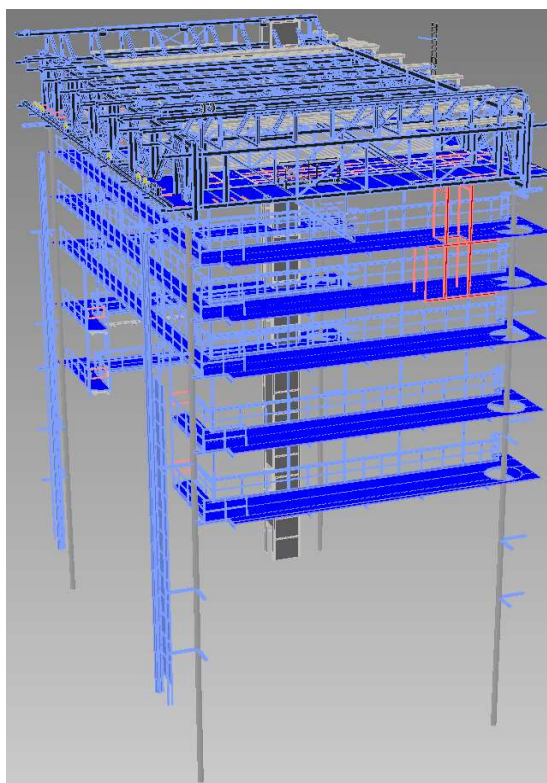
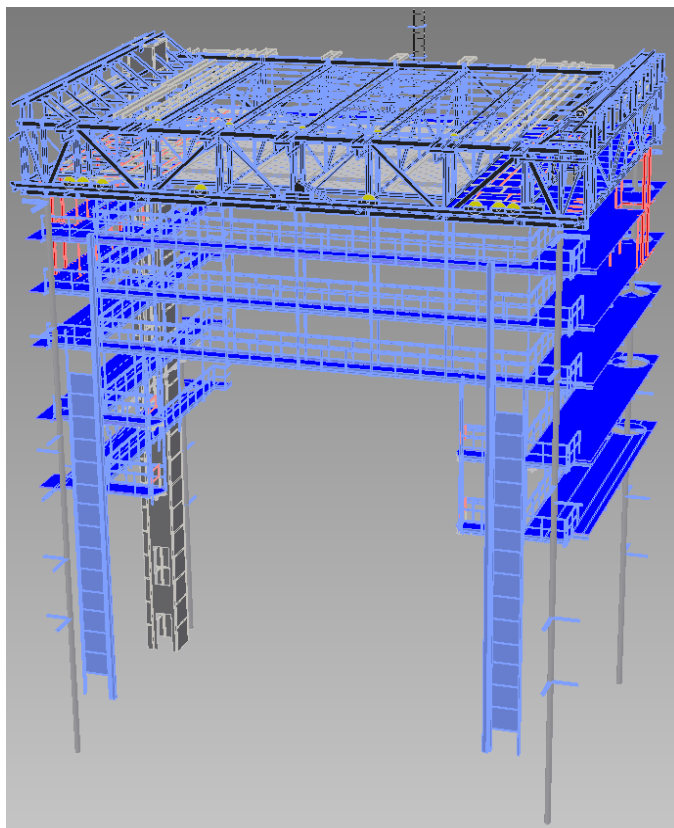


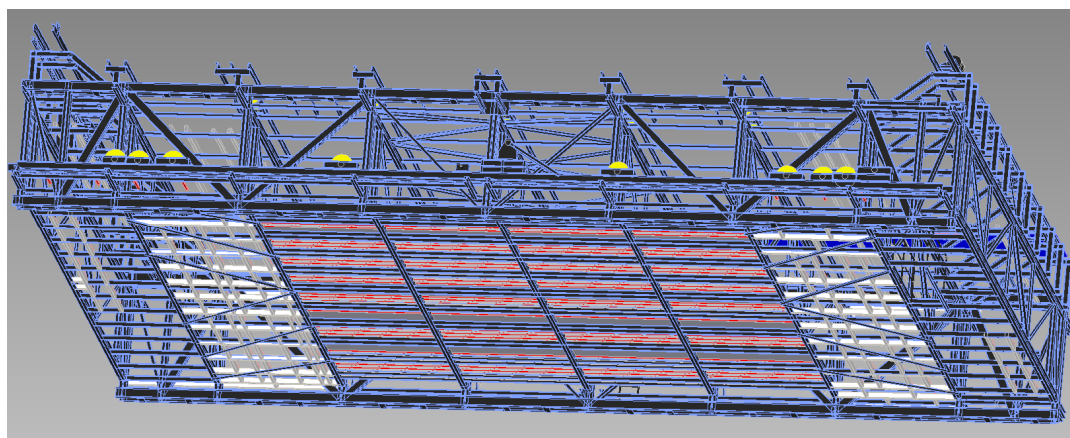
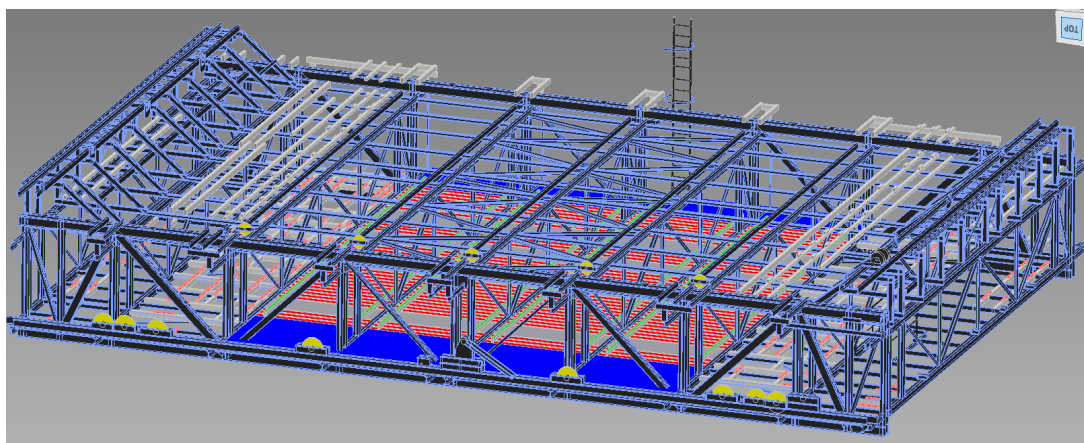
Provazistišě- Vazníky, krajní rámové okno s diagonálou



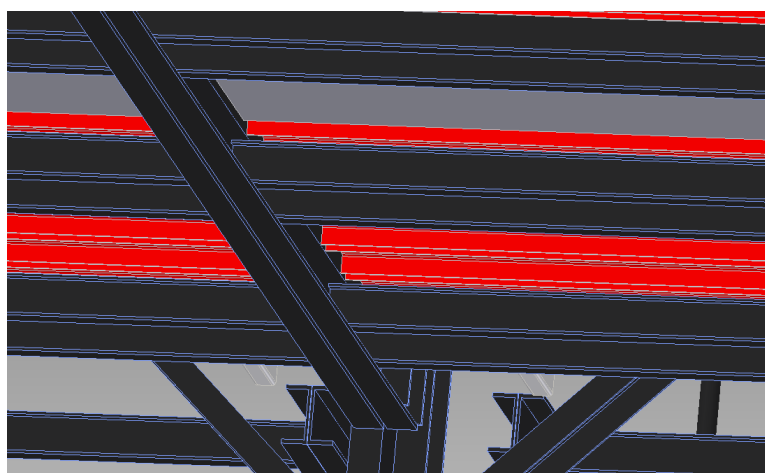
Provazistišě- Detail rámového okna

5.2 Rekonstrukce provaziště a lávek



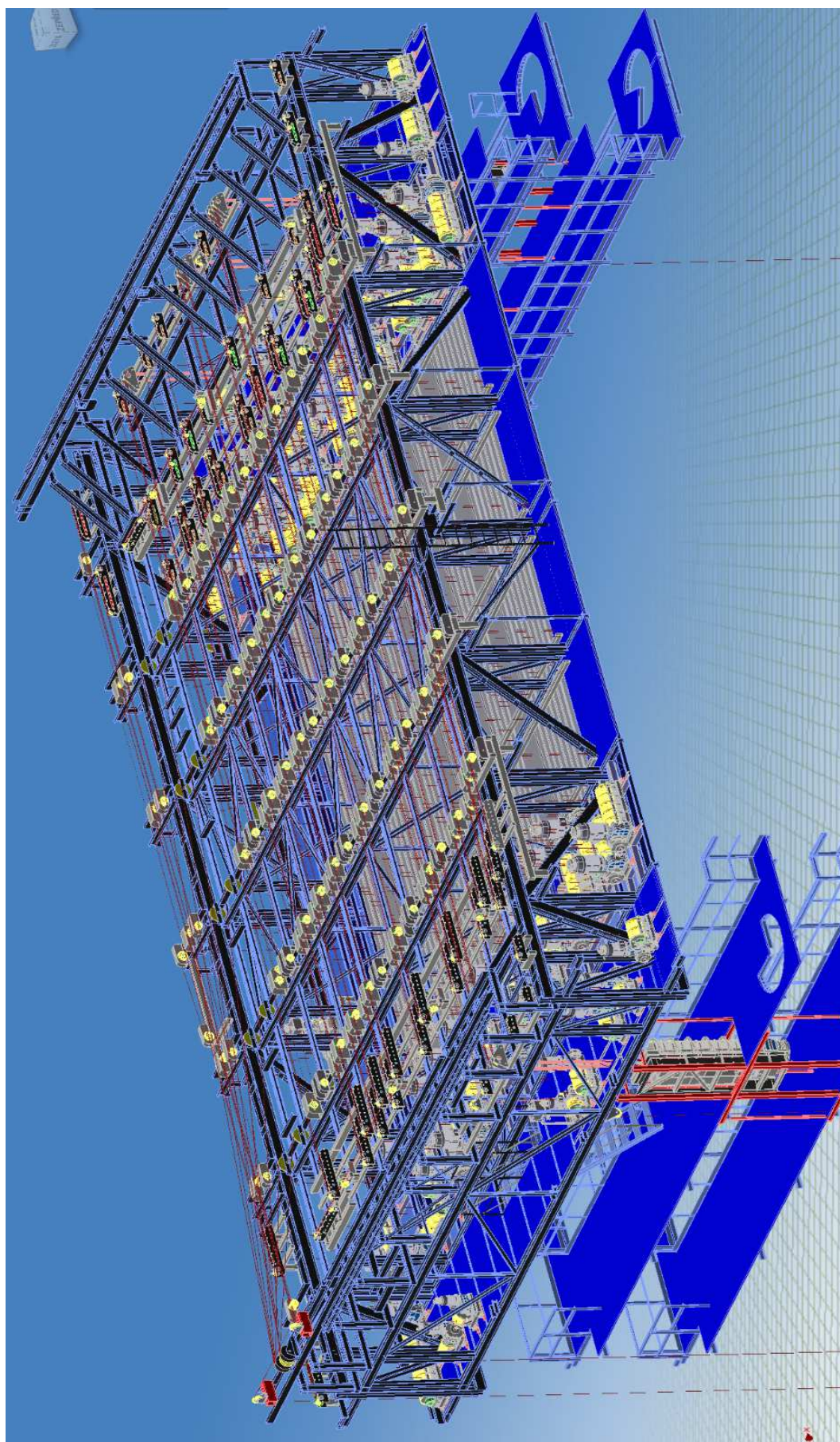


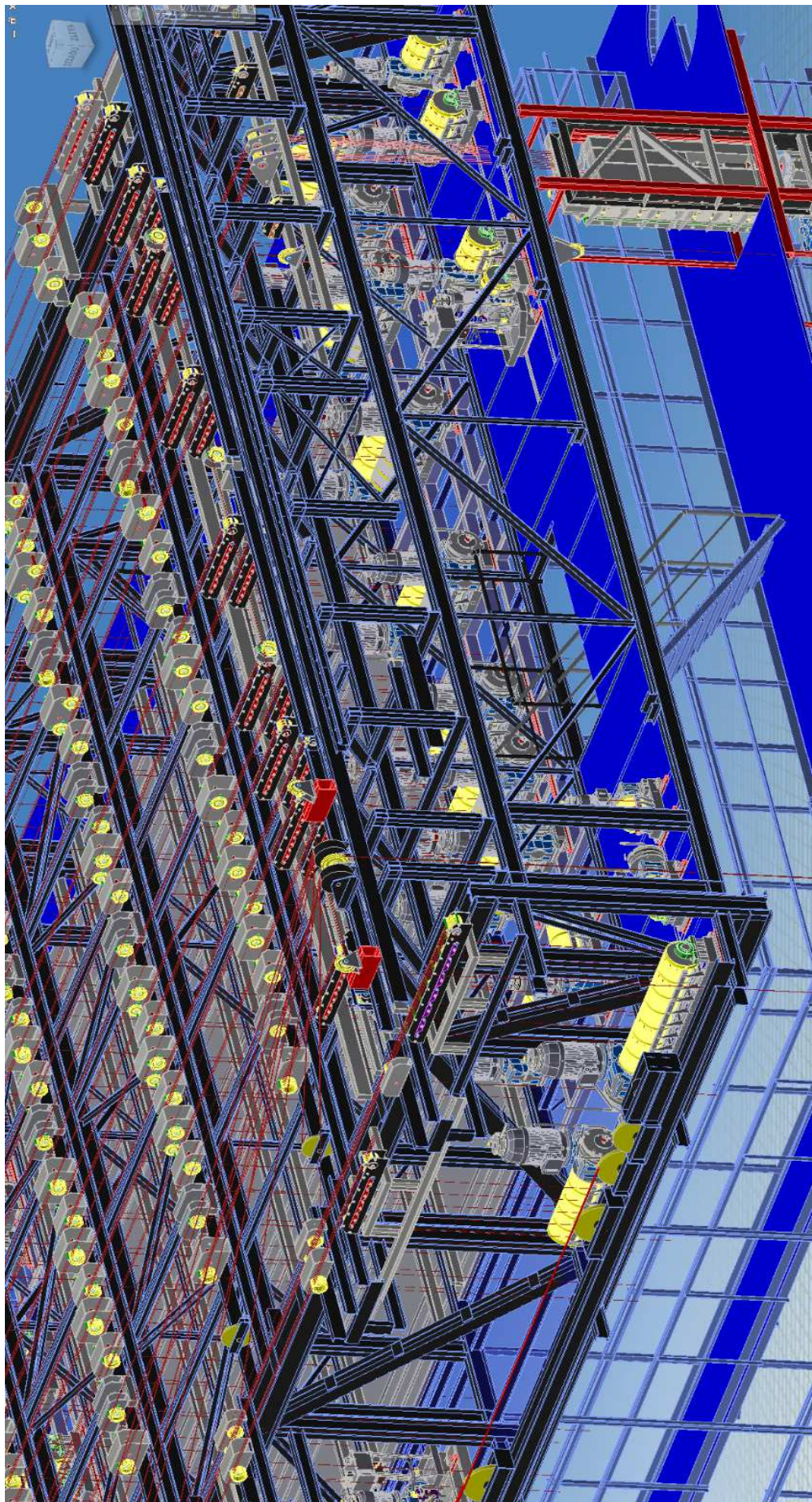
Provaziště s novými nosníky pro bodové tahy

