



Fakulta stavební
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Divadlo v Trutnově

Theatre Trutnov

Diplomová práce

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: doc. Ing. Martina Eliášová, CSc.

Autor: Bc. Akbota Begaly

Praha, 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci zpracovala samostatně za použití uvedené literatury a pramenů.

V Praze dne 3.1.2022

.....
Bc. Akbota Begaly

Poděkování

Chtěla bych poděkovat paní vedoucí diplomové práce, doc. Ing. Martině Eliášové, CSc., za účinnou odbornou pomoc a užitečné rady při zpracování této diplomové práce. Dále děkuji Ing. Radkovi Ziglerovi, Ph.D. Ing. Petrovi Červenkovi, Ing. Alexeji Tretyakovi za veškeré konzultace a připomínky.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Begaly** Jméno: **Akbota** Osobní číslo: **458768**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce pozemních staveb**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Divadlo v Trutnově

Název diplomové práce anglicky:

Theatre Trutnov

Pokyny pro vypracování:

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

doc. Ing. Martina Eliášová, CSc., katedra ocelových a dřevěných konstrukcí FSv

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **20.09.2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **02.01.2022**

Platnost zadání diplomové práce: _____

doc. Ing. Martina Eliášová, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomantka bere na vědomí, že je povinna vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je návrh a posouzení ocelové konstrukce čtyřpodlažního divadla uloženého na železobetonovou suterénní konstrukci. Konstrukce má obdélníkový půdorys o rozměrech 36x48 m a baziliku nad divadelním sálem ve tvaru šestiúhelníku. Budova je navržena jako ocelový skelet; prostorovou tuhost konstrukce zajišťuje ŽB jádra, svislá příhradová ztužení, tuhé stropní desky.

Statický výpočet byl proveden podle příslušných norem. Pro určení vnitřních sil konstrukce byla vymodelována v programu SCIA Engineer. Táto práce se skládá z technické zprávy, statického výpočtu, výkresové dokumentace a příloh.

Klíčová slova:

Ocelová konstrukce, skelet, obdélníkový půdorys, bazilika, ŽB jádro, příhradové ztužení, příhradový vazník, vaznice, spřažená ocelobetonová deska, stropnice, průvlaky, sloupy, konzola, kloubové styčníky, kloubová patka.

Abstract

The aim of this thesis is the design and assessment of the steel structure of a four-storey theater placed on a reinforced concrete basement. The structure has a rectangular floor plan measuring 36x48 m and a basilica above the theater hall in the shape of a hexagon. The structure is designed as a steel skeleton frame; the spatial rigidity of the structure is ensured by reinforced concrete shear cores, vertical truss bracing and rigid floor slab.

The structural design calculation was performed according to the relevant standards. To determine the internal forces of the structure, it was modeled in the SCIA Engineer program. This work consists of technical report, structural design calculation, drawing documentation and attachments.

Key words:

Steel structure, skeleton frame, rectangle plan, basilica, reinforced concrete shear core, truss bracing, truss beam, purlin, mixed steel-concrete plate, ceiling joist, girders, columns, console, simple joints, column base.

Divadlo v Trutnově

OBSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE

I	Zadání diplomové práce
II	Technická zpráva
III	Statický výpočet
IV	Výkresová dokumentace
V	Technická zpráva (část konstrukce pozemních staveb)
VI	Výkresová dokumentace (část konstrukce pozemních staveb)



Divadlo v Trutnově

Theatre Trutnov

Diplomová práce

II TECHNICKÁ ZPRÁVA

Vedoucí práce: doc. Ing. Martina Eliášová, CSc.

Autor: Bc. Akbota Begaly

Praha, 2022

Obsah

1	Úvod.....	2
2	Popis nosné konstrukce.....	2
	2.1 Bazilika	2
	2.2 Stropní konstrukce	2
	2.3 Sloupy	3
	2.4 Ztužení	3
	2.5 Založení konstrukce	3
3	Návrh a posouzení konstrukce	3
4	Materiály	4
5	Provádění a montáž konstrukce	4
6	Protikoroziční ochrana ocelové konstrukce.....	5
7	Ochrana ocelové konstrukce proti požáru	5

1 ÚVOD

Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením ocelové konstrukce divadla v Trutnově. V rámci práce byl zpracován podrobný statický výpočet hlavních nosných prvků konstrukce, včetně spojů a vybraných detailů. Práce je doplněna výkresovou dokumentací a technickou zprávou z části konstrukce pozemních staveb, kde jsou řešeny podrobněji skladby dělicích konstrukcí, obsazenost objektu osobami z hlediska požární bezpečnosti.

2 POPIS NOSNÉ KONSTRUKCE

Konstrukce je navržena jako čtyřpodlažní budova s jedním podzemním podlažím obdélníkového půdorysu o rozměrech 36x48 m. Konstrukční výška všech podlaží je 3,6 m. Celá konstrukce je tvořena jako ocelový skelet s 2 železobetonovými jádry. Sloupy umístěny ve vzdálenostech 6 a 9 m.

2.1 BAZILIKA

V prostřední části objektu je proveden otvor ve tvaru šestiúhelníku pomocí 4 šikmých, 2 přírodních průvlaků a stropnic kloubově připojených ke sloupům. Bazilika je zastřešena pomocí příhradových vazníků kloubově uložených na ocelových sloupech HEB220. Výška baziliky pohybuje v rozmezí od 1,5-3,5 m, osová vzdálenost vazníků je 6 m. Vazníky provedeny dvou typů:

- a) V1 – prostřední vazníky s rozpětím 24 m a zaoblením horního pásu.
- b) V2 – krajní vazníky s rozpětím 6 m.

Vaznice z válcovaného profilu IPE220 jsou prostě uloženy po 3 m na horních pásech profilu SHS 100x100x6 a šikmých průvlastcích IPE330. Dolní pás je proveden z obdélníkového profilu HR180x100x5; diagonály jsou z čtvercových profilů SHS 40x40x3, SHS 90x90x5, SHS 70x70x5; svislice jsou z SHS 60x60x5, SHS 70x70x5. Bazilika je ztužena pomocí dvou řád příčných ztužidel o průměru RD10 (Halfen Detan) a svislých ztužidel po 12 m z čtvercových profilů SHS 60x60x5, SHS 90x90x5.

Prostřední vazníky V1 jsou rozděleny na 2 montážní celky z důvodu manipulace a dopravy na stavenišť. Montážní spoje jsou provedeny pomocí šroubů pevnosti 5.6.

2.2 STROPNÍ KONSTRUKCE

Stropní konstrukce je tvořena ocelobetonovou deskou spřaženou se stropnicemi profilu IPE 160 v 4NP a IPE 220 1PP-3NP. Betonová deska má tloušťku 80 mm na trapézovém plechu TR 60/235/1,25. Stropnice jsou rozmístěny po 3 m a kloubově

připojeny k průvlaku IPE400 a sloupům HEB220 a HEB280. Spřažení nosníků s betonovou deskou je zajištěno pomocí sprahovacích trnů 22/100.

Nad 1NP a 2NP jsou provedeny konzoly IPE330, které umožňují rozšířit prostor galerie a chodby.

Nosníky jsou podepřeny v montážním stadiu. Přípoje nosníků jsou tvořené čelní deskou a šrouby pevnostních tříd 5.6, 6.8, 8.8.

Skleněná fasáda je kotvena pomocí sloupků 100x50x4 a příčníků 200x100x4 v úrovni nadzemních podlaží.

2.3 SLOUPY

Svislá nosná konstrukce je tvořena ocelovými sloupy a železobetonovými stěnami, které slouží jako prostorové ztužení. Vnitřní ocelové sloupy jsou z válcovaných průřezů HEB délky 18 m, měnících po výšce průřez z HEB220 do HEB280. Krajiní sloupy délky 14,4 m jsou z HEB280, krajiní sloupy vstupní haly, které nejsou připojené ke stropní konstrukci v úrovni dvou nadzemních pater, jsou navrženy z profilu HEB340.

2.4 ZTUŽENÍ

Prostorová tuhost konstrukce je zajištěna pomocí ŽB jader splňující zároveň funkci vertikální komunikace a svislých ztužidel profilu TR60,3x3,2 na celou nadzemní výšku budovy.

2.5 ZALOŽENÍ KONSTRUKCE

Vnitřní sloupy jsou založené na železobetonových patkách. Krajiní sloupy jsou založeny na pilastry (masivní pilíře) vystupující z povrchu železobetonových suterénních stěn. Kotvení sloupů je zajištěno pomocí lepených kotev M20 bez smykové zarážky.

3 NÁVRH A POSOUZENÍ KONSTRUKCE

Konstrukce byla navržena podle ČSN EN 1993-1-1, Eurokod 3: „Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby“. Výpočet zatížení byl proveden dle normy ČSN EN 1991-1, Eurokód 1:

- 1) „Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb“
- 2) „Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem“
- 3) „Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem“

Přípoje byly spočítány dle normy ČSN EN 1993-1-8, Eurokód 3: „Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků“.

Vnitřní síly a deformace pro posouzení byly vypočteny ručně a v programu SCIA Engineer 19.1 v trojrozměrném modelu.

Zatěžovací stavy, které byly uvažovány ve výpočtu:

- 1) ZS1 – Vlastní tíha
- 2) ZS2 – Stálé
- 3) ZS3 – Sníh I nenavátý
- 4) ZS4 – Sníh II navátý příčný
- 5) ZS5 – Sníh II navátý podélný
- 6) ZS6 – Vítr příčný
- 7) ZS7 – Vítr podélný
- 8) ZS8 – Užité
- 9) ZS9 – Minimální stálé (stálé vynásobené 0,9)

Celkem bylo vytvořeno 22 kombinace zatížení, které dále budou popsány ve statickém výpočtu.

4 MATERIÁLY

Nosná konstrukce je provedena z oceli S355J0+N. Výjimkou je příčná ztužidla baziliky z oceli S420J0.

Šroubové spoje jsou provedeny pomocí šroubů kvality 5.6, 6.8, 8.8.

Pro styčnickové plechy je použita ocel S235 a S355.

Trapézové plechy jsou třídy S320GD.

Železobetonové základy jsou navrženy z betonu C25/30, suterénní stěny jsou z betonu třídy C30/37 s betonářskou výztuží B500B.

5 PROVÁDĚNÍ A MONTÁŽ KONSTRUKCE

Nejprve se provede betonáž základů a suterénních stěn. Dále budou osazeny ocelové sloupy, které budou dočasně podepřeny. Před osazováním vazníků a připojením průvlaků (stropnic) je nutné sloupy připojit k stěnovým ztužidlům. Veškeré vodorovné prvky jsou při betonáži podepřeny. Následně se provede uložení trapézových plechů a betonáž. Po dokončení montáže bude provedeno opláštění konstrukce.

6 PROTİKOROZNÍ OCHRANA OCELOVÉ KONSTRUKCE

Protikorozní ochrana ocelových prvků je navržena v souladu s ČSN EN ISO 12944-2:“ Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana konstrukcí nátěrovými systémy – Část 2: Klasifikace vnějšího prostředí“.

Požadavky konstrukce:

- Stupeň korozní agresivity atmosféry: stupeň C2.
- Požadovaná životnost: vysoká >15 let.
- Stupeň přípravy Sa 2 ½ – velmi důkladné otryskání.

Nátěrový systém:

- 2x základní nátěr na bázi akrylátové pryskyřice s různými typy antikoročních pigmentů tloušťky 80 μm
- 2x vrchní nátěr na bázi akrylátové pryskyřice tloušťky 160 μm

7 OCHRANA OCELOVÉ KONSTRUKCE PROTI POŽÁRU

Nebylo řešeno v rámci diplomové práce. Protipožární ochrana musí být ověřena požárním výpočtem.



Divadlo v Trutnově

Theatre Trutnov

Diplomová práce

III STATICKÝ VÝPOČET

Vedoucí práce: doc. Ing. Martina Eliášová, CSc.

Autor: Bc. Akbota Begaly

Praha, 2022

OBSAH

1.	Úvod.....	3
1.1	Popis nosné konstrukce.....	3
1.2	Schémata konstrukce	3
2	Zatížení	5
2.1	Skladby stavebních konstrukcí	5
2.1.1	Střešní plášť	5
2.1.2	Obvodový plášť	6
2.1.3	Stropní konstrukce	7
2.2	Proměnné zatížení.....	8
2.2.1	Zatížení sněhem	8
2.2.2	Zatížení větrem	10
2.3	Kombinace zatížení.....	17
2.3.1	Zatěžovací stavy	17
2.3.2	Kombinace zatěžovacích stavů.....	17
3	Střecha baziliky.....	20
3.1	Trapézový plech.....	20
3.2	Vaznice	21
3.3	Vazník.....	26
3.3.1	Schéma.....	26
3.3.2	Vnitřní síly	26
3.3.3	Horní pás.....	28
3.3.4	Spodní pás.....	30
3.3.5	Diagonála	32
3.3.6	Svislice.....	35
3.3.7	MSP vazníku.....	37
3.3.8	Příčné ztužidlo v rovině střechy.....	37
3.3.9	Svislé ztužidlo.....	38
4	Stropní konstrukce	41
4.1	Trapézový plech.....	41
4.2	Stropnice S1 (plochá střecha)	42
4.3	Stropnice S2 (běžné podlaží)	47

4.4	Průvlak P1	52
4.5	Průvlak P2.....	57
4.6	Konzola K1	63
4.7	Průvlak P4 (schodiště)	64
5	Sloupy	67
5.1	Vnitřní sloup S1	67
5.2	Krajní sloup S2	71
6.	Ztužidla	78
7.	Přípoje konstrukce	79
7.1	Montážní styky baziliky.....	79
7.1.1	Montážní styk horního pásu.....	79
7.1.2	Montážní styk spodního pásu	80
7.1.3	Montážní styk diagonály.....	82
7.2	Přípoj stropnice na průvlak.....	84
7.3	Přípoj průvlaku na sloup	85
7.4	Přípoj stropnice na sloup.....	86
7.5	Přípoj konzoly na sloup	88
7.6	Kotvení sloupu S1	97
7.7	Kotvení sloupu S2.....	98
7.8	Přípoj průvlaku ztužidlové vazby	99
7.9	Přípoj ztužidla k průvlaku.....	101
8	ZÁVĚR	103
	Použitá literatura	104
	Přílohy	

1. ÚVOD

1.1 POPIS NOSNÉ KONSTRUKCE

Předmětem návrhu je ocelová konstrukce divadla, která je založena na železobetonové suterénní konstrukci. Objekt se nachází v Trutnově. Objekt je obdélníkového půdorysného tvaru o rozměrech 36x48 m a má baziliku ve tvaru šestiúhelníku.

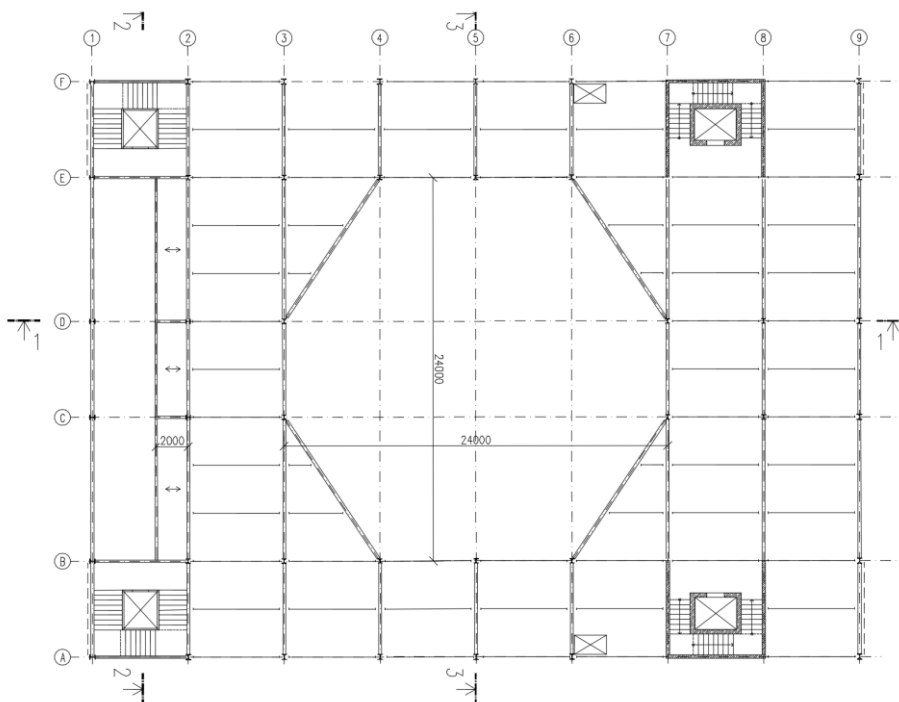
Konstrukční výška podlaží je 3,6 m, výška baziliky pohybuje v rozmezí od 1,5-3,5 m.

Zastřešení baziliky je provedena pomocí příhradových vazníků uložených na ocelových sloupech. Osová vzdálenost vazníků je 6 m.

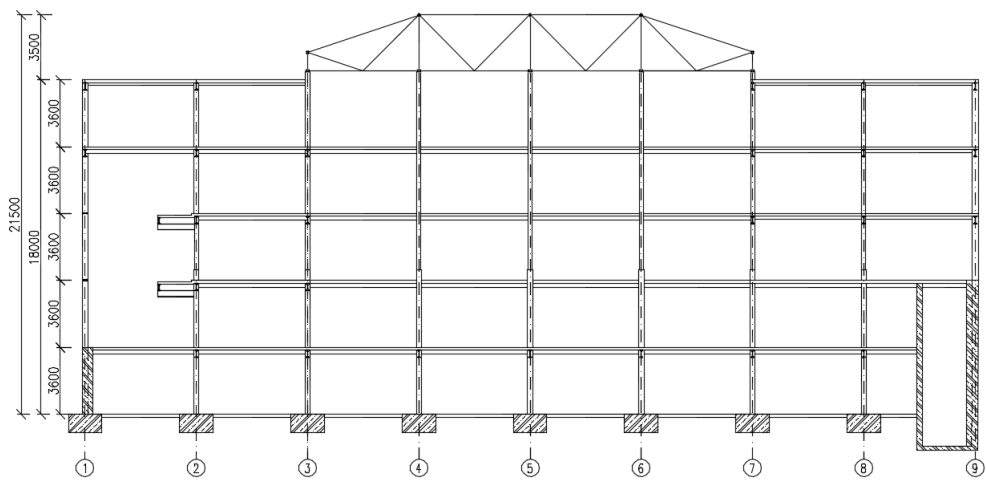
Celá konstrukce je tvořena jako ocelový skelet, skládající se ze stropnic, průvlaků a sloupů. Osová vzdálenost průvlaků je 6 a 9 m. Prostor divadelního sálu se nachází v centrální části budovy a je vytvořen pomocí otvorů v úrovni stropní konstrukce 2NP-4NP ve tvaru šestiúhelníku. Otvor je vymezen pomocí 4 šikmých, 2 přímých průvlaků a stropnic připojených ke sloupům. Nad 1NP-2NP jsou provedeny konzoly, které umožňují rozšířit prostor galerie a chodby.

Prostorová tuhost konstrukce je zajištěna pomocí ŽB jader splňující zároveň funkci vertikální komunikace a svislých ztužidel na celou nadzemní výšku budovy s tuhými stropními deskami.

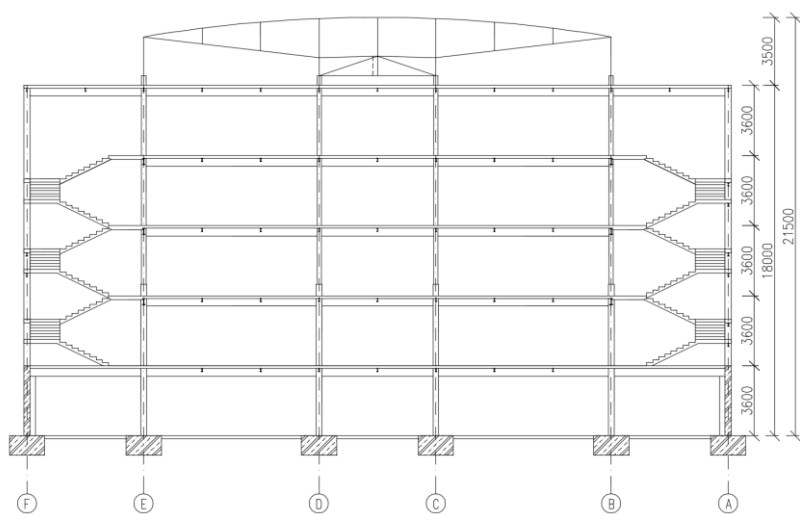
1.2 SCHÉMATA KONSTRUKCE



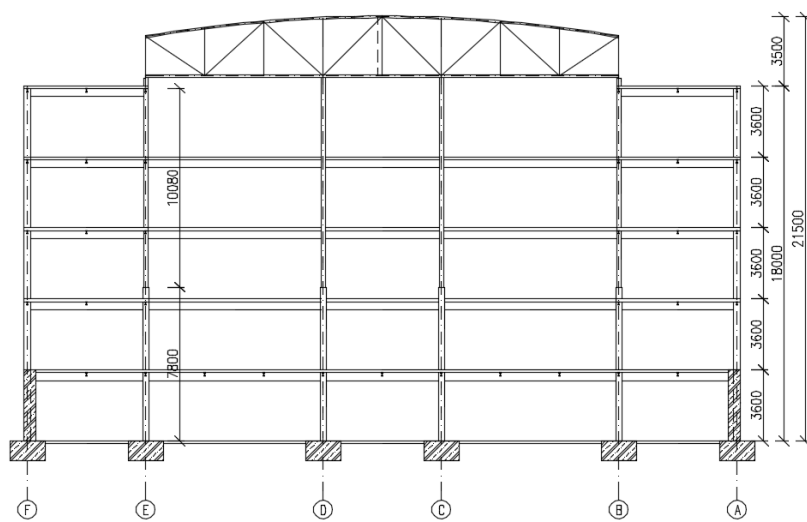
Obrázek 1 Půdorys 2 NP



Obrázek 2 Řez 1-1



Obrázek 3 Řez 2-2



Obrázek 4 Řez A-A

2 ZATÍŽENÍ

2.1 SKLADBY STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

2.1.1 Střešní plášť

Bazilika

Vrstva	g_k [kN/m ²]	γ	g_d [kN/m ²]
fólie PVC-P	0,02	1,35	0,03
desky z minerální vlny (ISOVER S) 60 mm	0,09	1,35	0,12
desky z minerální vlny (ISOVER T) 2x120	0,32	1,35	0,43
parotěsnicí fólie		1,35	
trapézový plech (odhad)	0,10	1,35	0,14
Σ	0,53		0,72

Plochá střecha

a) Montážní stadium

Stálé

Vrstva	g_k [kN/m ²]	γ	g_d [kN/m ²]
betonová deska	2,43	1,35	3,28
trapézový plech (odhad)	0,10	1,35	0,14
Σ	2,53		3,42

Proměnné (Při betonáži se uvažuje dle ČSN EN 1990 a 1991-1-6)

Vrstva	g_k [kN/m ²]	γ	g_d [kN/m ²]
rovnoměrné	0,75	1,5	1,125
nebo zvětšené (na čtverci 3x3 m do nejnepříznivější poloze)	1,5	1,5	2,25

b) Provozní stadium

Stálé

Vrstva	g_k [kN/m ²]	γ	g_d [kN/m ²]
fólie PVC-P	0,02	1,35	0,04
tepelná izolace (Isover EPS 100) 160	0,04	1,35	0,05
spádové klíny (Isover EPS 100) 0-150 mm	0,02	1,35	0,04
parotěsnicí fólie			
betonová deska	2,43	1,35	3,28
trapézový plech (odhad)	0,10	1,35	0,14
zavěšený podhled	0,15	1,35	0,20
sádrová omítka	0,11	1,35	0,14
Σ	2,88		3,89

ČSN EN 1991-1-1 [6]

tíha čerstvého

betonu je 26 kN/m³

srovnávací tloušťka

$$t_{deska} = 80 + 50 \times \frac{54 + 30,5}{250} = 97 \text{ mm}$$

Proměnné

Užitné zatížení na nepochozí ploché střeše odpovídá kategorii H:

- Charakteristická hodnota plošného zatížení $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

2.1.2 Obvodový plášť

Typ 1

Konstrukční výška patra $h = 3,6 \text{ m}$

Vrstva	g_k [kN/m ²]	γ	g_d [kN/m ²]
plastové žlaby s vegetačním substrátem (Likos)	0,70	1,35	0,95
panel (kingspan KS 600 RH)	0,22	1,35	0,30
kamenná vlna (Rockwool superrock) mezi sloupky	0,06	1,35	0,08
ocelový plech pozinkovaný, parotěsně utěsněný	0,05	1,35	0,06
SDK desky	0,14	1,35	0,18
sádrová omítka	0,11	1,35	0,15
Σ	1,27		1,72

Rastr: Hliníkové sloupky jsou ve vzdálenosti 0,6 m. Hliníkové příčnický jsou kotveny v úrovni stropu (3,6 m).

	g_k [kN/m]	γ	g_d [kN/m]
hliníkový sloupek	0,05	1,35	0,07
hliníkový příčník	0,05	1,35	0,07

$$g_{k,hlinik} = \frac{0,05 \times 3,6}{0,6} + 2 \times 0,05 = 0,4 \text{ kN/m}$$

$$g_{k,výplň} = 1,27 \times 3,6 = 4,58 \text{ kN/m}$$

$$g_{k,plášť 2} = g_{k,hlinik} + g_{k,výplň} = 0,4 + 4,58 = 4,98 \text{ kN/m}$$

Typ 2

Skleněná fasáda skládá se z izolačního dvojskla tloušťky 2x10 mm, hliníkových sloupků a příčnicků. Hliníkové sloupky jsou ve vzdálenosti 1,5 m od sebe.

Objemová tíha skla $\rho_{skla} = 25 \text{ kN/m}^3$

$$g_{k,sklo} = 25 \times 3,6 \times \frac{2 \times 10}{1000} = 1,8 \text{ kN/m}$$

	g_k [kN/m]	γ	g_d [kN/m]
hliníkový sloupek	0,03	1,35	0,04
hliníkový příčník	0,05	1,35	0,07

$$g_{k,hlinik} = \frac{0,03 \times 3,6}{1,5} + 0,05 = 0,12 \text{ kN/m}$$

$$g_{k,plášť 2} = g_{k,hlinik} + g_{k,sklo} = 1,8 + 0,12 = 1,92 \text{ kN/m}$$

2.1.3 Stropní konstrukce

Skladba podlah

a) Montážní stadium

Stálé

Vrstva	g_k [kN/m ²]	γ	g_d [kN/m ²]
betonová deska	2,43	1,35	3,28
trapézový plech (odhad)	0,13	1,35	0,18
Σ	2,56		3,46

Proměnné (Při betonáži se uvažuje dle ČSN EN 1990 a 1991-1-6)

Vrstva	g_k [kN/m ²]	γ	g_d [kN/m ²]
rovnoměrné	0,75	1,5	1,125
nebo zvětšené (na čtverci 3x3 m do nejnepříznivější poloze)	1,5	1,5	2,25

b) Provozní stadium

Stálé

Kavárna, bar, hygienické zázemí, šatny, technické prostory, kanceláře

Vrstva	g_k [kN/m ²]	γ	g_d [kN/m ²]
nášlapná – keramická dlažba+lepidlo	0,33	1,35	0,45
roznášecí – betonová mazanina	1,25	1,35	1,69
separační – PE fólie		1,35	
kročejová – minerální vlna	0,06	1,35	0,08
Σ	1,64		2,21

Vstupní hala, galerie, jeviště, hlediště

Vrstva	g_k [kN/m ²]	γ	g_d [kN/m ²]
nášlapná – lité teraco	0,41	1,35	0,55
roznášecí – betonová mazanina	1,25	1,35	1,69
separační – PE fólie		1,35	
kročejová – minerální vlna	0,06	1,35	0,08
Σ	1,72		2,32

Uvažuju větší zatížení **1,72 kN/m²**

tíha čerstvého
betonu je 26 kN/m³
srovnávací tloušťka
 t_{deska}
 $= 80 + 50 \times \frac{54 + 30,5}{250}$
 $= 97 \text{ mm}$

Vrstva	g_k [kN/m ²]	γ	g_d [kN/m ²]
podlaha	1,72	1,35	2,32
betonová deska	2,43	1,35	3,42
trapezový plech (odhad)	0,13	1,35	0,18
podhled	0,15	1,35	0,20
Σ	4,43		5,9

Proměnné

Užitné zatížení (hlediště, jeviště, galerie) odpovídá kategorii C3:

- Charakteristická hodnota plošného zatížení $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$

Užitné zatížení (kanceláře, kavárna, bar) odpovídá kategorii C2:

- Charakteristická hodnota plošného zatížení $q_k = 4 \text{ kN/m}^2$

Užitné zatížení od přemístitelných příček o vlastní tíze $\leq 2 \text{ kN/m}$ se rovná:

$$q_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

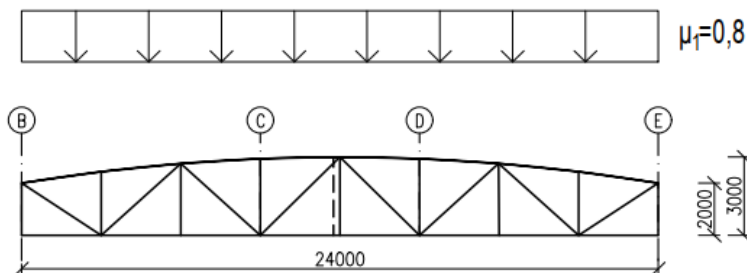
2.2 PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

2.2.1 Zatížení sněhem

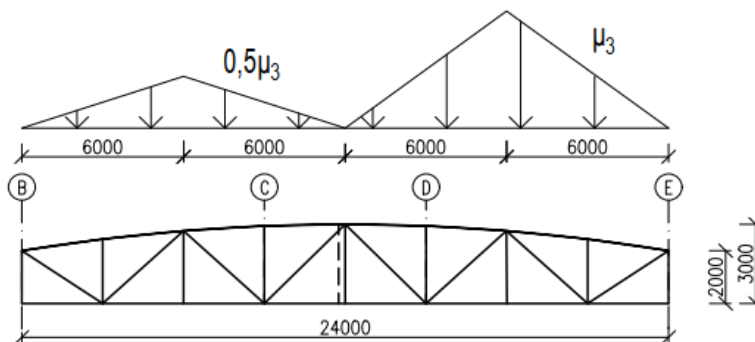
Sněhová oblast	V
Typ krajiny	normální
Charakteristická hodnota zatížení	$s_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$
Sklon střechy	$\alpha = 8^\circ$
Tvarový součinitel	$\mu_1 = 0,8$
Součinitel expozice	$C_e = 1$
Tepelný součinitel	$C_t = 1$
Zatížení sněhem	$s = s_k \times \mu_1 \times C_e \times C_t = 2,5 \times 0,8 \times 1 \times 1 = 2 \text{ kN/m}^2$

Uspořádání zatížení (bazilika)

- Nenavátý sníh



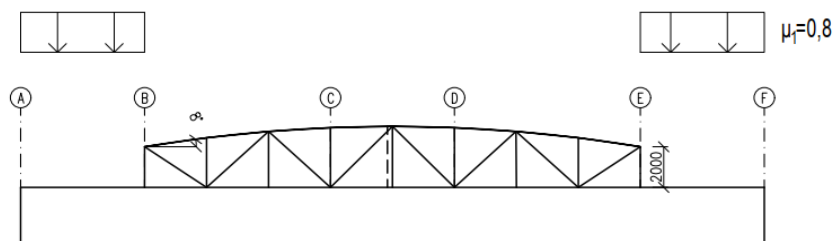
- Navátý sních



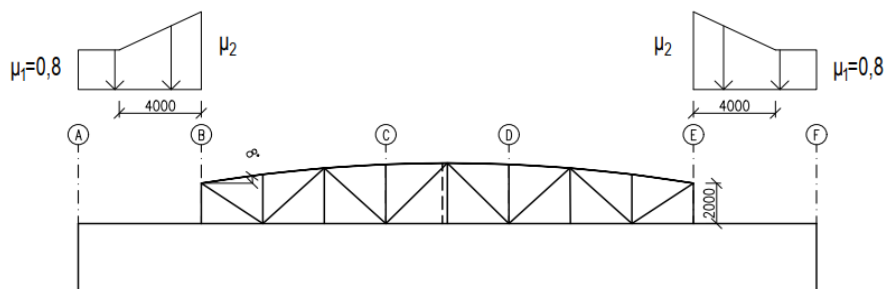
$$\beta \leq 60^\circ \quad \mu_3 = 0,2 + 10 \times \frac{h}{b} = 0,2 + 10 \times \frac{1}{24} = 0,62$$

Uspořádání zatížení (plochá střecha)

- Nenavátý sních



- Navátý sních

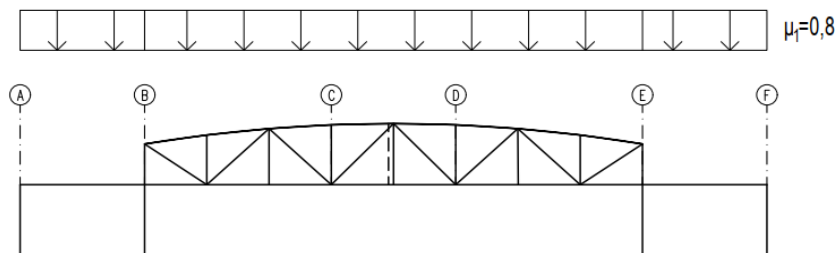


$$\mu_2 = \gamma \times \frac{h}{s_k} = 2 \times \frac{2}{2,5} = 1,6$$

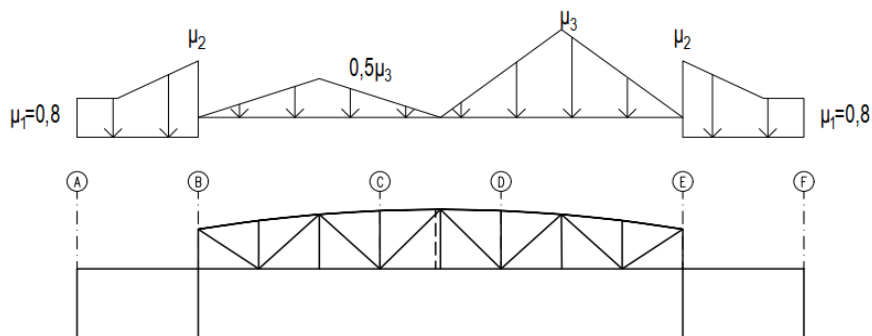
$$l_s = 2 \times h = 2 \times 2 = 4 \text{ m}$$