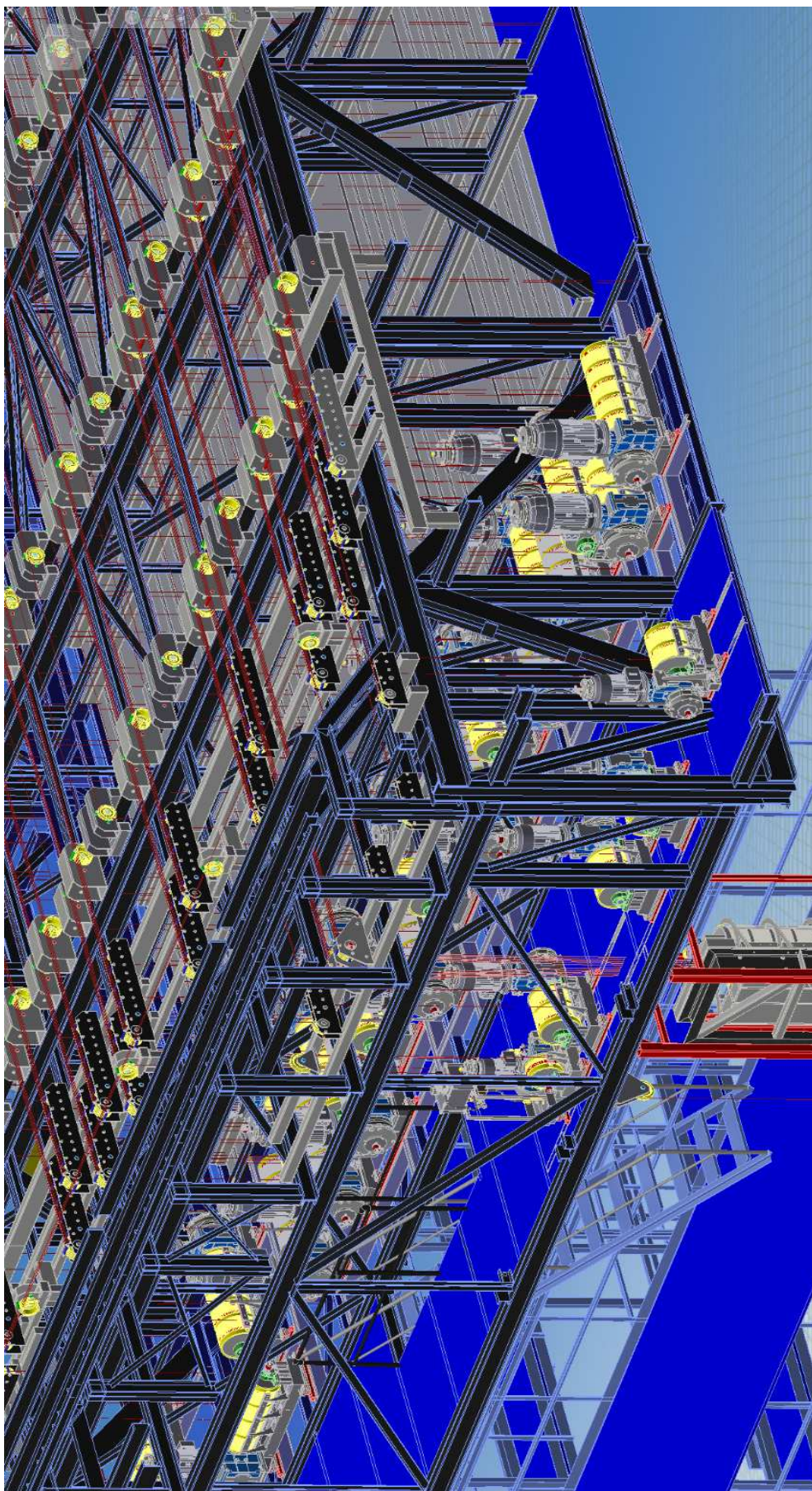


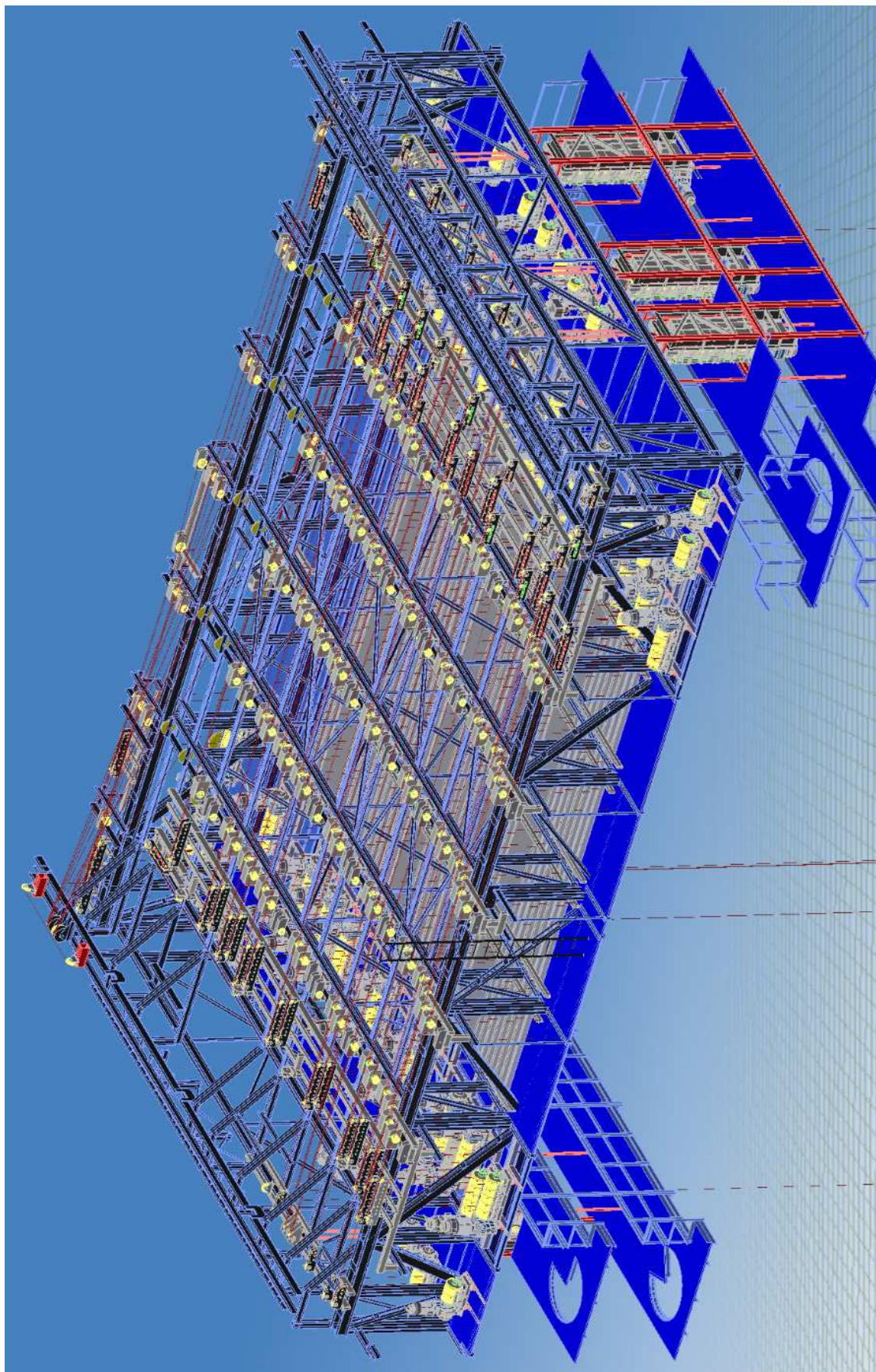
Provaziště-Detail podlahy ve střední části (nové červené podlahové plechy)



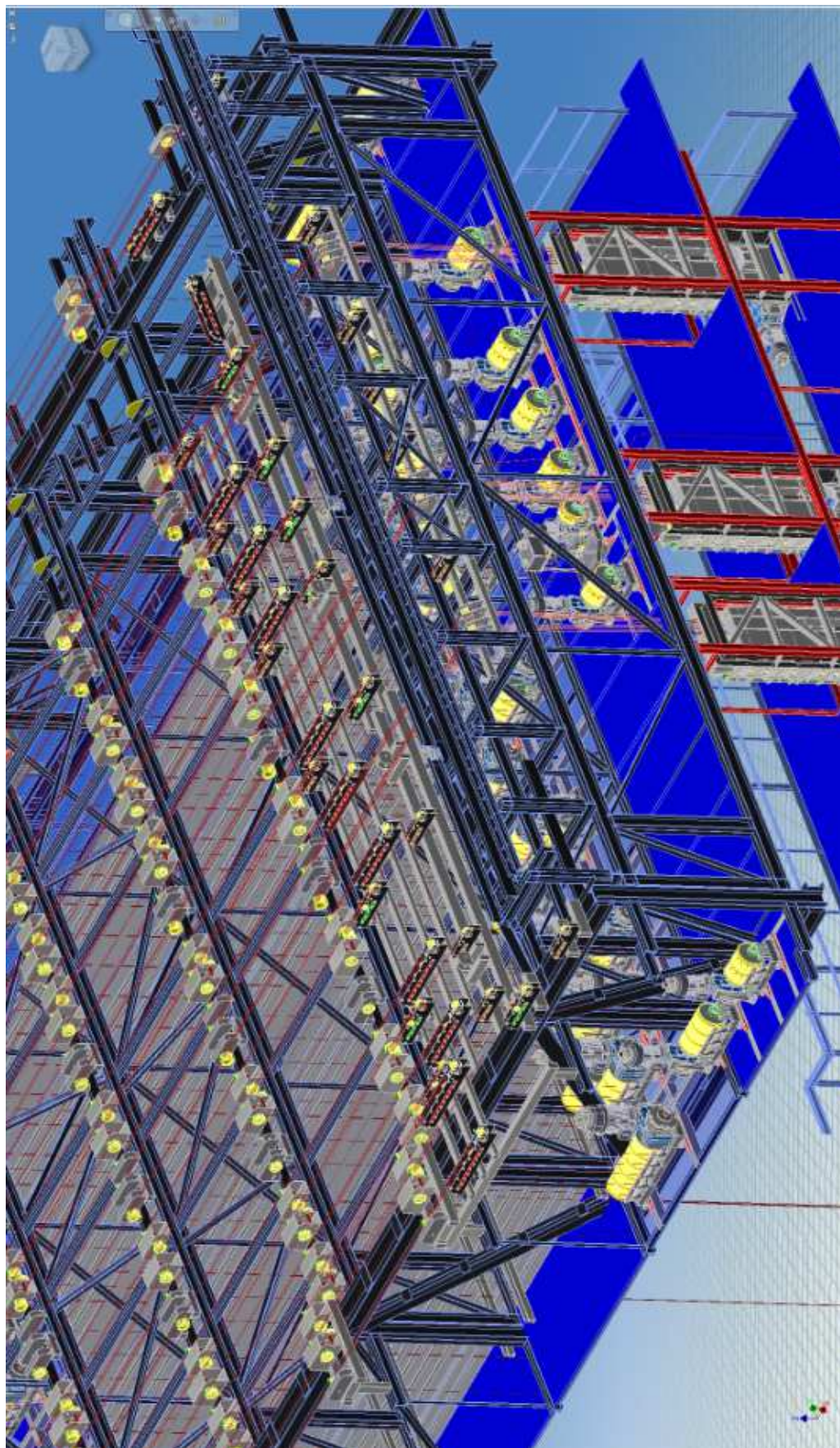




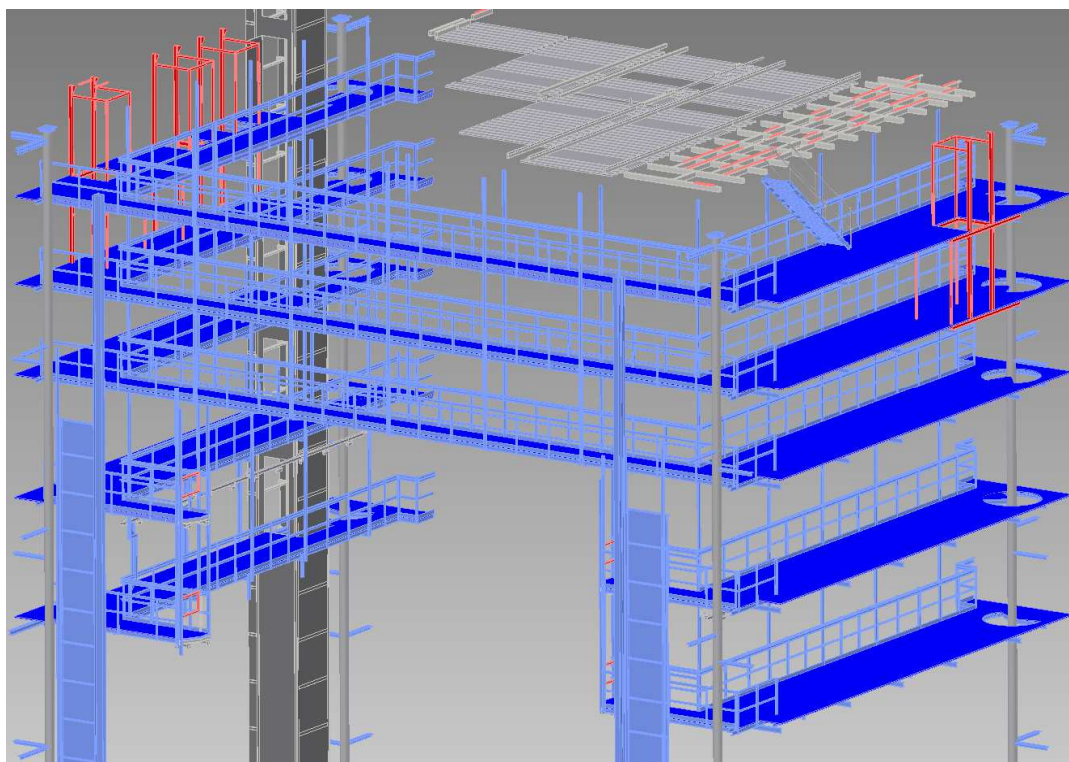
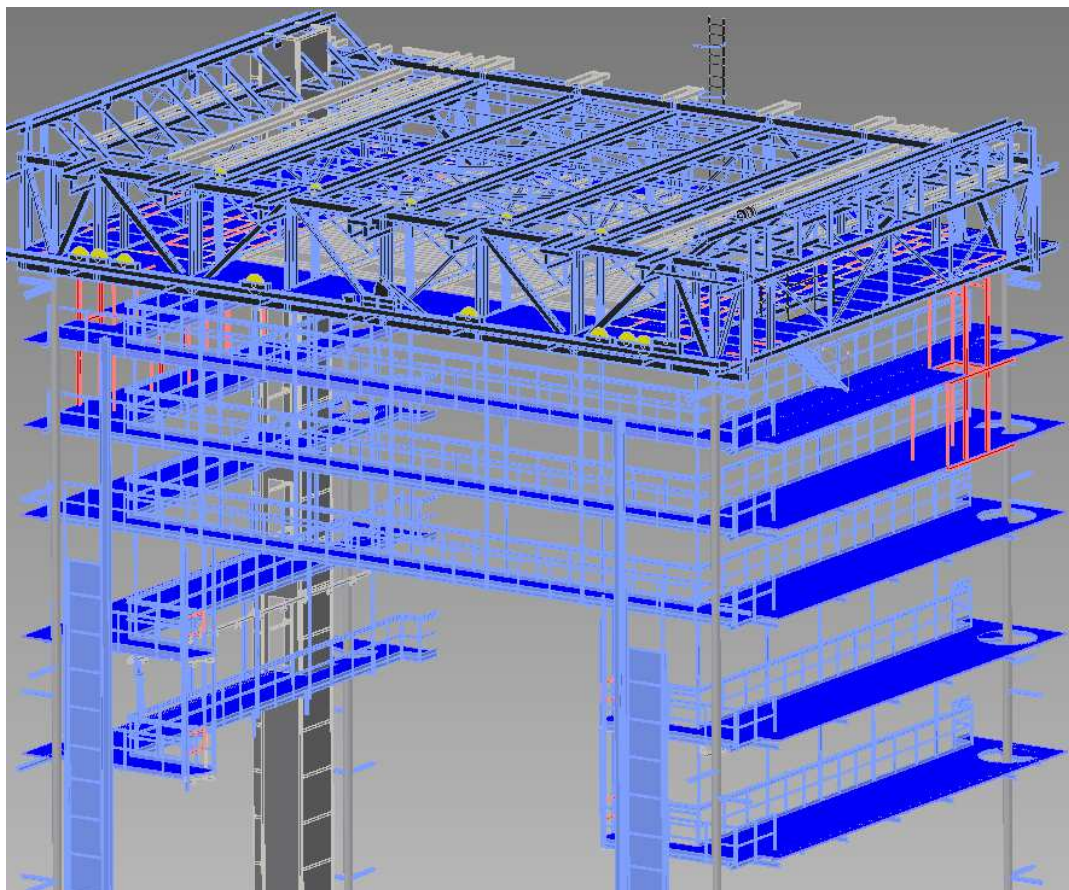




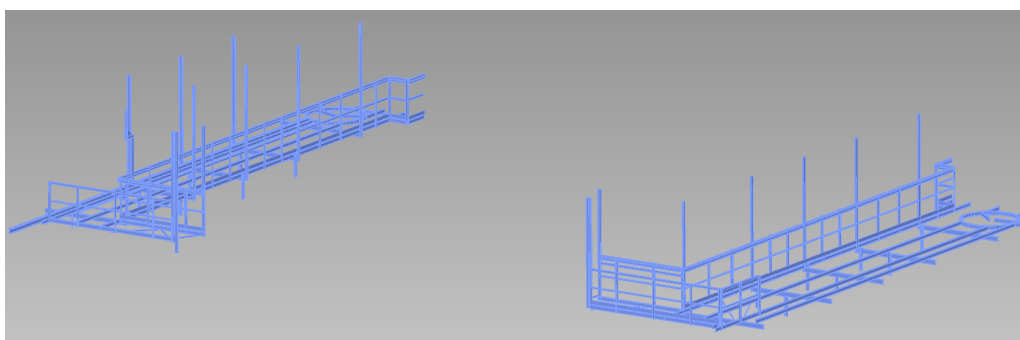
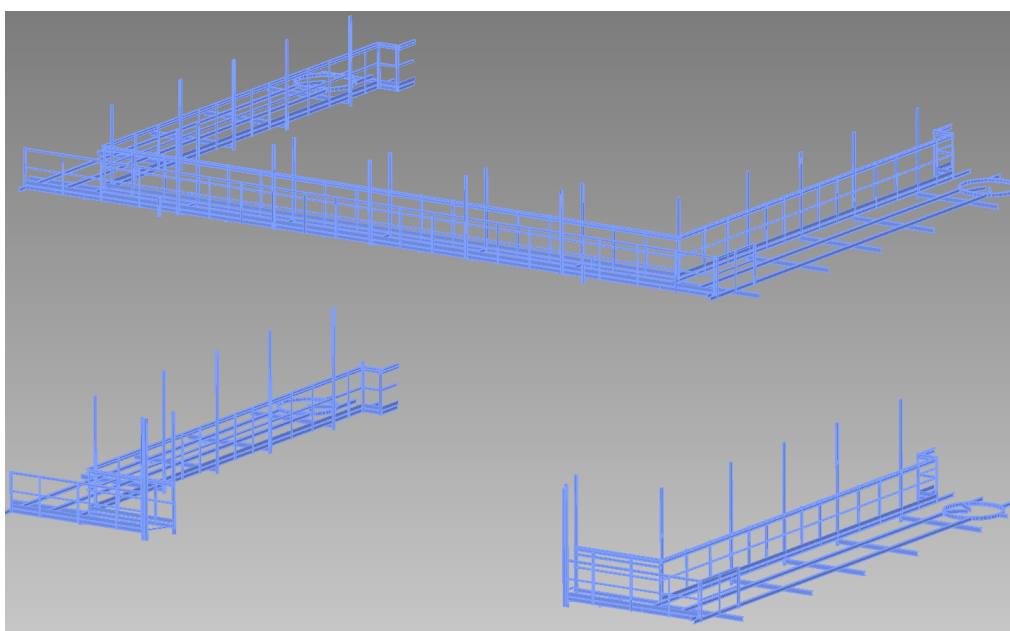
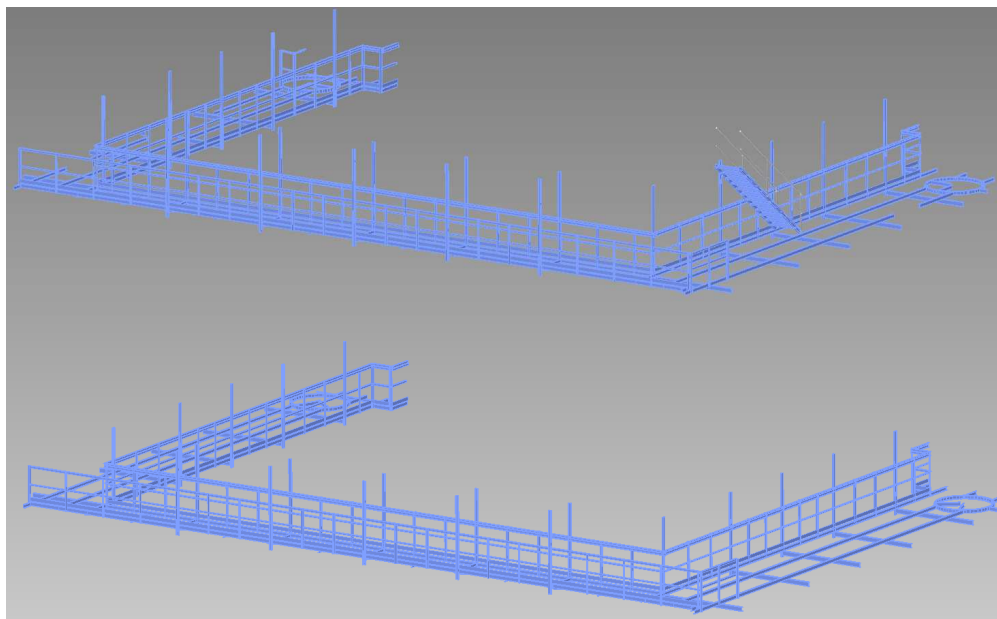