Uspořádání zatížení na celé konstrukci

- Nenavátý sních



- Navátý sníh



2.2.2 Zatížení větrem

Větrná oblast	II
Výchozí základní rychlost větru	$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$
Součinitel směru větru	$c_{dir} = 1$
Součinitel ročního období	$c_{season} = 1$
Základní rychlost větru	$v_b = v_{b,0} \times c_{dir} \times c_{season} = 25 \times 1 \times 1 = 25 \text{ m/s}$

Tlak větru

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 = 390,6 \text{ kPa}$$

Kategorie terénu

III (oblast rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami, nebo překážkami)

Součinitel terénu

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \times \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,22$$

$$z = 17,9 \text{ m}$$

$$z_0 = 0,3$$

$$z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$z_{0,II} = 0,05$$

$$z_{min} = 5 \text{ m}$$

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

Součinitel drsnosti terénu

$$c_r(z) = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,22 \times \ln\left(\frac{17,9}{0,3}\right) = 0,88$$

Intenzita turbulence

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1 \times \ln\left(\frac{17,9}{0,3}\right)} = 0,24$$

Součinitel turbulence $k_1 = 1$

Součinitel orografie $c_0(z) = 1$

Střední rychlost

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_0(z) \times v_b = 0,88 \times 1 \times 25 = 22 \text{ m/s}$$

Maximální dynamický tlak větru

$$q_p(z) = [1 + 7 \times I_v(z)] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2(z) = [1 + 7 \times 0,24] \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 22,0^2 = 821,6 \text{ Pa}$$

Tlak větru na vnější a vnitřní povrchy

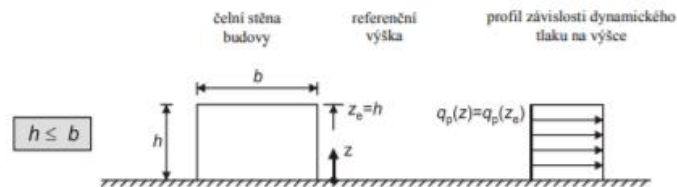
$$w_e = q_p(z) \times c_{pe}$$

$$w_i = q_p(z) \times c_{pi}$$

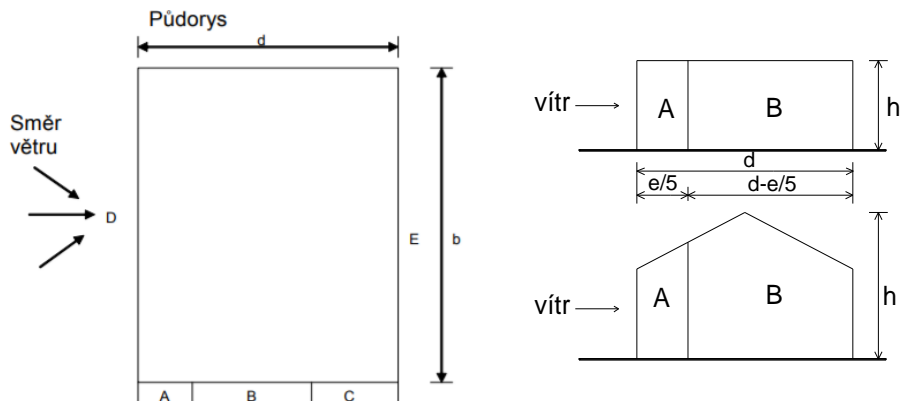
Stěny

Referenční výška

$$h = 14,4 \text{ m} \quad b = \min(36; 48) = 36 \text{ m}$$



a) Příčný vítr



$$b = 48 \text{ m} \quad d = 36 \text{ m}$$

$$h = 17,9 \text{ m}$$

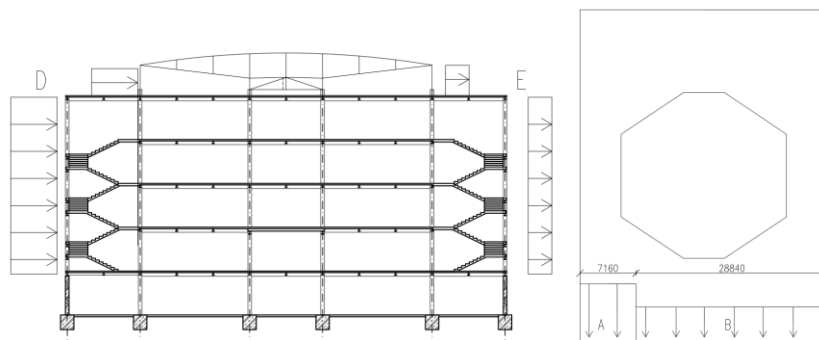
$$e = \min(b; 2h) = \min(48; 2 \times 17,9) = 35,8 \text{ m}$$

oblast A $\frac{e}{5} = \frac{35,8}{5} = 7,16 \text{ m}$

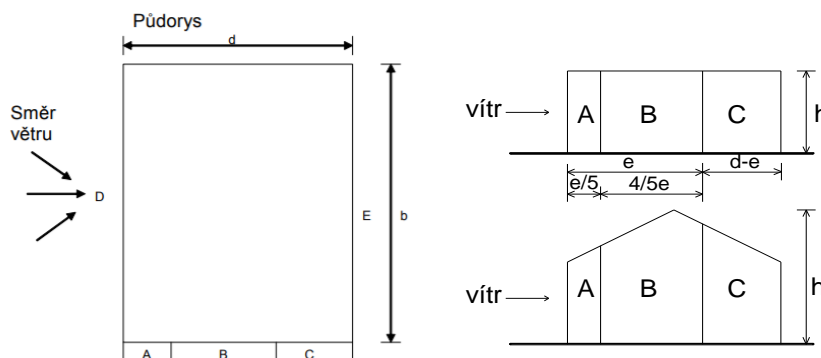
oblast B $d - \frac{e}{5} = 36 - \frac{35,8}{5} = 28,84 \text{ m}$

OBLAST	A	B	D	E
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
0,50	-1,20	-0,80	0,73	-0,37
w [kN/m ²]	-0,99	-0,66	0,60	-0,30

Schéma větrových oblastí na stěny



b) Podélný vítr



$$b = 36 \text{ m} \quad d = 48 \text{ m}$$

$$h = 17,9 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(36; 2 \times 17,9) = 35,8 \text{ m}$$

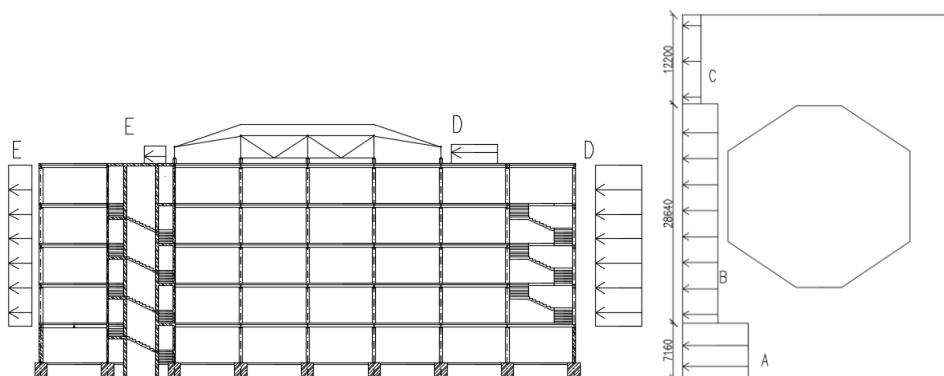
oblast A $\frac{e}{5} = \frac{35,8}{5} = 7,16 \text{ m}$

oblast B $\frac{4}{5}e = \frac{4}{5} \times 35,8 = 28,64 \text{ m}$

oblast C $d - e = 48 - 35,8 = 12,2 \text{ m}$

OBLAST	A	B	C	D	E
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
0,37	-1,20	-0,80	-0,50	0,72	-0,33
w [kN/m ²]	-0,99	-0,66	-0,41	0,59	-0,27

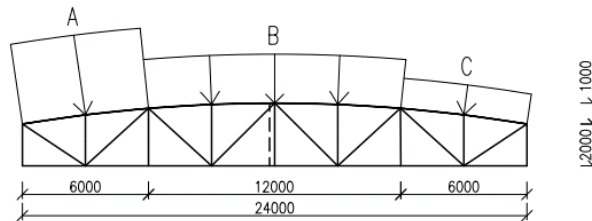
Schéma větrových oblastí na stěny



Střecha

a) Příčný vítr

- Bazilika



Šířka větrových oblastí A a C je určena jako ¼ délky oblouku.

$$h = z - 1 = 17,9 - 1 = 16,9 \text{ m}$$

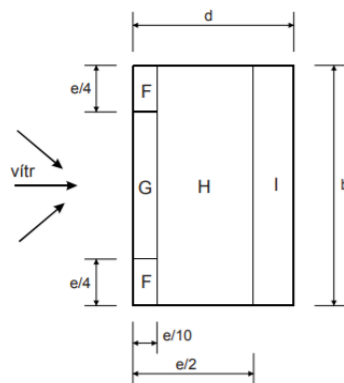
$$\frac{f}{d} = \frac{1}{24} = 0,04$$

$$f = 1 \text{ m}$$

$$d = 24 \text{ m}$$

OBLAST	A	B	C
f/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
0,04	-1,00	-0,75	-0,55
w [kN/m ²]	-0,82	-0,62	-0,45

- Plochá střecha



$$b = 48 \text{ m} \quad d = 36 \text{ m}$$

$$h = 17,9 - 3,5 = 14,4 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(48; 2 \times 14,4) = 28,8 \text{ m}$$

$$\text{oblast F} \quad \frac{e}{10} = \frac{28,8}{10} = 2,88 \text{ m} \quad \frac{e}{4} = \frac{28,8}{4} = 7,2 \text{ m}$$

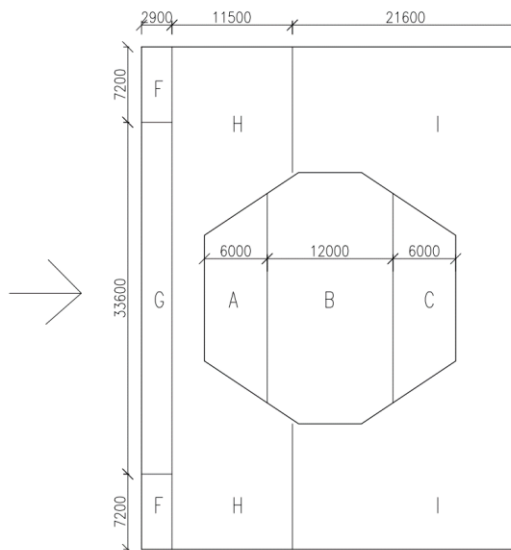
$$\text{oblast G} \quad \frac{e}{10} = \frac{28,8}{10} = 2,88 \text{ m}$$

$$\text{oblast H} \quad \frac{e}{2} - \frac{e}{10} = \frac{28,8}{2} - \frac{28,8}{10} = 11,52 \text{ m}$$

$$\text{oblast I} \quad d - \frac{e}{2} = 36 - \frac{28,8}{2} = 21,6 \text{ m}$$

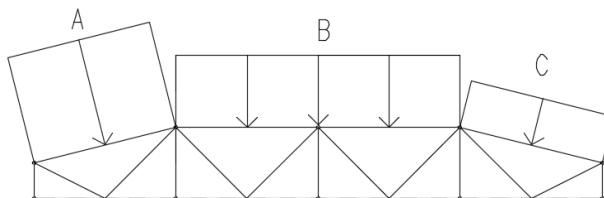
OBLAST	F	G	H	I
ostré hrany	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
	-1,80	-1,20	-0,70	-0,2
w [kN/m ²]	-1,48	-0,99	-0,58	-0,16

Schéma větrových oblastí na střeše



b) Podélný vítr

- Bazilika v podélném směru je atypického tvaru, proto výpočet zatížení bude rozdělen na dvě možnosti, a z nichž bude vybrána nejhorší varianta.
- Klenbová střecha



Šířka větrových oblastí A a C je určena jako 1/4 délky oblouku.

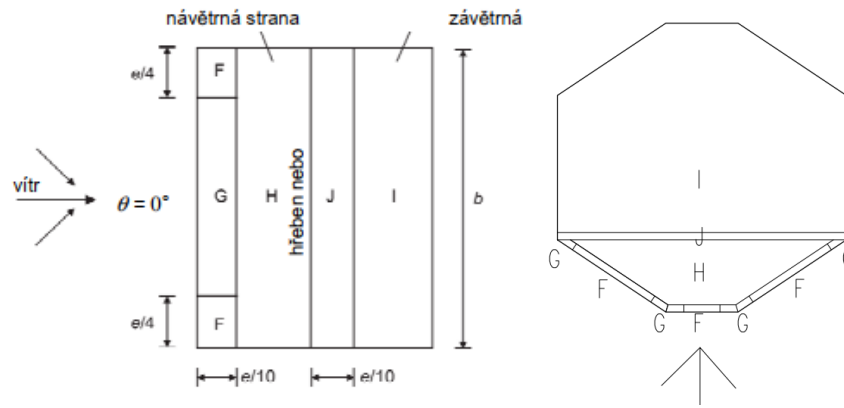
$d = 24 \text{ m}$
 $f = 1 \text{ m}$

$h = z - 1 = 17,9 - 1 = 16,9 \text{ m}$

$\frac{f}{d} = \frac{1}{24} = 0,04$

OBLAST	A	B	C
f/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
0,04	-1,00	-0,75	-0,55
w [kN/m ²]	-0,82	-0,62	-0,45

Sedlová střecha



$b = 6 \text{ m}$ $d = 24 \text{ m}$
 $h = 17,9 \text{ m}$
 $e = \min(b; 2h) = \min(6; 2 \times 17,9) = 6 \text{ m}$

oblast F $\frac{e}{10} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ m}$ $\frac{e}{4} = \frac{0,6}{4} = 1,5 \text{ m}$

oblast G $\frac{e}{10} = \frac{6}{10} = 6 \text{ m}$

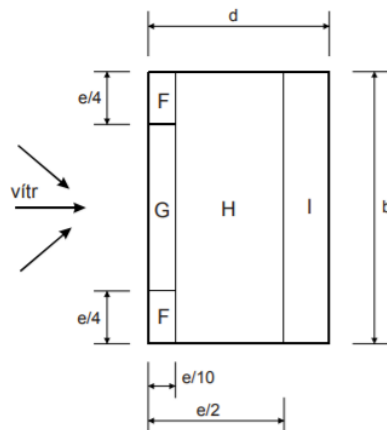
oblast H $6 - \frac{e}{10} = 6 - \frac{6}{10} = 5,4 \text{ m}$

oblast J $\frac{e}{10} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ m}$ oblast I $d - \frac{e}{10} - 6 = 24 - \frac{6}{10} - 6 = 17,4$

OBLAST	F	G	H	I	J
úhel sklonu 15°	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
w [kN/m ²]	-0,90	-0,80	-0,30	-0,4	-1
	-0,74	-0,66	-0,25	-0,33	-0,82

Nejhorší varianta z dvou možností je rozdělení zatížení na klenbové střechě.

- Plochá střecha



$$b = 36 \text{ m} \quad d = 48 \text{ m}$$

$$h = 14,4 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(36; 2 \times 14,4) = 28,8 \text{ m}$$

$$\text{oblast F} \quad \frac{e}{10} = \frac{28,8}{10} = 2,9 \text{ m} \quad \frac{e}{4} = \frac{28,8}{4} = 7,2 \text{ m}$$

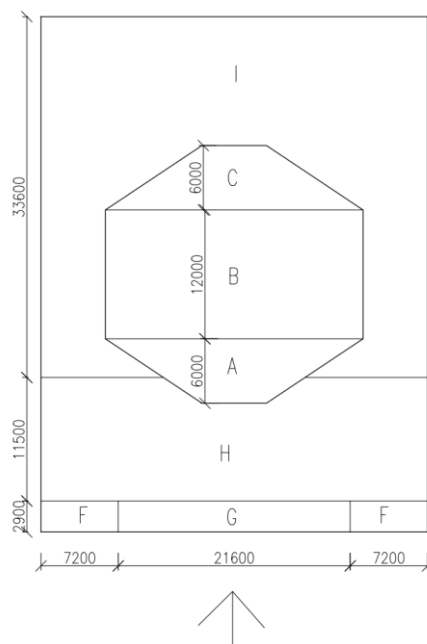
$$\text{oblast G} \quad \frac{e}{10} = \frac{28,8}{10} = 2,9 \text{ m}$$

$$\text{oblast H} \quad \frac{e}{2} - \frac{e}{10} = \frac{28,8}{2} - \frac{28,8}{10} = 11,5 \text{ m}$$

$$\text{oblast I} \quad d - \frac{e}{2} = 48 - \frac{28,8}{2} = 33,6 \text{ m}$$

OBLAST	F	G	H	I
ostré hrany	$C_{pe,10}$ -1,80	$C_{pe,10}$ -1,20	$C_{pe,10}$ -0,70	$C_{pe,10}$ -0,2
w [kN/m ²]	-1,48	-0,99	-0,58	-0,16

Schéma větrových oblastí na střechu



2.3 KOMBINACE ZATÍŽENÍ

Kombinace byly prováděny podle vzorce 6.10 a 6.14b z normy ČSN EN 1990.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad 6.10$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad 6.14b$$

Dílčí součinitele zatížení :

nepříznivé zatížení $\gamma_g = 1,35$ $\gamma_q = 1,5$

Součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení:

Kategorie C: shromažďovací plochy $\psi_0 = 0,7$

Kategorie H: střechy $\psi_0 = 0,7$

Zatížení sněhem $\psi_0 = 0,5$

Zatížení větrem $\psi_0 = 0,6$

2.3.1 Zatěžovací stavy

ZS1 – Vlastní tíha

ZS2 – Stálé

ZS3 – Sníh I nenavátý

ZS4 – Sníh II navátý příčný

ZS5 – Sníh II navátý podélný

ZS6 – Vítr příčný

ZS7 – Vítr podélný

ZS8 – Užité

ZS9 – Minimální stálé (stálé vynásobené 0,9)

2.3.2 Kombinace zatěžovacích stavů

KZ1:

1,35 x ZS2 (stálé)

1,5 x ZS3 (sníh I nenavátý)

1,5 x ZS8 (užité)

KZ2:

1,35 x ZS2 (stálé)

1,5 x ZS4 (sníh II navátý příčný)

1,5 x ZS8 (užité)

KZ3:

1,35 x ZS2 (stálé)
 1,5 x ZS5 (sníh III navátý podélný)
 1,5 x ZS8 (užitné)

KZ4:

1,35 x ZS2 (stálé)
 1,5 x ZS3 (sníh I nenavátý)
 0,6 x 1,5 x ZS6 (vítr příčný)
 1,5 x ZS8 (užitné)

KZ5:

1,35 x ZS2 (stálé)
 1,5 x ZS4 (sníh II navátý)
 0,6 x 1,5 x ZS6 (vítr příčný)
 1,5 x ZS8 (užitné)

KZ6:

1,35 x ZS2 (stálé)
 1,5 x ZS5 (sníh III navátý)
 0,6 x 1,5 x ZS6 (vítr příčný)
 1,5 x ZS8 (užitné)

KZ7:

1,35 x ZS2 (stálé)
 1,5 x ZS3 (sníh I nenavátý)
 0,6 x 1,5 x ZS7 (vítr podélný)
 1,5 x ZS8 (užitné)

KZ8:

1,35 x ZS2 (stálé)
 1,5 x ZS4 (sníh II navátý)
 0,6 x 1,5 x ZS7 (vítr podélný)
 1,5 x ZS8 (užitné)

KZ9:

1,35 x ZS2 (stálé)
 1,5 x ZS5 (sníh III navátý)
 0,6 x 1,5 x ZS7 (vítr podélný)
 1,5 x ZS8 (užitné)

KZ10:

1,35 x ZS2 (stálé)
 0,5 x 1,5 x ZS3 (sníh I nenavátý)
 1,5 x ZS6 (vítr příčný)
1,5 x ZS8 (užitné)

KZ11

1,35 x ZS2 (stálé)
 0,5 x 1,5 x ZS4 (sníh II navátý)
 1,5 x ZS6 (vítr příčný)
1,5 x ZS8 (užitné)

KZ12:

1,35 x ZS2 (stálé)
 0,5 x 1,5 x ZS5 (sníh III navátý)
 1,5 x ZS6 (vítr příčný)
1,5 x ZS8 (užitné)

KZ13:

1,35 x ZS2 (stálé)
 0,5 x 1,5 x ZS3 (sníh I nenavátý)
 1,5 x ZS7 (vítr podélný)
1,5 x ZS8 (užitné)

KZ14:

1,35 x ZS2 (stálé)
 0,5 x 1,5 x ZS4 (sníh II navátý)
 1,5 x ZS7 (vítr podélný)
1,5 x ZS8 (užitné)

KZ15:

1,35 x ZS2 (stálé)
 0,5 x 1,5 x ZS4 (sníh III navátý)
 1,5 x ZS7 (vítr podélný)
1,5 x ZS8 (užitné)

KZ16:

1,35 x ZS2 (stálé)
 1,5 x ZS3 (sníh I nenavátý)
0,7 x 1,5 x ZS8 (užitné)

KZ17:

1,35 x ZS2 (stálé)
 1,5 x ZS4 (sníh II navátý)
0,7 x 1,5 x ZS8 (užitné)

KZ18:

1,35 x ZS2 (stálé)
 1,5 x ZS5 (sníh III navátý)
0,7 x 1,5 x ZS8 (užitné)

KZ19:

1,5 x ZS6 (vítr příčný)
1,35 x ZS9 (minimální stálé)

KZ20:

1,35 x ZS2 (stálé)
1,5 x ZS3 (sníh I nenavátý)

KZ21:

1,5 x ZS7 (vítr podélný)
1,35 x ZS9 (minimální stálé)

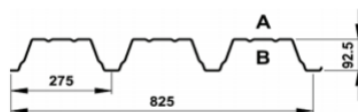
KZ22:

1,35 x ZS2 (stálé)
1,5 x ZS8 (užitné)

3 STŘECHA BAZILIKY

3.1 TRAPÉZOVÝ PLECH

Návrh: TR 92/275/0,88, pozitivní poloha. [1]



Vzdálenost vaznic: $l = 3 \text{ m}$

Únosnost : $q_{Rd} = 6,38 \text{ kN/m}^2$ $q_{Rk} = 3,49 \text{ kN/m}^2$

Zatížení:

užitné + sníh I nenavátý $q_k = 0,75 + 2 = 3,28 \text{ kN/m}^2$

stálé + užitné + sníh I nenavátý $q_{Ed} = 0,53 \times 1,35 + 0,75 \times 1,5 + 2 \times 1,5 = 4,85 \text{ kN/m}^2$

Únosnost plechu:

$$q_{Ed} = 4,85 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \leq \frac{6,38 \text{kN}}{\text{m}^2} \text{ vyhovuje}$$

Viz 2.1.1

Viz 2.2.1

Posuzuje se při mezním průhybu $\delta_2 \leq \frac{l}{200}$ a pro proměnné zatížení:

$$q_k = 2,75 \frac{kN}{m^2} \leq 3,49 \frac{kN}{m^2} \text{ vyhovuje}$$

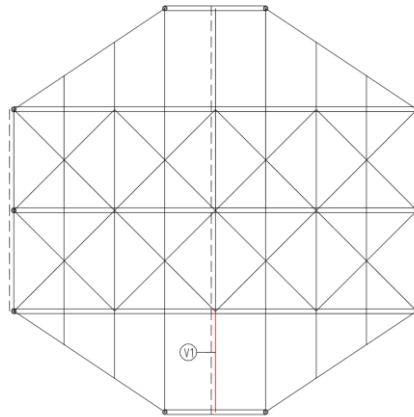
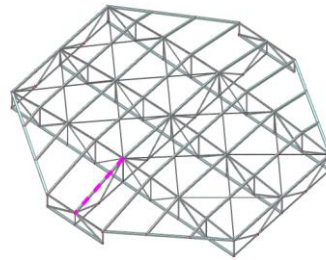
3.2 VAZNICE

1 Schéma

Vaznice je navržena jako plnostěnná, působící jako prostý nosník.

Zatěžovací šířka: 3 m

Délka: 6,18 m



Rozhodující kombinace pro posouzení vaznice budou:

Viz 2.1.1

Viz 2.2.1

Viz 2.2.2

- KZ 20 Stálé + sních (nenavátý)

	kN/m ²	Z.Š.	kN/m	γ	kN/m
Stálé	0,53	3	1,60	1,35	2,15
Sních	2	3	6,00	1,5	9,00
	2,53		7,60		11,15

- KZ 21 Minimální stálé+ vítr podélný (oblast A)

	kN/m ²	Z.Š.	kN/m	γ	kN/m
Minimální stálé	0,48	3	1,44	1,35	1,94
Vítr podélný	-0,82	3	-2,46	1,5	-3,70
	-0,34		-1,03		-1,76

- KZ23 Stálé + sních (nenavátý) + vítr příčný

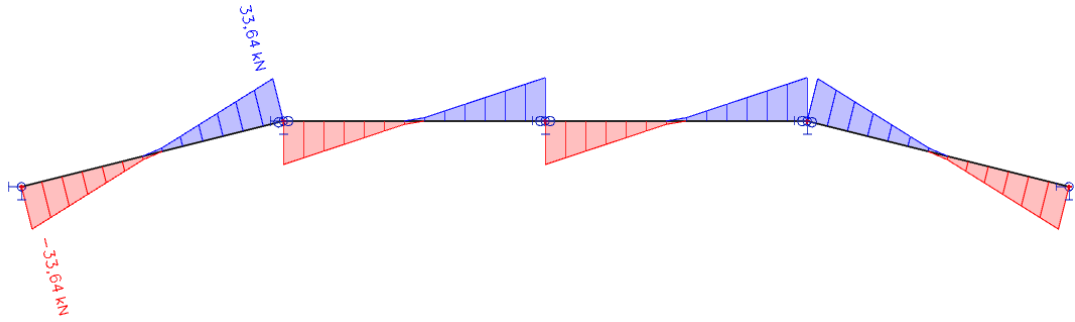
	kN/m ²	Z.Š.	kN/m	γ	kN/m
Stálé	0,53	3	1,60	1,35	2,15
Sních	2	3	6,00	1,	9,00
Vítr příčný	-0,62	3	-1,86	1,5	-2,79
	2,53				8,36

- KZ 20 Stále +sněž (nenavátý) MSP

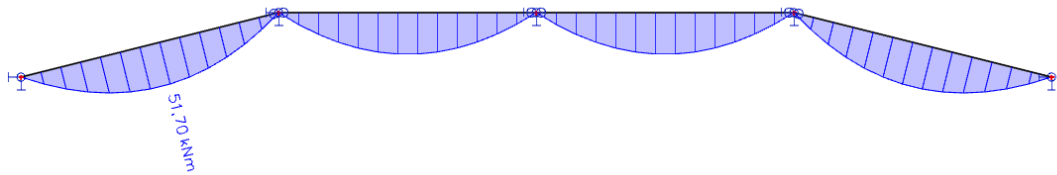
	kN/m ²	Z.Š.	kN/m	γ	kN/m
Stále	0,53	3	1,60	1	1,60
Sněž	2	3	6,00	1	6,00
	2,53		7,60		7,60

2 Vnitřní síly

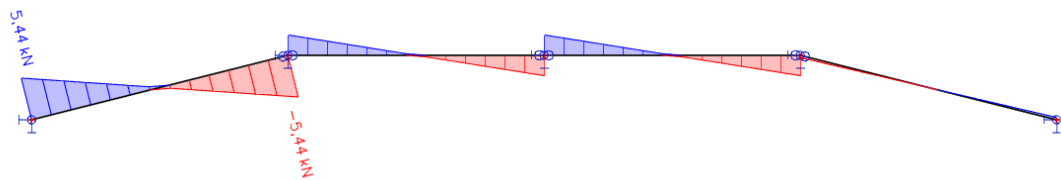
KZ20 – Vz



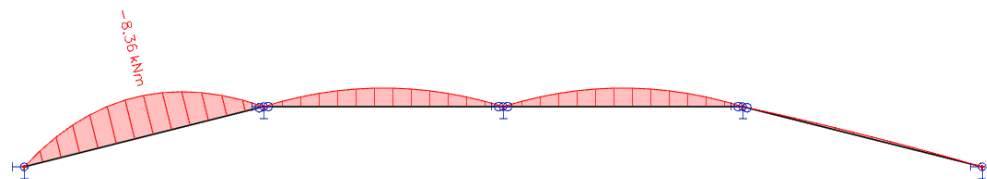
KZ20 – My



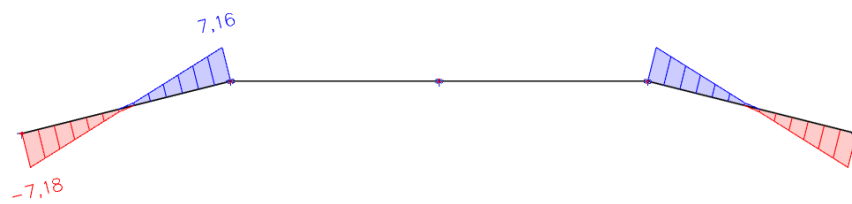
KZ21 – Vz



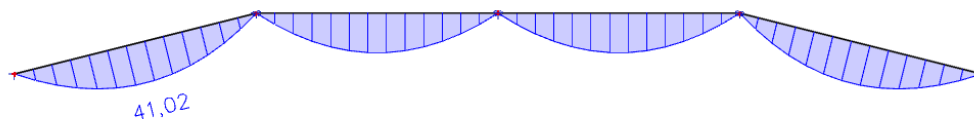
KZ21 – My



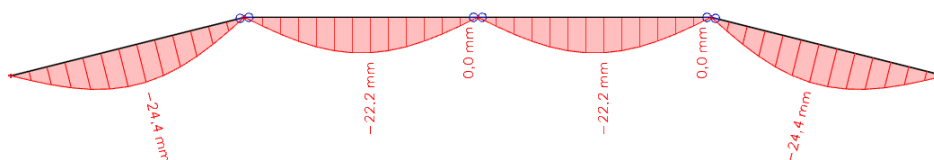
KZ23 – N



KZ23 – My

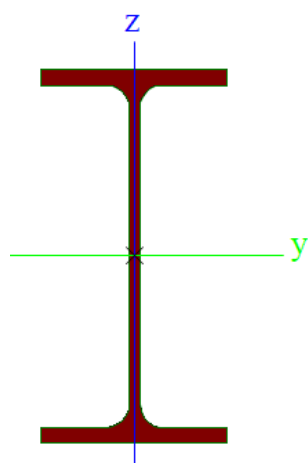


KZ20 – uz



	KZ20	KZ21	KZ22
N			7,18
V_{Ed}	33,64	-5,44	
M_{Ed}	51,7	-8,36	41,02
δ	-24,4		

Průřezové charakteristiky IPE220:



h	220	mm
b	110	mm
t_w	5,9	mm
t_f	9,2	mm
A	3340	mm ²
I_y	$2,77 \times 10^7$	mm ⁴
I_z	$2,05 \times 10^6$	mm ⁴
$W_{pl,y}$	$2,85 \times 10^5$	mm ³
A_v	$1,59 \times 10^3$	mm ²
I_t	$9,07 \times 10^4$	mm ⁴
I_w	$2,27 \times 10^{10}$	mm ⁶
Tř. průřezu	1	

3 MSÚ

Únosnost ve smyku (KZ20)

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{1,59 \times 10^{-3} \times 355 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 1} = 325,5 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 33,64 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{33,64}{325,5} = 0,1 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Únosnost v ohybu (KZ20)

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{2,85 \times 10^{-4} \times 355 \times 10^3}{1} = 101,18 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{51,7}{101,18} = 0,51 \leq 1 \quad \text{vyhovuje}$$

Klopení (KZ21)

Bezrozměrný parametr kroucení

$$k_w = k_z = k_y = 1$$

Délka klopení

$$L_{LT} = 6,18 \text{ m}$$

Bezrozměrný parametr kroucení

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_z L_{LT}} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{\pi}{1 \times 6,18} \sqrt{\frac{210 \times 10^6 \times 2,27 \times 10^{-8}}{81 \times 10^6 \times 9,07 \times 10^{-8}}} = 0,41$$

Součinitele momentu na klopení: (viz tabulka NB 3.2 ČSN EN 1993-1-1 [2])

$$C_{1,0} = 1,13 \quad C_{1,1} = 1,13$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0})k_{wt} = 1,13 + (1,13 - 1,13) \times 0,26 = 1,13$$

Bezrozměrný kritický moment (symetrický průřez a zatížení působí ve středu smyku)

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \sqrt{1 + k_{wt}^2} = \frac{1,13}{1} \times \sqrt{1 + 0,41^2} = 1,22$$

Kritický moment

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L_{LT}} = 1,22 \times \frac{3,14 \sqrt{210 \times 2,05 \times 81 \times 9,07 \times 10^4}}{6,18 \times 10^3} = 34,9 \text{ kNm}$$

Poměrná štíhlost při klopení

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,85 \times 10^{-4} \times 355 \times 10^6}{34,9 \times 10^3}} = 1,70$$

$$\phi_{LT} = 0,5(1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - \lambda_{LT0}) + \beta \lambda_{LT}^2) = 0,5(1 + 0,34(1,70 - 0,2) + 0,75 \times 1,70^2) = 1,84$$

Součinitel klopení

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{1,84 + \sqrt{1,84^2 - 0,75 \times 1,84^2}} = 0,34$$

Únosnost při klopení

$$M_{pl,Rd} = \chi_{LT} \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 0,34 \times \frac{2,85 \times 10^{-4} \times 355 \times 10^3}{1} = 34,32 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{8,36}{34,32} = 0,24 \leq 1 \quad \text{vyhovuje}$$

Kombinace vzpěru a ohybu (KZ23)

Vzpěrné délky (vaznice nemůže vybočit ve směru y, protože je držena střešním pláštěm).

$$L_{cr,y} = 6,18 \text{ m}$$

$$\beta = 0,75$$

$$\alpha_{LT} = 0,34$$

$$\lambda_{LT0} = 0,2$$

Kritické Eulerovo zatížení

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^6 \times 4,52 \times 10^{-6}}{6,18^2} = 1502,78 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{3340 \times 355}{1502,78 \times 10^3}} = 0,9$$

Vzpěrné součinitele

$$\phi_y = 0,5 \left(1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right) = 0,5(1 + 0,21(0,9 - 0,2) + 0,9^2) = 0,97$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,97 + \sqrt{0,97^2 - 0,9^2}} = 0,74$$

Vzpěrná únosnost

$$N_{pl,Rd} = \frac{\chi_y Af_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,74 \times 3340 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{1} = 879,3 \text{ kN}$$

Ohybová únosnost

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{2,85 \times 10^{-4} \times 355 \times 10^3}{1} = 101,32 \text{ kN}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{7,18}{879,3} = 0,01$$

$$a = \frac{A - 2bt_f}{A} = \frac{3340 - 2 \times 110 \times 9,2}{3340} = 0,39 \leq 0,5$$

$$n \leq a \quad M_{N,plRd} = M_{plRd} = 101,32$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{41,02}{101,32} = 0,4 \text{ vyhovuje}$$

4 MSP

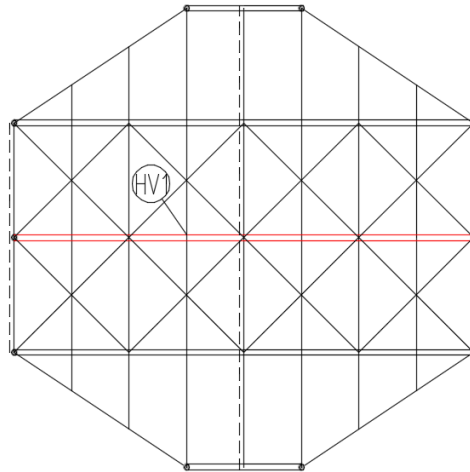
$$\delta = 24,4 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = \frac{L}{200} = \frac{6180}{200} = 30,9 \text{ mm vyhovuje}$$

Průřez IPE220 byl navržen převážně na MSP.

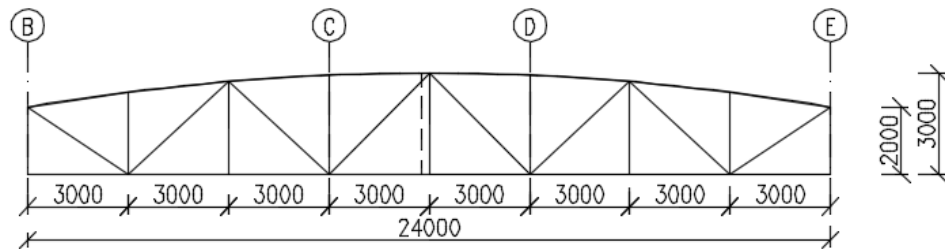
Křivka vzpěrné
pevnosti a

3.3VAZNÍK

3.3.1 Schéma



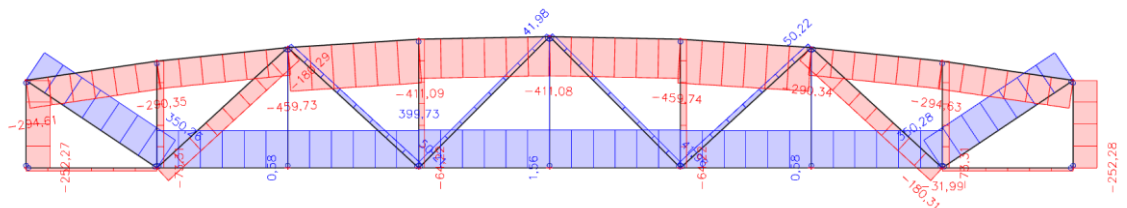
HV1



3.3.2 Vnitřní síly

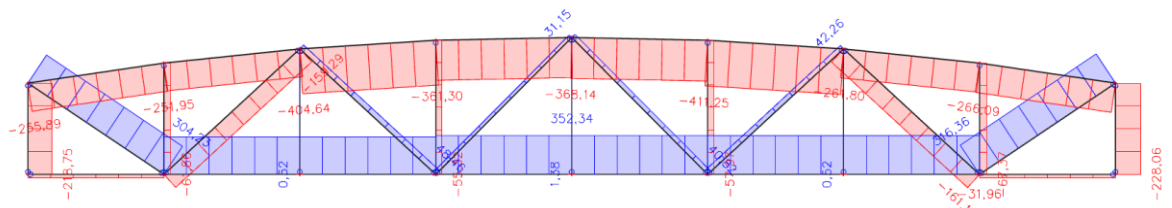
Normálové síly ve vazníku

KZ1(stálé + sníh I nenavátý + užitné) je rozhodující z kombinací KZ1-KZ3.

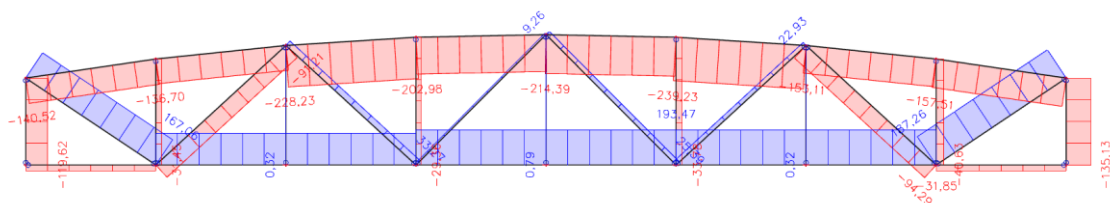


KZ4 (stálé + sníh I nenavátý + Ψ vítr příčný + užitné) je největší z kombinací

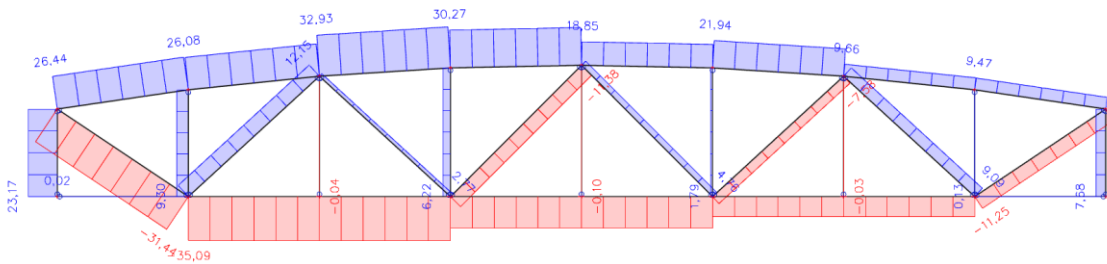
KZ4-KZ9.



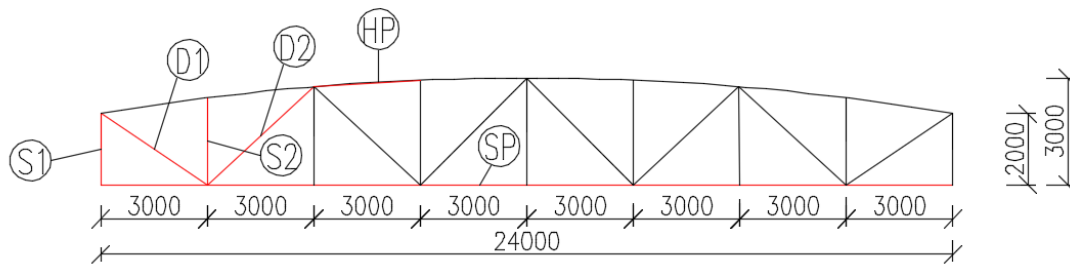
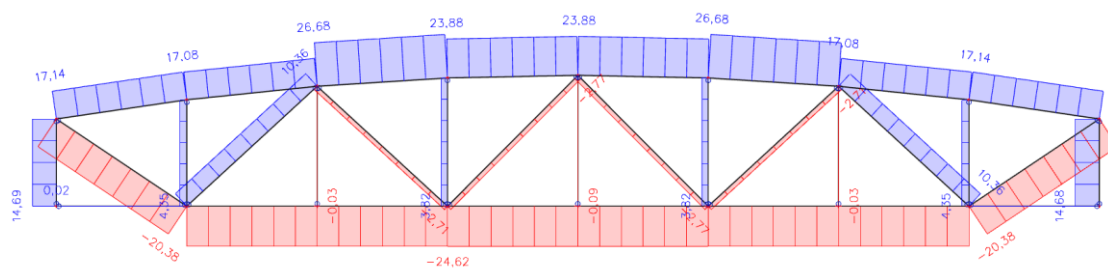
KZ10(stále + Ψ sníh I nenavátý + vítr příčný + užitné) je největší z kombinací KZ10-KZ15.



KZ19(vítr příčný + minimální stálé)



KZ21(vítr podélný + minimální stálé)

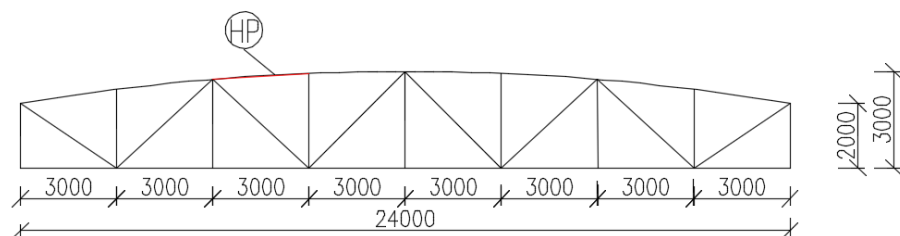
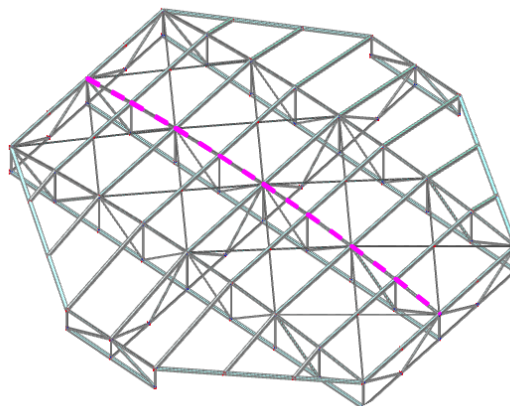


	N						
	HP	SP	D1	D2	D3	S1	S2
KZ1	-459,74	399,73	350,26	-180,29	50,21	-252,27	-73,31
KZ2	-288,24	250,1	200,15	-108,26	29,11	-141,45	-38,34
KZ3	-261,45	227,4	191,25	-104,27	37,93	-135,3	-36,1
KZ4	-411,25	352,34	304,23	-159,29	48,46	-218,75	-61,88
KZ5	-239,75	207,78	154,11	-87,26	27,36	-107,94	-26,89
KZ6	-212,96	180,01	145,21	-83,27	36,18	-101,79	-24,64
KZ7	-408,4	352,57	310,86	-160,36	45,17	-223,85	-64,83
KZ8	-236,9	202,66	160,75	-88,33	24,08	-113,03	-29,86
KZ9	-210,11	180,24	151,85	-84,34	32,89	-106,88	-27,62
KZ10	-239,23	193,47	167,06	-91,21	33,27	-119,62	-31,45
KZ11	-153,48	122,33	92	-55,19	22,72	-64,21	-13,97
KZ12	-140,09	106,26	87,56	-53,2	27,13	-61,14	-12,84
KZ13	-234,49	192,8	178,12	-93	27,79	-128,1	-36,41
KZ14	-148,74	113,81	103,06	-56,98	17,24	-72,7	-18,92
KZ15	-135,35	106,64	98,61	-54,99	21,65	-69,62	-17,8
KZ16	-428,86	371,42	326,51	-165,3	47,26	-235,13	-68,18
KZ17	-257,36	221,52	176,39	-96,27	26,13	-124,31	-33,21
KZ18	-230,57	199,09	167,5	-92,28	34,95	-118,16	-30,96
KZ19	32,93	-35,09	-31,44	12,15	2,77	23,17	9,3
KZ20	-356,79	305,36	271,08	-140,34	40,27	-195,13	-56,21
KZ21	26,68	-24,62	-20,38	10,36	-2,71	14,69	4,35

Není třeba posuzovat dominantně tlačené pruty na tah.

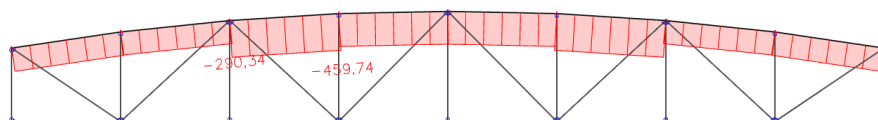
3.3.3 Horní pás

Schéma



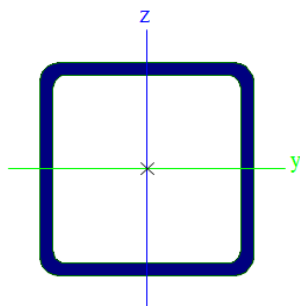
Vnitřní síly

KZ1-N



Délka: 3 m

Průřezové charakteristiky: čtvercová trubka 100x100x6



h	100	mm
b	100	mm
t	6	mm
A	2217	mm ²
I	3,23x10 ⁶	mm ⁴
W _{pl}	7,76x10 ⁴	mm ³
i	38	mm
Tř. průřezu	1	

Vzpěrná únosnost

Vzpěrné délky

$$L_{cr,y} = 0,9L = 0,9 \times 3 = 2,7 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 0,9L = 0,9 \times 3 = 2,7 \text{ m}$$

Kritické Eulerovo zatížení

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^6 \times 3,23 \times 10^{-6}}{2,7^2} = 917,39 \text{ kN}$$

Štíhlost

$$\lambda_1 = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{2,7}{0,038} = 71,1$$

$$\lambda = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 \times \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_1}{\lambda} = \frac{71,1}{76,4} = 0,93$$

Vzpěrný součinitel

$$\phi = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5(1 + 0,21(0,93 - 0,2) + 0,93^2) = 1,01$$

Křivka vzpěrné
pevnosti a

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,01 + \sqrt{1,01^2 - 0,93^2}} = 0,71$$

Vzpěrná únosnost

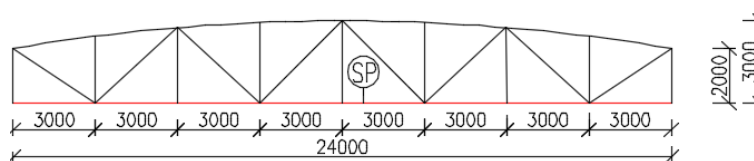
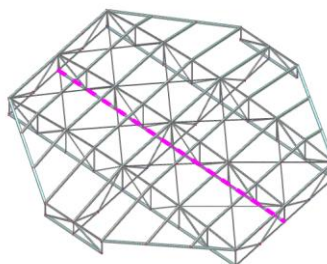
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,71 \times 2217 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{1} = 561,86 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{459,74}{561,86} = 0,82 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

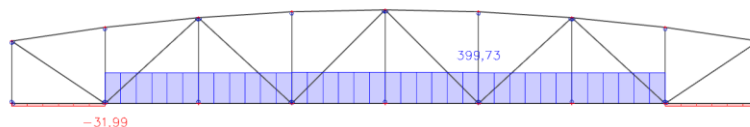
3.3.4 Spodní pás

Schéma

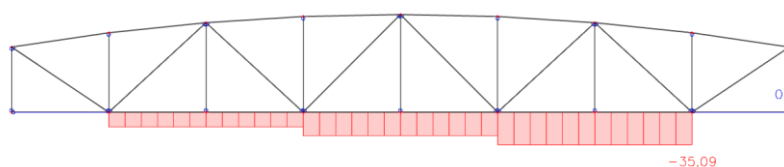


Vnitřní síly

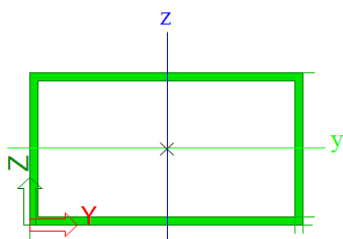
KZ1 – N



KZ19 – N



Průřezové charakteristiky: obdélníkový průřez 100x180x5



h	100	mm
b	180	mm
t	5	mm
A	2640	mm ²
I _y	4,52x10 ⁶	mm ⁴
I _z	1,12x10 ⁷	mm ⁴
W _{pl,y}	1,54x10 ⁵	mm ³
i _y	41	mm
i _z	65	mm
Tř. průřezu	1	

Únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2640 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{1} = 937,2 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{399,73}{937,2} = 0,43 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Vzpěrná únosnost

Vzpěrné délky

$$L_{cr,y} = 3 \quad L_{cr,z} = 0,5L = 0,5 \times 24 = 12 \text{ m}$$

Kritické Eulerovo zatížení

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^6 \times 4,52 \times 10^{-6}}{3^2} = 1039,86 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^6 \times 1,12 \times 10^{-5}}{12^2} = 161,04 \text{ kN}$$

Štíhlost

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{3}{0,041} = 73,2$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{12}{0,065} = 184,6 \leq 200 \text{ průřez je vybrán z hlediska mezní štíhlosti}$$

$$\lambda = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 \times \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda} = \frac{73,2}{76,4} = 0,96 \quad \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda} = \frac{184,6}{76,4} = 2,42$$

Vzpěrné součinitele

$$\phi_y = 0,5 \left(1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right) = 0,5(1 + 0,21(0,96 - 0,2) + 0,96^2) = 1,04$$

$$\phi_z = 0,5 \left(1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right) = 0,5(1 + 0,21(2,42 - 0,2) + 2,42^2) = 3,65$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,04 + \sqrt{1,04^2 - 0,96^2}} = 0,95$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{3,65 + \sqrt{3,65^2 - 2,42^2}} = 0,16$$

Vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} = \frac{\min(\chi_y; \chi_z) A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{\min(0,95; 0,16) \times 2640 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{1} = 146,6 \text{ kN}$$

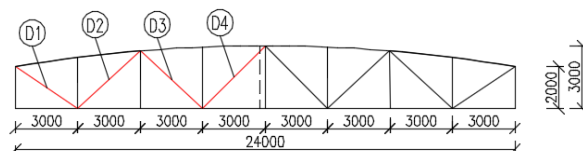
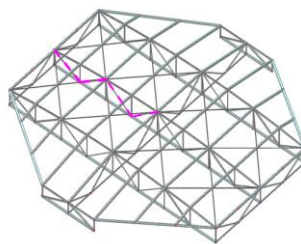
Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{35,09}{146,6} = 0,24 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Křivka vzpěrné
pevnosti a

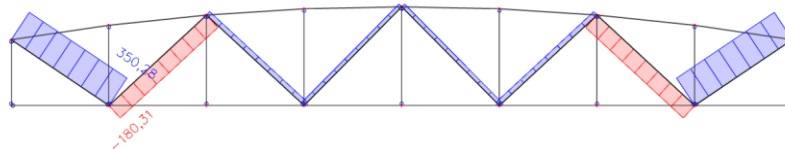
3.3.5 Diagonála

Schéma

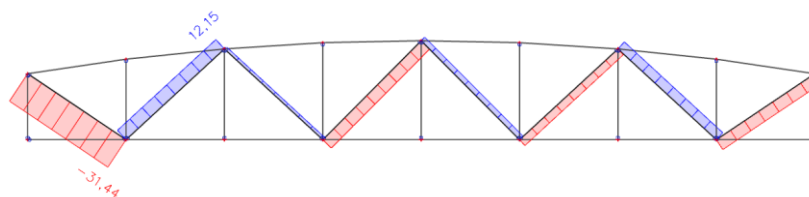


Vnitřní síly

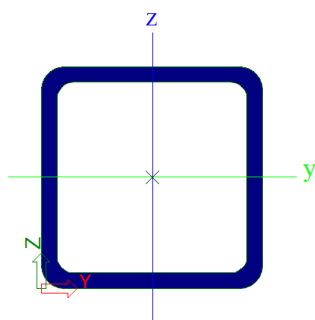
KZ1 – N



KZ21 – N



Průřezové charakteristiky D1: čtvercová trubka 70x70x5



h	70	mm
b	70	mm
t	5	mm
A	1273	mm ²
I	8,85x10 ⁵	mm ⁴
W _{pl}	3,08x10 ⁴	mm ³
i	26	mm
Tř. průřezu	1	

Únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1273 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{1} = 451,92 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{350,26}{451,92} = 0,78 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Vzpěrná únosnost

Vzpěrné délky

$$L_{cr} = L_{cr,y} = L_{cr,z} = 3,6 \text{ m}$$

Kritické Eulerovo zatížení

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^6 \times 8,85 \times 10^{-7}}{3,6^2} = 141,39 \text{ kN}$$

Štíhlost

$$\lambda_1 = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{3,6}{0,026} = 138,5$$

$$\lambda = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 \times \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_1}{\lambda} = \frac{138,5}{76,4} = 1,81$$

Vzpěrné součinitele

$$\phi = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5(1 + 0,21(1,81 - 0,2) + 1,81^2) = 2,31$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,31 + \sqrt{2,31^2 - 1,81^2}} = 0,27$$

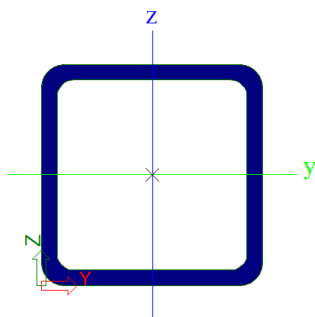
Vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,27 \times 1273 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{1} = 120,62 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{31,44}{120,62} = 0,26 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Průřezové charakteristiky D2: čtvercová trubka 90x90x5



h	90	mm
b	90	mm
t	5	mm
A	1673	mm ²
I _y	2,00x10 ⁶	mm ⁴
I _z	2,00x10 ⁶	mm ⁴
W _{pl,y}	5,30x10 ⁴	mm ³
i _y	35	mm
i _z	35	mm
Tř. průřezu	1	

Vzpěrná únosnost

Vzpěrné délky

$$L_{cr} = L_{cr,y} = L_{cr,z} = 4,07 \text{ m}$$

Křivka vzpěrné
pevnosti a

Kritické Eulerovo zatížení

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-6}}{3,6^2} = 249,99 \text{ kN}$$

Štíhlost

$$\lambda_1 = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{4,07}{0,035} = 116,3$$

$$\lambda = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 \times \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_1}{\lambda} = \frac{116,3}{76,4} = 1,52$$

Vzpěrné součinitele

$$\phi = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5(1 + 0,21(1,52 - 0,2) + 1,52^2) = 1,80$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,80 + \sqrt{1,80^2 - 1,52^2}} = 0,36$$

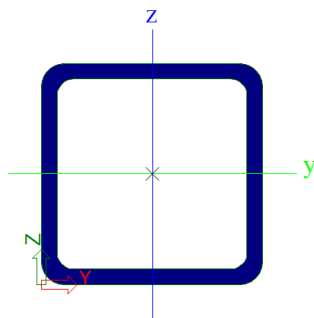
Vzpěrná únosnost

$$N_{bRd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,36 \times 1673 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{1} = 215,75 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{180,29}{215,75} = 0,84 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Průřezové charakteristiky D3-D4: čtvercová trubka 40x40x3



h	40	mm
b	40	mm
t	3	mm
A	434	mm ²
I _y	9,8x10 ⁴	mm ⁴
I _z	9,8x10 ⁴	mm ⁴
W _{pl,y}	5,97x10 ³	mm ³
i _y	15	mm
i _z	15	mm
Tř. průřezu	1	

Únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{434 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{1} = 154,07 \text{ kN}$$

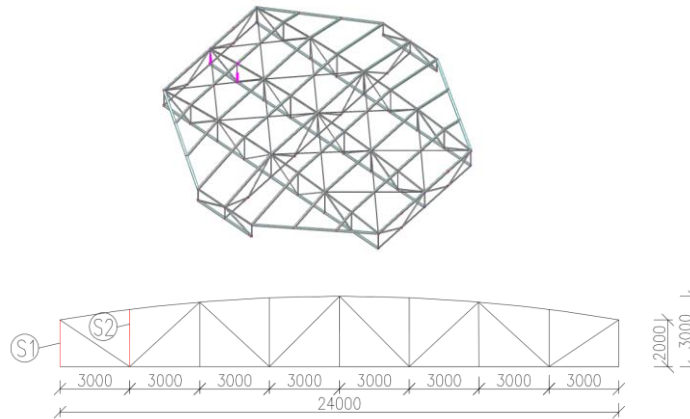
Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{50,21}{154,07} = 0,33 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Křivka vzpěrné
pevnosti a

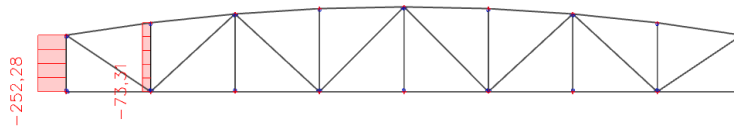
3.3.6 Svislice

Schéma

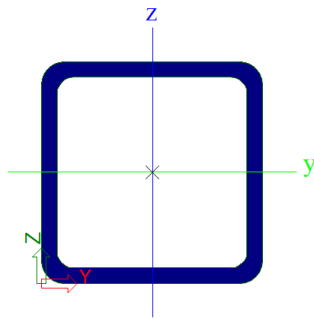


Vnitřní síly

KZ1 – N



Průřezové charakteristiky S1: čtvercová trubka 70x70x5



h	70	mm
b	70	mm
t	5	mm
A	1273	mm ²
I	8,85x10 ⁵	mm ⁴
W _{pl}	3,08x10 ⁴	mm ³
i	26	mm
Tř. průřezu	1	

Vzpěrná únosnost

Vzpěrné délky

$$L_{cr} = L_{cr,y} = L_{cr,z} = 2 \text{ m}$$

Kritické Eulerovo zatížení

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^6 \times 8,85 \times 10^{-7}}{2^2} = 458,1 \text{ kN}$$

Štíhlost

$$\lambda_1 = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{2}{0,026} = 76,9$$

$$\lambda = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 \times \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

Křivka vzpěrné
pevnosti a

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_1}{\lambda} = \frac{76,9}{76,4} = 1,01$$

Vzpěrné součinitele

$$\phi = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5(1 + 0,21(1,01 - 0,2) + 1,01^2) = 1,09$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,09 + \sqrt{1,09^2 - 1,01^2}} = 0,66$$

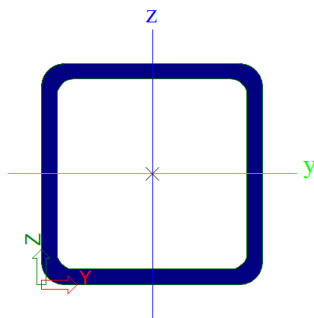
Vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,66 \times 1273 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{1} = 298,63 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{252,27}{298,63} = 0,84 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Průřezové charakteristiky S2: čtvercová trubka 60x60x5



h	60	mm
b	60	mm
t	3	mm
A	674	mm ²
I	3,62x10 ⁵	mm ⁴
W _{pl}	1,43x10 ⁴	mm ³
i	23	mm
Tř. průřezu	1	

Vzpěrná únosnost

Vzpěrné délky

$$L_{cr} = L_{cr,y} = L_{cr,z} = 2,44 \text{ m}$$

Kritické Eulerovo zatížení

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^6 \times 3,62 \times 10^{-7}}{2,44^2} = 125,89 \text{ kN}$$

Štíhlost

$$\lambda_1 = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{2,44}{0,023} = 106,1$$

$$\lambda = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 \times \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_1}{\lambda} = \frac{106,1}{76,4} = 1,39$$

Křivka vzpěrné
pevnosti a

Vzpěrné součinitele

$$\phi = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5(1 + 0,21(1,39 - 0,2) + 1,39^2) = 1,59$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,59 + \sqrt{1,59^2 - 1,39^2}} = 0,42$$

Vzpěrná únosnost

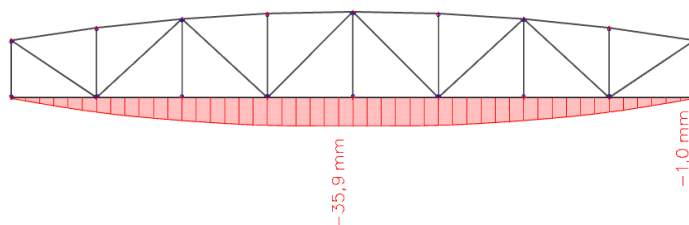
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,42 \times 674 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{1} = 101,33 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{73,31}{101,33} = 0,72 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

3.3.7 MSP vazníku

Největší průhyb je od kombinace KZ1(stálé + sníh nenavátý + užité) charakteristické hodnoty.

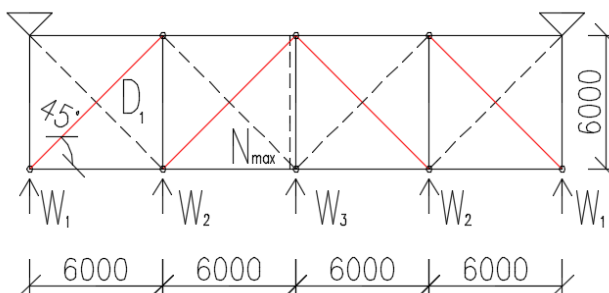
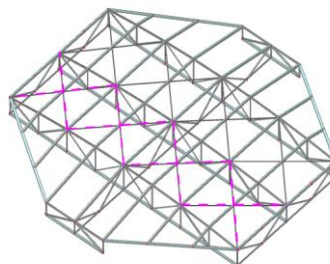


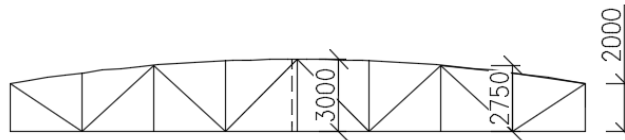
$$\delta = 35,9 \leq \delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{24000}{250} = 96 \text{ mm vyhovuje}$$

3.3.8 Příčné ztužidlo v rovině střechy

Ve střechě jsou navržena 2 příčná ztužidla uprostřed baziliky. Výpočet je proveden ručně.

Schéma





Zatížení

Výpočet je proveden pouze s taženými diagonálami, předpokládá se vybočení tlačných prutů. Rozhoduje sání příčným větrem (oblast B).

Viz 2.2.2

$$w_{e,d} = -\gamma_F \times 0,66 = -1,5 \times 0,66 = -0,99 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{1,Ed} = 3 \times \frac{2}{2} \times 0,99 = 2,97 \text{ kN}$$

$$w_{2,Ed} = 6 \times \frac{2,75}{2} \times 0,99 = 8,17 \text{ kN}$$

$$w_{3,Ed} = 6 \times \frac{3}{2} \times 0,99 = 8,91 \text{ kN}$$

Vnitřní síly

$$\text{Reakce } R_{Ed} = 2,97 + 8,17 + \frac{8,91}{2} = 15,59 \text{ kN}$$

$$\text{Diagonála } D_1 = \frac{15,59 - 2,97}{\sin 45^\circ} = 17,86 \text{ kN}$$

$$\text{Pás } N_{max} = \frac{(15,59 - 2,97) \times 12 - 8,17 \times 6}{6} = 17,1 \text{ kN}$$

Návrh

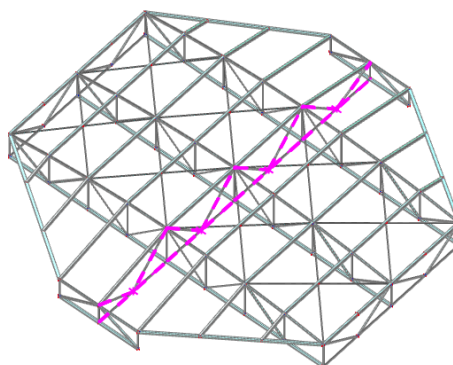
Pro ztužení je použit stabilizační systém Halfen – DETAN.