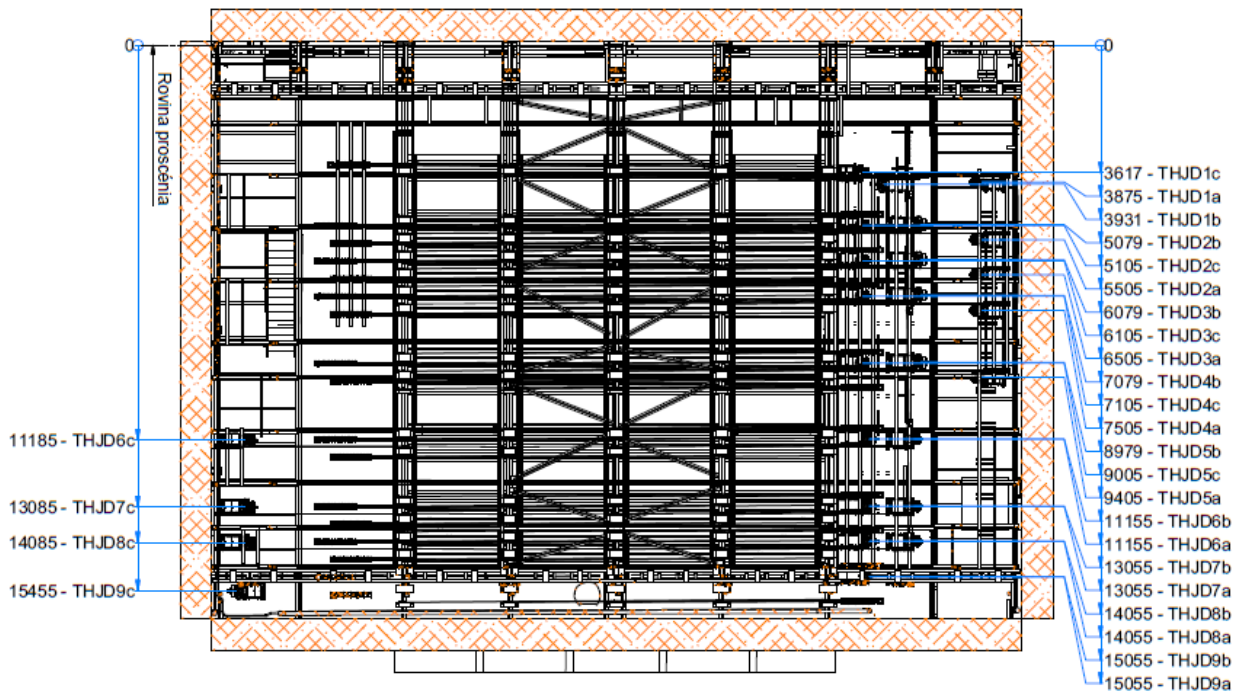
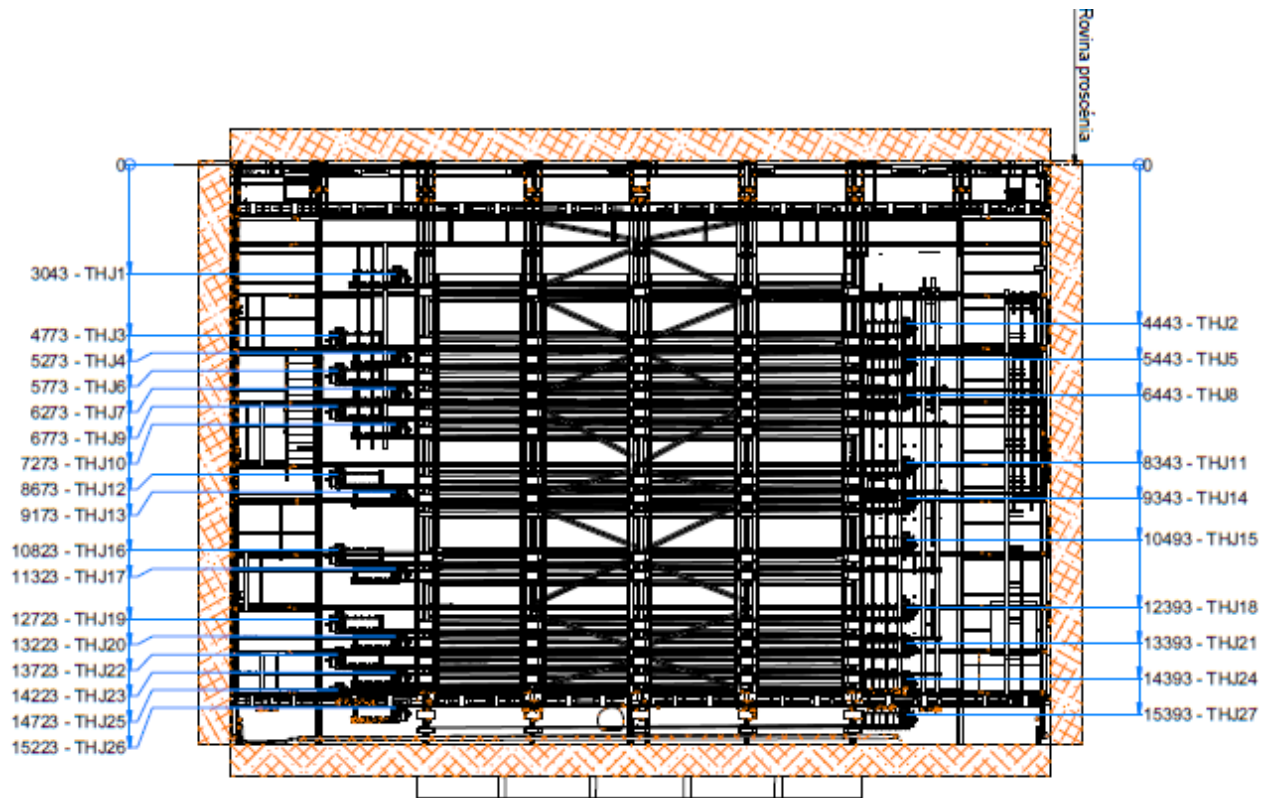
Provaziště s novými prospektovými tahy



Provaziště - Lávky



Provaziště - Detaily lávek



6. Zatížení

6.1 Zatížení od vlastní tíhy ocelové konstrukce

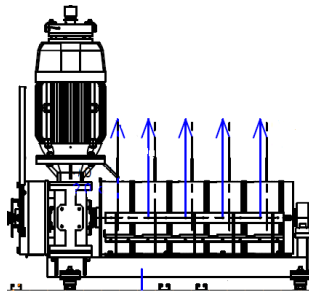
Účinky od vlastní tíhy stávající konstrukce s doplněnými novými nosníky generuje program NEXIS

Dílčí součinitel zatížení od vlastní tíhy $\gamma_G = 1,35$

6.2 Zatížení stálé

Podlahové rošty na lávce	0,30 kN/m ²	0,3 · 1,35 / 2 = 0,20 kN/m
Podlahové rošty na lávce	0,30 kN/m ²	0,3 · 1,35 / 2 = 0,20 kN/m
Zábradlí		0,15 kN/m

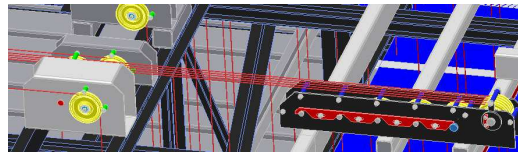
Pohony prospektových tahů



8,0 / 5,0 kN

Pohony 2 a 3 lanové tíha 5,0 kN, 5 lanové tíha 8,0 kN budou umístěny na nových nosících dolního roštu

Blok svodových kladek



0,4 kN (0,5 kN/m)

Blok převáděcích kladek

1,0 kN (0,8 kN/m)

Počet bloků svodových kladek na horním pásu vazníku

Vazník C - 50 ks

Vazník F - 60 ks

Vazník D - 60 ks

Vazník G - 50 ks

Vazník E - 52 ks

Uvažuje se rovnoměrné spojitě zažetí $g = 50 \cdot 0,15 / 13,8 = 0,5 \text{ kN/m}$

Bloky převáděcích kladek (tíha 1,0 kN) budou umístěny na stávajících a nových nosících horního roštu (zatížení se zavádí na prut bloku)

Baterie (1 ks) s rámem 30,0 kN

Bodový tah (rám s pohonem) 15,0 kN

Nosnost bodového tahu 13,0 kN

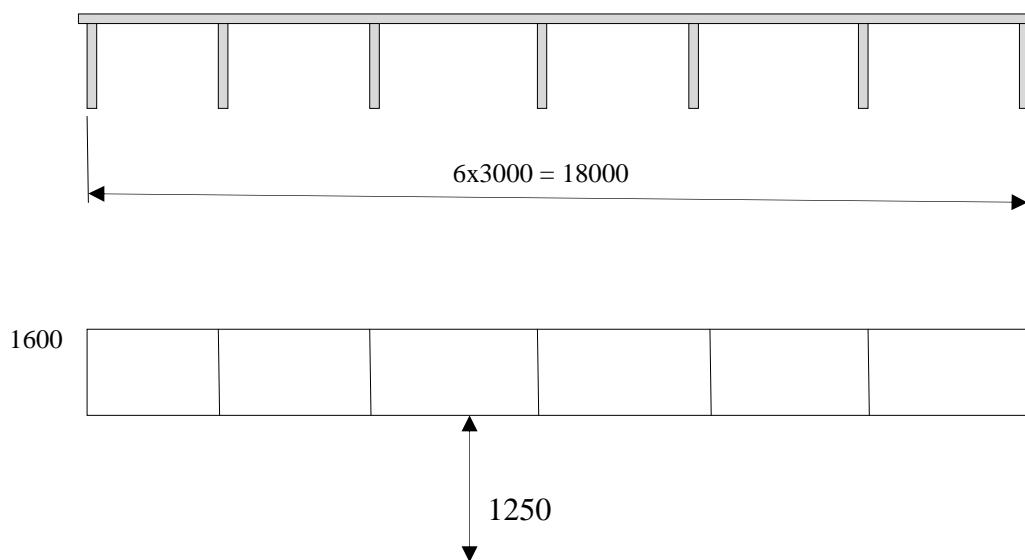
Kolejnice bodového tahu HR40x40 mm 0,2 kN/m

Rozvaděče na lávce rozvaděčů (16 ks) 16 · 0,5 = 8,0 kN

Lávka pro rozvaděče 10,0 kN

Lávka pro rozváděče (zatížení stálé) označ. 12

Lávka je uložena na horním pásu vazníku, příp. na dvojici příčníků U140 pod kladkami



Osa průvlaku

Tíha konstrukce lávky (charakteristická hodnota)	10,0 kN
Tíha podle výpočtového programu	6,0 kN
Doplňk tíhy (zadání do výpočtu)	4,0 kN

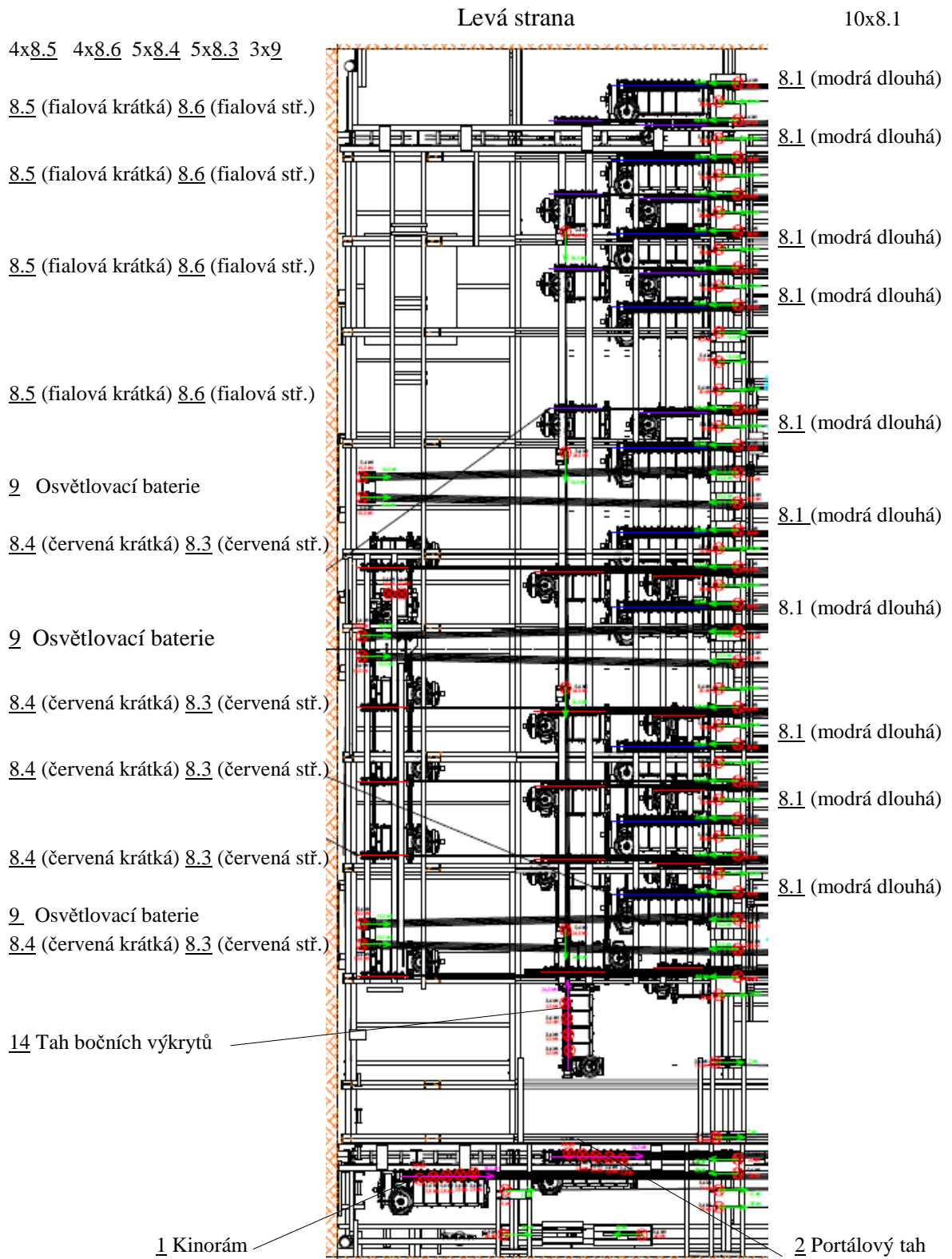
Počet rozváděčů na lávce	16 ks
Tíha rozváděčů na lávce	$16 \cdot 0,5 = 8,0$ kN

Dílčí součinitel zatížení od stálého zatížení $\gamma_G = 1,35$

6.3 Zatížení proměnné

6.3.1 Tahy lan (charakteristické hodnoty síly v laně v kN)

Značení tahů, pohonů



9x8.2

Pravá strana

8x8.1

8.2 (červená dlouhá)

8.2 (červená dlouhá)

8.2 (červená dlouhá)

8.2 (červená dlouhá)

8.2 (červená dlouhá)

8.2 (červená dlouhá)

8.2 (červená dlouhá)

8.2 (červená dlouhá)

8.2 (červená dlouhá)

8.1 (modrá dlouhá)

8.1 (modrá dlouhá)

8.1 (modrá dlouhá)

8.1 (modrá dlouhá)

8.1 (modrá dlouhá)

8.1 (modrá dlouhá)

8.1 (modrá dlouhá)

8.1 (modrá dlouhá)