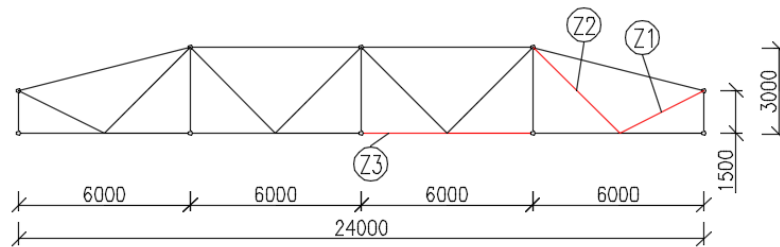
Táhlo o průměru RD10 s únosností $N_{Rd} = 27,14 \text{ kN}$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{17,86}{27,14} = 0,66 \text{ vyhovuje}$$

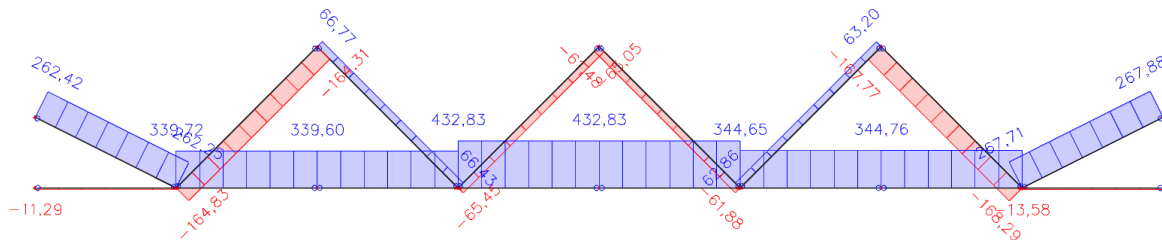
3.3.9 Svislé ztužidlo

Schéma





Vnitřní síly (KZ1)

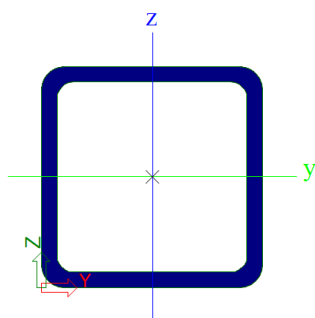


Z1 → $N_{Ed} = 267,88 \text{ kN}$

Z2 → $N_{Ed} = -168,29 \text{ kN}$

Z3 → $N_{Ed} = 432,83 \text{ kN}$

Průřezové charakteristiky Z1: čtvercový průřez 60x60x5



h	60	mm
b	60	mm
t	5	mm
A	1070	mm ²
Tř. průřezu	1	

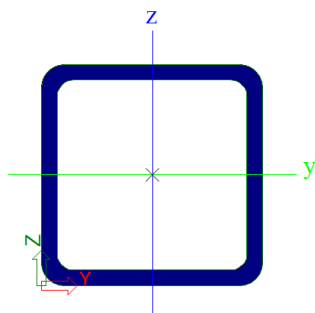
Únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1070 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{1} = 379,85 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{267,88}{379,85} = 0,71 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Průřezové charakteristiky Z2: čtvercový průřez 90x90x5



h	90	mm
b	90	mm
t	5	mm
A	1670	mm ²
I	2,00x10 ⁶	mm ⁴
W _{pl}	5,30x10 ⁴	mm ³
i	35	mm
Tř. průřezu	1	

Vzpěrné délky

$$L_{cr} = L_{cr,y} = L_{cr,z} = 4,24 \text{ m}$$

Kritické Eulerovo zatížení

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-6}}{4,24^2} = 230,34 \text{ kN}$$

Štíhlost

$$\lambda_1 = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{4,24}{35} = 122,5$$

$$\lambda = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 \times \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_1}{\lambda} = \frac{122,5}{76,4} = 1,6$$

Vzpěrný součinitel

$$\phi = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5(1 + 0,21(1,6 - 0,2) + 1,6^2) = 1,93$$

Vzpěrná křivka a

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,93 + \sqrt{1,93^2 - 1,6^2}} = 0,33$$

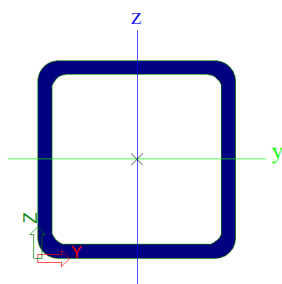
Vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,33 \times 1670 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{1} = 196,7 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{168,29}{196,7} = 0,86 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Průřezové charakteristiky Z3: čtvercový průřez 90x90x5



h	70	mm
b	70	mm
t	6,3	mm
A	1560	mm ²
Tř. průřezu	1	

Únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1560 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{1} = 553,80 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{432,83}{553,80} = 0,78 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

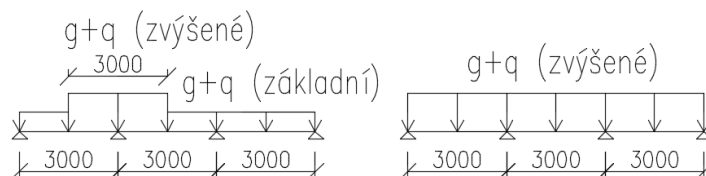
4 STROPNÍ KONSTRUKCE

4.1 TRAPÉZOVÝ PLECH

Vzdálenost stropnic: $l = 3 \text{ m}$

Trapézový plech je navržen jako spojitý nosník o třech polích, které přenáší zatížení v montážním stadiu.

Statická schéma



Dále se bude uvažovat rovnoměrné zvětšené zatížení po celé délce.

Zatížení: stálé + užité

Viz 2.1.1

$$f_k = 2,56 + 1,5 = 4,06 \text{ kN/m}^2$$

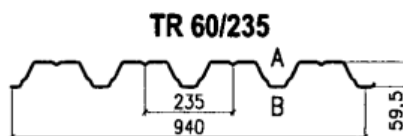
$$f_{Ed} = 2,56 \times 1,35 + 1,5 \times 1,5 = 5,71 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{10} f_{Ed} l^2 = \frac{1}{10} \times 5,71 \times 3^2 = 5,1 \text{ kNm}$$

Ocel S320

$$W_{min} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{5,1 \times 10^6}{320} = 16048 \text{ mm}^3/\text{m}$$

Návrh: TR 60/235/1,25 [3]



$$m = 13,13 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{eff,min} = 21880 \text{ mm}^3/\text{m}$$

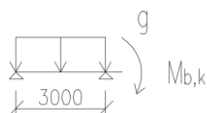
$$I_{eff,min} = 0,838 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

MSÚ

$$M_{Rd} = \frac{W_{eff,min} f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{21880 \times 320 \times 10^{-3}}{1} = 7 \text{ kNm} \geq 5,1 \text{ kNm vyhovuje}$$

MSP

Průhyb v krajním poli od stálého zatížení



$$M_{b,k} = \frac{1}{10} g_k l^2 = -\frac{1}{10} \times 2,56 \times 3^2 = -2,3 \text{ kNm}$$

Průhyb

$$\delta = \frac{1}{EI_{eff}} \left(\frac{5}{384} g_k l^4 + \frac{1}{16} M_{b,k} l^2 \right)$$

$$\delta = \frac{1}{210 \times 838000} \times \left(\frac{5}{384} \times 2,56 \times 3000^4 + \frac{1}{16} \times (-2,3) \times 3000^2 \right) = 8 \text{ mm}$$

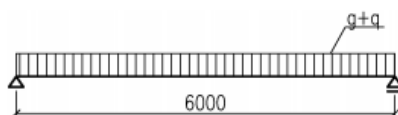
$$\delta = 8 \text{ mm} \leq \frac{t_{deska}}{10} = \frac{80 + \frac{60(40+37,5)}{235}}{10} = \frac{99,8}{10} = 9,98 \text{ mm vyhovuje}$$

Není třeba uvažovat rybníkový efekt.

4.2 STROPNICE S1 (PLOCHÁ STŘECHA)

Statická schéma

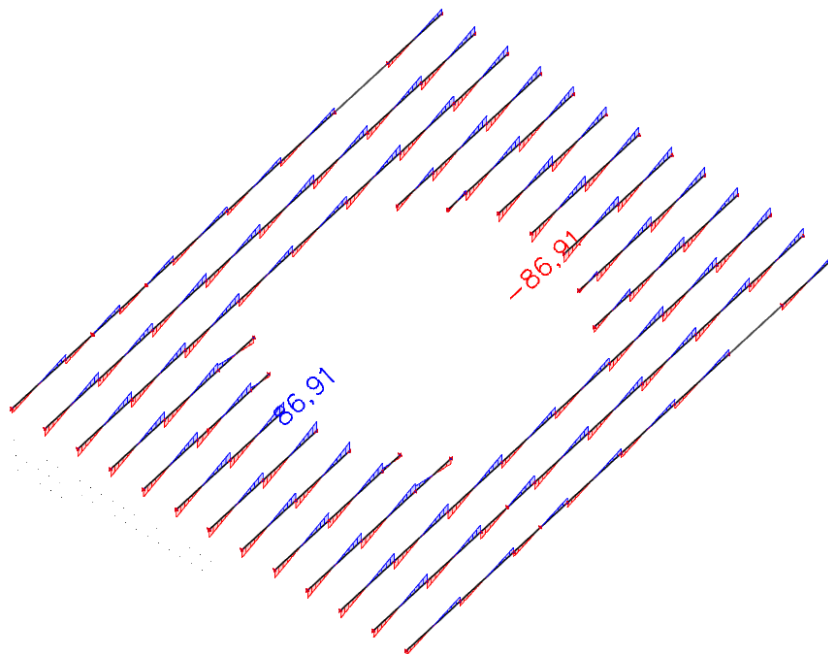
Stropnice je navržena jako prostý nosník a při betonáži podepřena.



Vnitřní síly

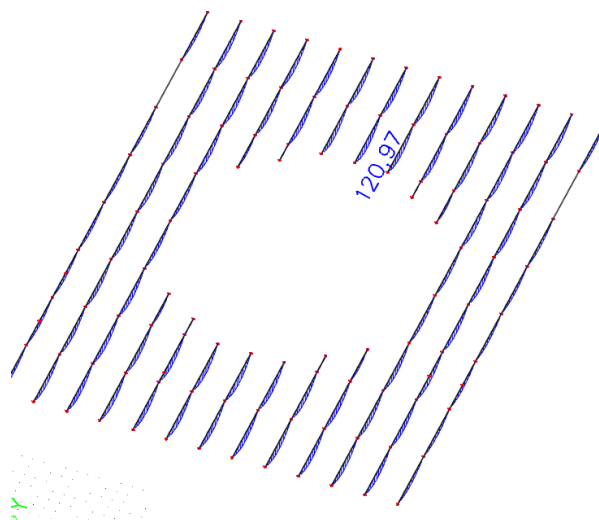
Největší vnitřní síly jsou od kombinace KZ 3 (stálé + sníh III navátý podélný + užité)

KZ3 – V



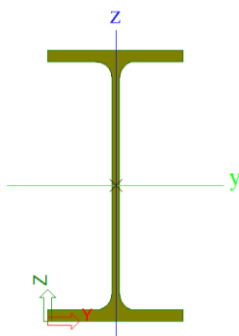
$$V_{Ed} = 86,91 \text{ kN}$$

KZ3 – M



$$M_{Ed} = 120,97 \text{ kNm}$$

Návrh IPE160

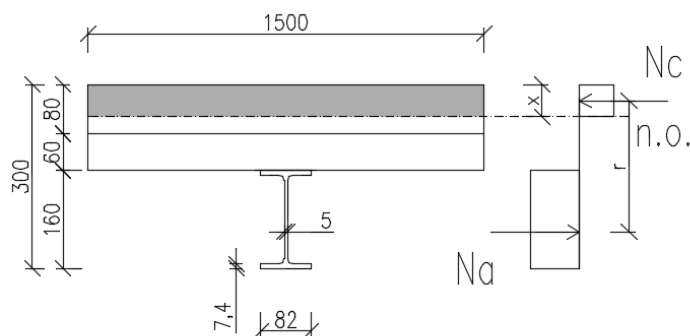


h	160	mm
b	82	mm
t _w	5	mm
t _f	7,4	mm
A	2009	mm ²
I _y	8,69x10 ⁶	mm ⁴
I _z	0,684x10 ⁶	mm ⁴
W _{pl,y}	123,9x10 ³	mm ³
A _v	966	mm ²
g _{vl.tiha}	0,158	kN/m
Tř. průřezu	1	

Beton C25/30 $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
 $f_{cd} = 16,7 \text{ MPa}$

MSÚ

Neutrální osa prochází betonovou deskou



$$b_{eff} = \frac{L}{4} = \frac{6000}{4} = 1500 \text{ mm}$$

$b_{eff} < B = 3000 \text{ mm}$ (vzdálenost stropnic)

Rovnováha sil:

$$N_a = N_c$$

$$A_a f_{yd} = 0,85 x b_{eff} f_{cd}$$

$$x = \frac{A_a f_{yd}}{0,85 b_{eff} f_{cd}} = \frac{2009 \times 355}{0,85 \times 1500 \times 16,7} = 33,56 \leq 80 \text{ mm}$$

n.o. prochází betonovou deskou

Rameno vnitřních sil

$$r = \frac{160}{2} + 60 + 80 - \frac{33,56}{2} = 203 \text{ mm}$$

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = N_a r = A_a f_{yd} r = 2009 \times 355 \times 203 = 144,9 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{120,97}{144,9} = 0,83 \text{ vyhovuje}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{966 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{\sqrt{3}} = 198 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{86,91}{198} = 0,44 \text{ vyhovuje}$$

Spražení: trn 22/100 ($d = 22 \text{ mm}$, $h_{sc} = 100 \text{ mm}$)

Únosnost jednoho trnu ve stříhu a otláčení

$$P_{Rd,1} = 0,8 f_u \frac{\pi d^2}{4} \frac{1}{\gamma_V} = 0,8 \times 360 \times \frac{\pi \times 22^2}{4} \times \frac{1}{1,25} = 87,54 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}} \frac{1}{\gamma_V} = 0,29 \times 1 \times 22^2 \sqrt{25 \times 31000} \times \frac{1}{1,25} = 98,85 \text{ kN}$$

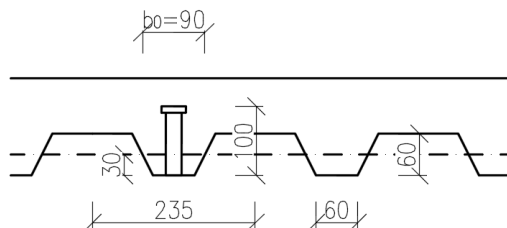
$$\min(P_{Rd,1}; P_{Rd,2}) = 87,54 \text{ kN}$$

Redukční součinitel

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \frac{b_o}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$$b_o = 90 \text{ mm} \quad h_p = 60 \text{ mm}$$

$$\text{počet trnů v žeburu } n_r = 1$$



$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \times \frac{90}{60} \times \left(\frac{100}{60} - 1 \right) = 0,7$$

ocel S235,
 $f_u = 360 \text{ MPa}$
 $E_{cm} = 31 \text{ GPa}$
 $\alpha = 1$
 pro $h_{sc} > 4d$

Únosnost trnu v žebře

$$P_{Rd} = k_t P_{Rd,1} = 0,7 \times 87,54 = 61,28 \text{ kN}$$

Síla na sprážení na jedné polovině nosníku

$$F_{cf} = N_c = N_a = 2009 \times 355 = 713,2 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na jedné polovině nosníku

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{713,2}{61,28} = 12 \text{ trnů}$$

Maximální dovolený počet trnů na jedné polovině nosníků

$$n_f = \frac{3000}{235} = 13 \text{ trnů} \geq 12 \text{ trnů}$$

Návrh: trn 22/100 v každém žebře (12 trnů na polovině nosníku)

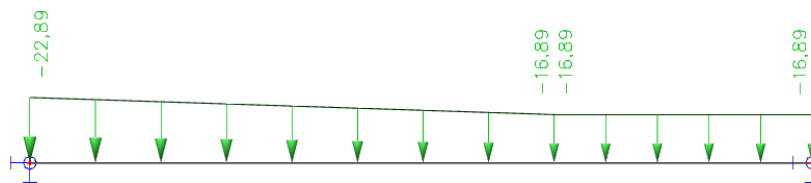
MSP

Zatížení KZ3:

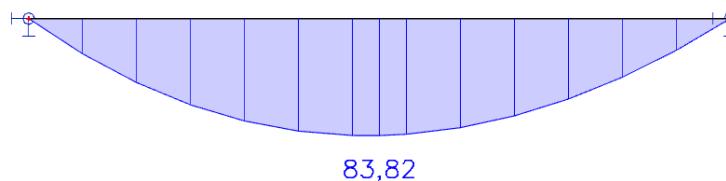
$$f_k = g_{stálé} + q_{sníh III (navátý podélný)} + q_{užitné}$$

$$f_k = 2,88 \times 3 + 2 \times 3 + 0,75 \times 3 = 16,89 \text{ kN/m}$$

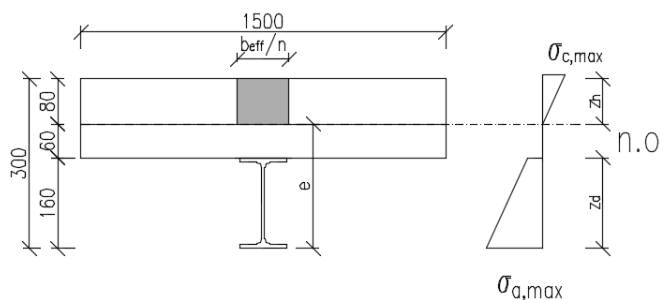
$$f_k = 2,88 \times 3 + 4 \times 3 + 0,75 \times 3 = 22,89 \text{ kN/m}$$



Vnitřní síly (charakteristické hodnoty)



Ideální průřez ocelobetonového nosníku



Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31000}{2} = 15500 \text{ MPa}$$

Pracovní součinitel (poměr modulů pružnosti oceli a betonu)

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210000}{15500} = 13,55$$

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = A + t_{betonu} \frac{b_{eff}}{n} = 2009 + 80 \times \frac{1500}{13,55} = 10866 \text{ mm}^2$$

Těžiště ideálního průřezu

$$e = \frac{2009 \times \frac{160}{2} + 80 \times \frac{1500}{13,55} \times (160 + 60 + \frac{80}{2})}{10866} = 226 \geq 160 + 60 = 220$$

Neutrální osa prochází betonovou deskou, beton v tahu se neuvažuje, ale tažená

Plocha desky je zanedbatelná, proto dále lze uvažovat plnou plochu desky.

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = 13,17 \times 10^6 + 2009 \times \left(226 - \frac{160}{2}\right) + \frac{1}{13,55} \times \left(\frac{1500 \times 80^3}{12} + 1500 \times 80 \times \left(226 - 160 - 60 - \frac{80}{2}\right)^2\right) = 6,65 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

Maximální napětí v ocelovém profilu ve spodních vláknech

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} z_d = \frac{83,82}{6,65 \times 10^7} \times 226 = 285,9 \text{ MPa} \leq 355 \text{ MPa}$$

Maximální napětí v betonové desce

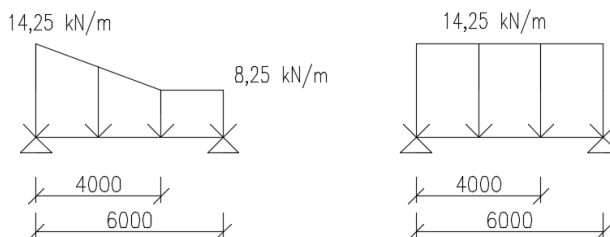
$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{nI_i} z_h = \frac{83,82}{8,6 \times 10^7} \times (300 - 226) = 6,8 \text{ MPa} \leq 0,85 \times f_{ck}$$

$$\sigma_{c,max} = 6,8 \text{ MPa} \leq 21,25 \text{ MPa}$$

Nosník při provozním zatížení působí pružně.

Celkový průhyb od proměnného zatížení. Zjednoduším zatížení z lichoběžníkového tvaru do rovnoměrného zvětšeného.

$$f_k = 4 \times 3 + 0,75 \times 3 = 14,25 \text{ kN/m}$$

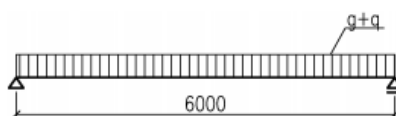


$$\delta_2 = \frac{5}{384} \frac{f_k L^4}{EI_i} = \frac{5}{384} \times \frac{14,25 \times 6000^4}{210 \times 10^3 \times 6,65 \times 10^7} = 17,2 \text{ mm} \leq \frac{6000}{250} = 24 \text{ mm}$$

4.3 STROPNICE S2 (BĚŽNÉ PODLAŽÍ)

Statická schéma

Stropnice S1 je navržena jako prostý nosník a při betonáži podepřena.

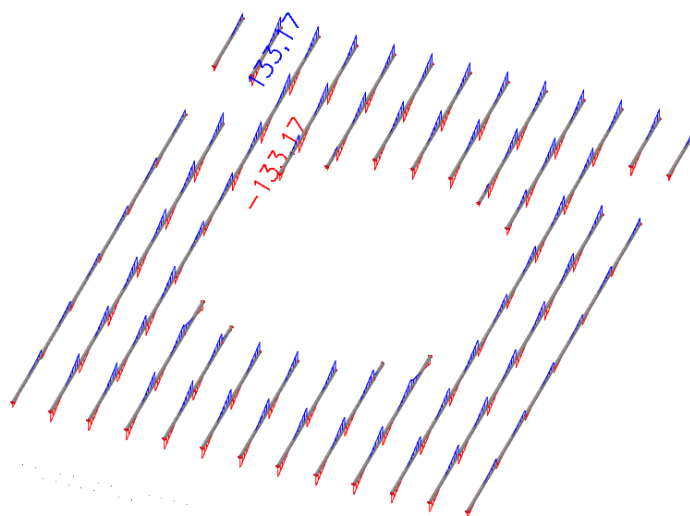


Stropnice S1 je zatížena charakteristickou hodnota plošného zatížení $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$

Vnitřní síly

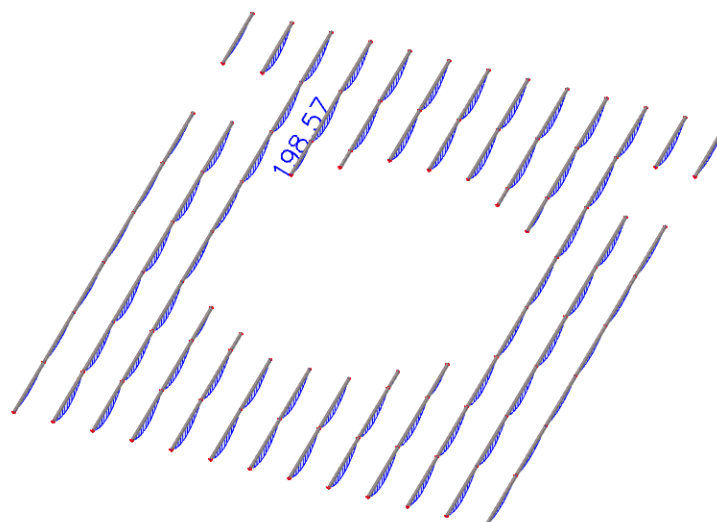
Maximální zatížení je od kombinace KZ22 (stálé + užité)

KZ22 – V



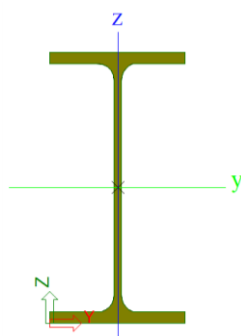
$$V_{Ed} = 133,37 \text{ kN}$$

KZ22 – M



$M_{Ed} = 198,57 \text{ kN}$

Návrh IPE220

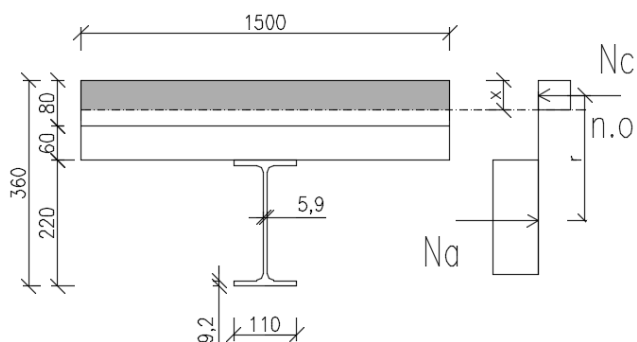


h	220	mm
b	110	mm
t _w	5,9	mm
t _f	9,2	mm
A	3337	mm ²
I _y	27,72x10 ⁶	mm ⁴
W _{pl,y}	285,4x10 ³	mm ³
A _v	1588	mm ²
g _{vl.tiha}	0,262	
Tř. průřezu	1	

Beton C25/30 $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
 $f_{cd} = 16,7 \text{ MPa}$

MSÚ

Neutrální osa prochází betonovou deskou



$$b_{eff} = \frac{L}{4} = \frac{6000}{4} = 1500 \text{ mm}$$

$b_{eff} < B = 3000 \text{ mm}$ (vzdálenost stropnic)

Rovnováha sil

$$N_a = N_c$$

$$A_a f_{yd} = 0,85 x b_{eff} f_{cd}$$

$$x = \frac{A_a f_{yd}}{0,85 b_{eff} f_{cd}} = \frac{3337 \times 355}{0,85 \times 1500 \times 16,7} = 55,75 \leq 80 \text{ mm}$$

n.o. prochází betonovou deskou

Rameno vnitřních sil

$$r = \frac{220}{2} + 60 + 80 - \frac{55,75}{2} = 222 \text{ mm}$$

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = N_a r = A_a f_{yd} r = 3337 \times 355 \times 222 = 263,1 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{198,57}{263,1} = 0,75 \text{ vyhovuje}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{1588 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{\sqrt{3}} = 325,5 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{133,37}{325,5} = 0,41 \text{ vyhovuje}$$

Spražení: trn 22/100 ($d = 22 \text{ mm}$, $h_{sc} = 100 \text{ mm}$)

Únosnost jednoho trnu ve stříhu a otláčení

$$P_{Rd,1} = 0,8 f_u \frac{\pi d^2}{4} \frac{1}{\gamma_V} = 0,8 \times 360 \times \frac{\pi \times 22^2}{4} \times \frac{1}{1,25} = 87,54 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}} \frac{1}{\gamma_V} = 0,29 \times 1 \times 22^2 \sqrt{25 \times 31000} \times \frac{1}{1,25} = 98,85 \text{ kN}$$

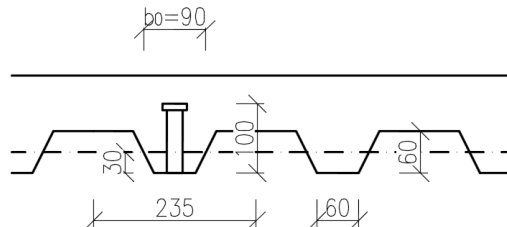
$$\min(P_{Rd,1}; P_{Rd,2}) = 87,54 \text{ kN}$$

Redukční součinitel

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \frac{b_o}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$$b_o = 90 \text{ mm} \quad h_p = 60 \text{ mm}$$

počet trnů v žeburu $n_r = 1$



$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \times \frac{90}{60} \times \left(\frac{100}{60} - 1 \right) = 0,7$$

ocel S235,
 $f_u = 360 \text{ MPa}$
 $E_{cm} = 31 \text{ GPa}$
 $\alpha = 1$
 pro $h_{sc} > 4d$

Únosnost trnu v žebře

$$P_{Rd} = k_t P_{Rd,1} = 0,7 \times 87,54 = 61,28 \text{ kN}$$

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$F_{cf} = N_c = N_a = 3337 \times 355 = 1184,64 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na jedné polovině nosníku

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{1184,64}{61,28} = 19 \text{ trnů}$$

Maximální dovolený počet trnů na jedné polovině nosníků

$$n_f = \frac{3000}{235} = 13 \text{ trnů} \leq 19 \text{ trnů}$$

(modulová šířka
žebra 235 mm)

Návrh neúplné spřažení

Plastická momentová únosnost IPE240

$$M_{a,pl,Rd} = W_{pl,y} f_y = 285,4 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3 = 101,3 \text{ kNm}$$

Síla, kterou je nutné přenést

$$F_c = \frac{M_{Ed} - M_{a,pl,Rd}}{M_{pl,Rd} - M_{a,pl,Rd}} F_{cf} = \frac{198,57 - 101,3}{263,1 - 101,3} \times 1184,64 = 712 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na jedné polovině nosníku

$$n_f = \frac{F_c}{P_{Rd}} = \frac{712}{61,28} = 12 \text{ trnů} \leq 13 \text{ trnů}$$

Návrh: trn do každého žebra, 12 trnů na polovinu nosníku.

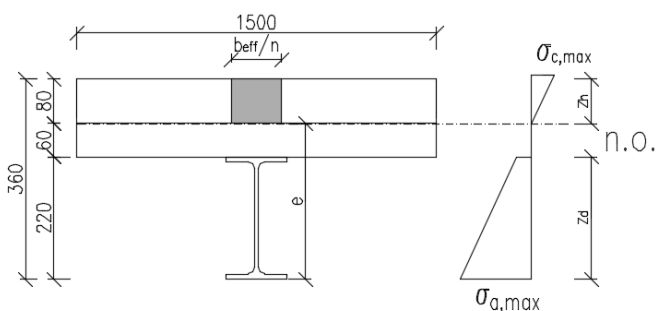
MSP

$$f_k = g_{vl.tiha} + g_{stále} + q_{užitné}$$

$$f_k = 0,262 + 4,43 \times 3 + 5,8 \times 3 = 30,69 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ek} = \frac{1}{8} f_k L^2 = \frac{1}{8} \times 30,69 \times 6^2 = 138,12 \text{ kNm}$$

Ideální průřez ocelobetonového nosníku



Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31000}{2} = 15500 \text{ MPa}$$

Pracovní součinitel (poměr modulů pružnosti oceli a betonu)

$$n = \frac{E_a}{E_c} = \frac{210000}{15500} = 13,55$$

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = A + t_{betonu} \frac{b_{eff}}{n} = 3337 + 80 \times \frac{1500}{13,55} = 12194 \text{ mm}^2$$

(modulová šířka
žebra 235 mm)

Těžiště ideálního průřezu

$$e = \frac{3337 \times \frac{220}{2} + 80 \times \frac{1500}{13,55} \times (220 + 60 + \frac{80}{2})}{12194} = 262,5 \leq 220 + 60 = 280$$

Neutrální osa neprochází betonovou deskou, betonová deska je tlačena.

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = 27,72 \times 10^6 + 3337 \times \left(262,5 - \frac{220}{2}\right) + \frac{1}{13,55} \times \left(\frac{1500 \times 80^3}{12} + 1500 \times 80 \times \left(262,5 - 220 - 60 - \frac{80}{2}\right)^2\right) = 1,39 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

Maximální napětí v ocelovém profilu ve spodních vláknech

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} z_d = \frac{138,12}{1,39 \times 10^8} \times 262,5 = 260,2 \text{ MPa} \leq 355 \text{ MPa}$$

Maximální napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{nI_i} z_h = \frac{138,12}{1,39 \times 10^8} \times (360 - 262,5) = 7,1 \text{ MPa} \leq 0,85 \times f_{ck}$$

$$\sigma_{c,max} = 7,1 \text{ MPa} \leq 21,25 \text{ MPa}$$

Nosník při provozním zatížení působí pružně.

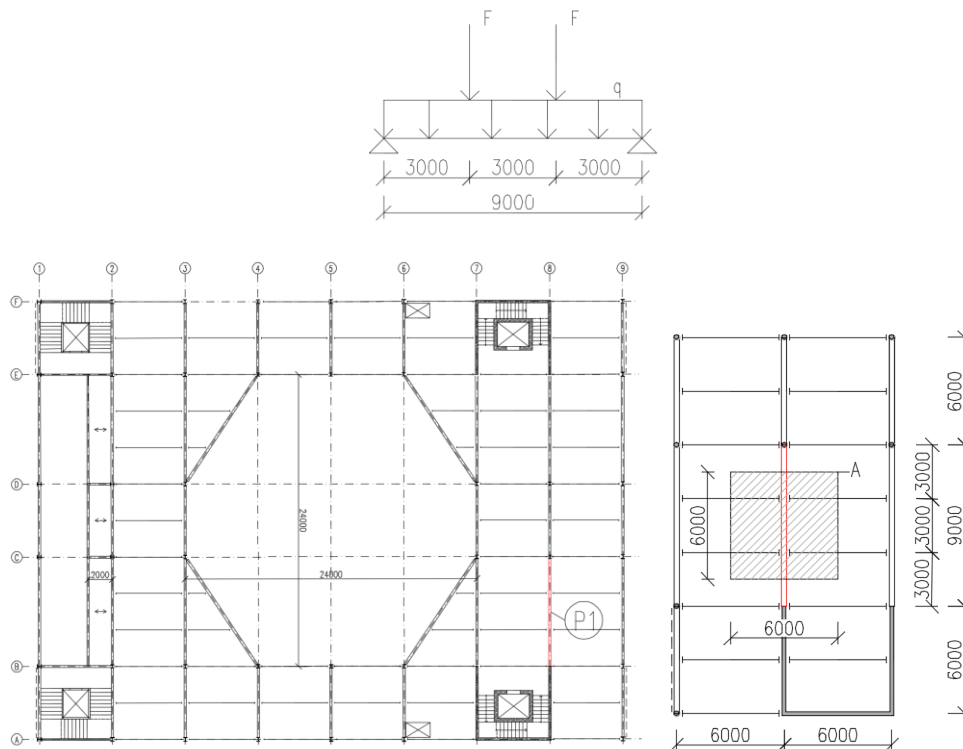
Celkový průhyb od proměnného zatížení.

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \frac{f_k L^4}{EI_i} = \frac{5}{384} \times \frac{5,8 \times 3 \times 6000^4}{210 \times 10^3 \times 1,39 \times 10^8} = 10 \text{ mm} \leq \frac{6000}{250} = 24 \text{ mm}$$

4.4 PRŮVLAK P1

Nejvíce zatížený průvlak je označen červeně ve schématu. Průvlak je při betonáži podepřen.

Schéma



Vnitřní síly

kombinační
součinitel ψ_0
= 0,7

Redukční součinitel pro užité zatížení

$$\alpha_a = \frac{5}{7}\psi_0 + \frac{A_0}{A} = \frac{5}{7}0,7 + \frac{10}{6 \times 6} = 0,78$$

$$0,6 \leq 0,78 \leq 1,0$$

Reakce ze stropnic

$$F_{Ek} = \left((g_{stálé} + \alpha_a q_{užitné} + q_{příčky}) \times Z. \text{ Š.} + g_{vl.tíha.stropnice} \right) \times \frac{6 \times 2}{2}$$

$$F_{Ek} = \left((4,43 + 0,78 \times 5 + 0,8) \times 3 + 0,262 \right) \times \frac{12}{2} = 165,71 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = \left((4,43 \times 1,35 + 0,78 \times 5 \times 1,5 + 0,8 \times 1,5) \times 3 + 0,262 \times 1,35 \right) \times \frac{12}{2}$$

$$F_{Ed} = 236,37 \text{ kN}$$

Odhad vlastní tíhy

$$g_k = 0,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad g_d = 0,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

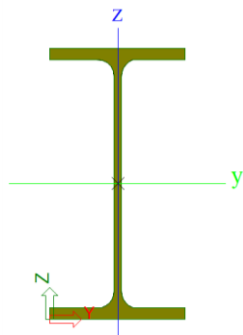
Reakce

$$R_{Ed} = V_{Ed} = 236,34 + 0,68 \times \frac{9}{2} = 239,41 \text{ kN}$$

Ohybový moment

$$M_{Ed} = 236,37 \times 3 + \frac{1}{8} \times 0,68 \times \left(\frac{9}{2}\right)^2 = 715,9 \text{ kNm}$$

Návrh IPE400



h	400	mm
b	180	mm
t _w	8,6	mm
t _f	13,5	mm
A	8446	mm ²
I _y	231,3x10 ⁶	mm ⁴
W _{pl,y}	1307x10 ³	mm ³
A _v	4269	mm ²
g _{vl.tiha}	0,663	kN/m
Tř. průřezu	1	

Beton C25/30 $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
 $f_{cd} = 16,7 \text{ MPa}$

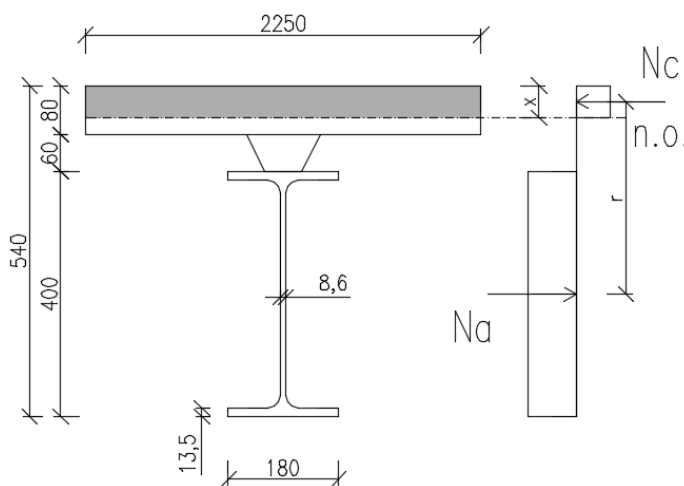
MSÚ

Účinná šířka desky

$$b_{eff} = \frac{L}{4} = \frac{9000}{4} = 2250 \text{ mm}$$

$b_{eff} < B = 6000 \text{ mm}$ (vzdálenost průvlaků)

Předpoklad: neutrální osa prochází betonovou deskou



Rovnováha sil

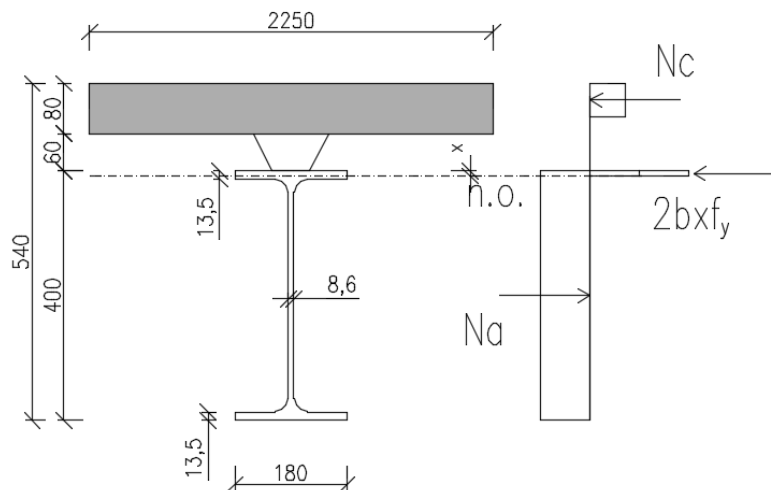
$$N_a = N_c$$

$$A_a f_{yd} = 0,85 x b_{eff} f_{cd}$$

$$x = \frac{A_a f_{yd}}{0,85 b_{eff} f_{cd}} = \frac{8446 \times 355}{0,85 \times 2250 \times 16,7} = 94,07 \geq 80 \text{ mm}$$

n.o. neprochází betonovou deskou.

Nový předpoklad: neutrální osa je v horní pásnici průvlaku.



Rovnováha sil

$$N_a = N_c + 2bxf_{yd}$$

$$A_a \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 0,85t_{desky}b_{eff}f_{cd} + 2bx \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$x = \frac{A_a f_{yd} - 0,85b_{eff}t_{desky}f_{cd}}{2bf_{yd}} = \frac{8446 \times 355 - 0,85 \times 2250 \times 80 \times 17}{2 \times 180 \times 355} = 3,51 \text{ mm}$$

$3,51 \text{ mm} \leq t_f = 13,5 \text{ mm}$, předpoklad je splněn

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = xbf_{yd} \left(\frac{h-x}{2} + \frac{x}{2} \right) + b_{eff}t_{desky}0,85f_{cd} \left(\frac{h-x}{2} + x + h_{plech} + \frac{t_{desky}}{2} \right)$$

$$M_{pl,Rd} = 3,51 \times 180 \times 355 \left(\frac{400 - 3,51}{2} + \frac{3,51}{2} \right) +$$

$$+ 2250 \times 80 \times 0,85 \times 17 \left(\frac{400 - 3,51}{2} + 3,51 + 60 + \frac{80}{2} \right) = 814,31 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{715,9}{814,31} = 0,88 \text{ vyhovuje}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} = \frac{4269 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{\sqrt{3}} = 875 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{239,41}{875} = 0,27 \text{ vyhovuje}$$

Spražení: trn 22/100 ($d = 22 \text{ mm}$, $h_{sc} = 100 \text{ mm}$)

Únosnost jednoho trnu ve stříhu a otláčení

$$P_{Rd,1} = 0,8f_u \frac{\pi d^2}{4} \frac{1}{\gamma_V} = 0,8 \times 360 \times \frac{\pi \times 22^2}{4} \times \frac{1}{1,25} = 87,54 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,2} = 0,29\alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}} \frac{1}{\gamma_V} = 0,29 \times 1 \times 22^2 \sqrt{25 \times 31000} \times \frac{1}{1,25} = 98,85 \text{ kN}$$

$$\min(P_{Rd,1}; P_{Rd,2}) = 87,54 \text{ kN}$$

Redukční součinitel

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \frac{b_o}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$$b_o = 90 \text{ mm} \quad h_p = 60 \text{ mm}$$

počet trnů v žeburu $n_r = 1$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \times \frac{90}{60} \times \left(\frac{100}{60} - 1 \right) = 0,7$$

Únosnost trnu v žeburu

$$P_{Rd} = k_t P_{Rd,1} = 0,7 \times 87,54 = 61,28 \text{ kN}$$

Síla na sprážením na jedné polovině nosníku

$$F_{cf} = N_c = b_{eff} t_{desky} 0,85 f_{cd} = 2250 \times 80 \times 0,85 \times 17 = 2550 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na jedné polovině nosníku

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{2550}{61,28} = 42 \text{ trnů}$$

Minimální vzdálenost trnů na nosníku při splnění plného sprážením

$$n_f = \frac{\frac{L}{2}}{n_f} = \frac{9000}{2 \times 42} = 108 \text{ mm} \leq 5d = 5 \times 22 = 110 \text{ mm} \text{ nevyhovuje}$$

Návrh neúplné sprážením

Plastická momentová únosnost IPE400

$$M_{a,pl,Rd} = W_{pl,y} f_y = 1307 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3 = 464 \text{ kNm}$$

Síla, kterou je nutné přenést

$$F_c = \frac{M_{Ed} - M_{a,pl,Rd}}{M_{pl,Rd} - M_{a,pl,Rd}} F_{cf} = \frac{725,1 - 464}{814,31 - 464} \times 2550 = 1900,4 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na jedné polovině nosníku

$$n_f = \frac{F_c}{P_{Rd}} = \frac{1900,4}{61,28} = 31 \text{ trnů}$$

Minimální vzdálenost trnů na nosníku při splnění plného sprážením

$$n_f = \frac{\frac{L}{2}}{n_f} = \frac{9000}{2 \times 31} = 145 \text{ mm} \geq 5d = 5 \times 22 = 110 \text{ mm} \text{ vyhovuje}$$

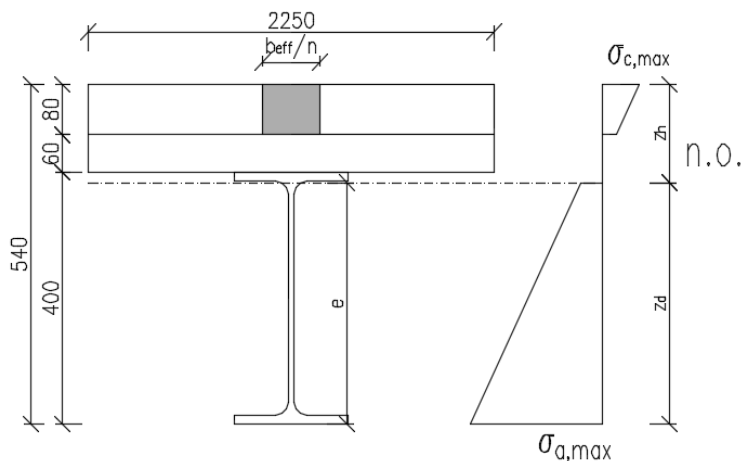
Návrh: trny 22/100 po 145 mm

MSP

$$M_{Ek} = F_{Ek} \times 3 + \frac{1}{8} f_k L^2 = 165,71 \times 3 + \frac{1}{8} \times 0,663 \times 9^2 = 503,85 \text{ kNm}$$

kde $f_k = 0,663 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ vlastní tíha průvlaku

Ideální průřez ocelobetonového nosníku



Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31000}{2} = 15500 \text{ MPa}$$

Pracovní součinitel (poměr modulů pružnosti oceli a betonu)

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210000}{15500} = 13,55$$

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = A + t_{betonu} \frac{b_{eff}}{n} = 8446 + 80 \times \frac{2250}{13,55} = 21732 \text{ mm}^2$$

Těžiště ideálního průřezu

$$e = \frac{8446 \times \frac{400}{2} + 80 \times \frac{2250}{13,55} \times (400 + 60 + \frac{80}{2})}{21732} = 383,4$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = 231,3 \times 10^6 + 8446 \times \left(383,4 - \frac{400}{2} \right) + \frac{1}{13,55} \times \left(\frac{2250 \times 80^3}{12} + 2250 \times 80 \times \left(383,4 - 400 - 60 - \frac{80}{2} \right)^2 \right) = 7,03 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

Maximální napětí v ocelovém profilu ve spodních vláknech

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} z_d = \frac{503,85}{7,03 \times 10^8} \times 383,4 = 274,8 \text{ MPa} \leq 355 \text{ MPa}$$

Maximální napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{nI_i} z_h = \frac{503,85}{7,03 \times 10^8} \times (540 - 383,4) = 8,3 \text{ MPa} \leq 0,85 \times f_{ck}$$

$$\sigma_{c,max} = 8,3 \text{ MPa} \leq 21,25 \text{ MPa}$$

Nosník při provozním zatížení působí pružně.

Celkový průhyb od proměnného zatížení.

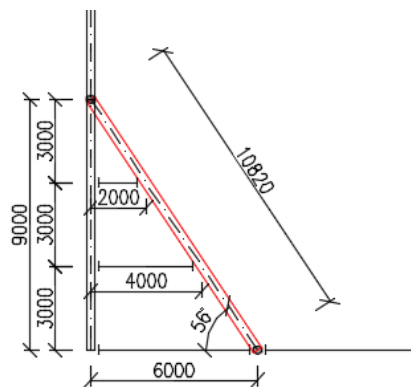
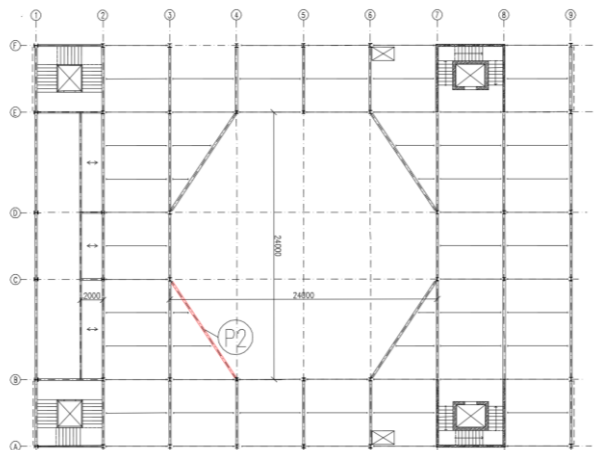
$$\delta_2 = \frac{23 F_k L^3}{648 EI_i} = \frac{23}{648} \times \frac{84,4 \times 9000^4}{210 \times 10^3 \times 7,03 \times 10^8} = 14,8 \text{ mm} \leq \frac{9000}{400} = 22,5 \text{ mm}$$

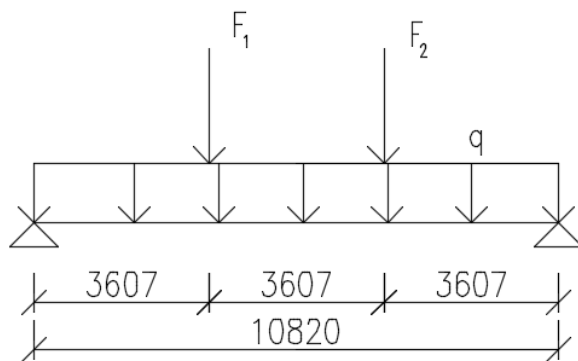
$$\text{kde } F_k = (\alpha_a q_{užitné} + q_{příčky}) \times Z. \check{S}. \times \frac{6 \times 2}{2} = (0,78 \times 5 + 0,8) \times 3 \times \frac{12}{2} = 84,4 \text{ kN}$$

4.5 PRŮVLAK P2

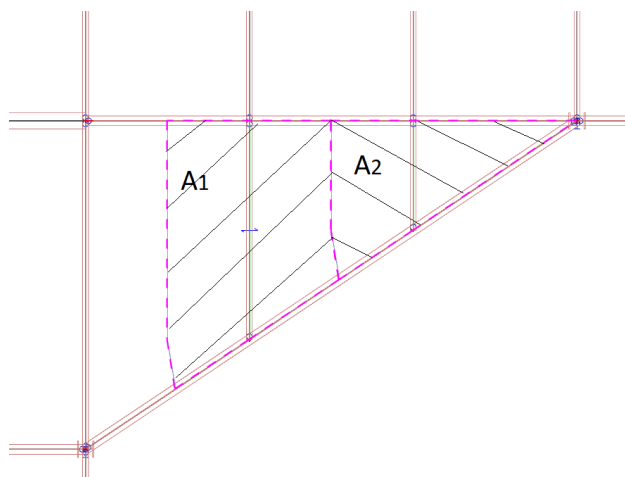
Průvlak je při betonáži podepřen.

Schéma





Zatěžovací plochy jsou odečteny pomocí programu SCIA.



$$A_1 = 12 \text{ m}^2 \quad A_2 = 6,68 \text{ m}^2$$

Průvlak P2 nese pouze poloviční hodnotu zatížení od stropnic.

$$A_1 = 6 \text{ m}^2 \quad A_2 = 3,34 \text{ m}^2$$

Vnitřní síly

Reakce ze stropnic

$$F_{Ek1} = (g_{stálé} + q_{užitné} + q_{příčky}) \times A_1 + g_{vl.tíha.stropnice} \times \frac{L_1}{2}$$

$$F_{Ek1} = (4,43 + 5 + 0,8) \times 6 + 0,262 \times \frac{4}{2} = 62,43 \text{ kN}$$

$$F_{Ed1} = (4,43 \times 1,35 + 5 \times 1,5 + 0,8 \times 1,5) \times 6 + 0,262 \times 1,35 \times \frac{4}{2} = 89,5 \text{ kN}$$

$$F_{Ek2} = (g_{stálé} + q_{užitné} + q_{příčky}) \times A_2 + g_{vl.tíha.stropnice} \times \frac{L_2}{2}$$

$$F_{Ek2} = (4,43 + 5 + 0,8) \times 3,34 + 0,262 \times \frac{2}{2} = 34,69 \text{ kN}$$

$$F_{Ed2} = (4,43 \times 1,35 + 5 \times 1,5 + 0,8 \times 1,5) \times 3,34 + 0,262 \times 1,35 \times \frac{2}{2} = 49,74 \text{ kN}$$

Odhad vlastní tíhy

$$g_k = 0,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad g_d = 0,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Viz. 2.1.3

Reakce

$$R_{Ed1} = \frac{89,5 \times 3,607 \times 2 + 49,74 \times 3,607 + 0,68 \times \frac{10,82^2}{2}}{10,82} = 79,9 \text{ kN}$$

$$R_{Ed2} = \frac{89,5 \times 3,607 + 49,74 \times 3,607 \times 2 + 0,68 \times \frac{10,82^2}{2}}{10,82} = 66,64 \text{ kN}$$

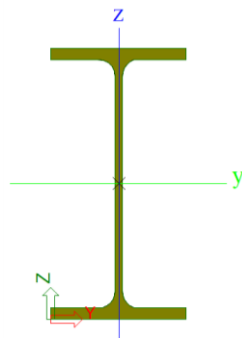
Posouvající síla

$$V_{Ed} = 79,9 \text{ kN}$$

Ohybový moment

$$M_{Ed} = 79,9 \times 3,607 + 0,68 \times \left(\frac{3,607}{2}\right)^2 = 283,8 \text{ kNm}$$

Návrh IPE400 (při posouzení rozhoduje průhyb)



h	400	mm
b	180	mm
t _w	8,6	mm
t _r	13,5	mm
A	8446	mm ²
I _y	231,3x10 ⁶	mm ⁴
W _{pl,y}	1307x10 ³	mm ³
A _v	4269	mm ²
g _{vl.tíha}	0,663	kN/m
Tř. průřezu	1	

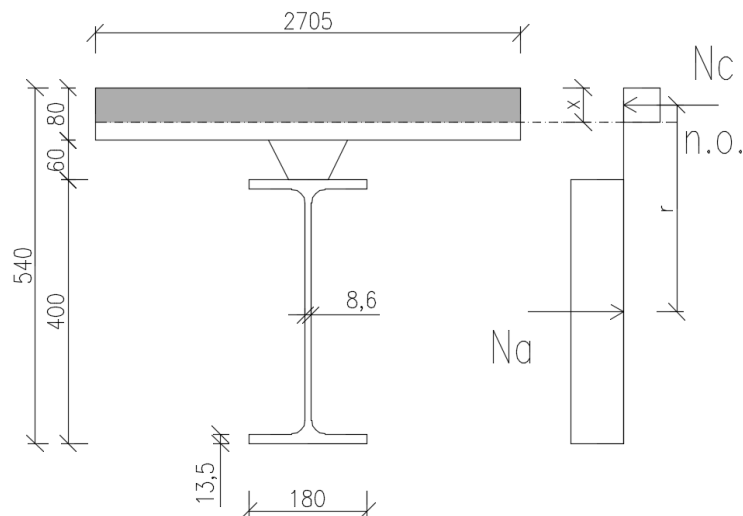
Beton C25/30 $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
 $f_{cd} = 16,7 \text{ MPa}$

MSÚ

Účinná šířka desky

$$b_{eff} = \frac{L}{4} = \frac{10820}{4} = 2705 \text{ mm}$$

Předpoklad: neutrální osa prochází betonovou deskou



Rovnováha sil

$$N_a = N_c$$

$$A_a f_{yd} = 0,85 x b_{eff} f_{cd}$$

$$x = \frac{A_a f_{yd}}{0,85 b_{eff} f_{cd}} = \frac{8446 \times 355}{0,85 \times 2705 \times 16,7} = 78,24 \leq 80 \text{ mm}$$

n.o. prochází betonovou deskou

Rameno vnitřních sil

$$r = \frac{400}{2} + 60 + 80 - \frac{78,24}{2} = 301 \text{ mm}$$

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = N_a r = A_a f_{yd} r = 8446 \times 355 \times 301 = 902,1 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{283,8}{902,1} = 0,31 \text{ vyhovuje}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{4269 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{\sqrt{3}} = 875 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{79,9}{875} = 0,09 \text{ vyhovuje}$$

Spražení: trn 22/110 ($d = 22 \text{ mm}$, $h_{sc} = 110 \text{ mm}$)

Únosnost jednoho trnu ve stříhu a otláčení

$$P_{Rd,1} = 0,8 f_u \frac{\pi d^2}{4} \frac{1}{\gamma_V} = 0,8 \times 360 \times \frac{\pi \times 22^2}{4} \times \frac{1}{1,25} = 87,54 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}} \frac{1}{\gamma_V} = 0,29 \times 1 \times 22^2 \sqrt{25 \times 31000} \times \frac{1}{1,25} = 98,85 \text{ kN}$$

$$\min(P_{Rd,1}; P_{Rd,2}) = 87,54 \text{ kN}$$

Redukční součinitel

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \frac{b_o}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$$b_o = 90 \text{ mm} \quad h_p = 60 \text{ mm}$$

počet trnů v žeburu $n_r = 1$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \times \frac{90}{60} \times \left(\frac{110}{60} - 1 \right) = 0,88$$

Únosnost trnu v žeburu

$$P_{Rd} = k_t P_{Rd,1} = 0,88 \times 87,54 = 76,6 \text{ kN}$$

Síla na sprážení na jedné polovině nosníku

$$F_{cf} = N_c = b_{eff} t_{desky} 0,85 f_{cd} = 2705 \times 80 \times 0,85 \times 17 = 3065,7 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na jedné polovině nosníku

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{3065,7}{76,6} = 40 \text{ trnů}$$

Minimální vzdálenost trnů na nosníku při splnění plného spřažení

$$n_f = \frac{L}{2} = \frac{10820}{2 \times 40} = 135 \text{ mm} \geq 5d = 5 \times 22 = 110 \text{ mm vyhovuje}$$

MSP

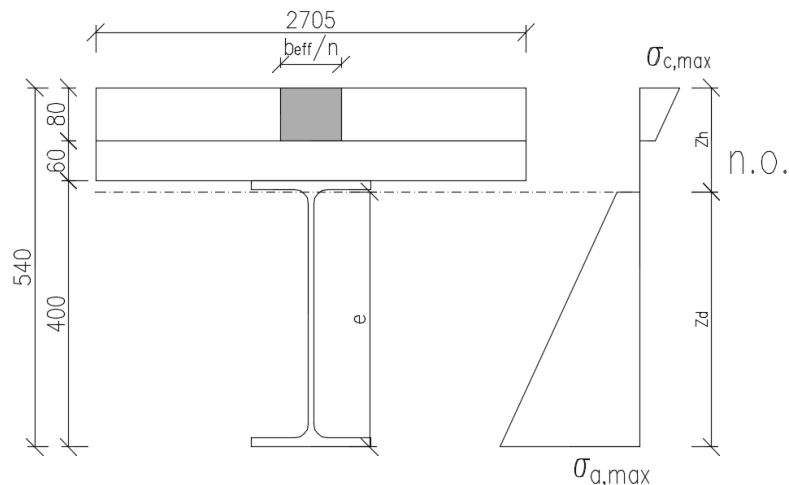
$$M_{Ek} = R_{Ek1} \times 3,607 + \frac{1}{2} f_k \times 3,607^2 = 55,89 \times 3,607 + \frac{1}{2} \times 0,663 \times 3,607^2$$

$$M_{Ek} = 291,41 \text{ kNm}$$

kde $f_k = 0,663 \frac{kN}{m}$ vlastní tíha průvlaku,

$$R_{Ek1} = \frac{62,43 \times 3,607 \times 2 + 34,69 \times 3,607 + 0,663 \times \frac{10,82^2}{2}}{10,82} = 55,89 \text{ kN}$$

Ideální průřez ocelobetonového nosníku



Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31000}{2} = 15500 \text{ MPa}$$

Pracovní součinitel (poměr modulů pružnosti oceli a betonu)

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210000}{15500} = 13,55$$

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = A + t_{betonu} \frac{b_{eff}}{n} = 8446 + 80 \times \frac{2705}{13,55} = 24418 \text{ mm}^2$$

Těžiště ideálního průřezu

$$e = \frac{8446 \times \frac{400}{2} + 80 \times \frac{27050}{13,55} \times (400 + 60 + \frac{80}{2})}{24418} = 396,2$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = 231,3 \times 10^6 + 8446 \times \left(396,2 - \frac{400}{2}\right) + \frac{1}{13,55} \times \left(\frac{2705 \times 80^3}{12} + 2705 \times 80 \times \left(396,2 - 400 - 60 - \frac{80}{2}\right)^2\right) = 7,37 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

Maximální napětí v ocelovém profilu ve spodních vláknech

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} z_d = \frac{291,41}{7,37 \times 10^8} \times 396,2 = 156,7 \text{ MPa} \leq 355 \text{ MPa}$$

Maximální napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{nI_i} z_h = \frac{291,41}{7,37 \times 10^8} \times (540 - 396,2) = 4,2 \text{ MPa} \leq 21,25 \text{ MPa}$$

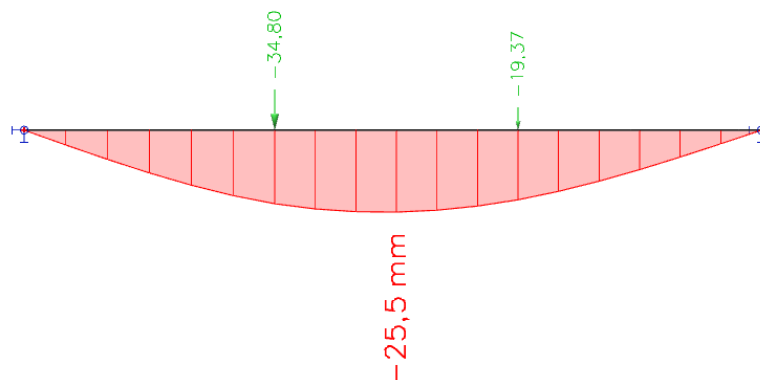
Nosník při provozním zatížení působí pružně.

Proměnné zatížení

$$F_{Ek1} = (q_{užitné} + q_{příčky}) \times A_1 = (5 + 0,8) \times 6 = 34,8 \text{ kN}$$

$$F_{Ek2} = (q_{užitné} + q_{příčky}) \times A_2 = (5 + 0,8) \times 3,34 = 19,37 \text{ kN}$$

Celkový průhyb od proměnného zatížení.

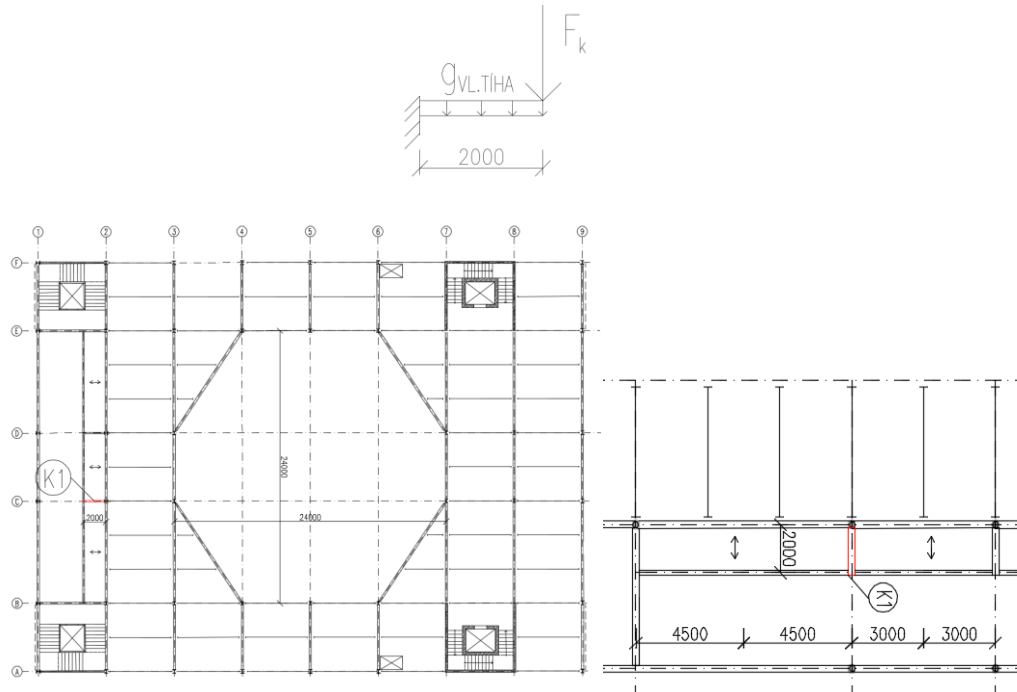


$$\delta_2 = 25,5 \text{ mm} \leq \frac{10820}{400} = 27,05 \text{ mm}$$

4.6 KONZOLA K1

Uvažuju stejnou betonovou desku s trapézovým plechem jak v předchozích kapitolách, ale pnutí trapézového plechu ve směru kratšího rozpětí 2 m. Trapézový plech je připojen k horním pánsnicím IPE400 pomocí šroubů bez sprážení.

Schéma



Viz 2.1.3

Vnitřní síly

$$F_k = \left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) ((g_{stálé} + q_{užitné}) \times Z.Š + g_{průvlak}) = \left(\frac{9 + 6}{2}\right) \times ((4,43 + 5) \times \frac{2}{2} + 0,66) = 75,7 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = \frac{9 + 6}{2} \times ((4,43 \times 1,35 + 5 \times 1,5) \times \frac{2}{2} + 0,66 \times 1,35) = 107,82 \text{ kN}$$

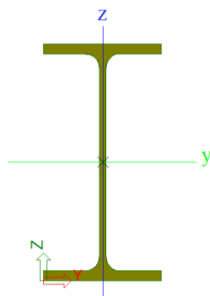
Odhad vlastní tíhy

$$g_k = 0,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad g_d = 0,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed} = F_{Ed} \times L + g_{vl.tíha} \times \frac{L^2}{2} = 107,82 \times 2 + 0,68 \times \frac{2^2}{2} = 217,46 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = F_{Ed} + g_{vl.tíha} \times L = 107,82 + 0,68 \times 2 = 109,17 \text{ kN}$$

Návrh IPE330



h	330	mm
b	160	mm
t _w	7,5	mm
t _f	11,5	mm
A	6261	mm ²
I _y	117,7x10 ⁶	mm ⁴
W _{pl,y}	804,3x10 ³	mm ³
A _v	3081	mm ²
g _{vl.tíha}	0,491	kN/m
Tř. průřezu	1	

MSÚ

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} f_{yd} = 804,3 \times 10^{-3} \times 355 \times 10^3 = 285,53 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{217,46}{285,53} = 0,76 \text{ vyhovuje}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{3081 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{\sqrt{3}} = 631,5 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{109,17}{631,5} = 0,17 \text{ vyhovuje}$$

MSP

Průhyb od proměnného zatížení

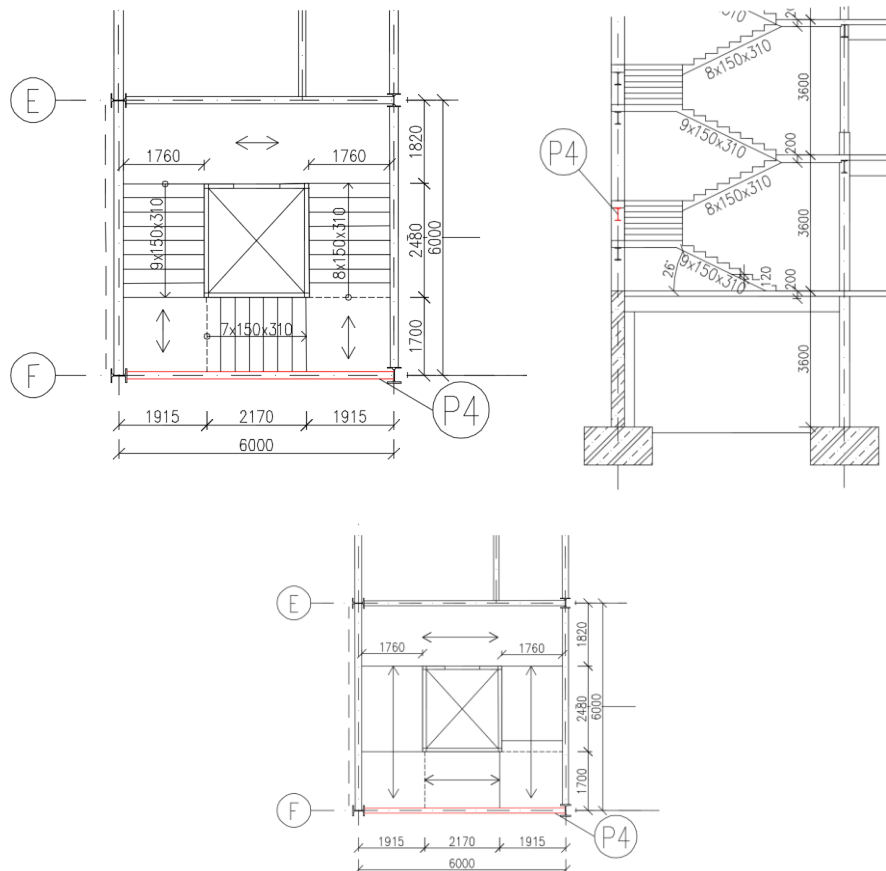
$$\delta_2 = \frac{F_{k.proměnné} L^3}{3EI_y} = \frac{5 \times \frac{2000}{2} \times \left(\frac{6000 + 9000}{2}\right) \times 2000^3}{210 \times 10^6 \times 117,7 \times 10^6} = 4 \text{ mm}$$

$$\delta_2 = 4 \text{ mm} \leq \frac{2L}{250} = \frac{2 \times 2000}{250} = 16 \text{ mm}$$

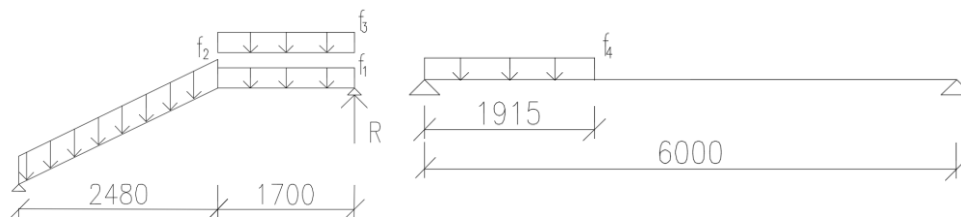
4.7 PRŮVLAK P4 (SCHODIŠTĚ)

Průvlak je při betonáži podepřen.