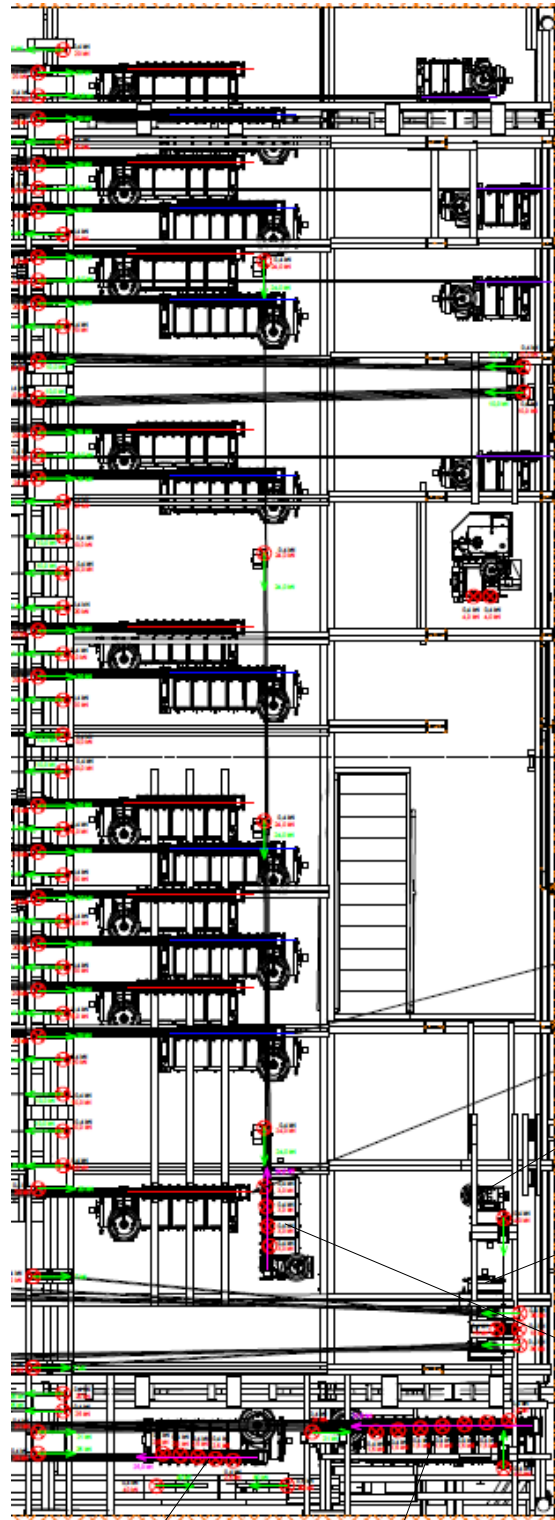
7 Lustr nad hledištěm

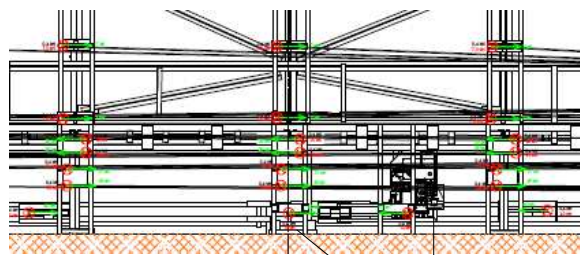
6 Portálový most

14 Tah bočních výkrytů

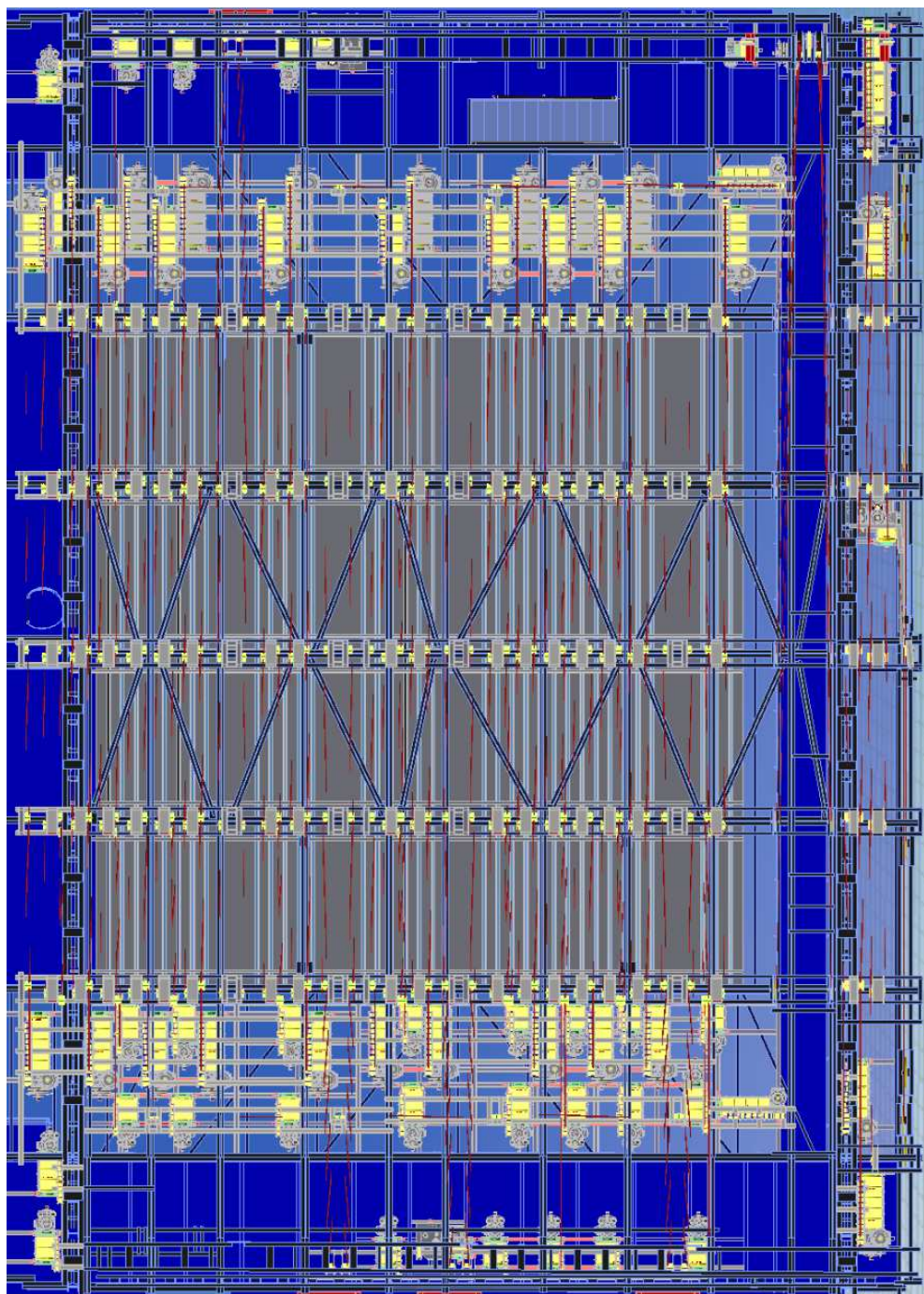
4 Slavnostní opona

5 Tah zvedané a rozhrnované opony



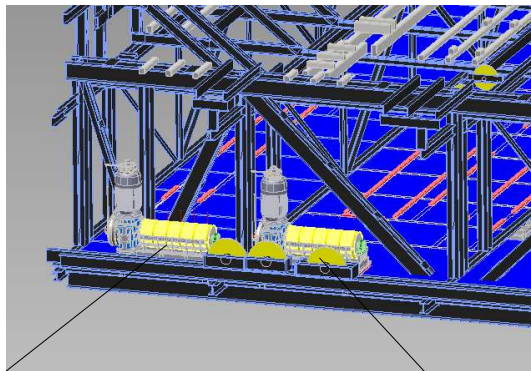


3 Požární opona

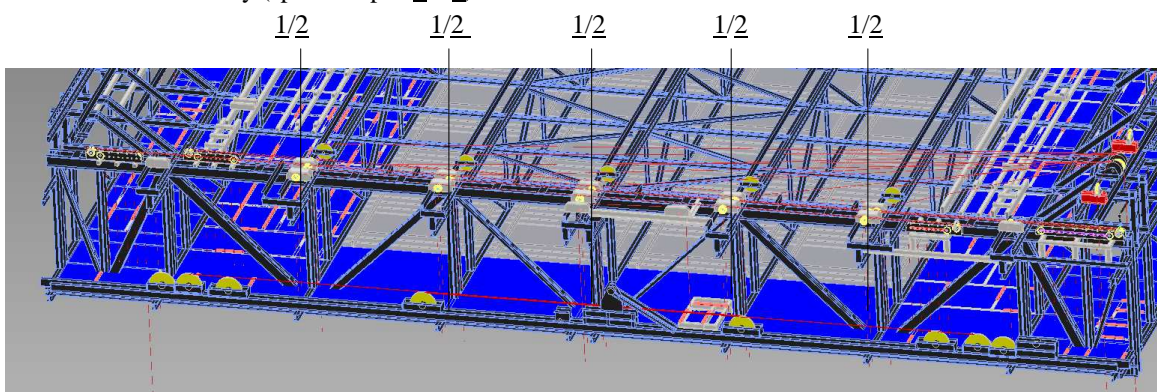


Popis pohonů, tahy lan

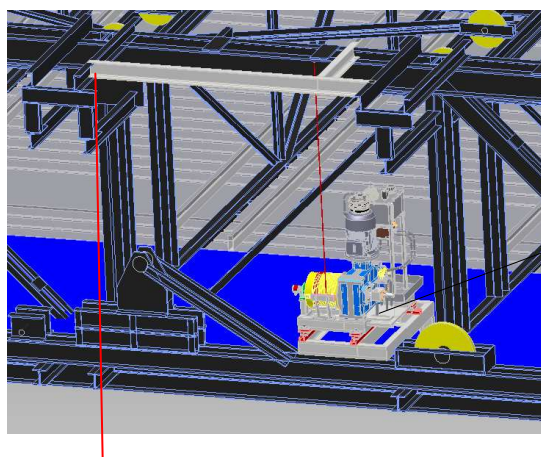
- 1 Kinorám TBO (Bobinet) - 5 lan na bubnu, tahy lan 5x2,5 kN (svodové kladky 5x zleva od 3.vazníku)
- 2 Portálový tah POT - 5 lan na bubnu, tahy lan 5x2,0 kN (svodové kladky 5x zleva od 3.vazníku)



1 2
Zadní svodové kladky (společné pro 1 a 2)



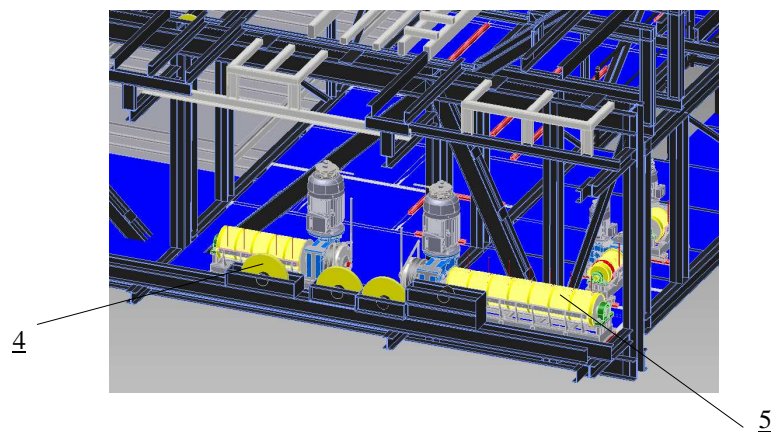
- 3 Požární opona - 1 lano na bubnu, tah 10 kN



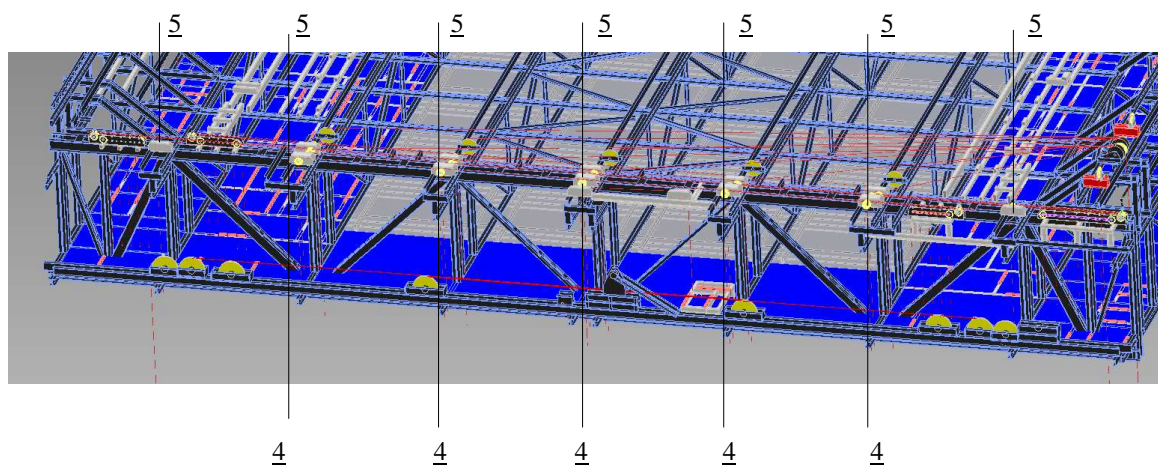
Zdvih požární opony (osa jeviště)

4 Slavnostní opona - 5 lan na bubnu, tahy lan 5x2,5 kN (svod.kladky 5x zprava od 3.vazníku)

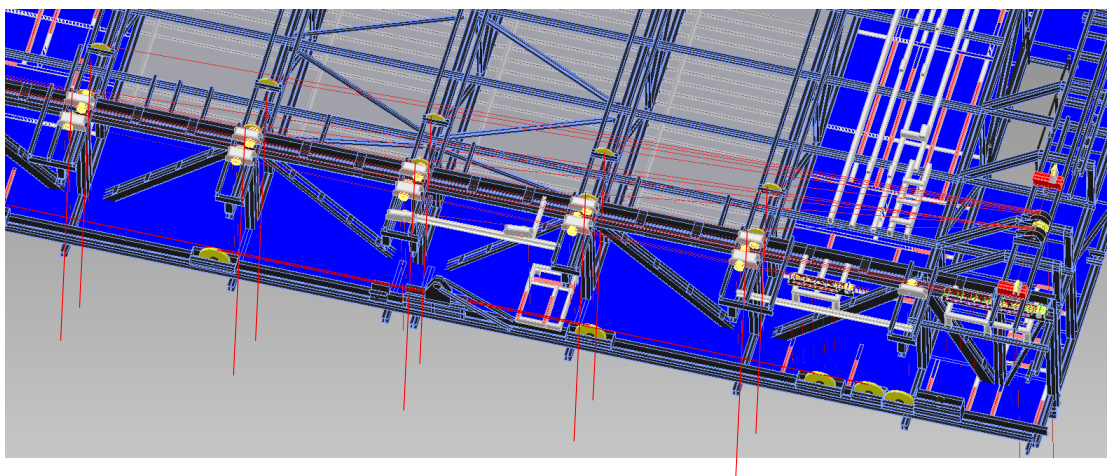
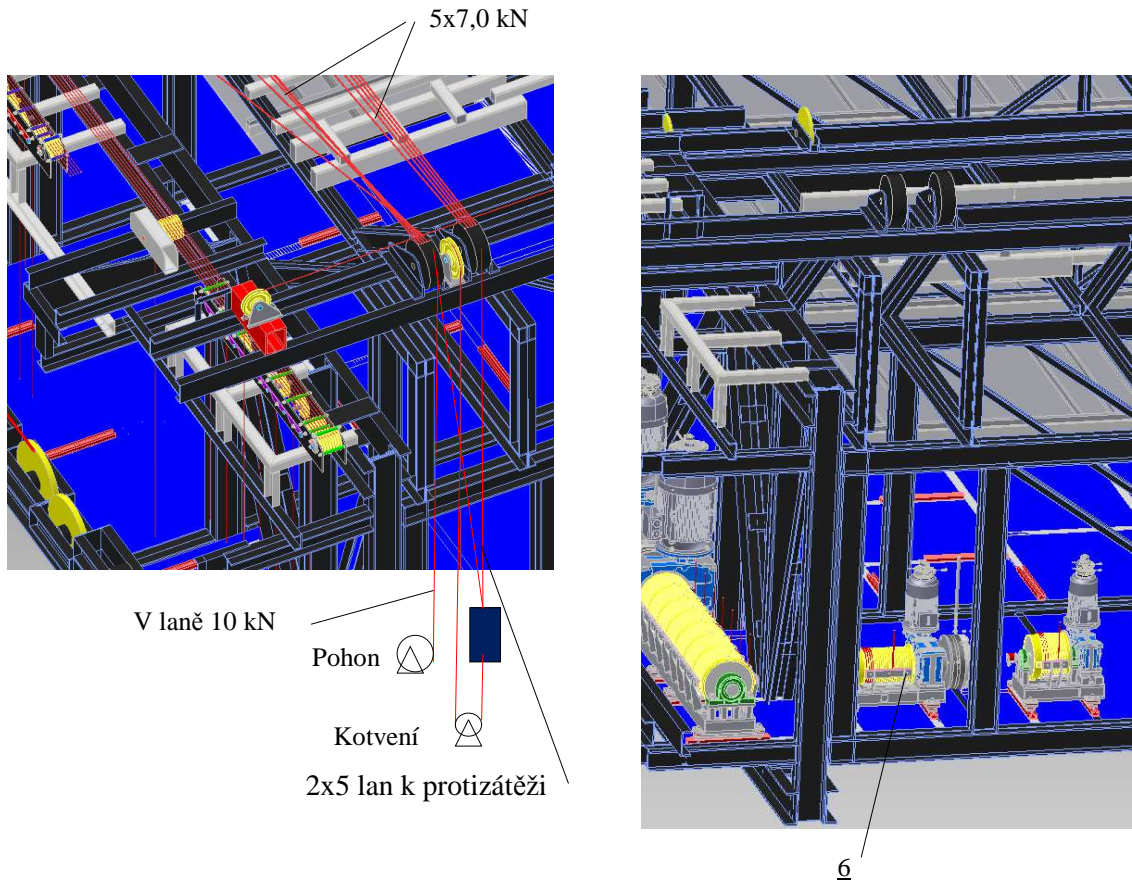
5 Zvedaná a rozhrnovaná opona TOP - 7 lan na bubnu, tahy lan 7x1,5 kN (svodové kladky 7x zprava od 3.vazníku)



Přední svodové kladky (společně pro 4 a 5)

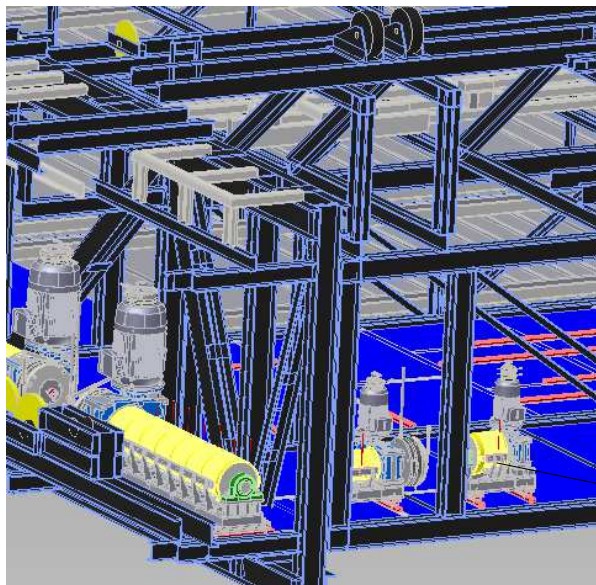


6 Portálový most PM - 1 lano na bubnu, tahy lan 2x5x7,0 kN (převáděcí kladka 260 mm od osy pásu průvlaku, mezi kladkami 1010 mm)

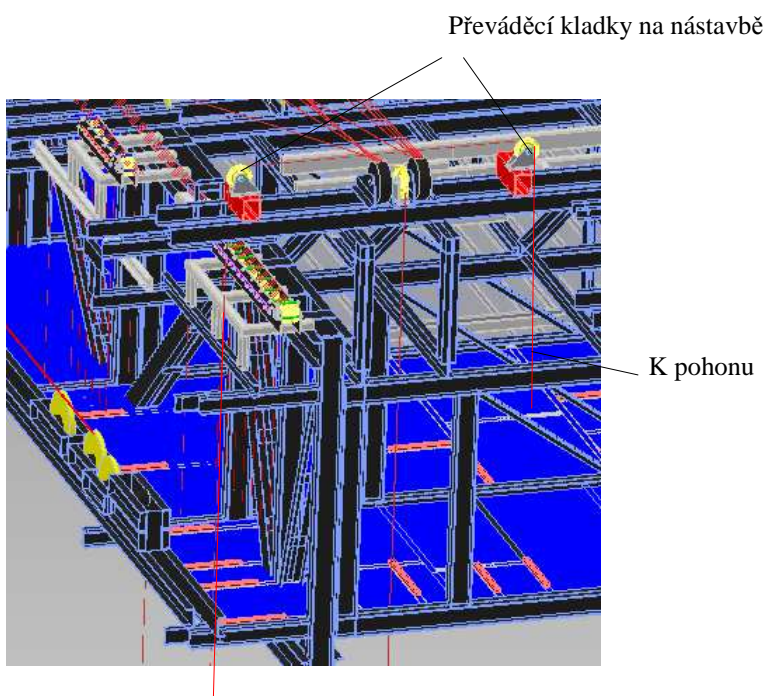


Vodorovná / svislá síla v laně 10x7,0 kN

7 Lustr L1 (nad hledištěm) - 1 lano na bubnu, tah lana 1x4,0 kN (převáděcí kladky na nástavbě provaziště)

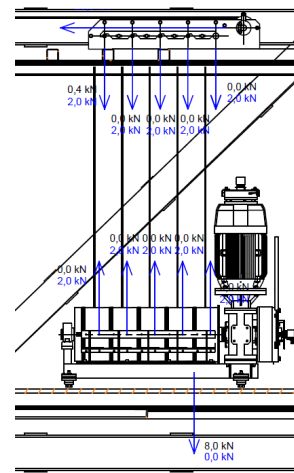
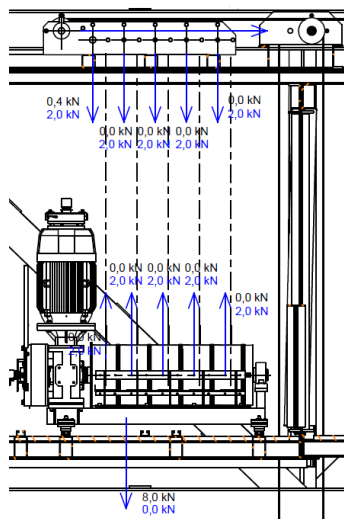
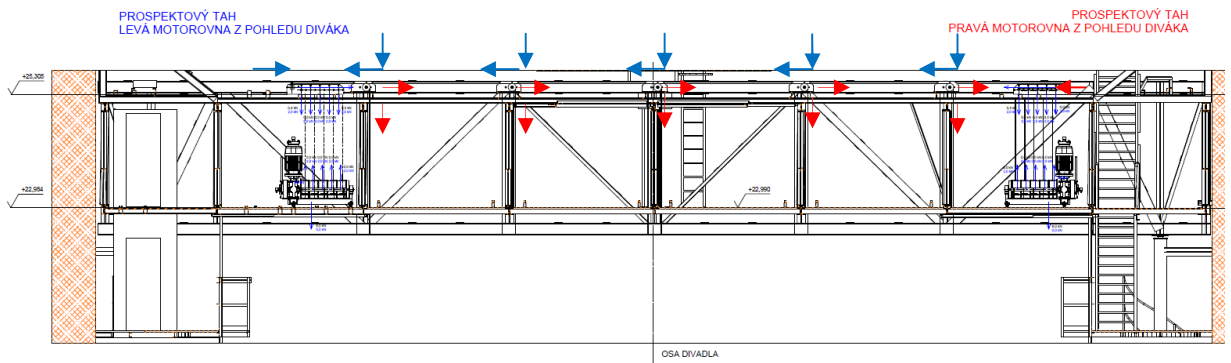


7



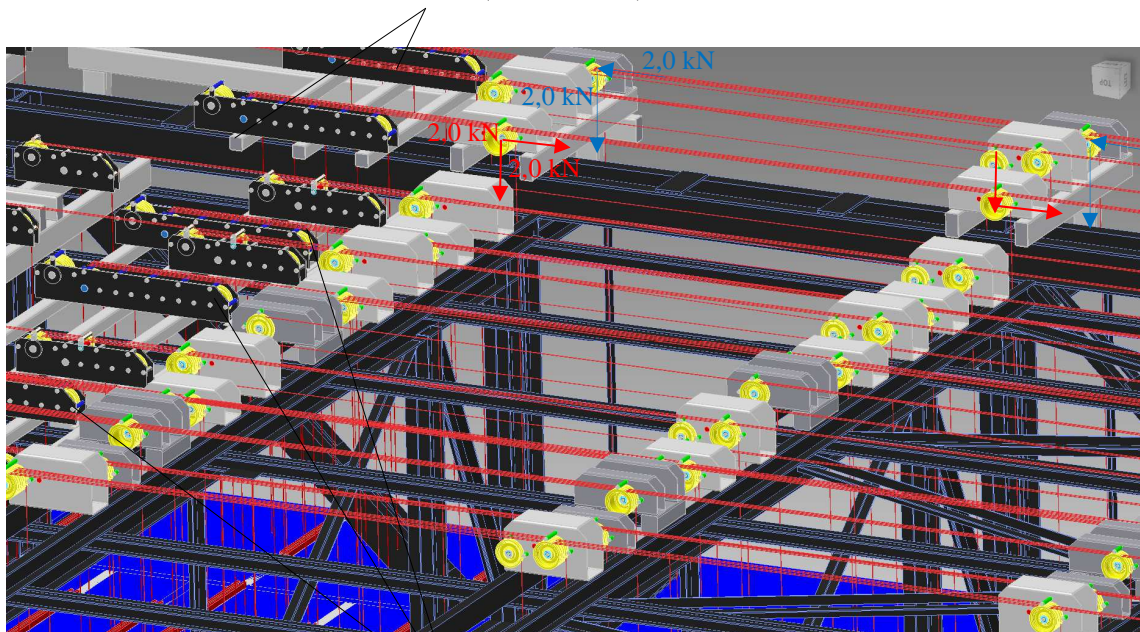
Síla v laně 1x4,0 kN

8.1 Prospektové tahy THJ hlavního jeviště (modrá dlouhá) - 10 ks levá strana, 8 ks pravá strana (5 lan na bubnu, tahy lan 5x2,0 kN, zvedají nedělenou tahovou tyč)



Levá strana

8.1 (dlouhá modrá)

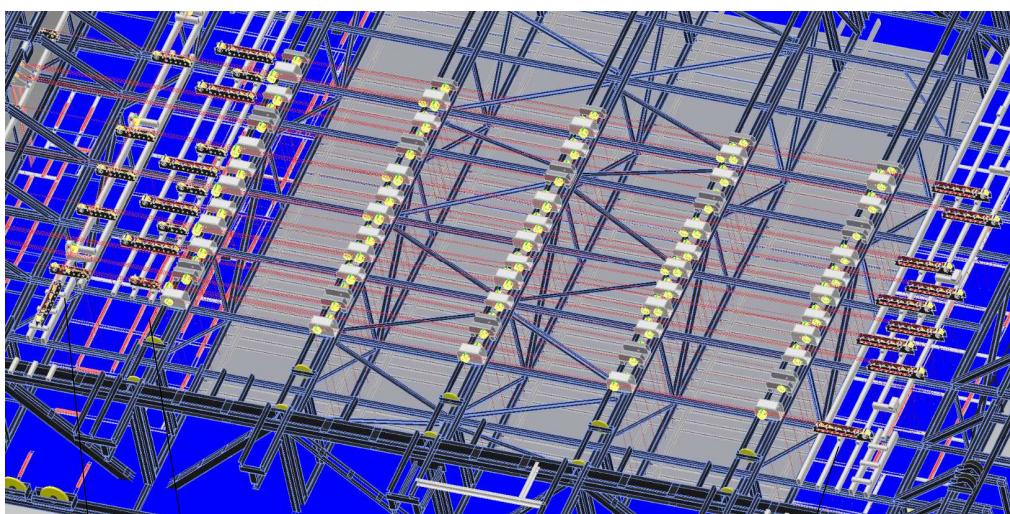
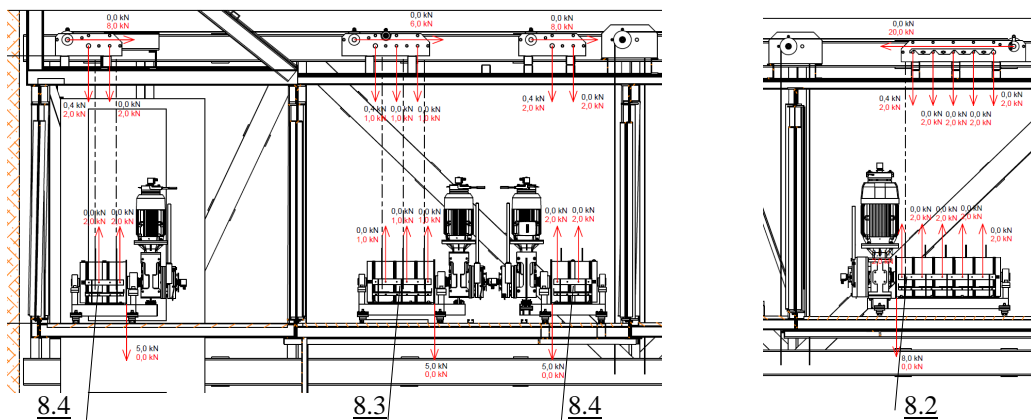
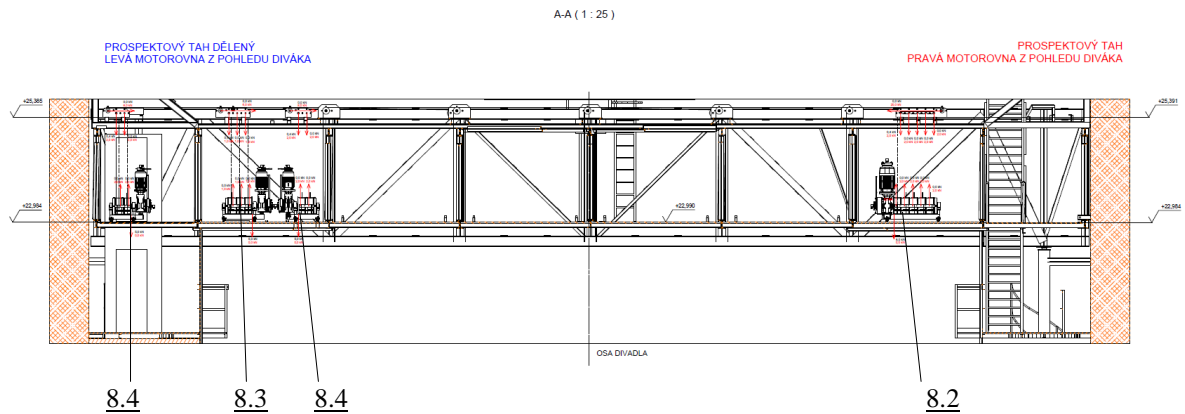


8.1 (dlouhá modrá)

8.2 Prospektové tahy THJ hlavního jeviště (červená dlouhá) - 9 ks pravá strana,
(5 lan na bubnu, tahy lan 5x2,0 kN, zvedají nedělenou tahovou tyč)

8.3 Prospektové tahy THJD hlavního jeviště (červená středně dlouhá) - 5 ks levá strana,
(3 lana na bubnu, tahy lan 3x1,0 kN, zvedají dělenou tahovou tyč)

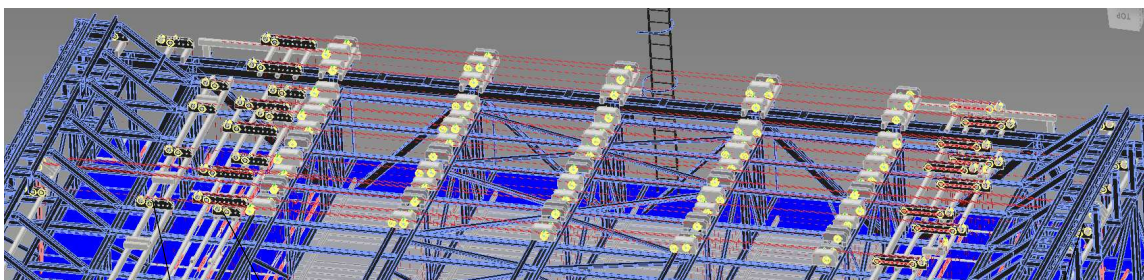
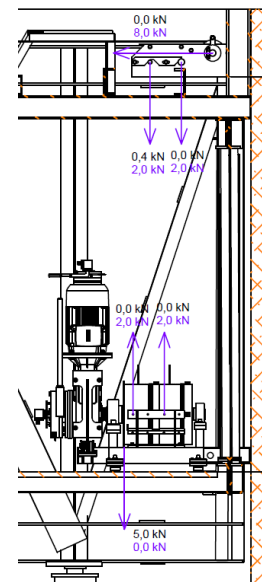
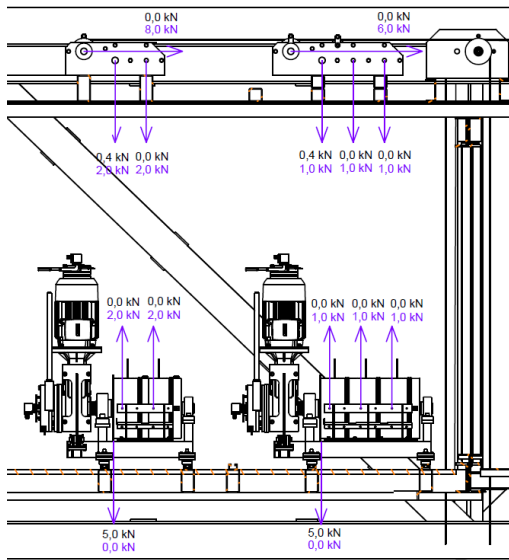
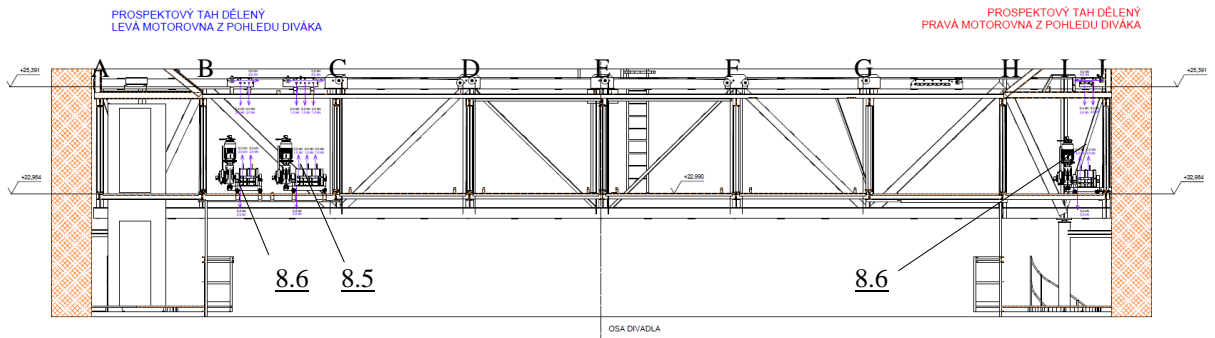
8.4 Prospektové tahy THJD hlavního jeviště (červená krátká) - 10 ks levá strana,
(2 lana na bubnu, tahy lan 2x2,0 kN, zvedají dělenou tahovou tyč)



8.4 8.3 8.2

8.5 Prospektové tahy THJD hlavního jeviště dělený (fialová středně dlouhá) - 4 ks levá strana, (3 lana na bubnu, tahy lan 3x1,0 kN - zvedají dělenou tahovou tyč)