Schéma



Zatížení



Výpočet zatížení mezipodesty f_1

Užitné zatížení $q_k = 4 \text{ kN/m}^2$

Zatížení od podlahy $g_{1,k} = 1,64 \text{ kN/m}^2$

Vlastní tíha desky $g_{3,k} = 200 \text{ mm} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 5 \text{ kN/m}^2$

Celkové zatížení

$$f_{1,d} = (1,35(5 + 1,64) + 1,5 \times 4) \times 1,915 \text{ m} = 28,66 \text{ kN/m}$$

Výpočet zatížení podesty f_2

Užitné zatížení $q_k = 4 \text{ kN/m}^2$

Zatížení od podlahy $g_{1,k} = 0,33 \text{ kN/m}^2$

Zatížení od schodišťových stupňů $g_{2,k} = 1,88 \text{ kN/m}^2$

Vlastní tíha desky $g_{3,k} = \frac{120 \text{ mm}}{\cos(26)} \times 25 = 3,34 \text{ kN/m}^2$

Celkové zatížení

$$f_{2,d} = (1,35 \times (3,34 + 1,88 + 0,33) + 1,5 \times 4) \times \cos(26) \times 1,76 \text{ m} = 21,33 \text{ kN/m}$$

Výpočet zatížení podesty f_3

Užitné zatížení $q_k = 4 \text{ kN/m}^2$

Zatížení od podlahy $g_{1,k} = 0,33 \text{ kN/m}^2$

Zatížení od schodišťových stupňů $g_{2,k} = 1,88 \text{ kN/m}^2$

Vlastní tíha desky $g_{3,k} = \frac{120 \text{ mm}}{\cos(26)} \times 25 = 3,34 \text{ kN/m}^2$

Celkové zatížení (zatížení od ramena přenáší se mezi 2 mezipodesty)

$$f_{3,d} = \frac{(1,35 \times (3,34 + 1,88 + 0,33) + 1,5 \times 4) \times \cos(26) \times 2,17 \text{ m}}{2} = 13,14 \text{ kN/m}$$

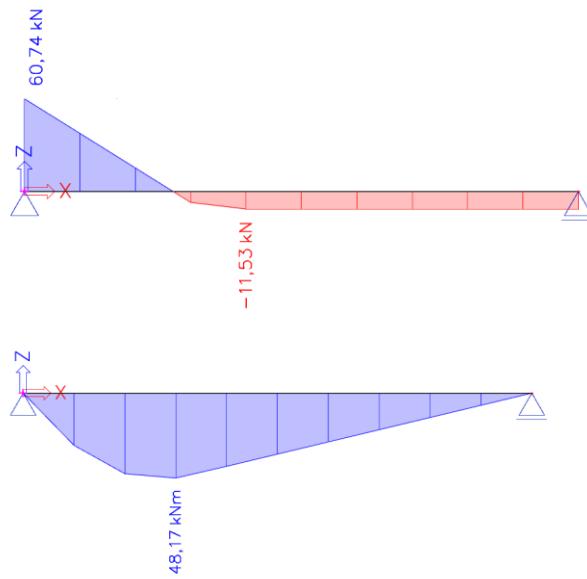
Reakce z momentové podmínky:

$$R = \frac{(f_{1,d} + f_{3,d}) \times 1,7 \times \left(\frac{1,7}{2} + 2,48\right) + f_{2,d} \times 2,48 \times \frac{2,48}{2}}{2,48 + 1,7} = 72,3 \text{ kN}$$

Liniové zatížení průvlastku

$$f_{4d} = \frac{R}{L} = \frac{72,3}{1,915} = 37,76 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly

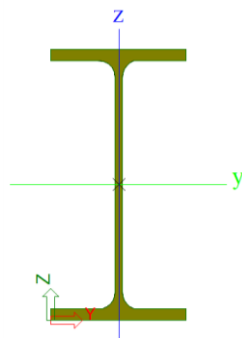


$$V_{Ed} = 60,74 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 48,17 \text{ kNm}$$

Průvlak P4 je nejmíň zatížený, rozhodující při posouzení průvlaku je průhyb.

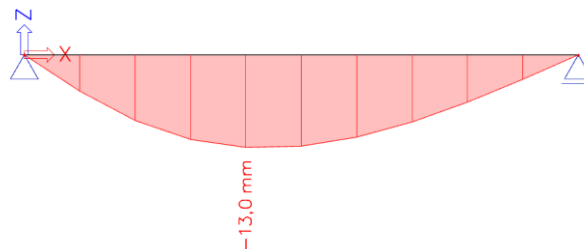
Návrh IPE240



h	240	mm
b	120	mm
t _w	6,2	mm
t _f	9,8	mm
A	3912	mm ²
I _y	38,92x10 ⁶	mm ⁴
W _{pl,y}	366,6x10 ³	mm ³
A _v	1914	mm ²
g _{vl.tiha}	0,307	kN/m
Tř. průřezu	1	

MSP

Průhyb



$$\delta = 13 \text{ mm} \leq \frac{6000}{400} = 15 \text{ mm}$$

MSÚ

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} f_{yd} = 366,6 \times 10^{-3} \times 355 \times 10^3 = 130,1 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{48,17}{131,1} = 0,3 \text{ vyhovuje}$$

Smyková únosnost

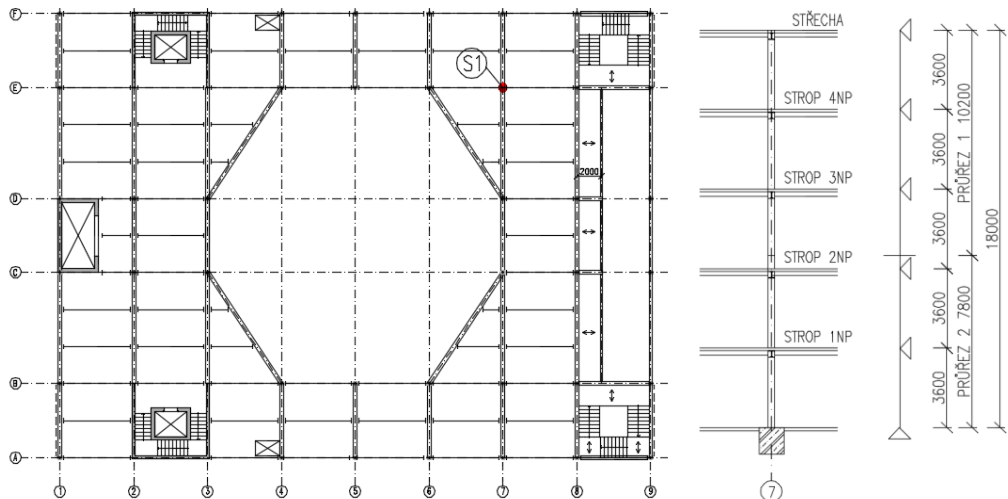
$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{1914 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{\sqrt{3}} = 392,3 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{60,74}{392,3} = 0,11 \text{ vyhovuje}$$

5 SLOUPY

5.1 VNITŘNÍ SLOUP S1

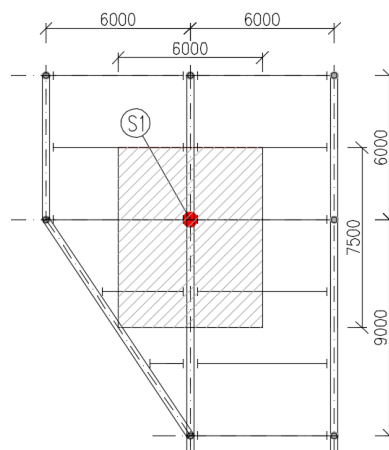
Schéma



Jednotlivé délky průřezů

$$L_1 = 10,2 \text{ m}$$

$$L_2 = 7,8 \text{ m}$$



Zatížení sloupu

- Strop běžného podlaží

Zatěžovací plocha $A = 6 \times 9 = 45 \text{ m}^2$

Stálé

	g_k kN/m ²	g_k kN/m	F_k kN	F_d kN
Viz 2.1.3 Základní tíha stropu	4,43		199,35	269,12
Viz. 4.3 Stropnice 3x		0,262	4,72	6,37
Viz 4.4 Průvlak		0,663	4,97	6,71
Celkem			209,04	282,20

Proměnné

	g_k kN/m ²	g_k kN/m	F_k kN	F_d kN
Viz 2.1.3 Užitné	5		225	337,5
Příčky	0,8		36	54
Celkem			261,00	391,50

- Střecha

Stálé

	g_k kN/m ²	g_k kN/m	F_k kN	F_d kN
Viz 2.1.1 Základní tíha střechy	2,88		129,60	174,96
Viz 4.2 Stropnice 3x		0,158	2,84	3,84
Viz 4.4 Průvlak		0,663	4,97	6,71
Celkem			137,42	185,51

Proměnné (největší zatížení je od sněhu)

	g_k kN/m ²	g_k kN/m	F_k kN	F_d kN
Viz 2.2.1 Sníh	2,5		112,50	151,88

Odhad vlastní tíhy sloupu: $g_{vl.tíha} = 0,8 \text{ kN/m}$

Vnitřní síly

$$N_{Ed.1} = g_{vl.tíha} \times L_1 + F_{d.stř.st} + F_{d.stř.pr} + 2(F_{d.strop.st} + F_{d.strop.pr})$$

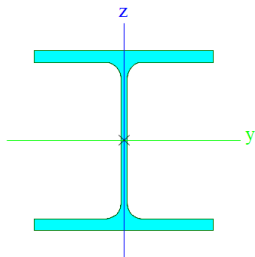
$$N_{Ed.1} = 0,8 \times 10,2 + 185,51 + 151,88 + 2(282,2 + 391,5) = 1692,95 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.2} = g_{vl.tíha} \times (L_1 + L_2) + F_{d.stř.st} + F_{d.stř.pr} + 4(F_{d.strop.st} + F_{d.strop.pr})$$

$$N_{Ed.1} = 0,8 \times (10,2 + 7,8) + 185,51 + 151,88 + 4(282,2 + 391,5) = 3046,6 \text{ kN}$$

Návrh průřezu 1

Průřezové charakteristiky HEB220



h	220	mm
b	220	mm
t _w	9,5	mm
t _f	16	mm
A	9104	mm ²
I _y	80,9×10 ⁶	mm ⁴
I _z	28,43×10 ⁶	mm ⁴
g _{vl.tíha}	0,715	kN/m
Tř. průřezu	1	

Posouzení průřezu 1

Vzpěrná únosnost

Vzpěrné délky

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 3,6 \text{ m}$$

Rozhoduje vybočení k ose z

Kritické Eulerovo zatížení

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^6 \times 28,43 \times 10^{-6}}{3,6^2} = 4542,03 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{9104 \times 355}{4542,03 \times 10^3}} = 0,8$$

Křivka vzpěrné pevnost c

Vzpěrný součinitel

$$\phi = 0,5 \left(1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right) = 0,5(1 + 0,49(0,8 - 0,2) + 0,8^2) = 1,01$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,01 + \sqrt{1,01^2 - 0,8^2}} = 0,63$$

Vzpěrná únosnost

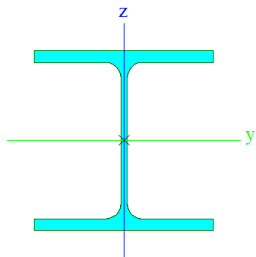
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z Af_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,63 \times 9104 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{1} = 2051,81 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{1692,95}{2051,81} = 0,83 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Návrh průřezu 2

Průřezové charakteristiky HEB280



h	280	mm
b	280	mm
t _w	10,5	mm
t _f	18	mm
A	13140	mm ²
I _y	192,7x10 ⁶	mm ⁴
I _z	65,95x10 ⁶	mm ⁴
Tř. průřezu	1	

Posouzení průřezu 2

Vzpěrná únosnost

Vzpěrné délky

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 3,6 \text{ m}$$

Rozhoduje vybočení k ose z

Kritické Eulerovo zatížení

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^6 \times 65,95 \times 10^{-6}}{3,6^2} = 10536,3 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{13140 \times 355}{10536,3 \times 10^3}} = 0,7$$

Křivka vzpěrné pevnost c

Vzpěrný součinitel

$$\phi = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2) = 0,5(1 + 0,49(0,7 - 0,2) + 0,7^2) = 0,84$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,84 + \sqrt{0,84^2 - 0,7^2}} = 0,75$$

Vzpěrná únosnost

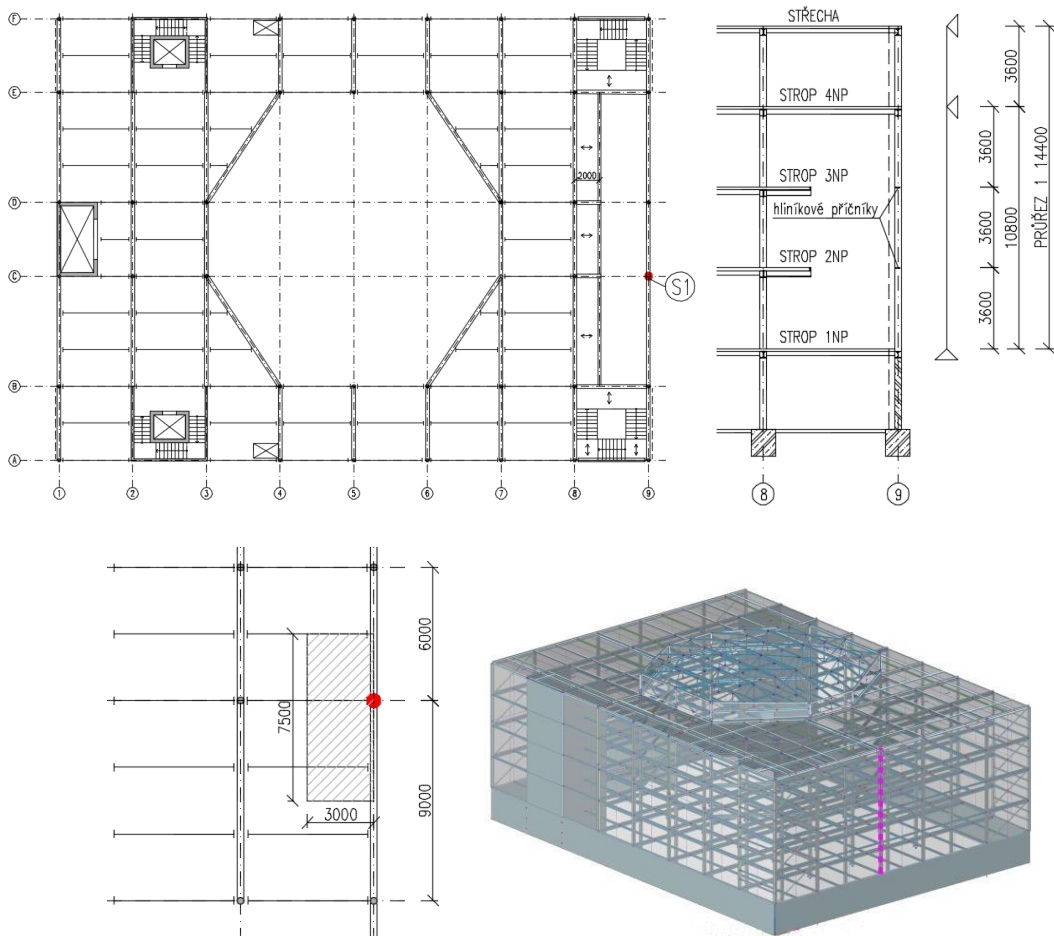
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z Af_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,75 \times 13140 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{1} = 3479,85 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{3046,6}{3479,85} = 0,88 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

5.2 KRAJNÍ SLOUP S2

Schéma



Zatížení sloupu

- Střecha

Zatěžovací plocha $A = 3 \times 7,5 = 22,5 \text{ m}^2$

Stálé

	g_k kN/m ²	g_k kN/m	F_k kN	F_d kN
Viz 2.1.1 Základní tíha střechy	2,88		64,8	87,48
Viz 4.2 Stropnice 3x		0,158	2,84	3,84
Viz 4.4 Průvlak		0,663	4,97	6,71
Celkem			72,62	98,03

Proměnné

	g_k kN/m ²	g_k kN/m	F_k kN	F_d kN
Viz 2.2.1 Sníh	2,5		56,25	84,38
Viz 2.1.1 Užitné	0,75		16,88	25,31

- Strop 4NP

Stálé

	g_k kN/m ²	g_k kN/m	F_k kN	F_d kN	
Viz 2.1.3	Základní tíha stropu	4,43		99,68	134,56
Viz 4.3	Stropnice 3x		0,262	4,72	6,37
Viz 4.4	Průvlak		0,663	4,97	6,71
	Celkem			109,36	147,64

Proměnné

	g_k kN/m ²	g_k kN/m	F_k kN	F_d kN	
Viz 2.1.3	Užitné	5		112,5	168,75
	Příčky	0,8		11,52	17,28
	Celkem			124,02	186,03

1. Obvodový plášť

Stálé

	g_k kN/m ²	g_k kN/m	F_k kN	F_d kN	
Viz 2.1.2	Skleněná plášť		1,92	43,20	58,32
Viz 2.2.2	Celkem			43,20	58,32

Proměnné

	w_k kN/m ²	w_k kN/m	w_d kN/m
příčný vítr (oblast B)	0,66	4,95	7,43
podélný vítr (oblast B)	0,59	4,43	6,64

Rozhoduje příčný vítr.

Kombinace zatížení

KZ1: ZS2 (stálé) + ZS3 (sníh I nenavátý) + ZS8 (užitné)

KZ4: ZS2 (stálé) + ZS3 (sníh I nenavátý) + 0,6 x ZS6 (vítr příčný) + ZS8 (užitné)

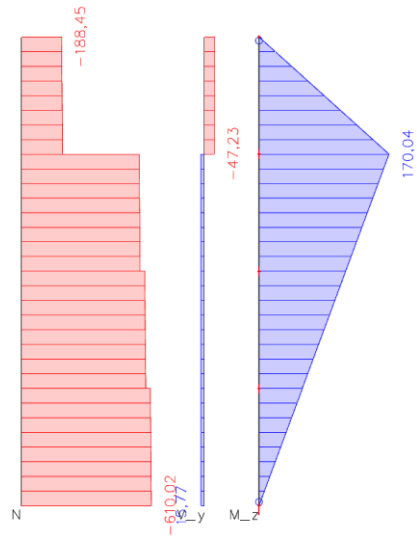
KZ10: ZS2 (stálé) + 0,5 x ZS3 (sníh I nenavátý) + ZS6 (vítr příčný) + ZS8 (užitné)

KZ19: ZS6 (vítr příčný) + ZS9 (minimální stálé)

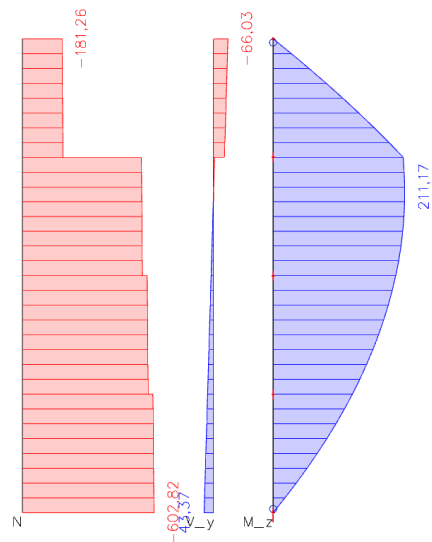
KZ21: ZS7 (vítr podélný) + ZS9 (minimální stálé)

Vnitřní síly

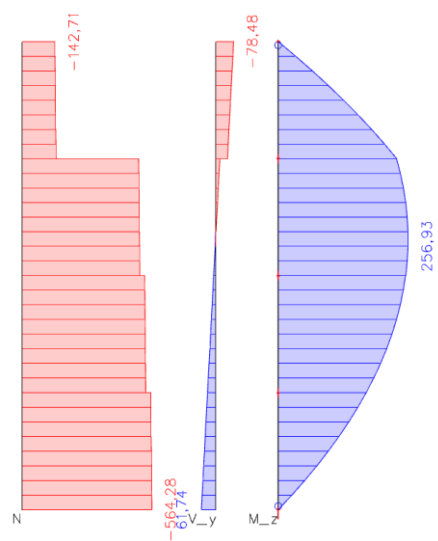
KZ1



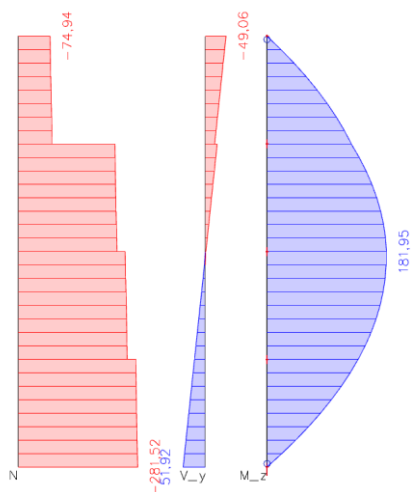
KZ4



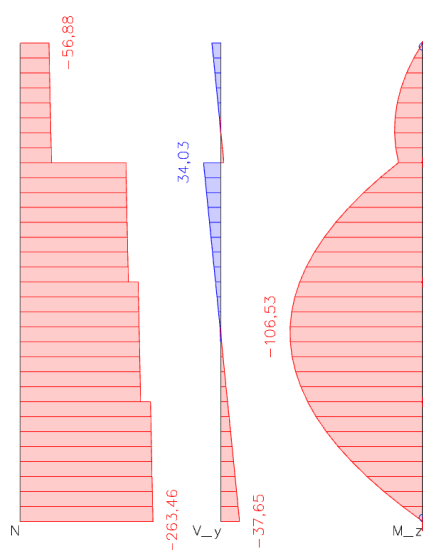
KZ10



KZ19



KZ21



největší moment

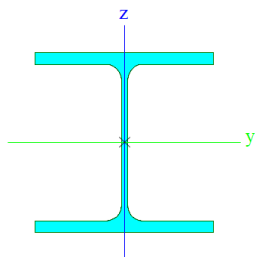
Kombinace	N kN	V kN	M kNm
KZ1	-193,37	-47,23	170,04
KZ4	-546,35	-0,73	211,17
KZ10	-510,26	1,6	256,93
KZ19	-232,58	-1,54	181,95
KZ21	-235,53	4,16	-106,53

největší tlak

Kombinace	N kN	V kN	M kNm
KZ1	-610,02	15,77	0
KZ4	-602,82	43,37	0
KZ10	-564,28	61,74	0
KZ19	-281,52	51,92	0
KZ21	-263,46	-37,65	0

Návrh průřezu 1

Průřezové charakteristiky HEB340



h	340	mm
b	300	mm
t _w	12	mm
t _f	21,5	mm
A	17090	mm ²
I _y	366,6x10 ⁸	mm ⁴
I _z	96,9x10 ⁷	mm ⁴
g _{vl.tíha}	0,1342	kN/m
I _w	2,45x10 ¹²	mm ⁶
I _t	2,57x10 ⁶	mm ⁴
W _{pl,y}	2,41x10 ⁶	mm ³
Tř. průřezu	1	

MSÚ

Rovinný vzpěr

Největší normálová síla je při kombinaci KZ1:

$$N_{Ed} = 610,02 \text{ kN}$$

Vzpěrné délky

$$L_{cr,y} = 10,8 \text{ m}$$

$L_{cr,z} = 3,6 \text{ m}$ vzdálenost příčníků

Kritické Eulerovo zatížení

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cry}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^6 \times 366,6 \times 10^{-6}}{10,8^2} = 6507,64 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cz}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^6 \times 96,9 \times 10^{-6}}{3,6^2} = 15480,94 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cry}}} = \sqrt{\frac{17090 \times 355}{6507,64 \times 10^3}} = 0,97$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{crz}}} = \sqrt{\frac{17090 \times 355}{15480,94 \times 10^3}} = 0,63$$

Vzpěrné součinitele

$$\phi_y = 0,5 \left(1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right) = 0,5(1 + 0,34(0,97 - 0,2) + 0,97^2) = 1,10$$

$$\phi_z = 0,5 \left(1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right) = 0,5(1 + 0,49(0,63 - 0,2) + 0,63^2) = 0,80$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,10 + \sqrt{1,10^2 - 0,97^2}} = 0,62$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,8 + \sqrt{0,8^2 - 0,63^2}} = 0,77$$

Křivky vzpěrné
pevnosti b, c

Vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} = \frac{\min(\chi_y; \chi_z) A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{\min(0,62; 0,77) \times 17090 \times 10^{-6} \times 355 \times 10^3}{1} = 3755,53 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{610,02}{3755,53} = 0,16 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Kombinace ohybu a osového tlaku

Součinitel vzpěrné délky

$$k_w = 1 \quad k_z = 1$$

Bezrozměrný parametr kroucení

$$k_w = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{\pi}{1 \times 10,8} \sqrt{\frac{210 \times 2,45 \times 10^{-6}}{81 \times 2,57 \times 10^{-6}}} = 0,46$$

Součinitel rozdělení momentu

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) = 1,13$$

$$C_{1,0} = C_{1,1} = 1,13 \text{ viz tab. NB. 3.2 ČSN EN 1993 - 1 [2]}$$

Bezrozměrný kritický moment

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} (1 + k_w t^2) = \frac{1,13}{1} (1 + 0,46^2) = 1,24$$

Kritický moment

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L} = 1,24 \frac{\pi \sqrt{210 \times 96,9 \times 81 \times 2,57 \times 10^6}}{10,8 \times 10^3} = 743,8 \text{ kNm}$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,41 \times 355 \times 10^3}{743,8 \times 10^3}} = 1,07$$

Součinitel klopení

$$\frac{h}{b} = \frac{340}{300} = 1,1 \leq 2 \text{ křivka klopení a}$$

$$\alpha_{LT} = 0,21$$

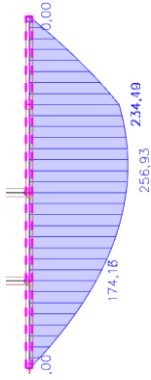
$$\phi_{LT} = 0,5 \left(1 + \alpha (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right) = 0,5 (1 + 0,21 (1,07 - 0,2) + 1,07^2) = 1,17$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,17 + \sqrt{1,17^2 - 1,07^2}} = 0,62$$

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu C_{my} . Moment mezi podepřenými body má parabolický průběh. Osa ohybu y-y, body podepřené ve směru z-z.

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = 0$$

$$C_{my} = 0,9 + 0,05 \alpha_h = 0,9$$



Součinitele ekvivalentního konstantního momentu C_{mLT} . Moment mezi podepřeními body má parabolický průběh. Osa ohybu y-y, body podepřené ve směru y-y.

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{234,49}{256,93} = 0,91$$

$$C_{mLT} = 0,9 + 0,05\alpha_h = 0,9 + 0,05 \times 0,91 = 0,95$$

Součinitele interakce

$$k_{yy} = \min \left(C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y A f_{yd}} \right); C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y A f_{yd}} \right) \right)$$

$$k_{yy1} = 0,9 \left(1 + (0,97 - 0,2) \frac{510,26 \times 10^3}{0,62 \times 17090 \times 355} \right) = 0,99$$

$$k_{yy2} = 0,9 \left(1 + 0,8 \frac{510,26 \times 10^3}{0,62 \times 17090 \times 355} \right) = 1,00$$

$$k_{yy} = 0,99$$

$$k_{zy} = \max \left(1 - \frac{0,1 \bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z A f_{yd}}; 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z A f_{yd}} \right)$$

$$k_{zy1} = 1 - \frac{0,1 \times 0,63}{0,95 - 0,25} \times \frac{510,26 \times 10^3}{0,77 \times 17090 \times 355} = 0,99$$

$$k_{zy2} = 1 - \frac{0,1}{0,95 - 0,25} \times \frac{510,26 \times 10^3}{0,77 \times 17090 \times 355} = 0,98$$

$$k_{zy} = 0,99$$

Pro průřez třídy 1 platí:

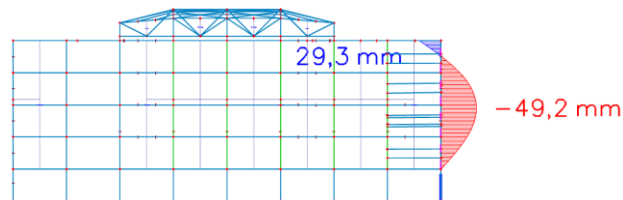
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y A f_{yd}} + k_{yy} \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} W_{pl,y} f_{yd}} \leq 1$$

$$\frac{510,26 \times 10^3}{0,62 \times 17090 \times 355} + 0,99 \frac{256,93}{0,62 \times 2,41 \times 355} = 0,62 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z A f_{yd}} + k_{zy} \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} W_{pl,y} f_{yd}} \leq 1$$

$$\frac{510,26 \times 10^3}{0,77 \times 17090 \times 355} + 0,99 \frac{256,93}{0,62 \times 2,41 \times 355} = 0,59 \leq 1$$

MSP



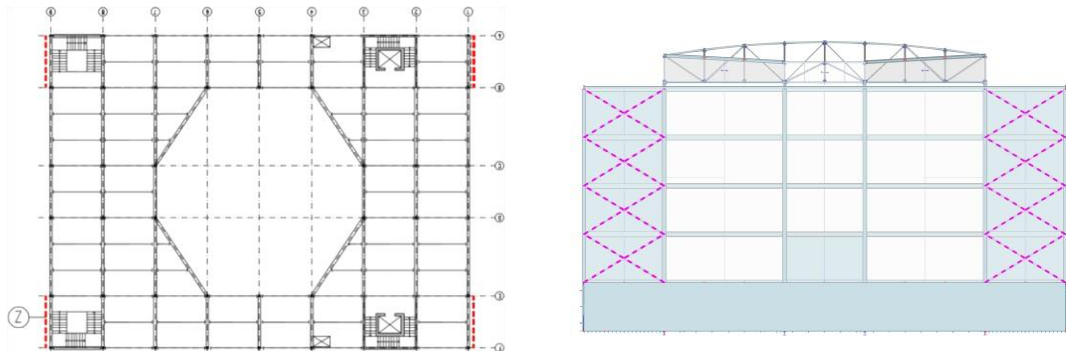
MSP je rozhodující při návrhu sloupu, a to je kombinace KZ10 s provozním návrhovým zatížením.

$$\delta = 49,2 \leq \frac{L}{200} = \frac{10800}{200} = 54 \text{ mm} \quad \frac{49,2}{54} = 0,91 \leq 1 \quad \text{vyhovuje}$$

6. ZTUŽIDLA

Prostorovou tuhost objektu zajišťují příčná ztužidla z diagonál, a dva ŽB jádra. Dále v konstrukci je ŽB výtahová šachta v 1PP-1NP viz výkresy.

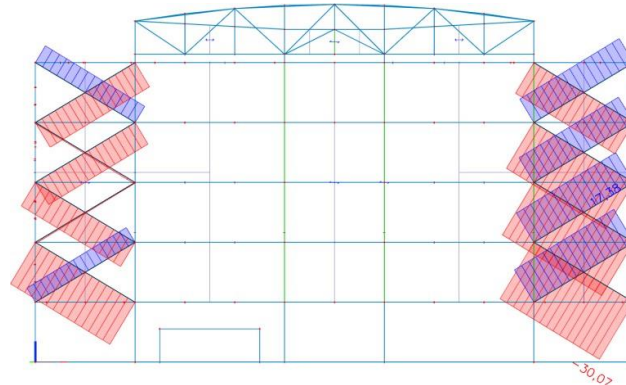
Schéma



Vnitřní síly

Rozhoduje kombinace KZ10:

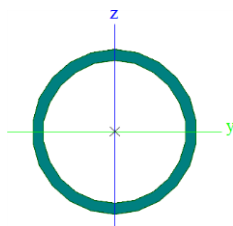
ZS2 (stálé)+0,5x ZS3 (sníh I nenavátý) + ZS6 (vítr příčný) + ZS8 (užitné)



$$N_{Ed} = 30,07 \text{ kN}$$

Návrh průřezu

Průřezové charakteristiky TR60,3/3,2



\emptyset	60,3	mm
t	3,2	mm
A	574	mm ²
I_y	$234,7 \times 10^3$	mm ⁴
$g_{vl. \text{ tíha}}$	0,0451	kN/m
Tř. průřezu	1	

MSÚ

Rovinný vzpěr

Vzpěrné délky (Tažená diagonála stabilizuje tlačenu proti vybočení z roviny.)

$$L_{cr,z} = \frac{L}{2} = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ m} \quad L_{cr,y} = 0,9 \frac{L}{2} = 0,9 \frac{7}{2} = 3,15 \text{ m}$$

Kritické Eulerovo zatížení

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 210 \times 234,7 \times 10^{-9}}{3,5^2} = 39,67 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{574 \times 355}{39,67 \times 10^3}} = 2,3$$

Vzpěrný součinitel

$$\phi = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5(1 + 0,21(2,3 - 0,2) + 2,3^2) = 3,29$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,3 + \sqrt{2,3^2 - 3,29^2}} = 0,18$$

Vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi Af_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,18 \times 574 \times 355}{1} = 35,95$$

Posouzení

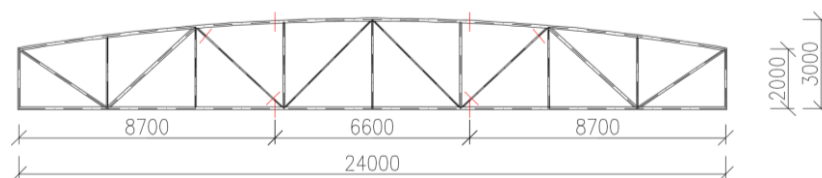
$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{30,07}{35,95} = 0,84 \leq 1$$

7. PŘÍPOJE KONSTRUKCE

7.1 MONTÁŽNÍ STYKY BAZILIKY

Vzhledem k velkému rozpětí, vazník je rozdělen na 3 části, které jsou spojeny mezi sebou pomocí montážních styků.

Umístění montážních styků



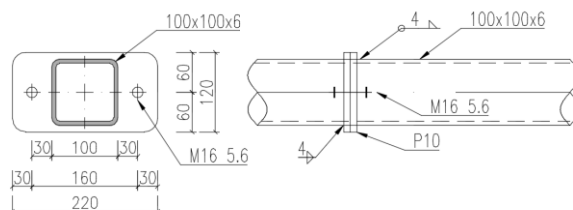
7.1.1 Montážní styk horního pásu

Tlak (KZ1) $N_{max,Ed} = 459,74 \text{ kN}$ Tah (KZ19) $N_{max,Ed} = 32,93 \text{ kN}$

Tlak je přenášen kontaktem, malý tah vznikající v kombinaci KZ19, přenesou šrouby.