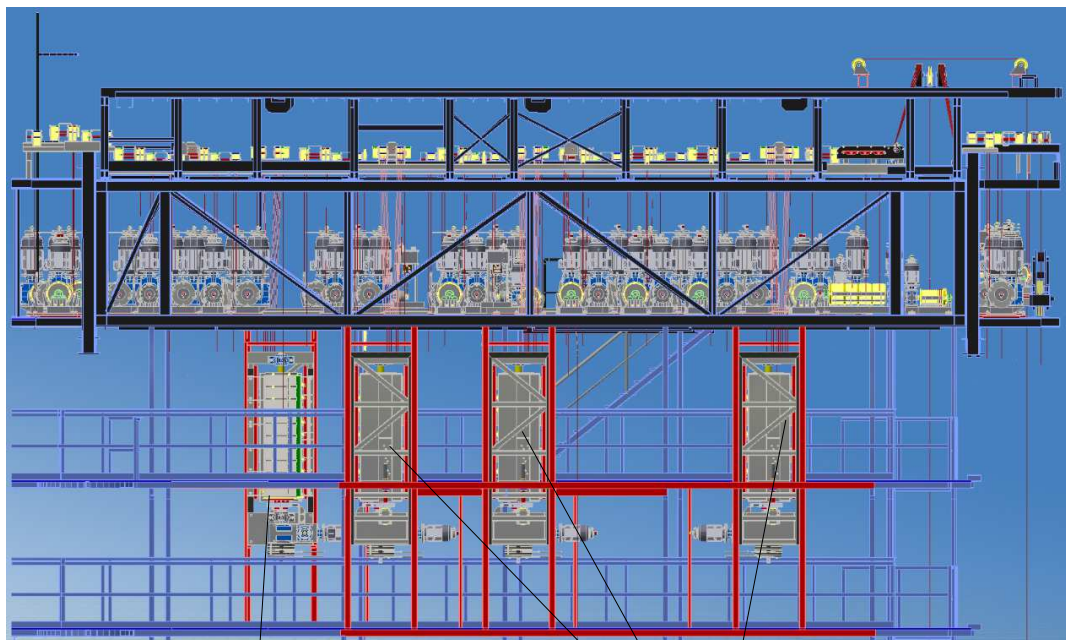
8.6 Prospektové tahy THJD hlavního jeviště dělený (fialová krátká) - 4 ks levá strana, 4ks pravá strana (2 lana na bubnu, tahy lan 2x2,0 kN - zvedají dělenou tahovou tyč)



8.6 (4x) 8.5 (4x)

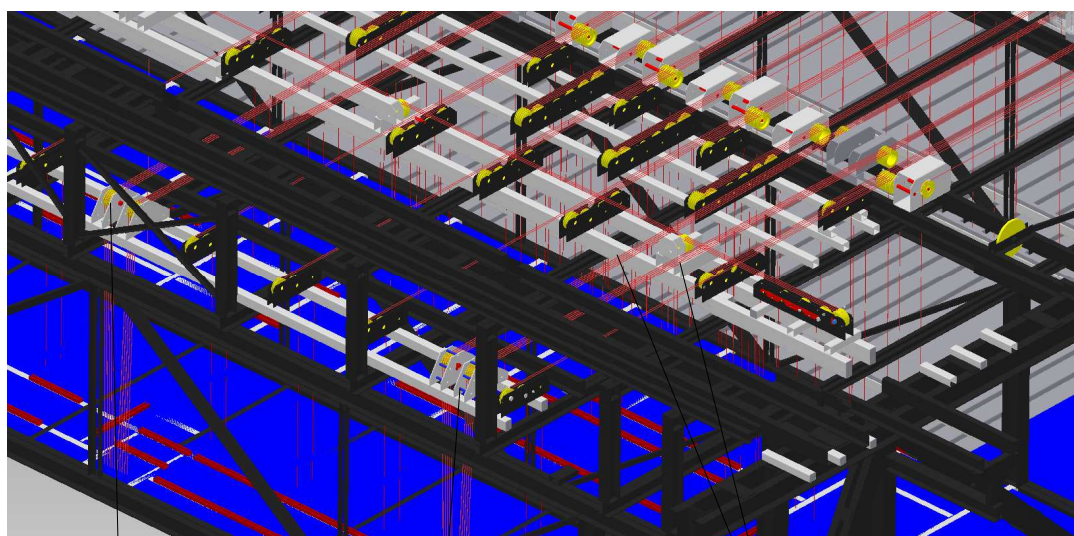
8.6 (4x)

9 Osvětlovací baterie (vlevo B1, B2 B3, vpravo B4)
(počet lan 1 pohonu 2x5 - zvedají osvětlovací baterie, síla v laně 2,0 kN)



Tah 2x5x2 kN (1x vpravo)

Tah 2x5x2 kN (3x levá strana provaziště)

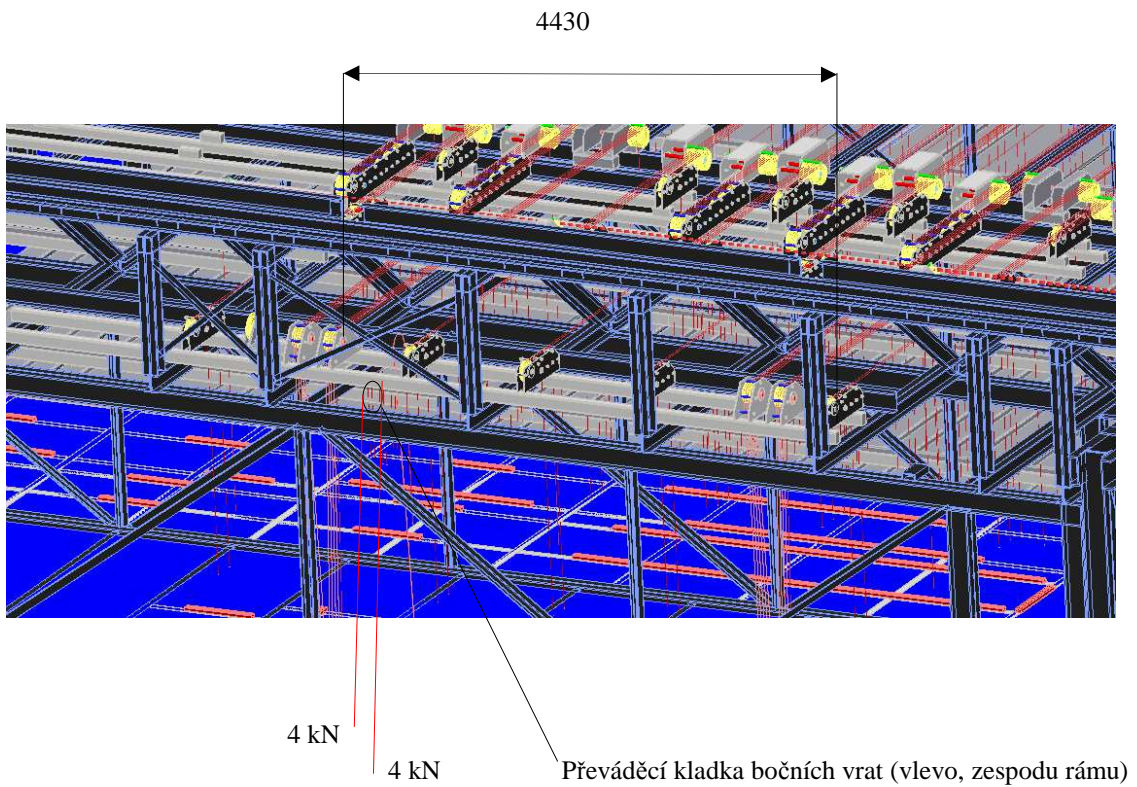
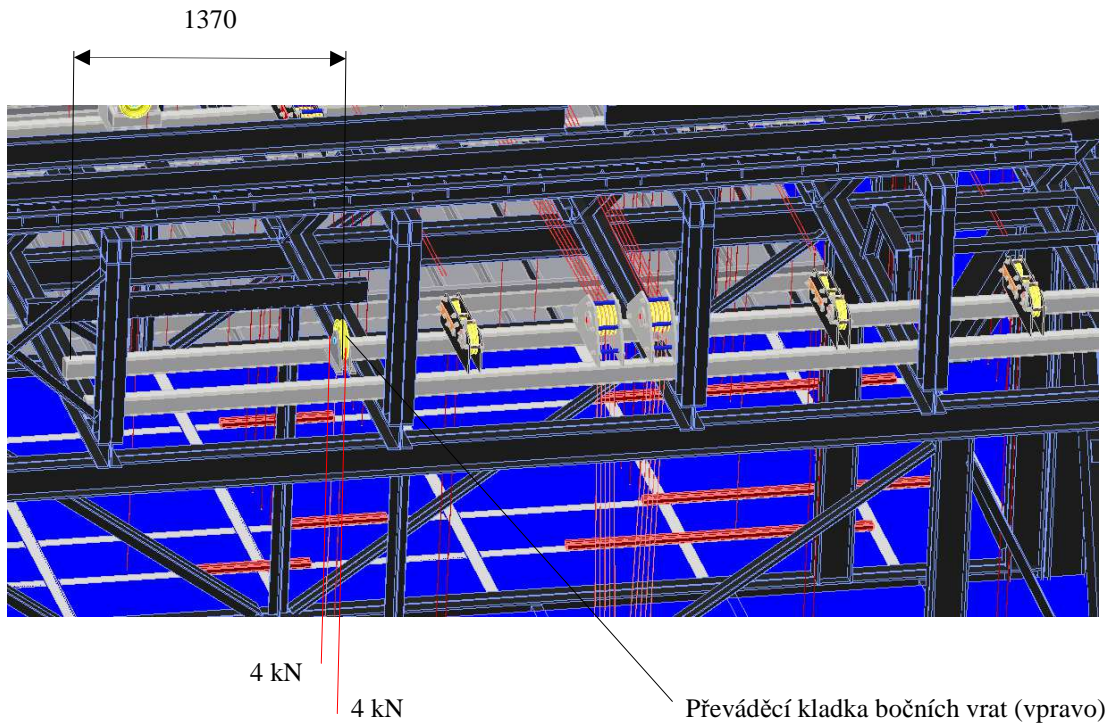


Baterie B2

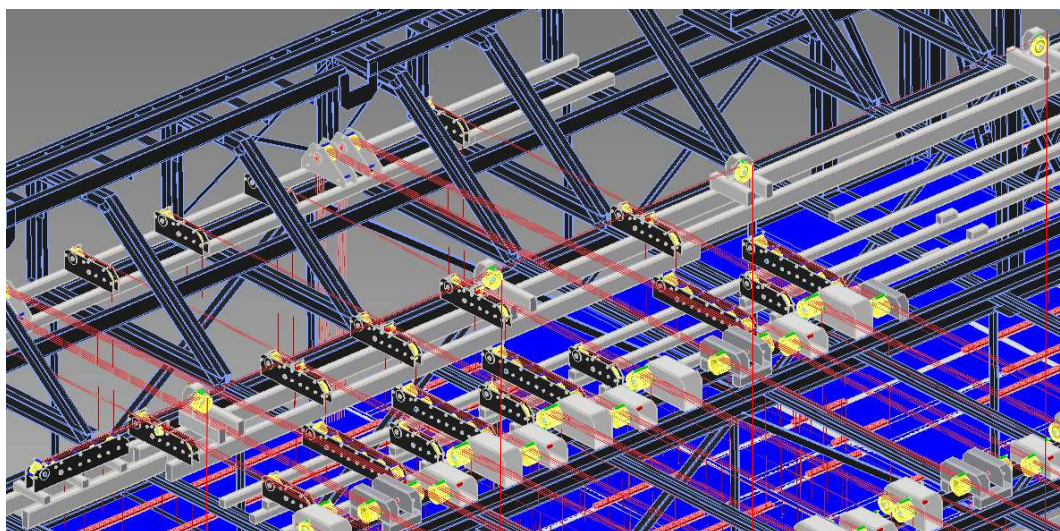
Baterie B1

2x5 lan, síla v laně 2,0 kN

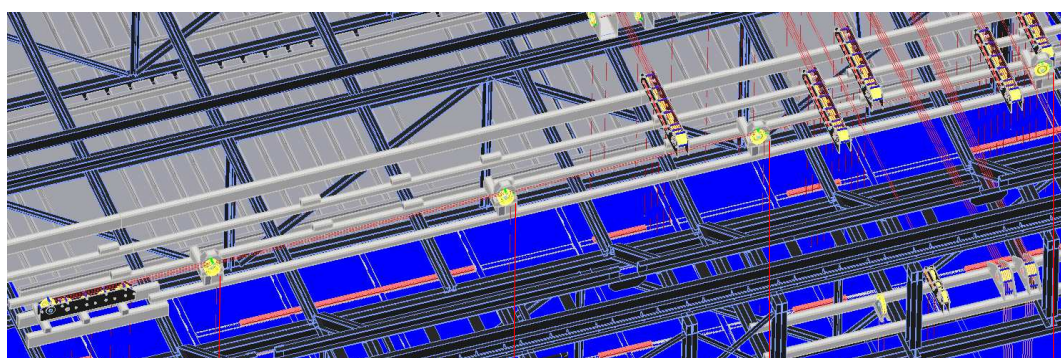
10 Pohon bočních vrat (vlevo 1 ks, vpravo 1 ks)
(1 lano na bubnu, tah lana 1x4,0 kN – zvedají se boční vrata)



- 11 Boční tah vykrytí (vlevo 1 ks, vpravo 1 ks / vlevo 1ks)
(4 lana na bubnu, tah lana 4x3,0 kN - zvedá se konstrukce bočního vykrytí)



Tah v laně 3 kN 3 kN 3 kN 3 kN

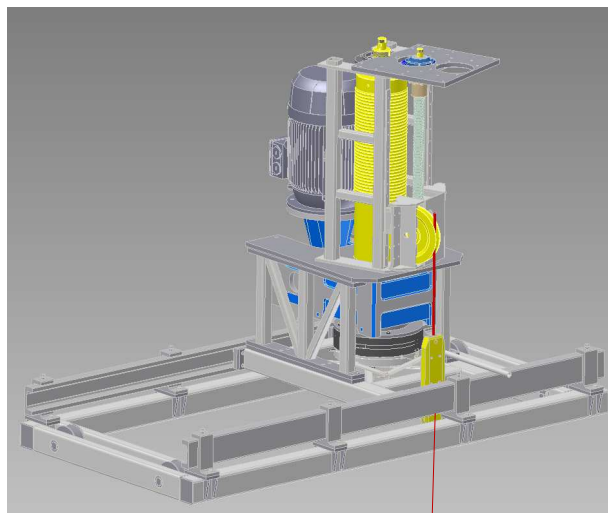


Tah v laně 3 kN 3 kN 3 kN 3 kN

14 Bodové tahy (8 ks)

Vozík bodového tahu pojíždí po kolejnici příčně na podlaze v úrovni horního pásu vazníku

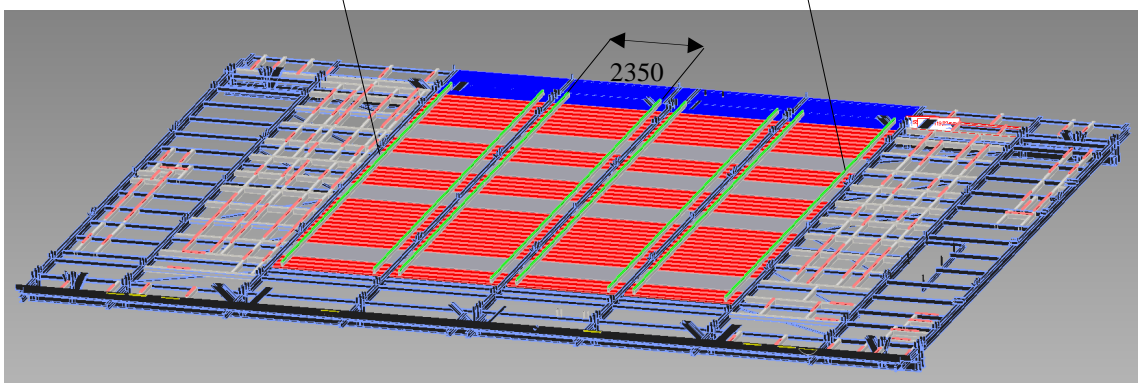
Rozvor kol vozíku	750 mm
Rozchod kol vozíku	2350 mm
Nosnost	1300 kg
Hmotnost bodového tahu (rám, pohon)	1500 kg
Počet bodů na 1 dráze	2 ks
Sjetí vozíků (mezi vnitřními koly)	600 mm
Krajní poloha pohonu na rámu	300 mm
Vzdálenost lana od kola (excentricita závěsu)	85 mm



Nosnost 1300 kg

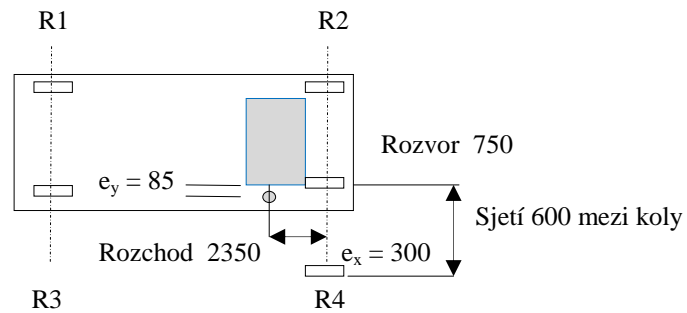
Kolejnice HR40x40 mm

Dráha Jakl 100x50x4 mm



Rozpětí dráhy bodových tahů	2350 mm
Délka dráhy	12 000 mm
Uložení na nových podlahových C profilech podlahy	

Tlaky kol podvozku bodového tahu



Rám podvozku 4,0 kN

Pohon 11,0 kN

Břemeno 13,0 kN

$$13,0 \cdot 0,3 / 2,35 = 1,66 \text{ kN}$$

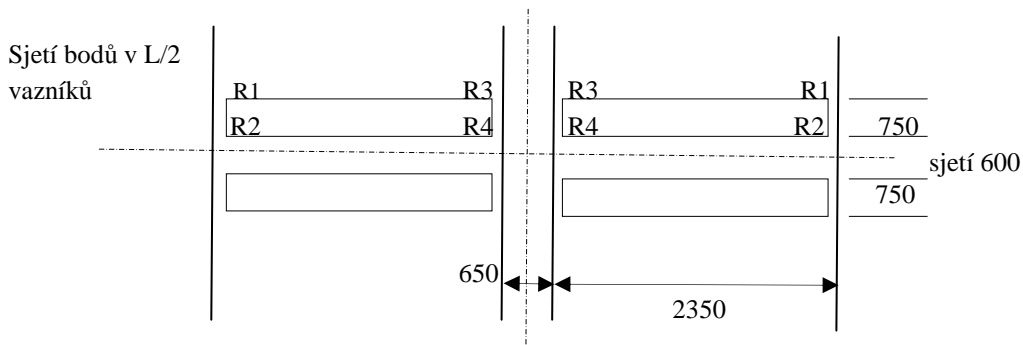
$$R1 = 4,0 / 4 + 0,5 \cdot 11,0 \cdot 0,30 / 2,35 - 1,66 \cdot 0,085 / 0,75 = 1,7 \text{ kN}$$

$$R2 = 4,0 / 4 + 0,5 \cdot 11,0 \cdot 0,30 / 2,35 + 1,66 \cdot (0,085 + 0,75) / 0,75 = 3,4 \text{ kN}$$

$$13,0 \cdot 2,05 / 2,35 = 11,34 \text{ kN}$$

$$R3 = 4,0 / 4 + 0,5 \cdot 11,0 \cdot 2,05 / 2,35 - 11,34 \cdot 0,085 / 0,75 = 4,5 \text{ kN}$$

$$R4 = 4,0 / 4 + 0,5 \cdot 11,0 \cdot 2,05 / 2,35 + 11,34 \cdot (0,085 + 0,75) / 0,75 = 18,4 \text{ kN}$$

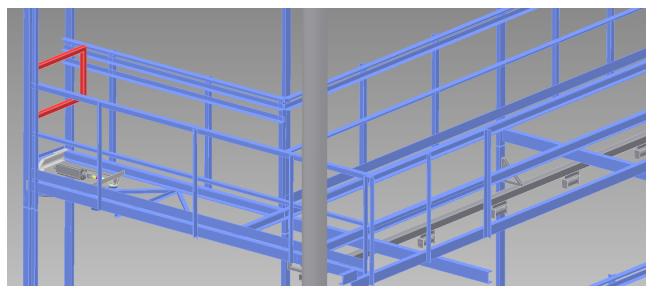


6.3.2 Proměnné zatížení obslužných lávek (charakteristické hodnoty)

Charakteristická hodnota zatížení 2,5 kN/m²

Šířka lávky 900 / 1800 mm

Rovnoměrné zatížení 1 nosníku lávky 2,5 · 1,35 / 2 = 1,68 kN/m



Dílčí součinitel zatížení od proměnného zatížení

$$\gamma_G = 4,0$$

6.4 Kombinace zatížení

Základní kombinace zatížení

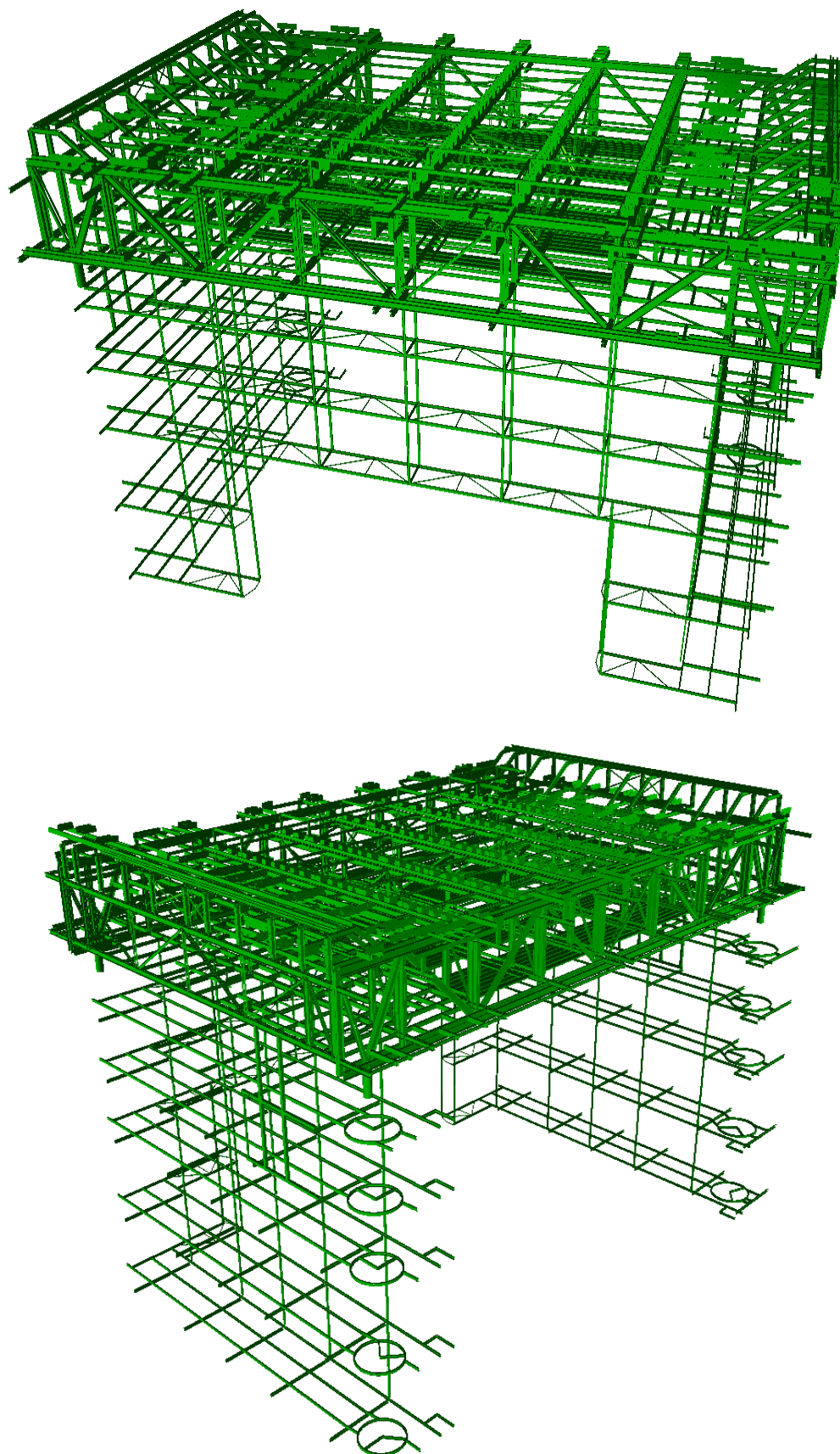
1. Tahy THJ - současně působí 8 tahů THJ (nedělené)
2. Bodové tahy 8 ks v poloze střed / kraj při sjetí na 600 mm mezi vnitřními koly
3. Tahy THJD - současně působí 6 tahů THJD (dělené)

Pro polohu bodových tahů střed (ve středu rozpětí vazníku) působí vybrané tahy THJ a THJD blíže středu.

Pro polohu bodových tahů kraj (v kraji rozpětí vazníku) působí vybrané tahy THJ a THJD blíže kraji.

Součinitel kombinace zatížení $\Psi = 1,0$

7. Výpočet vnitřních sil, posouzení stávajících a nových profilůprofilů



Výpis materiálu**Skupina prutů : 1/5831**

čís.	Jméno	Jednotk.hm. délka		váha
		kg/mm	mm	
1	Vazník-horní a dolní pás (U180,10)	43.96	250920.00	11030.44
2	Vazník-Svislice kraj (U180,10)	43.96	75600.00	3323.38
3	Vazník-Svislice střed (L50/5,10)	7.54	56700.00	427.29
4	Vazník-Diagonála kraj<180> (L65/6,10)	11.82	21130.84	249.81
5	Vazník-Diagonála vnitřní sestupná<180> (L50/5,10)	7.54	63722.29	480.21
6	Vazník-Diagonála vnitřní vzestupná<180> (L70/6,10)	12.80	63722.29	815.36
7	Podélníky na vazníku střed (U80,10)	17.27	198000.00	3419.46
8	Průvlak-Horní a dolní pás (U240,200)	66.41	90640.00	6019.49
9	Průvlak-Svislice příčnicku (U200,10)	50.55	63000.00	3184.90
10	Průvlak-Diagonála převis<180> (H75/75/7,200)	15.62	12587.30	196.63
11	Průvlak-Diagonály kraj (U200,10)	50.55	13208.72	667.75
12	Průvlak-Diagonála střed<180> (H65/65/7,200)	13.66	16970.56	231.80
13	Průvlak-Diagonála sestupná (U160,10)	37.68	16970.56	639.45
14	Diagonála příčnicku vzestupná (U200,10)	50.55	16970.56	857.93
15	Horní vodorovné ztužení (L50/6,6)	8.93	65970.73	589.34
16	Krajní nástavba (U140,4)	32.03	141651.74	4536.82
17	Podlahové nosníky střed (I100)	8.32	178790.07	1487.71
18	Příčnicky pod kladkami (U140,380)	32.03	67900.00	2174.70
19	Krajní nástavba-Spoj. nosník (U100,90)	21.20	24400.00	517.16
20	Dolní vodorovné ztužení (H60/60/6)	5.42	45168.43	245.01
21	Podpěra-Sloup 4x (B267/10)	62.76	4000.00	251.06
22	Průvlak-Konzoly 1,2m (U140,10)	32.03	45640.00	1461.76
23	Průvlak-Konzoly 1,2m (U140)	16.01	2430.00	38.91
24	Průvlak-Konzoly 1,2m střed (I140,500)	28.57	1120.00	32.00
25	Nosník mezi konzolami,podlaha (I100)	8.32	64650.92	537.96
26	Nosník na konzole (U180,130)	43.96	27095.00	1191.10
27	Horní konzola (U140,375)	32.03	6550.00	209.78
28	Horní Konzola-čelo (U140)	16.01	15509.83	248.37
29	Horní Konzola (U140)	16.01	1310.00	20.98
30	Nástavba-Dvojice U160 (U160)	18.84	56000.00	1055.04
31	Nástavba uvnitř-U160 (U160)	18.84	17960.00	338.37
32	Nástavba-Ztužení (H45/45/4)	2.74	12855.65	35.22
33	Nástavba-Stojan (U80)	8.63	5169.42	44.64
34	Nový-Horní krajní (AC100/80/5)	13.35	25220.00	336.56
35	Nový-Horní vnitřní (AC160/80/5)	18.06	42000.00	758.31
36	Nový-Horní vnitřní (K80/80/5)	11.78	99415.00	1170.61
37	Nový-Horní na konzole (AC160/80/5)	18.06	3500.00	63.19
38	Nový-Horní na konzole (AC140/80/5)	16.48	30760.00	507.08
39	Nový-Dolní (AC120/80/5)	14.92	46170.28	688.63
40	Nový-Dolní (AC140/80/5)	16.48	202418.08	3336.86
41	Nový Horní na konzole (U140)	16.01	3369.00	53.95

čís.	Jméno	Jednotk.hm.		váha
		kg/mm	mm	
42	Nový Horní na konzole (U120)	13.35	5650.00	75.40
43	Stávající Horní na konzole (U120)	13.35	2470.00	32.96
44	Podlahové nosníky kraj.pole (U120)	13.35	41230.53	550.22
45	Podlahový profil U 200x50x5 (Polygon)	11.38	395363.67	4500.23
46	Drážka (AC100/50/4)	8.95	79466.62	711.15
47	Lávka-nosníky lávky (U100)	10.60	647988.48	6867.06
48	Lávka-Závěsy, příčníky (U80)	8.63	247050.00	2133.28
49	Lávka-konzoly (U120)	13.35	147685.00	1970.86
50	Lávky-Vodorov. ztužení (L35/4)	2.10	99557.09	208.67
51	Rám baterií (K100/100/5)	14.76	37460.00	552.83
52	Rám baterií (U100)	21.20	23420.00	496.39
53	Rám baterií (K50/50/5)	7.06	2310.00	16.32
54	Rám kladek-pomocný (K360/220/10)	87.92	30690.00	2698.26
55	Rám kladek na konzole-pomocný (K150/100/5)	18.84	6300.00	118.69
56	Rám kladek nad pohonem-pomocný<270> (85,6,200,6,10)	22.28	63600.00	1416.90
57	Rám kladek na konzole-pomocný (K200/200/6)	36.27	2428.00	88.06
58	Rám kladek na konzole-pomocný (K200/150/6)	31.87	2428.00	77.38
59	Rám kladek na konzole-pomocný (K200/100/6)	26.16	2299.53	60.15
60	2 U box (U200)	50.55	1000.00	50.55
61	Lávka rozváděčů-rám (U100)	10.60	61200.00	648.57
62	Rám kladek nad pohonem-pomocný<90> (85,6,200,6,10)	22.28	450.00	10.03

Celková hmotnost konstrukce : 76758.99 kg

Nátěrová plocha : 2492671788.38 mm²

Zatěžovací stavy

Stav	Jméno	souč.	Popis
1	Vlastní tíha	1.35	Vlastní váha
2	Stálé-Rošty ploš.0,1kN/m kolej0,2kN/m	1.35	Stálé
3	Stálé-Pohony 8,0/5,0 kN na nových nos.	1.35	Stálé
4	Prospektivní tah THJ1	4.00	Stálé
5	Prospektivní tah THJD1	4.00	Stálé
6	Baterie B1	4.00	Stálé
7	Baterie B2	4.00	Stálé
8	Baterie B3	4.00	Stálé
9	Baterie B4	4.00	Stálé
10	Prospektivní tah THJ2	4.00	Stálé
11	Prospektivní tah THJD6	4.00	Stálé
12	Tah pro Bobinet TBO	4.00	Stálé
13	Portálový most PM	4.00	Stálé
14	Prospektivní tah THJ4	4.00	Stálé
15	Prospektivní tah THJ7	4.00	Stálé
16	Prospektivní tah THJ10	4.00	Stálé
17	Prospektivní tah THJ13	4.00	Stálé

Stav	Jméno	souč.	Popis
18	Prospektivní tah THJ17	4.00	Stálé
19	Prospektivní tah THJ20	4.00	Stálé
20	Prospektivní tah THJ23	4.00	Stálé
21	Prospektivní tah THJ26	4.00	Stálé
22	Prospektivní tah THJ3	4.00	Stálé
23	Prospektivní tah THJ6	4.00	Stálé
24	Prospektivní tah THJ9	4.00	Stálé
25	Prospektivní tah THJ12	4.00	Stálé
26	Prospektivní tah THJ16	4.00	Stálé
27	Prospektivní tah THJ19	4.00	Stálé
28	Prospektivní tah THJ22	4.00	Stálé
29	Prospektivní tah THJ25	4.00	Stálé
30	Portálový tah POT	4.00	Stálé
31	Požární opona PO-zdvih	4.00	Stálé
32	Tah pro slavnostní oponu TSOP	4.00	Stálé
33	Tah pro oponu TOP	4.00	Stálé
34	Tah-Lustr L1	4.00	Stálé
35	Prospektivní tah THJ5	4.00	Stálé
36	Prospektivní tah THJ8	4.00	Stálé
37	Prospektivní tah THJ11	4.00	Stálé
38	Prospektivní tah THJ14	4.00	Stálé
39	Prospektivní tah THJ15	4.00	Stálé
40	Prospektivní tah THJ18	4.00	Stálé
41	Prospektivní tah THJ21	4.00	Stálé
42	Prospektivní tah THJ24	4.00	Stálé
43	Zadní horizont ZH	4.00	Stálé
44	Pohony 1-mezi vazníky A-B 8(5)kN	1.35	Stálé
45	Požární opona PO-vyvážení 8x40kN	4.00	Stálé
46	Lávka rozv.-lávka4kN(dopl.),rozv.80kN	1.35	Stálé
47	Prospektivní tah THJD2	4.00	Stálé
48	Prospektivní tah THJD3	4.00	Stálé
49	Prospektivní tah THJD5	4.00	Stálé
50	Prospektivní tah THJD4	4.00	Stálé
51	Prospektivní tah THJD7	4.00	Stálé
52	Prospektivní tah THJD8	4.00	Stálé
53	Prospektivní tah THJD9	4.00	Stálé
54	Tah bočních výkrytů 4x3kN (příčný)	4.00	Stálé
55	Boční vrata levá/pravá 2x4kN	4.00	Stálé
56	Bodové tahy 8 ks, sjetí střed vazníku	4.00	Stálé
57	Bodové tahy 8 ks, sjetí kraj vazníku	4.00	Stálé
58	Stálé-Kladky svod.a přev. 0,5kN/m	1.35	Stálé
59	Stálé-Podl.rošty 0,3 kN/m2(0,20kN/m)	1.35	Stálé
60	Stálé-Zábradlí 0,15 kN/m	1.35	Stálé
61	Proměnné na lávkách 2,5kN/m2(1,68kN/m)	1.35	Stálé