Návrh: 2x M16 5.6

Únosnost šroubu na tah $F_{t,Rd} = 56,5 \text{ kN}$ viz Tabulka 3.5.4 [3]



Viz 3.3.2

$$N_{t,d} = 32,93 \text{ kN} \leq 2N_{tRd} = 2 \times 56,5 = 113 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

7.1.2 Montážní styk spodního pásu

Viz 3.3.2

Tah (KZ1) $N_{Ed} = 399,73 \text{ kN}$

Návrh

Čelní deska 340x150x10, šroub 4xM20 5.6

Vstupní hodnoty

Spojované materiály			Šroub M20 5.6		
f_y	355	MPa	d	20	mm
f_u	510	MPa	d_0	22	mm
E	210	GPa	d_m	32,3	mm
			f_{yb}	300	MPa
			f_{ub}	500	MPa
			A	314	mm ²
			A_s	245	mm ²
Čelní deska					
l_x	340	mm			
l_y	150	mm			
t_p	10	mm			

Rozteče

$$e_{min} = 1,5d_0 = 1,5 \times 22 = 33 \text{ mm}$$

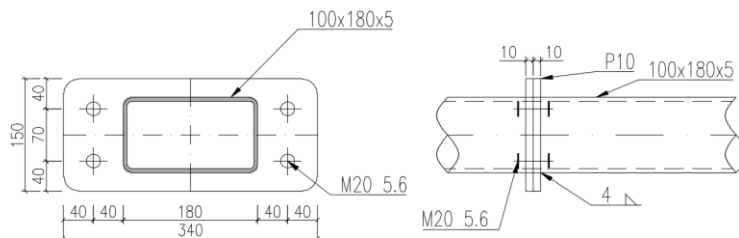
$$e = 40 \text{ mm} \quad e_1 = 40 \text{ mm}$$

$$p_{min} = 3d_0 = 3 \times 22 = 66 \text{ mm}$$

$$p = 70 \text{ mm}$$

Účinná tloušťka svaru $a_w = 4 \text{ mm} \quad l_w = 542 \text{ mm}$

Schéma spoje



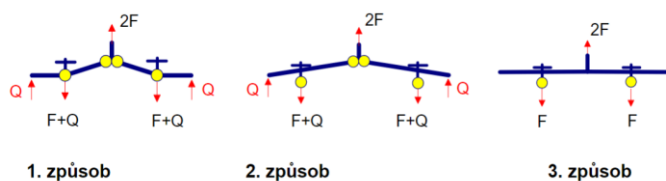
Síla na jeden šroub

$$N_{1,Ed} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{399,73 \text{ kN}}{4} = 99,93 \text{ kN}$$

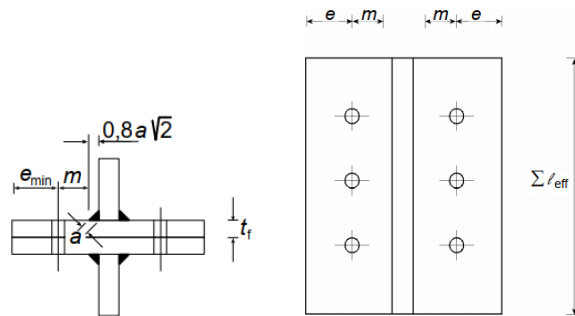
Posouzení

Únosnost šroubů v tahu

Způsoby porušení náhradního T profilu.



Obrázek viz [4]



Obrázek 6.2 viz [5]

$$m = \frac{40 - 0,8 \times 4 \times \sqrt{2}}{2} = 37,74 \text{ mm}$$

$$n = \min(e; 1,25m) = \min(40; 1,25 \times 37,74) = 40 \text{ mm}$$

Účinné délky

Kruhové porušení

$$l_{eff,cp} = \min(2\pi m; \pi m + 2e_1) = \min(2\pi \times 37,74; \pi \times 37,74 + 2 \times 40) = 236,99 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} = \min(4m + 1,25e; 2m + 0,625e + e_1)$$

$$l_{eff,nc} = \min(4 \times 37,74 + 1,25 \times 40; 2 \times 37,74 + 0,625 \times 40 + 40) = 200,95 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}; l_{eff,nc}) = \min(236,99; 200,95) = 200,95 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 200,95 \text{ mm}$$

1 způsob porušení (vznik 4 plastických kloubů)

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25l_{eff,1}t_p^2f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 200,95 \times 10^2 \times 355}{1 \times 10^6} = 1,78 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 1,78}{37,74 \times 10^{-3}} = 189 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{F_{T,1,Rd}} = \frac{99,93}{189} = 0,53 \text{ vyhovuje}$$

2 způsob porušení (vznik 2 plastických kloubů + porušení šroubů v tahu)

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25l_{eff,2}t_p^2f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 200,95 \times 10^2 \times 355}{1 \times 10^6} = 1,78 \text{ kNm}$$

Únosnost 1 šroubu v tahu

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9f_{ub}A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 500 \times 245}{1,25 \times 10^3} = 88,2 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \times 1,78 + 40 \times 2 \times 88,2 \times 10^{-3}}{(37,74 + 40) \times 10^{-3}} = 137 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{F_{T,2,Rd}} = \frac{99,93}{137} = 0,73 \text{ vyhovuje}$$

3 způsob porušení (porušení šroubů v tahu)

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{T,Rd} = 2 \times 88,2 = 176,4 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{F_{T,3,Rd}} = \frac{99,93}{176,4} = 0,57 \text{ vyhovuje}$$

Návrhová únosnost při protlačení hlavy šroubu nebo matice

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 32,3 \times 10 \times 510}{1,25 \times 10^3} = 248,3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{B_{p,Rd}} = \frac{99,93}{248,3} = 0,40 \text{ vyhovuje}$$

Svar spodního pásu k čelní desce

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}}$$

$$\sigma_w = \frac{N_{Ed}}{2a_w l_w} = \frac{399,73}{2 \times 4 \times 542} = 92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{92}{\sqrt{2}} = 65,2 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{65,2^2 + 3(65,2^2 + 0^2)} = 130,4 \text{ MPa}$$

$$130,4 \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,3 \text{ vyhovuje}$$

7.1.3 Montážní styk diagonály

Tah $N_{Ed} = 50,21 \text{ kN}$

Tlak $N_{Ed} = 2,71 \text{ kN}$

Návrh

Styčnickový plech 150x60x10, šrouby 2xM16 5.6

Vstupní hodnoty

	Příložný plech		Šroub M16 5.6	
f_y	355	MPa	d	16 mm
f_u	510	MPa	d_0	18 mm
E	210	GPa	d_m	25,9 mm
l_x	150	mm	f_{yb}	300 MPa
l_y	60	mm	f_{ub}	500 MPa
t	10	mm	A	201 mm ²
			A_s	157 mm ²

Rozteče

$$e_{1min} = 1,2d_0 = 1,5 \times 18 = 21,6 \text{ mm} \quad e_1 = 30 \text{ mm}$$

$$e_{2min} = 1,5d_0 = 1,5 \times 18 = 27 \text{ mm} \quad e_2 = 30 \text{ mm}$$

$$p_{1min} = 2,22d_0 = 2,2 \times 18 = 39,6 \text{ mm} \quad p_1 = 40 \text{ mm}$$

Účinná tloušťka svaru $a_w = 4 \text{ mm}$

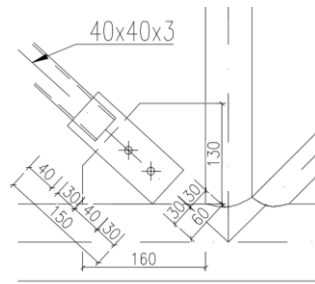
Délka svaru

$$l_{w1} = 40 \text{ mm}$$

$$l_{w2} = 160 \text{ mm}$$

Viz 3.3.2

Schéma spoje



Posouzení

Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6f_{ub}A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 500 \times 157}{1,25 \times 10^3} = 37,68 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(\frac{30}{3 \times 18}; \frac{500}{510}; 1\right) = 0,56$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \frac{30}{18} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b k_1 d t f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,56 \times 2,5 \times 16 \times 10 \times 510}{1,25 \times 10^3} = 90,7 \text{ kN}$$

Únosnost šroubového přípoje

$$F_{Rd} = n \times \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 2 \times \min(37,68; 90,7) = 75,36 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{50,21}{75,36} = 0,7 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

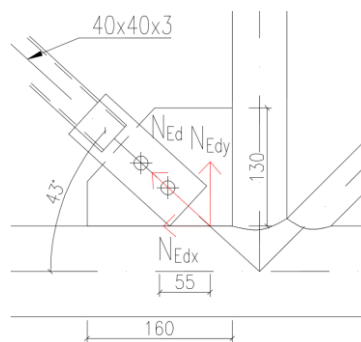
Svar diagonály a plechu

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed}}{2a_w l_{w1}} = \frac{50,21}{2 \times 4 \times 40} = 156,9 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{3 \times 156,9^2} = 271,8 \text{ MPa}$$

$$271,8 \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,3 \text{ vyhovuje}$$

Svar spodní pásu a plechu



$$N_{Ed,x} = N_{Ed} \cos \alpha = 50,21 \cos 43 = 36,7 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,y} = N_{Ed} \sin \alpha = 50,21 \sin 43 = 34,2 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Edx}}{2a_w l_w} = \frac{36,7}{2 \times 4 \times 160} = 28,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{N_{Ed,y}}{2a_w l_w} + \frac{N_{Edx} e}{2 \frac{1}{6} a_w l_w^2} = \frac{34,2}{2 \times 4 \times 160} + \frac{34,2 \times 55}{2 \times \frac{1}{6} \times 4 \times 160^2} = 81,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{81,9}{\sqrt{2}} = 57,9 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{57,9^2 + 3(57,9^2 + 28,7^2)} = 126 \text{ MPa}$$

$$126 \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,3 \text{ vyhovuje}$$

$\beta_w = 0,9$ pro S355

7.2 PŘÍPOJ STROPNICE NA PRŮVLAK

Navrhuji přípoj stropnice S2 průřezu IPE 220 a průvlatku P1 průřezu IPE 400 v běžném podlaží.

Viz 4.3

Reakce ze stropnice $V_{Ed} = 133,37 \text{ kN}$

Návrh

Styčnickový plech 140x140x10, šrouby 4xM16 5.6

Vstupní hodnoty

	Čelní deska		Šroub M16 5.6	
f_y	235	MPa	d	16 mm
f_u	360	MPa	d_0	18 mm
E	210	GPa	d_m	25,9 mm
l_x	140	mm	f_{yb}	300 MPa
l_y	140	mm	f_{ub}	500 MPa
t	10	mm	A	201 mm ²
			A_s	157 mm ²

Rozteče

$$e_{1min} = 1,2d_0 = 1,5 \times 18 = 21,6 \text{ mm}$$

$$e_1 = 40 \text{ mm}$$

$$e_{2min} = 1,5d_0 = 1,5 \times 18 = 27 \text{ mm}$$

$$e_2 = 40 \text{ mm}$$

$$p_{1min} = 2,22d_0 = 2,2 \times 18 = 39,6 \text{ mm}$$

$$p_1 = 60 \text{ mm}$$

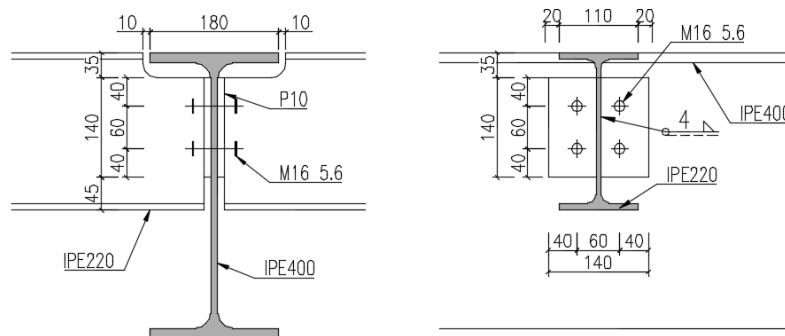
$$p_{2min} = 2,22d_0 = 2,2 \times 18 = 54 \text{ mm}$$

$$p_2 = 60 \text{ mm}$$

Účinná tloušťka svaru $a_w = 4 \text{ mm}$

Délka svaru $l_w = 140 \text{ mm}$

Schéma spoje



Posouzení

Únosnost šroubu ve střihu

$$F_{v,Rd} = \frac{n0,6f_{ub}A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \times 0,6 \times 500 \times 157}{1,25 \times 10^3} = 75,36 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(\frac{40}{3 \times 18}; \frac{500}{360}; 1\right) = 0,74$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \frac{40}{18} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b k_1 d t f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,74 \times 2,5 \times 16 \times 10 \times 360}{1,25 \times 10^3} = 85,3 \text{ kN}$$

Únosnost šroubového přípoje

$$F_{Rd} = n \times \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd};) = 4 \times \min(75,36; 85,3) = 301,44 \text{ kN}$$

$$\frac{2V_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{2 \times 133,37}{301,44} = 0,88 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Svar stropnice a čelní desky

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2a_w l_w} = \frac{133,37}{2 \times 4 \times 140} = 119,1 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{3 \times 119,1^2} = 206,3 \text{ MPa}$$

$$206,3 \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw} \sqrt{3}} = \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ vyhovuje}$$

7.3PŘÍPOJ PRŮVLAKU NA SLOUP

Navrhují přípoj průvlaku P1 průřezu IPE 400 na sloup průřezu HEB280.

Viz 4.4

Reakce průvlaku $V_{Ed} = 239,41 \text{ kN}$

Návrh

Styčnickový plech 150x180x10, šrouby 4xM20 6.8

Vstupní hodnoty

	Čelní deska		Šroub M20 6.8		
f_y	235	MPa	d	20	mm
f_u	360	MPa	d_0	22	mm
E	210	GPa	d_m	32,3	mm
l_x	150	mm	f_{yb}	480	MPa
l_y	180	mm	f_{ub}	600	MPa
t	10	mm	A	314	mm ²
			A_s	245	mm ²

Rozteče

$$e_{1min} = 1,2d_0 = 1,5 \times 22 = 26,4 \text{ mm} \quad e_1 = 50 \text{ mm}$$

$$e_{2min} = 1,5d_0 = 1,5 \times 22 = 33 \text{ mm} \quad e_2 = 40 \text{ mm}$$

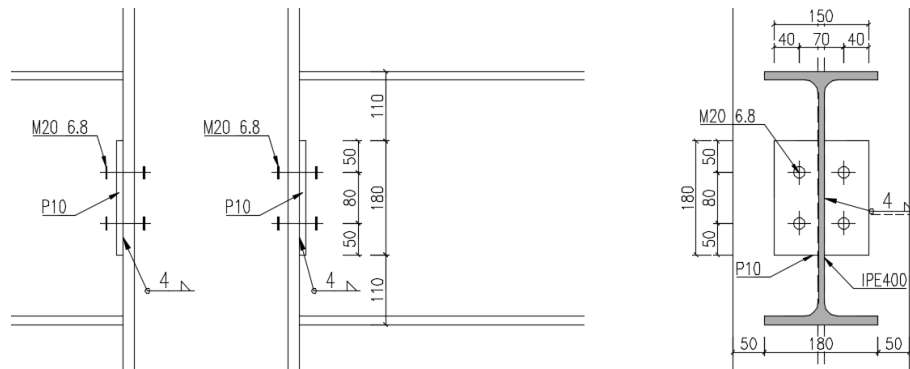
$$p_{1min} = 2,22d_0 = 2,2 \times 22 = 48,4 \text{ mm} \quad p_1 = 80 \text{ mm}$$

$$p_{2min} = 2,22d_0 = 2,2 \times 22 = 66 \text{ mm} \quad p_2 = 70 \text{ mm}$$

Účinná tloušťka svaru $a_w = 4 \text{ mm}$

Délka svaru $l_w = 180 \text{ mm}$

Schéma spoje



Posouzení

Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6f_{ub}A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 600 \times 245}{1,25 \times 10^3} = 70,56 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(\frac{50}{3 \times 22}; \frac{600}{360}; 1\right) = 0,76$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \frac{40}{22} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b k_1 d t f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,76 \times 2,5 \times 20 \times 10 \times 360}{1,25 \times 10^3} = 109,1 \text{ kN}$$

Únosnost šroubového přípoje

$$F_{Rd} = n \times \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}; 1) = 4 \times \min(70,56; 109,1) = 282,24 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{239,41}{282,24} = 0,85 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Svar průvlaku a čelní desky

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2a_w l_w} = \frac{239,41}{2 \times 4 \times 180} = 166,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{3 \times 166,3^2} = 288 \text{ MPa}$$

$$288 \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}} = \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ vyhovuje}$$

7.4PŘÍPOJ STROPNICE NA SLOUP

Navrhuji přípoj stropnice S2 průřezu IPE 220 na sloup průřezu HEB280.

Reakce ze stropnice $V_{Ed} = 133,37 \text{ kN}$

Viz 4.3

Návrh

Styčnickový plech 140x140x10, šrouby 4xM16 5.6

Vstupní hodnoty

	Čelní deska		Šroub M16 5.6		
f_y	235	MPa	d	16	mm
f_u	360	MPa	d_0	18	mm
E	210	GPa	d_m	25,9	mm
l_x	140	mm	f_{yb}	300	MPa
l_y	140	mm	f_{ub}	500	MPa
t	10	mm	A	201	mm ²
			A_s	157	mm ²

Rozteče

$$e_{1min} = 1,2d_0 = 1,5 \times 18 = 21,6 \text{ mm} \quad e_1 = 40 \text{ mm}$$

$$e_{2min} = 1,5d_0 = 1,5 \times 18 = 27 \text{ mm} \quad e_2 = 40 \text{ mm}$$

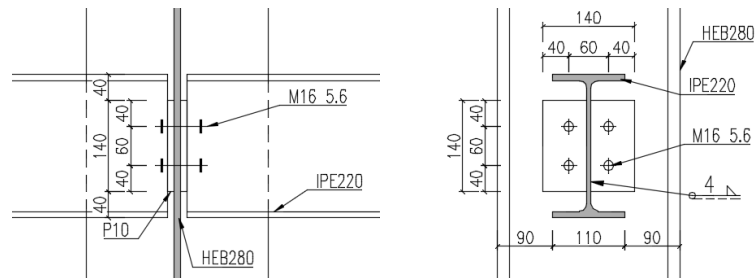
$$p_{1min} = 2,22d_0 = 2,2 \times 18 = 39,6 \text{ mm} \quad p_1 = 60 \text{ mm}$$

$$p_{2min} = 2,22d_0 = 2,2 \times 18 = 54 \text{ mm} \quad p_2 = 60 \text{ mm}$$

Účinná tloušťka svaru $a_w = 4 \text{ mm}$

Délka svaru $l_w = 140 \text{ mm}$

Schéma spoje



Posouzení

Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{n \cdot 0,6 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \times 0,6 \times 500 \times 157}{1,25 \times 10^3} = 75,36 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(\frac{40}{3 \times 18}; \frac{500}{360}; 1\right) = 0,74$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \frac{40}{18} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b k_1 d t f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,74 \times 2,5 \times 16 \times 10 \times 360}{1,25 \times 10^3} = 85,3 \text{ kN}$$

Únosnost šroubového přípoje

$$F_{Rd} = n \times \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 4 \times \min(75,36; 85,3) = 301,44 \text{ kN}$$

$$\frac{2V_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{2 \times 133,37}{301,44} = 0,88 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Svar stropnice a čelní desky

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2a_w l_w} = \frac{133,37}{2 \times 4 \times 140} = 119,1 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{3 \times 119,1^2} = 206,3 \text{ MPa}$$

$$206,3 \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}} = \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ vyhovuje}$$

7.5PŘÍPOJ KONZOLY NA SLOUP

Navrhují přípoj konzoly K1 průřezu IPE 330 na sloup průřezu HEB280.

Viz 4.7

$$V_{Ed} = 102,45 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 204,03 \text{ kNm}$$

Výpočet bude proveden za předpokladu plastického rozdělení vnitřních sil.

Návrh

Vstupní hodnoty

Čelní deska/sloup/konzola			8 šroubů M20 8.8		
f_y	355	MPa	d	24	mm
f_u	510	MPa	d_0	26	mm
E	210	GPa	d_m	38,8	mm
β_w	0,9	mm	f_{yb}	640	MPa
			f_{ub}	800	MPa
			A	452	mm ²
			A_s	353	mm ²

Tloušťky svarů

Svar tažené pásnice příčle a čelní desky

$$a_{f.min} = \frac{t_{f,příčel} f_{yk} \sqrt{2} \beta_w \gamma_{M2}}{2 \gamma_{M0} f_{uk}} = \frac{11,5}{2} \times \frac{355}{1} \times \frac{\sqrt{2} \times 0,9 \times 1,25}{510} = 6,4 \text{ mm} \quad a_f = 7 \text{ mm}$$

Svar tlačené pásnice příčle a čelní desky

$$a_f = 7 \text{ mm}$$

Svar stojiny příčle a čelní desky

$$a_{w.min} = \frac{t_{w,příčel} f_{yk} \sqrt{2} \beta_w \gamma_{M2}}{2 \gamma_{M0} f_{uk}} = \frac{7,5}{2} \times \frac{355}{1} \times \frac{\sqrt{2} \times 0,9 \times 1,25}{510} = 4,2 \text{ mm} \quad a_w = 5 \text{ mm}$$

Svar výztuhy a stojiny sloupu

$$a_w = 5 \text{ mm}$$

Svar výztuhy a čelní desky

$$a_w = 5 \text{ mm}$$

Doporučené rozteče pro šroub M24

$$e_1 = 60 \text{ mm}$$

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

Tloušťky výztuh a čelní desky

Tloušťka výztuhy stojiny sloupu

$$t_{v,s} \geq t_{f.příčel} = 11,5 \text{ mm} \quad t_{v,s} = 12 \text{ mm}$$

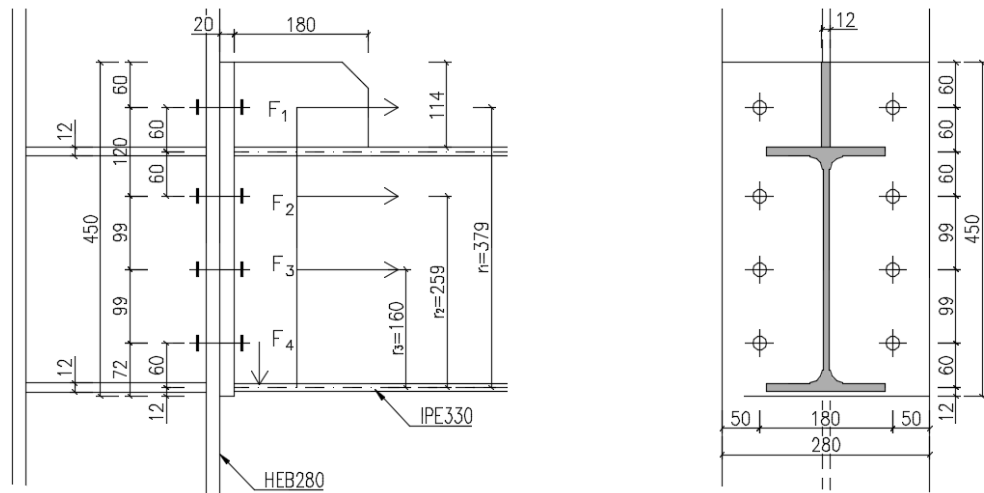
Tloušťka čelní desky

$$t_d \geq t_{f.stojka} = 18 \text{ mm} \quad t_d = 20 \text{ mm}$$

Tloušťka výztuhy pásnice příčle

$$t_{v,p} = 12 \text{ mm}$$

Schéma



$$p_1 = 99 \text{ mm} \quad p_2 = 180 \text{ mm}$$

Posouzení

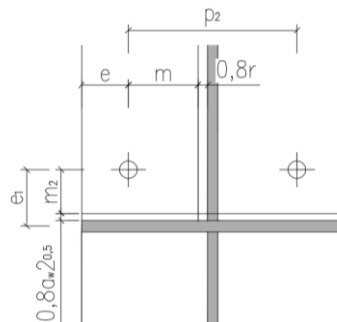
Únosnost stěny sloupu v tlaku $F_{c,w,c,Bd}$ a v tahu $F_{t,w,c,Bd}$ nerozhodují při návrhu přípoje, jestliže jsou tloušťky výztuh sloupu v tlačené a tažené části stěny sloupu větší než tloušťka pásnice nosníku.

Únosnost pásnice sloupu v tahu

- 1 řada

$$m = \frac{p_2}{2} - \frac{t_{w, stojka}}{2} - 0,8r = \frac{120}{2} - \frac{10,5}{2} - 0,8 \times 24 = 65,55 \text{ mm}$$

$$m_2 = e_1 - \frac{t_{v,s}}{2} - 0,8a_f\sqrt{2} = \frac{120}{2} - \frac{12}{2} - 0,8 \times 7 \times \sqrt{2} = 46,08 \text{ mm}$$



Součinitel α z grafu 6.11 viz ČSN EN 1993-1-8 [5].

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e} = \frac{65,55}{65,55+50} = 0,57$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m+e} = \frac{46,08}{65,55+50} = 0,40$$

$$\alpha = 5,5$$

$$n = \min(e; 1,25m) = \min(50; 1,25 \times 65,55) = 50 \text{ mm}$$

Účinná délky T profilu:

Kruhové porušení

$$l_{eff,cp} = \min(2\pi m; \pi m + 2e_1) = \min(2\pi \times 65,55; \pi \times 65,55 + 2 \times 60) = 325,83 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} = e_1 + \alpha m - (2m + 0,625e) = 60 + 5,5 \times 65,55 - (2 \times 65,55 + 0,625 \times 50)$$

$$l_{eff,nc} = 258,18 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}; l_{eff,nc}) = \min(325,33; 258,18) = 258,18 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 258,18 \text{ mm}$$

1 způsob porušení

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 l_{eff,1} t_{f, stojka}^2 f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 258,18 \times 18^2 \times 355}{1 \times 10^6} = 7,42 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 7,42}{65,55 \times 10^{-3}} = 453 \text{ kN}$$

2 způsob porušení

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25 l_{eff,2} t_p^2 f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 258,18 \times 18^2 \times 355}{1 \times 10^6} = 7,42 \text{ kNm}$$

Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 353}{1,25 \times 10^3} = 203,33 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \times 7,42 + 50 \times 2 \times 203,33 \times 10^{-3}}{(65,55 + 50) \times 10^{-3}} = 304,5 \text{ kN}$$

3 způsob porušení

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \times 203,33 = 406,7 \text{ kN}$$

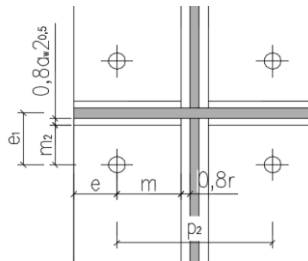
Únosnost 1 řady šroubů

$$F_{1,T,p,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = 304,5 \text{ kN}$$

• 2 řada

$$m = \frac{p_2}{2} - \frac{t_{w, stojka}}{2} - 0,8r = \frac{180}{2} - \frac{10,5}{2} - 0,8 \times 24 = 65,55 \text{ mm}$$

$$m_2 = e_1 - \frac{t_{v,s}}{2} - 0,8a_f \sqrt{2} = \frac{180}{2} - \frac{12}{2} - 0,8 \times 7 \times \sqrt{2} = 46,08 \text{ mm}$$



Součinitel α z grafu 6.11 viz ČSN EN 1993-1-8 [5].

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{65,55}{65,55 + 50} = 0,57$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{46,08}{65,55 + 50} = 0,40$$

$$\alpha = 5,5$$

$$n = \min(e; 1,25m) = \min(50; 1,25 \times 65,55) = 50 \text{ mm}$$

Účinná délky T profilu:

Kruhové porušení

$$l_{eff,cp,1} = 2\pi m = 2\pi \times 65,55 = 411,65 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp,2} = \pi m + p_1 = \pi \times 65,55 + 99 = 304,83 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff,nc,1} = \alpha m = 5,5 \times 65,55 = 360,53 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc,2} = 0,5p_1 + \alpha m - (2m + 0,625e)$$

$$l_{eff,nc} = 0,5 \times 99 + 5,5 \times 65,55 - (2 \times 65,55 + 0,625 \times 50) = 247,68 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp,1}; l_{eff,cp,2}; l_{eff,nc,1}; l_{eff,nc,2})$$

$$l_{eff,1} = \min(411,65; 304,83; 360,53; 247,68) = 247,68 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = \min(l_{eff,nc,1}; l_{eff,nc,2}) = \min(360,53; 247,68) = 247,68 \text{ mm}$$

1 způsob porušení

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 l_{eff,1} t_f^2 \sigma_{f,stožka} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 247,68 \times 18^2 \times 355}{1 \times 10^6} = 7,12 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 7,12}{65,55 \times 10^{-3}} = 434,6 \text{ kN}$$

2 způsob porušení

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25 l_{eff,2} t_p^2 f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 247,68 \times 18^2 \times 355}{1 \times 10^6} = 7,12 \text{ kNm}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \times 7,12 + 50 \times 2 \times 203,33 \times 10^{-3}}{(65,55 + 50) \times 10^{-3}} = 299,2 \text{ kN}$$

3 způsob porušení

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{T,Rd} = 2 \times 203,33 = 406,7 \text{ kN}$$

Únosnost 2 řady šroubů

$$F_{2,T,p,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = 299,2 \text{ kN}$$

• **3 řada**

$$m = \frac{p_2}{2} - \frac{t_{w, stojka}}{2} - 0,8r = \frac{180}{2} - \frac{10,5}{2} - 0,8 \times 24 = 65,55 \text{ mm}$$

$$n = \min(e; 1,25m) = \min(50; 1,25 \times 65,55) = 50 \text{ mm}$$

Účinná délky T profilu:

Kruhové porušení

$$l_{eff,cp,1} = 2\pi m = 2\pi \times 65,55 = 411,65 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp,2} = 2p_1 = 2 \times 99 = 198 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff,nc,1} = 4m + 1,25e = 4 \times 65,55 + 1,25 \times 50 = 324,7 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc,2} = p_1 = 99 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp,1}; l_{eff,cp,2}; l_{eff,nc,1}; l_{eff,nc,2})$$

$$l_{eff,1} = \min(411,65; 198; 324,7; 99) = 99 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = \min(l_{eff,nc,1}; l_{eff,nc,2}) = \min(324,7; 99) = 99 \text{ mm}$$

1 způsob porušení

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25l_{eff,1}t_{f, stojka}^2 f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 99 \times 18^2 \times 355}{1 \times 10^6} = 2,85 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 2,85}{65,55 \times 10^{-3}} = 173,7 \text{ kN}$$

2 způsob porušení

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25l_{eff,2}t_p^2 f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 99 \times 18^2 \times 355}{1 \times 10^6} = 2,85 \text{ kNm}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \times 2,85 + 50 \times 2 \times 203,33 \times 10^{-3}}{(65,55 + 50) \times 10^{-3}} = 225,2 \text{ kN}$$

3 způsob porušení

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{T,Rd} = 2 \times 203,33 = 406,7 \text{ kN}$$

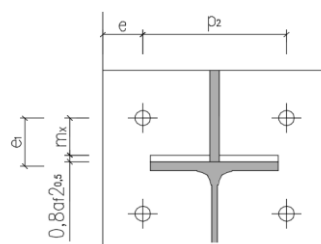
Únosnost 3 řady šroubů

$$F_{3,T,p,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = 173,7 \text{ kN}$$

Únosnost čelní desky

• **1 řada**

$$m_x = e_1 - \frac{t_{f,příčel}}{2} - 0,8a_f \sqrt{2} = 60 - \frac{11,5}{2} - 0,8 \times 7 \times \sqrt{2} = 46,33 \text{ mm}$$



$$n = \min(e; 1,25m) = \min(50; 1,25 \times 46,33) = 50 \text{ mm}$$

Účinná délky T profilu:

Kruhové porušení

$$l_{eff,cp} = \min(2\pi m_x; \pi m_x + p_2; \pi m_x + 2e)$$

$$l_{eff,cp} = \min(2\pi 46,33; \pi 46,33 + 180; \pi 46,33 + 2 \times 50) = 245,48 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} = \min(4m_x + 1,25e_1; e + 2m_x + 0,625e_1; 0,5b; 0,5p_2 + 2m_x + 0,625e_1)$$

$$l_{eff,nc} = \min(4 \times 46,33 + 1,25 \times 60; 50 + 2 \times 46,33 + 0,625 \times 60; 0,5 \times 280;$$

$$0,5 \times 180 + 2 \times 46,33 + 0,625 \times 60) = 140 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}; l_{eff,nc}) = \min(245,48; 140) = 140 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 140 \text{ mm}$$

1 způsob porušení

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 l_{eff,1} t_d^2 f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 140 \times 20^2 \times 355}{1 \times 10^6} = 4,97 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 4,97}{46,33 \times 10^{-3}} = 429,1 \text{ kN}$$

2 způsob porušení

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25 l_{eff,2} t_p^2 f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 140 \times 18^2 \times 355}{1 \times 10^6} = 4,97 \text{ kNm}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \times 4,97 + 50 \times 2 \times 203,33 \times 10^{-3}}{(46,33 + 50) \times 10^{-3}} = 314,3 \text{ kN}$$

3 způsob porušení

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{T,Rd} = 2 \times 203,33 = 406,7 \text{ kN}$$

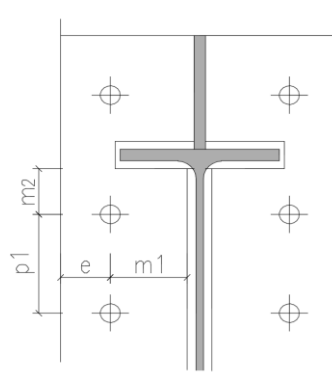
Únosnost 1 řady šroubů

$$F_{1,T,d,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = 314,3 \text{ kN}$$

• 2 řada

$$m_1 = \frac{p_2}{2} - \frac{t_{w,příčel}}{2} - 0,8a_w \sqrt{2} = \frac{180}{2} - \frac{7,5}{2} - 0,8 \times 5 \times \sqrt{2} = 80,59 \text{ mm}$$

$$m_2 = e_1 - \frac{t_{f,příčel}}{2} - 0,8a_f \sqrt{2} = \frac{180}{2} - \frac{11,5}{2} - 0,8 \times 7 \times \sqrt{2} = 46,33 \text{ mm}$$



Součinitel α z grafu 6.11 viz ČSN EN 1993-1-8 [5].

$$\lambda_1 = \frac{m_1}{m_1 + e} = \frac{80,59}{80,59 + 50} = 0,62$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m_1 + e} = \frac{46,33}{80,59 + 50} = 0,36$$

$$\alpha = 5,5$$

$$n = \min(e; 1,25m_1) = \min(50; 1,25 \times 80,59) = 50 \text{ mm}$$

Účinná délky T profilu:

Kruhové porušení

$$l_{eff,cp,1} = 2\pi m_1 = 2\pi \times 80,59 = 506,12 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp,2} = \pi m_1 + p_1 = \pi \times 80,59 + 99 = 352,06 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff,nc,1} = \alpha m_1 = 5,5 \times 80,59 = 443,26 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc,2} = 0,5p_1 + \alpha m_1 - (2m_1 + 0,625e)$$

$$l_{eff,nc} = 0,5 \times 99 + 5,5 \times 80,59 - (2 \times 80,59 + 0,625 \times 50) = 300,33 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp,1}; l_{eff,cp,2}; l_{eff,nc,1}; l_{eff,nc,2})$$

$$l_{eff,1} = \min(506,12; 352,06; 443,26; 300,33) = 303,33 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = \min(l_{eff,nc,1}; l_{eff,nc,2}) = \min(443,26; 303,33) = 303,33 \text{ mm}$$

1 způsob porušení

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 l_{eff,1} t_d^2 f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 303,33 \times 20^2 \times 355}{1 \times 10^6} = 10,66 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 10,66}{80,59 \times 10^{-3}} = 529,2 \text{ kN}$$

2 způsob porušení

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25 l_{eff,2} t_p^2 f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 303,33 \times 20^2 \times 355}{1 \times 10^6} = 10,66 \text{ kNm}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \times 10,66 + 50 \times 2 \times 203,33 \times 10^{-3}}{(80,59 + 50) \times 10^{-3}} = 319 \text{ kN}$$

3 způsob porušení

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{T,Rd} = 2 \times 203,33 = 406,7 \text{ kN}$$

Únosnost 2 řady šroubů

$$F_{2,T,d,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = 319 \text{ kN}$$

- 3 řada

Kruhové porušení

$$l_{eff,cp,1} = 2\pi m_1 = 2\pi \times 80,59 = 506,12 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp,2} = 2p = 2 \times 99 = 198 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff,nc,1} = 4m_1 + 1,25e = \pi \times 80,59 + 1,25 \times 50 = 384,87 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc,2} = p = 99 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp,1}; l_{eff,cp,2}; l_{eff,nc,1}; l_{eff,nc,2})$$

$$l_{eff,1} = \min(506,12; 198; 384,87; 99) = 99 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = \min(l_{eff,nc,1}; l_{eff,nc,2}) = \min(384,87; 99) = 99 \text{ mm}$$

1 způsob porušení

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25l_{eff,1}t_d^2f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 99 \times 20^2 \times 355}{1 \times 10^6} = 3,51 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 3,51}{80,59 \times 10^{-3}} = 174,4 \text{ kN}$$

2 způsob porušení

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25l_{eff,2}t_p^2f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 99 \times 20^2 \times 355}{1 \times 10^6} = 3,51 \text{ kNm}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \times 3,51 + 50 \times 2 \times 203,33 \times 10^{-3}}{(80,59 + 50) \times 10^{-3}} = 209,5 \text{ kN}$$

3 způsob porušení

$$F_{T,3,d,Rd} = \sum F_{T,Rd} = 2 \times 203,33 = 406,7 \text{ kN}$$

Únosnost 2 řady šroubů

$$F_{3,T,d,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = 174,4 \text{ kN}$$

Nejmenší únosnost jednotlivých částí přípoje

$$F_{1,T,Rd} = \min(F_{1,T,p,Rd}; F_{1,T,d,Rd}) = \min(304,5; 314,3) = 304,5 \text{ kN}$$

$$F_{2,T,Rd} = \min(F_{2,T,p,Rd}; F_{2,T,d,Rd}) = \min(299,2; 319) = 299 \text{ kN}$$

$$F_{3,T,Rd} = \min(F_{3,T,p,Rd}; F_{3,T,d,Rd}) = \min(173,7; 174,4) = 173,7 \text{ kN}$$

Únosnost pásnice příčle v tlaku

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{W_{pl,y}f_y}{(h - t_f)\gamma_{M0}} = \frac{804,3 \times 355}{(330 - 11,5) \times 1} = 896,5 \text{ kN}$$

$$\sum F_{i,T,Rd} = 304,5 + 299 + 173,7 = 777,4 \text{ kN} \leq F_{c,fb,Rd} = 896,5$$

$$\frac{\sum F_{i,T,Rd}}{F_{c,fb,Rd}} = \frac{777,4}{896,5} = 0,87 \text{ vyhovuje}$$

Není nutné redukovat únosnost v tahu řady šroubů.