Kombinace

Kombi	Norma	Stav	souč.
1	ČSN - únosnost	1 Vlastní tíha	1.00
1	ČSN - únosnost	2 Stálé-Rošty ploš.0,1kN/m kolej0,2kN/m	1.00
1	ČSN - únosnost	3 Stálé-Pohony 8,0/5,0 kN na nových nos.	1.00
1	ČSN - únosnost	58 Stálé-Kladky svod.a přev. 0,5kN/m	1.00
1	ČSN - únosnost	59 Stálé-Podl.rošty 0,3 kN/m ² (0,20kN/m)	1.00
1	ČSN - únosnost	60 Stálé-Zábradlí 0,15 kN/m	1.00
2	ČSN - únosnost	1 Vlastní tíha	1.00
2	ČSN - únosnost	2 Stálé-Rošty ploš.0,1kN/m kolej0,2kN/m	1.00
2	ČSN - únosnost	3 Stálé-Pohony 8,0/5,0 kN na nových nos.	1.00
2	ČSN - únosnost	4 Prospektový tah THJ1	1.00
2	ČSN - únosnost	5 Prospektový tah THJD1	1.00
2	ČSN - únosnost	6 Baterie B1	1.00
2	ČSN - únosnost	7 Baterie B2	1.00
2	ČSN - únosnost	8 Baterie B3	1.00
2	ČSN - únosnost	9 Baterie B4	1.00
2	ČSN - únosnost	10 Prospektový tah THJ2	1.00
2	ČSN - únosnost	11 Prospektový tah THJD6	1.00
2	ČSN - únosnost	12 Tah pro Bobinet TBO	1.00
2	ČSN - únosnost	13 Portálový most PM	1.00
2	ČSN - únosnost	14 Prospektový tah THJ4	1.00
2	ČSN - únosnost	15 Prospektový tah THJ7	1.00
2	ČSN - únosnost	16 Prospektový tah THJ10	1.00
2	ČSN - únosnost	17 Prospektový tah THJ13	1.00
2	ČSN - únosnost	18 Prospektový tah THJ17	1.00
2	ČSN - únosnost	19 Prospektový tah THJ20	1.00
2	ČSN - únosnost	20 Prospektový tah THJ23	1.00
2	ČSN - únosnost	21 Prospektový tah THJ26	1.00
2	ČSN - únosnost	22 Prospektový tah THJ3	1.00
2	ČSN - únosnost	23 Prospektový tah THJ6	1.00
2	ČSN - únosnost	24 Prospektový tah THJ9	1.00
2	ČSN - únosnost	25 Prospektový tah THJ12	1.00
2	ČSN - únosnost	26 Prospektový tah THJ16	1.00
2	ČSN - únosnost	27 Prospektový tah THJ19	1.00
2	ČSN - únosnost	28 Prospektový tah THJ22	1.00
2	ČSN - únosnost	29 Prospektový tah THJ25	1.00
2	ČSN - únosnost	30 Portálový tah POT	1.00
2	ČSN - únosnost	31 Požární opona PO-zdvih	1.00
2	ČSN - únosnost	32 Tah pro slavnostní oponu TSOP	1.00
2	ČSN - únosnost	33 Tah pro oponu TOP	1.00
2	ČSN - únosnost	34 Tah-Lustr L1	1.00
2	ČSN - únosnost	35 Prospektový tah THJ5	1.00
2	ČSN - únosnost	36 Prospektový tah THJ8	1.00
2	ČSN - únosnost	37 Prospektový tah THJ11	1.00
2	ČSN - únosnost	38 Prospektový tah THJ14	1.00
2	ČSN - únosnost	39 Prospektový tah THJ15	1.00

Kombi	Norma	Stav	souč.
2	ČSN - únosnost	40 Prospektový tah THJ18	1.00
2	ČSN - únosnost	41 Prospektový tah THJ21	1.00
2	ČSN - únosnost	42 Prospektový tah THJ24	1.00
2	ČSN - únosnost	43 Zadní horizont ZH	1.00
2	ČSN - únosnost	44 Pohony 1-mezi vazníky A-B 8(5)kN	1.00
2	ČSN - únosnost	45 Požární opona PO-vyvážení 8x40kN	1.00
2	ČSN - únosnost	46 Lávka rozv.-lávka4kN(dopl.),rozv.80kN	1.00
2	ČSN - únosnost	47 Prospektový tah THJD2	1.00
2	ČSN - únosnost	48 Prospektový tah THJD3	1.00
2	ČSN - únosnost	49 Prospektový tah THJD5	1.00
2	ČSN - únosnost	50 Prospektový tah THJD4	1.00
2	ČSN - únosnost	51 Prospektový tah THJD7	1.00
2	ČSN - únosnost	52 Prospektový tah THJD8	1.00
2	ČSN - únosnost	53 Prospektový tah THJD9	1.00
2	ČSN - únosnost	54 Tah bočních výkrytů 4x3kN (příčný)	1.00
2	ČSN - únosnost	55 Boční vrata levá/pravá 2x4kN	1.00
2	ČSN - únosnost	56 Bodové tahy 8 ks, sjetí střed vazníku	1.00
2	ČSN - únosnost	58 Stálé-Kladky svod.a přev. 0,5kN/m	1.00
2	ČSN - únosnost	59 Stálé-Podl.rošty 0,3 kN/m2(0,20kN/m)	1.00
2	ČSN - únosnost	60 Stálé-Zábradlí 0,15 kN/m	1.00
2	ČSN - únosnost	61 Proměnné na lávkách 2,5kN/m2(1,68kN/m)	1.00
3	ČSN - únosnost	1 Vlastní tíha	1.00
3	ČSN - únosnost	2 Stálé-Rošty ploš.0,1kN/m kolej0,2kN/m	1.00
3	ČSN - únosnost	3 Stálé-Pohony 8,0/5,0 kN na nových nos.	1.00
3	ČSN - únosnost	4 Prospektový tah THJ1	1.00
3	ČSN - únosnost	5 Prospektový tah THJD1	1.00
3	ČSN - únosnost	6 Baterie B1	1.00
3	ČSN - únosnost	7 Baterie B2	1.00
3	ČSN - únosnost	8 Baterie B3	1.00
3	ČSN - únosnost	9 Baterie B4	1.00
3	ČSN - únosnost	10 Prospektový tah THJ2	1.00
3	ČSN - únosnost	11 Prospektový tah THJD6	1.00
3	ČSN - únosnost	12 Tah pro Bobinet TBO	1.00
3	ČSN - únosnost	13 Portálový most PM	1.00
3	ČSN - únosnost	14 Prospektový tah THJ4	1.00
3	ČSN - únosnost	15 Prospektový tah THJ7	1.00
3	ČSN - únosnost	16 Prospektový tah THJ10	1.00
3	ČSN - únosnost	17 Prospektový tah THJ13	1.00
3	ČSN - únosnost	18 Prospektový tah THJ17	1.00
3	ČSN - únosnost	19 Prospektový tah THJ20	1.00
3	ČSN - únosnost	20 Prospektový tah THJ23	1.00
3	ČSN - únosnost	21 Prospektový tah THJ26	1.00
3	ČSN - únosnost	22 Prospektový tah THJ3	1.00
3	ČSN - únosnost	23 Prospektový tah THJ6	1.00
3	ČSN - únosnost	24 Prospektový tah THJ9	1.00
3	ČSN - únosnost	25 Prospektový tah THJ12	1.00
3	ČSN - únosnost	26 Prospektový tah THJ16	1.00
3	ČSN - únosnost	27 Prospektový tah THJ19	1.00

Kombi	Norma	Stav	souč.
3	ČSN - únosnost	28 Prospektový tah THJ22	1.00
3	ČSN - únosnost	29 Prospektový tah THJ25	1.00
3	ČSN - únosnost	30 Portálový tah POT	1.00
3	ČSN - únosnost	31 Požární opona PO-zdvih	1.00
3	ČSN - únosnost	32 Tah pro slavnostní oponu TSOP	1.00
3	ČSN - únosnost	33 Tah pro oponu TOP	1.00
3	ČSN - únosnost	34 Tah-Lustr L1	1.00
3	ČSN - únosnost	35 Prospektový tah THJ5	1.00
3	ČSN - únosnost	36 Prospektový tah THJ8	1.00
3	ČSN - únosnost	37 Prospektový tah THJ11	1.00
3	ČSN - únosnost	38 Prospektový tah THJ14	1.00
3	ČSN - únosnost	39 Prospektový tah THJ15	1.00
3	ČSN - únosnost	40 Prospektový tah THJ18	1.00
3	ČSN - únosnost	41 Prospektový tah THJ21	1.00
3	ČSN - únosnost	42 Prospektový tah THJ24	1.00
3	ČSN - únosnost	43 Zadní horizont ZH	1.00
3	ČSN - únosnost	44 Pohony 1-mezi vazníky A-B 8(5)kN	1.00
3	ČSN - únosnost	45 Požární opona PO-vyvážení 8x40kN	1.00
3	ČSN - únosnost	46 Lávka rozv.-lávka4kN(dopl.),rozv.80kN	1.00
3	ČSN - únosnost	47 Prospektový tah THJD2	1.00
3	ČSN - únosnost	48 Prospektový tah THJD3	1.00
3	ČSN - únosnost	49 Prospektový tah THJD5	1.00
3	ČSN - únosnost	50 Prospektový tah THJD4	1.00
3	ČSN - únosnost	51 Prospektový tah THJD7	1.00
3	ČSN - únosnost	52 Prospektový tah THJD8	1.00
3	ČSN - únosnost	53 Prospektový tah THJD9	1.00
3	ČSN - únosnost	54 Tah bočních výkrytů 4x3kN (příčný)	1.00
3	ČSN - únosnost	55 Boční vrata levá/pravá 2x4kN	1.00
3	ČSN - únosnost	56 Bodové tahy 8 ks, sjetí střed vazníku	1.00
3	ČSN - únosnost	57 Bodové tahy 8 ks, sjetí kraj vazníku	1.00
3	ČSN - únosnost	58 Stálé-Kladky svod.a přev. 0,5kN/m	1.00
3	ČSN - únosnost	59 Stálé-Podl.rošty 0,3 kN/m2(0,20kN/m)	1.00
3	ČSN - únosnost	60 Stálé-Zábradlí 0,15 kN/m	1.00
3	ČSN - únosnost	61 Proměnné na lávkách 2,5kN/m2(1,68kN/m)	1.00

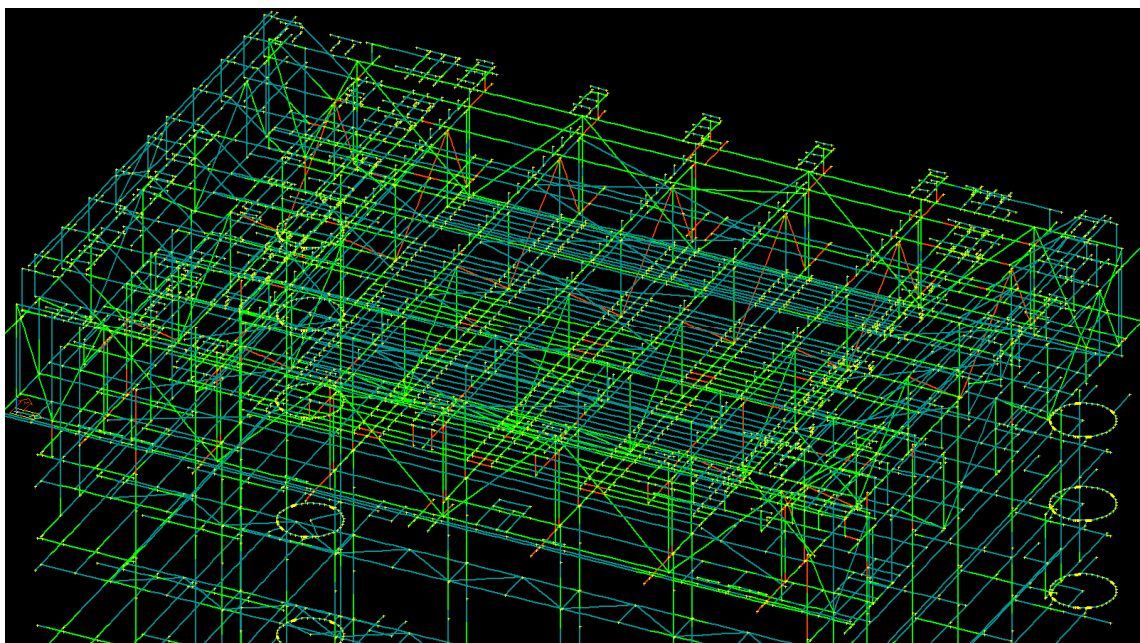
Výpis všech zatěží. kombinací na spolehlivost

1/ 1 : +1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.35*ZS3+1.35*ZS58+1.35*ZS59+1.35*ZS60

2/ 2 : +1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.35*ZS3+1.50*ZS4+1.50*ZS5+1.30*ZS6+1.50*ZS7
+1.50*ZS8+1.50*ZS9+1.50*ZS10+1.50*ZS11+1.50*ZS12+1.50*ZS13+1.50*ZS14
+1.50*ZS15+1.50*ZS16+1.50*ZS17+1.50*ZS18+1.50*ZS19+1.50*ZS20+1.50*ZS21
+1.50*ZS22+1.50*ZS23+1.50*ZS24+1.50*ZS25+1.50*ZS26+1.50*ZS27+1.50*ZS28
+1.50*ZS29+1.50*ZS30+1.50*ZS31+1.50*ZS32+1.50*ZS33+1.50*ZS34+1.50*ZS35
+1.50*ZS36+1.50*ZS37+1.50*ZS38+1.50*ZS39+1.50*ZS40+1.50*ZS41+1.50*ZS42
+1.50*ZS43+1.35*ZS44+1.50*ZS45+1.35*ZS46+1.50*ZS47+1.50*ZS48+1.50*ZS49
+1.50*ZS50+1.50*ZS51+1.50*ZS52+1.50*ZS53+1.50*ZS54+1.50*ZS55+1.50*ZS56
+1.35*ZS58+1.35*ZS59+1.35*ZS60+1.35*ZS61

3/ 3 : +1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.35*ZS3+1.50*ZS4+1.50*ZS5+1.30*ZS6+1.50*ZS7
+1.50*ZS8+1.50*ZS9+1.50*ZS10+1.50*ZS11+1.50*ZS12+1.50*ZS13+1.50*ZS14

+1.50*ZS15+1.50*ZS16+1.50*ZS17+1.50*ZS18+1.50*ZS19+1.50*ZS20+1.50*ZS21
+1.50*ZS22+1.50*ZS23+1.50*ZS24+1.50*ZS25+1.50*ZS26+1.50*ZS27+1.50*ZS28
+1.50*ZS29+1.50*ZS30+1.50*ZS31+1.50*ZS32+1.50*ZS33+1.50*ZS34+1.50*ZS35
+1.50*ZS36+1.50*ZS37+1.50*ZS38+1.50*ZS39+1.50*ZS40+1.50*ZS41+1.50*ZS42
+1.50*ZS43+1.35*ZS44+1.50*ZS45+1.35*ZS46+1.50*ZS47+1.50*ZS48+1.50*ZS49
+1.50*ZS50+1.50*ZS51+1.50*ZS52+1.50*ZS53+1.50*ZS54+1.50*ZS55+1.50*ZS56
+1.50*ZS57+1.35*ZS58+1.35*ZS59+1.35*ZS60+1.35*ZS61



Grafické znázornění využití únosnosti stávajících a nově navržených profilů

Výpis **nevyhovujících profilů** stávajících profilů provaziště

1. Diagonály příčných vazníků
2. Krajní rám vazníku pro průchod (rámové kouty)
3. Krajní svislice vazníku (rám pro průchod)
4. Všechny svislice průvlastku (součást rámu pro průchod)
5. Konzoly horní / dolní na průvlastku kotvené do budovy
6. Příčné nosníky 2U140 pod svodovými kladkami - místně
7. Závěsy lávky U80 v horní části

Stávající profily budou zesíleny, nově navržené Jakly budou z materiálu S355J0, nově doplněná konstrukce bude podle výpočtu upravena a zesílena.

8. Závěr

Posouzení konstrukce provaziště z pohledu statické únosnosti bylo provedeno pro kombinaci zatížení stálého s účinky zatížení proměnného, které vyplývá z předpokládané provozní situace při užívání zařízení horní sféry jevištní technologie:

1. Všechny tahy současně, bodové tahy jsou na sjetí u vazníků, na lávkách 2,5 kN/m²
2. Všechny tahy současně, bodové tahy na sjetí v kraji vazníku, na lávkách 2,5 kN/m²
3. Jen stálé zatížení

Výsledkem statického posouzení konstrukce provaziště byly zjištěny zásadní nedostatky v jednotlivých konstrukčních uzlech, ale také v celcích samotných příhradových rámců provaziště. Jednotlivé uzly jsou natolik zatíženy vlivem statických, ale zejména dynamických účinků, že je bude nutno vhodným způsobem vyztužit což zcela jistě narazí na samotný limit nosnosti a prostorových možností provaziště, ale zejména nosných rohových sloupů. Dále bude nutné výrazným způsobem omezit dynamické zatížení ocelové konstrukce v případě havarijního brždění a rozložení samotných sil pozičně omezit, tak aby nedošlo ke koncentraci silových účinků soustředěných do jednoho styčného místa. Tento stav je nejvíce kritický pro bodové tahy, které je možné libovolně polohovat po provazišti, a jedná se tak prakticky o bodové zatížení. Dodavatel technologie horní scény musí najít takové opatření aby byl dynamický účinek bodových tahů eliminován maximálně na 2,5 násobek nominálních nosností (nominální nosnost dle DIN 59 950-1). Na základě tohoto bude proveden poziční výpočet, který musí být součástí provozního manuálu. Jeho nedodržení by mohlo vést v budoucnu ke kolapsu klíčových uzlů konstrukce.

Další doporučení se týká 4 ks pohonů osvětlovacích rámců které jsou kotveny na bocích provaziště. Tyto samotné tahy zatěžují kraje provaziště v sumě cca 120 kN, dodavatel by měl zvážit jiné konstrukční řešení (vyvážený tah, půlové lanování tahu, diskový buben ...)

S ohledem na přídatné zatížení stávající konstrukce těmito výztužnými prvky však není možné dosáhnout takové míry vyztužení, aby bylo možno provozovat technické zařízení horní sféry v libovolných polohách jednotlivých tahových jednotek (bodových tahů) a současně využívat dynamických parametrů těchto jednotek ve shodě s parametry podle projektu.

Vlivem nevhodného sjetí jednotlivých jednotek do velmi blízké polohy a současného dynamického zatížení vzniklého rychlou změnou polohy zátěže zavěšené na laně bodových tahů by mohlo dojít k překročení limitu maximálního zatížení ocelové konstrukce. V důsledku tohoto nedovoleného přetížení by mohlo následně dojít k porušení statiky celé konstrukce provaziště.

Kombinace zatížení bude proto dále nezbytné upřesnit podle skutečných provozních podmínek a to zejména s ohledem na možné sjetí bodových tahů. Tento nebezpečný stav je žádoucí zabezpečit vhodným technickým omezením, které zabezpečí pouze dovolenou vzájemnou polohu tahových jednotek.

Nepříznivý vliv dynamických účinků je žádoucí řešit odpovídajícím omezením na straně pohonů tahových jednotek a jejich řízení, a to zejména s ohledem na omezení hodnot dosahovaného zpomalení při zastavování pohybu zavěšené zátěže.

Moravské Málkovice 24.8.2018

Ing. C. Slavík