Podmínka plastického rozdělení sil

$$\frac{F_{i,T,Rd,max}}{1,9F_{t,Rd}} = \frac{319}{1,9 \times 203,33} = 0,83 \text{ vyhovuje}$$

Viz 4.7

Výsledná momentová únosnost styčnicku

$$M_{Rd} = F_{1,T,Rd}r_1 + F_{2,T,Rd}r_2 + F_{3,T,Rd}r_3$$

$$M_{Rd} = (304,5 \times 379 + 299 \times 259 + 173,7 \times 160) \times 10^{-3} = 220,69 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{204,03}{220,69} = 0,93 \text{ vyhovuje}$$

Únosnost 4 řady šroubů ve smyku

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6f_{ub}A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 800 \times 353}{1,25 \times 10^3} = 135,55 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1; \frac{p_1}{3d_0} - 0,25\right) = \min\left(\frac{60}{3 \times 26}; \frac{800}{510}; 1; \frac{99}{3 \times 26} - 0,25\right) = 0,77$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \frac{30}{18} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b k_1 dt_{f.stojka} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,77 \times 2,5 \times 24 \times 18 \times 510}{1,25 \times 10^3} = 339 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min(n \times F_{v,Rd}; n \times F_{b,Rd})$$

$$F_{Rd} = \min(2 \times 135,55; 2 \times 339) = 271,1 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{102,45}{339} = 0,38 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Svar výztuhy příčle a tažené pásnice příčle

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{1,T,Rd}}{2a_w l_w} = \frac{304,5}{2 \times 7 \times 180} = 120,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{F_{1,T,Rd} \left(e_1 - \frac{t_{f.příčel}}{2}\right)}{2 \frac{1}{6} a_w l_w^2} = \frac{304,5 \left(60 - \frac{11,5}{2}\right)}{2 \times \frac{1}{6} \times 7 \times 180^2} = 218,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{218,5}{\sqrt{2}} = 154,5 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{154,5^2 + 3 \times (154,5^2 + 120,8^2)} = 373,17 \text{ MPa}$$

$$373,17 \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,3 \text{ vyhovuje}$$

Svar výztuhy příčle a čelní desky

$$\sigma_w = \frac{F_{1,T,Rd}}{2a_w l_w} = \frac{304,5}{2 \times 5 \times 114} = 267,07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{267,07}{\sqrt{2}} = 188,85 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{188,85^2 + 3 \times (188,85^2)} = 377,7 \text{ MPa}$$

$$377,7 \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,3 \text{ vyhovuje}$$

7.6 KOTVENÍ SLOUPU S1

Navrhují kotvení vnitřního sloupu S1 pomocí kloubové patky.

Návrh rozměrů a výztuže ŽB základové patky je provedeno v programu GEO viz Přílohy.

Vstupní hodnoty

Viz 5.1

Maximální svislý tlak $N_{Ed} = 3046,6 \text{ kN}$

Rozměry patky

$$a_c = 1800 \text{ mm} \quad b_c = 1800 \text{ mm} \quad h_c = 1000 \text{ mm}$$

Beton třídy C25/30 $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

Výztuž B500B

Návrh

Patní deska 380x380x20

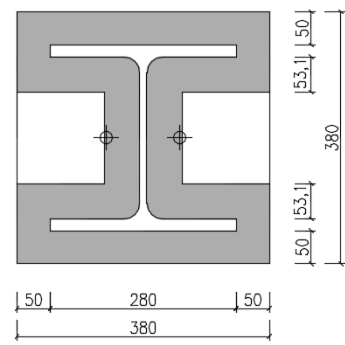
$$a_0 = 380 \text{ mm} \quad b_0 = 380 \text{ mm} \quad t = 20 \text{ mm}$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

Tloušťka podlití $x = 30 \text{ mm}$

Lepené kotvy 2xM20 (navrženy pouze konstrukčně)

Schéma



Započitatelné rozměry betonové desky

$$a_1 = b_1 = \min(3a_0; a_0 + h; a_c) = \min(3 \times 380; 380 + 1000; 1800) = 1140 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 b_1}{a_0 b_0}} = \sqrt{\frac{1140 \times 1140}{380 \times 380}} = 3$$

Návrhová pevnost betonu v koncentrovaném tlaku

$$f_{jd} = \frac{\beta_j k_j f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{\frac{2}{3} \times 3 \times 20}{1,5} = 33,33 \text{ MPa}$$

Platí pro maltu

$$f_{ck, malty} \geq 0,2 f_{ck} = 5 \text{ MPa}$$

$$x = 30 \text{ mm} \leq 0,2(a_0; b_0) = 0,2 \min(380; 380) = 76 \text{ mm}$$

Účinná šířka patní desky

$$c = t \sqrt{\frac{f_{yd}}{3f_{jd}}} = 20 \times \sqrt{\frac{235}{3 \times 33,33}} = 53,1 \text{ mm}$$

Účinná plocha patní desky (plocha je spočítána v programu Autocad)

$$A_{eff} = 94980 \text{ mm}^2$$

Posouzení

$$N_{Rd} = A_{eff} f_{jd} = 94980 \times 33,33 \times 10^{-3} = 3166 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{3046,6}{3166} = 0,96 \text{ vyhovuje}$$

7.7 KOTVENÍ SLOUPU S2

Krajní sloup S2 je uložen na pilastr (masivní pilíř) vystupující z povrchu železobetonových suterénních stěn. Návrh a posouzení suterénu viz přílohy.

Vstupní hodnoty

Viz 5.2

Maximální svislý tlak $N_{Ed} = 610,02 \text{ kN}$

Rozměry patky

$$a_c = 600 \text{ mm} \quad b_c = 600 \text{ mm} \quad h_c = 3600 \text{ mm}$$

Beton třídy C30/37 $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Výztuž B500B

Návrh

Patní deska 440x440x20

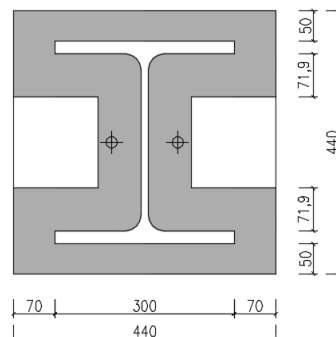
$$a_0 = 440 \text{ mm} \quad b_0 = 440 \text{ mm} \quad t = 20 \text{ mm}$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

Tloušťka podlití $x = 30 \text{ mm}$

Lepené kotvy 2xM20 (navrženy pouze konstrukčně)

Schéma



Započitatelné rozměry betonové desky

$$a_1 = b_1 = \min(3a_0; a_0 + h; a_c) = \min(3 \times 440; 440 + 3600; 600) = 600 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 b_1}{a_0 b_0}} = \sqrt{\frac{600 \times 600}{440 \times 440}} = 1,36$$

Návrhová pevnost betonu v koncentrovaném tlaku

$$f_{jd} = \frac{\beta_j k_j f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} \times \frac{1,36 \times 30}{1,5} = 18,18 \text{ MPa}$$

Platí pro maltu

$$f_{ck, \text{malty}} \geq 0,2 f_{ck} = 6 \text{ MPa}$$

$$x = 30 \text{ mm} \leq 0,2(a_0; b_0) = 0,2 \min(440; 440) = 88 \text{ mm}$$

Účinná šířka patní desky

$$c = t \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 f_{jd}}} = 20 \times \sqrt{\frac{235}{3 \times 18,18}} = 71,9 \text{ mm}$$

Účinná plocha patní desky (plocha je spočítána v programu Autocad)

$$A_{eff} = 132972 \text{ mm}^2$$

Posouzení

$$N_{Rd} = A_{eff} f_{jd} = 132972 \times 18,18 \times 10^{-3} = 2417,7 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{610,02}{2417,7} = 0,25 \text{ vyhovuje}$$

Přenos vodorovných sil třením

$$V_{Ed} \leq C_{f,d} N_{Ed}$$

Součinitel tření mezi betonem a ocelí $C_{f,d} = 0,2$

Posouzení je provedeno pro kombinace:

Viz 5.2

	IN _{EdI}	IV _{EdI}		IC _{f,d} N _{EdI}
	kN	kN		kN
KZ1	610,02	15,77	≤	122,0
KZ4	602,82	43,37		120,6
KZ10	564,28	61,74		112,9
KZ19	281,52	51,92		56,3
KZ21	263,46	37,65		52,7

Vodorovné síly je přeneseny třením.

*Ztužidlové sloupy mají hodnoty posouvajících síl menší než sloup S2, proto vodorovné síly budou taky přeneseny třením bez smykové zarážky a dále nebudou posouzeny.

7.8PŘÍPOJ PRŮVLAKU ZTUŽIDLOVÉ VAZBY

Nejdříve ověřím únosnost přípoje průvlaku ke sloupu s vlivem přídatných svislých sil z připojených diagonál.

Vnitřní síly

Redukční součinitel pro užité zátížení

$$\alpha_a = \frac{5}{7}\psi_0 + \frac{A_0}{A} = \frac{5}{7}0,7 + \frac{10}{7,5 \times 3} = 0,94$$

$$0,6 \leq 0,78 \leq 1,0$$

Reakce ze stropnic

Viz 2.1.3

$$F_{Ek} = ((g_{stálé} + \alpha_a q_{užitné} + q_{příčky}) \times Z. \check{S}. + g_{vl.tíha.st})$$

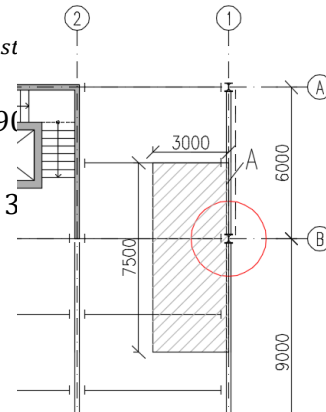
$$F_{Ek} = ((4,43 + 0,94 \times 5 + 0,8) \times 3 + 0,262) \times \frac{6}{2} = 90,26 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = ((4,43 \times 1,35 + 0,94 \times 5 \times 1,5 + 0,8 \times 1,5) \times 3$$

$$F_{Ed} = 129,44 \text{ kN}$$

Vlastní tíha IPE400

$$g_k = 0,663 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad g_d = 0,895 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



Reakce průvlaku

$$R_{Ed} = 129,44 + 0,68 \times \frac{6}{2} = 132,12 \text{ kN}$$

Přídavné svíslé síly z připojených diagonál

Viz 6

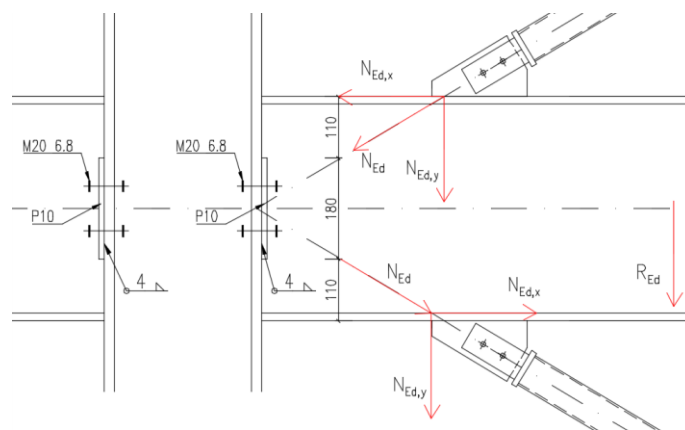
$$\sum N_{Edy} = 2 \times 30,07 \times \sin 31 = 30,97 \text{ kN}$$

$$\sum N_{Edx} = 0 \text{ kN}$$

Celkové zátížení $V_{Ed} = 132,12 \text{ kN} + 30,97 = 163,1 \text{ kN}$

Uvažuju stejný přípoj průvlaku na sloup, jak bylo uvedeno v kapitole 7.3

Schéma spoje



Posouzení

Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 600 \times 245}{1,25 \times 10^3} = 70,56 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otačení

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(\frac{50}{3 \times 22}; \frac{600}{360}; 1\right) = 0,76$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \frac{40}{22} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b k_1 dt f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,76 \times 2,5 \times 20 \times 10 \times 360}{1,25 \times 10^3} = 109,1 \text{ kN}$$

Únosnost šroubového přípoje

$$F_{Rd} = n \times \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 4 \times \min(70,56; 109,1) = 282,24 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{163,1}{282,24} = 0,58 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Svar průvlaku a čelní desky

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2a_w l_{w1}} = \frac{163,1}{2 \times 4 \times 180} = 113,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{3 \times 113,3^2} = 196 \text{ MPa}$$

$$196 \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}} = \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ vyhovuje}$$

7.9PŘÍPOJ ZTUŽIDLA K PRŮVLAKU

Navrhuji přípoj ztužidla k průvlaku pomocí dvojic styčnickových plechů přivařených na jednom konci ke kruhovému čelnímu víčku ztužidla a na druhém konci připojený pomocí šroubů k styčnickovému plechu průvlaku.

Reakce $N_{Ed} = 30,07 \text{ kN}$

$$N_{Ed,y} = 30,07 \times \sin 31 = 15,49 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,x} = 30,07 \times \cos 31 = 25,78 \text{ kN}$$

Návrh

Šrouby 2xM12 5.6

Vstupní hodnoty

	Styčnickový plech		Šroub M12 5.6	
f_y	235	MPa	d	12 mm
f_u	360	MPa	d_0	13 mm
E	210	GPa	d_m	20,45 mm
t	8	mm	f_{yb}	300 MPa
			f_{ub}	500 MPa
			A	113 mm ²
			A_s	84,3 mm ²

Rozteče

$$e_{1min} = 1,2d_0 = 1,5 \times 12 = 15,6 \text{ mm} \quad e_1 = 30 \text{ mm}$$

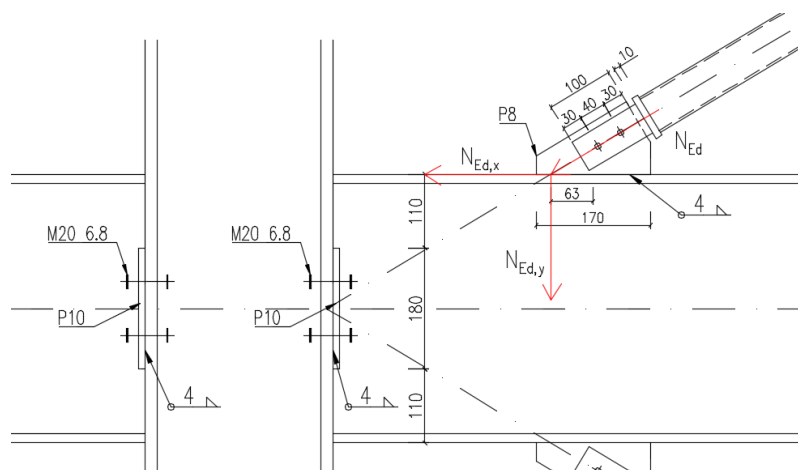
$$e_{2min} = 1,5d_0 = 1,5 \times 12 = 19,5 \text{ mm} \quad e_2 = 25 \text{ mm}$$

$$p_{1min} = 2,22d_0 = 2,2 \times 12 = 28,6 \text{ mm} \quad p_1 = 40 \text{ mm}$$

Účinná tloušťka svaru $a_w = 4 \text{ mm}$

Délka svaru $l_w = 170 \text{ mm}$

Schéma spoje



Posouzení

Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{n \cdot 0,6 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \times 0,6 \times 500 \times 245}{1,25 \times 10^3} = 40,5 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(\frac{30}{3 \times 13}; \frac{400}{360}; 1\right) = 0,77$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \frac{25}{13} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b k_1 d t f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,77 \times 2,5 \times 12 \times 8 \times 360}{1,25 \times 10^3} = 53,2 \text{ kN}$$

Únosnost šroubového přípoje

$$F_{Rd} = n \times \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 2 \times \min(40,5; 53,2) = 80,93 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{30,07}{80,93} = 0,37 \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Svar průvlaku a styčnickového plechu

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed,x}}{2a_w l_w} = \frac{25,78}{2 \times 4 \times 170} = 19 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{N_{Ed,y}}{2a_w l_w} + \frac{N_{Ed,y} e}{2 \frac{1}{6} a_w l_w^2} = \frac{15,49}{2 \times 4 \times 170} + \frac{15,49 \times 63}{2 \times \frac{1}{6} \times 4 \times 170^2} = 36,71 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{36,71}{\sqrt{2}} = 25,96 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{25,96^2 + 3(25,96^2 + 19^2)} = 61,4 \text{ MPa}$$

$$61,4 \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}} = \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa vyhovuje}$$

8 ZÁVĚR

Cílem závěrečné práce byl návrh a posouzení hlavních nosných prvků ocelové konstrukce divadla, a následně výpočet přípojů. Vnitřní síly a deformace pro posouzení byly vypočteny ručně a v programu SCIA Engineer 19.1 v trojrozměrném modelu. Prvky byly posouzeny dle platných norem.

Statický výpočet je doplněn technickou zprávou, výkresovou dokumentací a dalšími přílohami z části konstrukce pozemních staveb.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Michal Jandera, Martina Eliášová, Tomáš Vraný, Ocelové konstrukce 01 - Cvičení, Praha: ČVUT, 2015.
- [2] „ČSN EN 1993-1-1,“ Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, 1.2007.
- [3] Vraný Tomáš, Wald František, Ocelové konstrukce, tabulky, Praha: ČVUT, 2009.
- [4] M. Eliášová, přednáška OK02: Spoje: klobové, tuhé, polotuhé, klasifikace styčníků, čepové spoje, Praha, 2020.
- [5] „ČSN EN 1993-1-8,“ Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků, 7.2011.
- [6] „ČSN EN 1991-1-1,“ Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, 3.2004.
- [7] „ČSN EN 1991-1-3,“ Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem, 6.2013.
- [8] „ČSN EN 1991-1-4,“ Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem, 4.2013.
- [9] „ČSN EN 1990,“ Eurokod: Zásady navrhování konstrukcí, 3.2004.
- [10] Martina Eliášová, Zdeněk Sokol, Navrhování nosných konstrukcí - Ocel, Příklady, Praha: ČVUT, 2019.
- [11] „Technický list "Sádkartonové závěšené podhledy",“
<https://www.knauf.cz/d11-zavesene-podhledy-knauf-d11-cz#system3>.
- [12] „Technický list "Dekplan",“
<https://www.dek.cz/produkty/detail/1015102080-dekplan-76-kotveny-1-5mm-s-1-60m-seda-24m2>.
- [13] „Technický list "Dekfol N,““
<https://www.dek.cz/produkty/detail/2600601070-dekfol-reflex-n-150-75m2-bal>.
- [14] „Schuco Fasádní systém FWS 50.SI Green“

<https://www.schueco.com/cz/architekti/vyroby/fasady/mullion-transom-facades/fws-50-si-green#Accordion-cad>.

- [15] „Technický list "Kingspan KS600/750/900/1000 RH",“
<https://www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolacni-sendvicove-panely/stenove-izolacni-panely/stenovy-sendvicovy-panel-ks-600-750-900-1000-rh>.
- [16] „Katalog Isover "Prospekt - Ploché střechy",“
https://www.isover.cz/dokumenty/list?sorting_documentation=Popularity.
- [17] „Technický list "Knauf Fireboard",“
<https://www.knauf.cz/deska-knauf-fireboard>.
- [18] „Technický list "Rockwool Steprock",“
<https://www.rockwool.com/cz/produkty-a-reseni/produkty/steprock-hd/?selectedCat=dokumenty>.
- [19] „Technický list " Rockwool Superrock",“
<https://www.rockwool.com/cz/produkty-a-reseni/produkty/superrock-415648ac/?selectedCat=dokumenty#Souborykesta%C5%BEen%C3%AD>.
- [20] „Technický list "Knauf Diamant",“
<https://www.knauf.cz/deska-knauf-diamant>.
- [21] „Katalog "Živé stěny Plantbox",“
<https://www.zivestavby.cz/cs/ke-stazeni>.

PŘÍLOHY

Patka sloupu S1

Posouzení plošného základu

Vstupní data

Nastavení

Standardní - EN 1997 - DA2

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)

Součinitele EN 1992-1-1 : standardní

Sedání

Metoda výpočtu : ČSN 73 1001 (Výpočet pomocí edometrického modulu)

Omezení deformační zóny : procentem Sigma,Or

Koef. omezení deformační zóny : 10,0 [%]

Patky

Výpočet pro odvozené podmínky : EC 7-1 (EN 1997-1:2003)




Posouzení tažené patky : standardní postup

Dovolená excentricita : 0,333

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997

Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

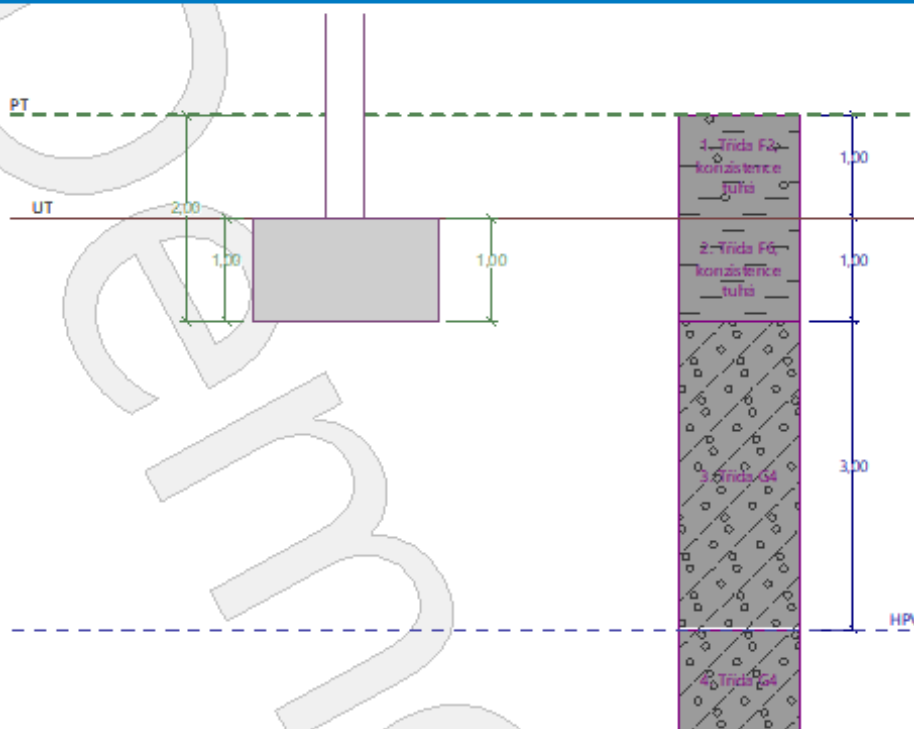
Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	Třída G4		32,50	4,00	19,00	9,00	
2	Třída F6, konzistence tuhá		19,00	12,00	21,00	11,00	
3	Třída F2, konzistence tuhá		27,00	10,00	19,50	9,50	

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	1,00	0,00 .. 1,00	Třída F2, konzistence tuhá	
2	1,00	1,00 .. 2,00	Třída F6, konzistence tuhá	
3	3,00	2,00 .. 5,00	Třída G4	
4	-	5,00 .. ∞	Třída G4	



Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	3046,60	0,00	0,00	0,00	0,00

Posouzení čís. 1

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e _x [m]	e _y [m]	σ [kPa]	R _d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Zatížení č. 1	Ano	0,00	0,00	963,31	988,59	97,44	Ano
Zatížení č. 1	Ne	0,00	0,00	971,36	988,59	98,26	Ano

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepríznivějších zatěžovacích stavů.

Spočtená vlastní tíha patky G = 100,60 kN

Spočtená tíha nadloží Z = 0,00 kN

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Nejnepríznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy z_{sp} = 3,12 m

Dosah smykové plochy l_{sp} = 9,83 m

Výpočtová únosnost zákl. půdy R_d = 988,59 kPa

Extrémní kontaktní napětí σ = 971,36 kPa

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky e_x = 0,000 < 0,333

Max. excentricita ve směru šířky patky e_y = 0,000 < 0,333

Max. prostorová excentricita $e_t = 0,000 < 0,333$

Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 12,75 \text{ kN}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 1830,98 \text{ kN}$

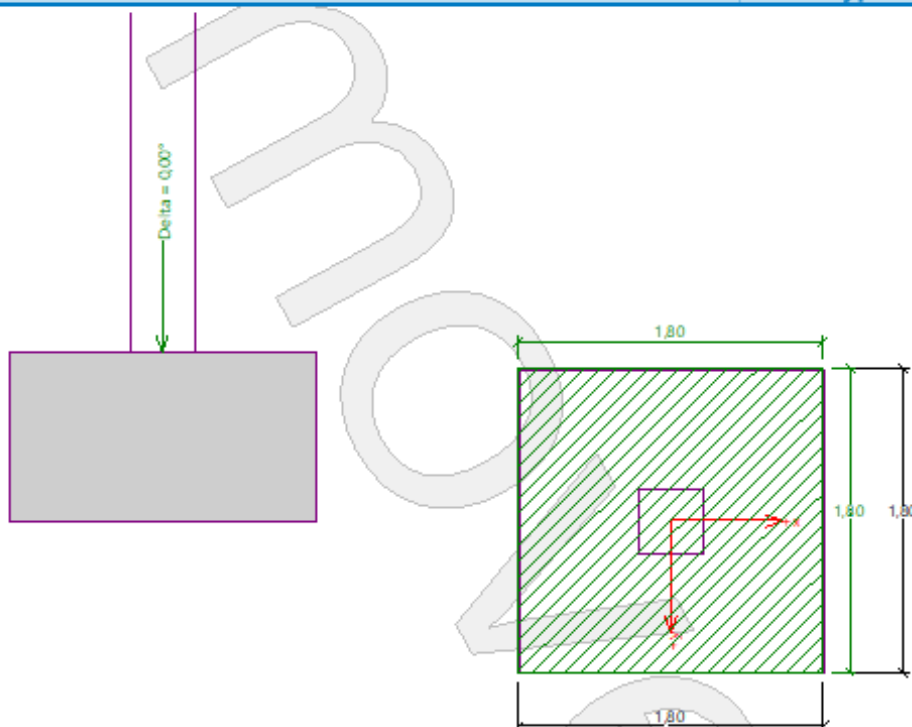
Extrémní horizontální síla $H = 0,00 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Název : 1.MS

Fáze - výpočet : 1 - 1



Posouzení čís. 1

Dimenzace čís. 1

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Posouzení podélné výztuže základu ve směru x

12 ks profil 16,0 mm, krytí 40,0 mm

Šířka průřezu = 1,80 m

Výška průřezu = 1,00 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0,14 \% > 0,14 \% = \rho_{min}$

Poloha neutrálné osy $x = 0,04 \text{ m} < 0,59 \text{ m} = x_{max}$

Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 980,33 \text{ kNm} > 426,61 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru y

12 ks profil 16,0 mm, krytí 40,0 mm

Šířka průřezu = 1,80 m

Výška průřezu = 1,00 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0,14 \% > 0,14 \% = \rho_{min}$

Poloha neutrálné osy $x = 0,04 \text{ m} < 0,59 \text{ m} = x_{\max}$
 Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 980,33 \text{ kNm} > 426,61 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Posouzení základu na protlačení

Normálová síla v sloupu = 3046,60 kN

Maximální únosnost na obvodu sloupu

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 135,78 kN
 Síla přenášená smykovou pevností patky = 2910,82 kN
 Uvažovaný obvod sloupu $u_0 = 1,52 \text{ m}$
 Smykové napětí na obvodu sloupu $V_{Ed, \max} = 2,01 \text{ MPa}$
 Únosnost na obvodu sloupu $V_{Rd, \max} = 3,60 \text{ MPa}$

Kritický průřez bez smykové výztuže

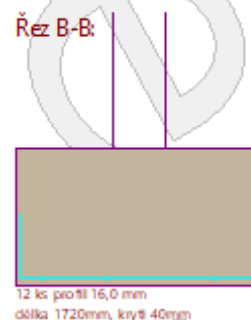
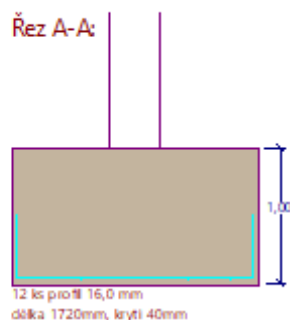
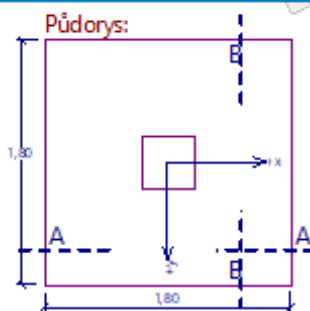
Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 1485,13 kN
 Síla přenášená smykovou pevností patky = 1561,47 kN
 Vzdálenost průřezu od sloupu = 0,48 m
 Délka průřezu $u = 4,51 \text{ m}$
 Smykové napětí na průřezu $V_{Ed} = 0,36 \text{ MPa}$
 Únosnost nevýztuženého průřezu $V_{Rd, c} = 1,23 \text{ MPa}$

$V_{Ed} < V_{Rd, c} \Rightarrow$ Výztuž není nutná

Základ na protlačení VYHOVUJE

Název : Dimenzování

Fáze - výpočet : 1 - 1



Suterénní stěny

• Vstupní hodnoty

Zásyp podzemní části objektu bude proveden nenámrazovou zeminou třídy F2, tuhé konzistence s následujícími vlastnostmi:

charakteristická objemová tíha zeminy	$\gamma_{zem.k} = 19 \text{ kN/m}^3$
návrhový efektivní úhel vnitřního tření	$\varphi_d = 29^\circ$
Užitné zatížení na terénu	$q_k = 5 \text{ kN/m}^2$
Výška	$h = 3,6 \text{ m}$
Rozměry pilastru	$a = b = 0,6 \text{ m}$

• Zatížení

- 1) Tlak na konci sloupu HEB340 $N_{Ed} = 610,02 \text{ kN}$ (viz 5.2)
- 2) Vodorovná síla na konci sloupu $V_{Ed} = 15,77 \text{ kN}$ (viz 5.2)
- 3) Zemní tlak v patě stěny

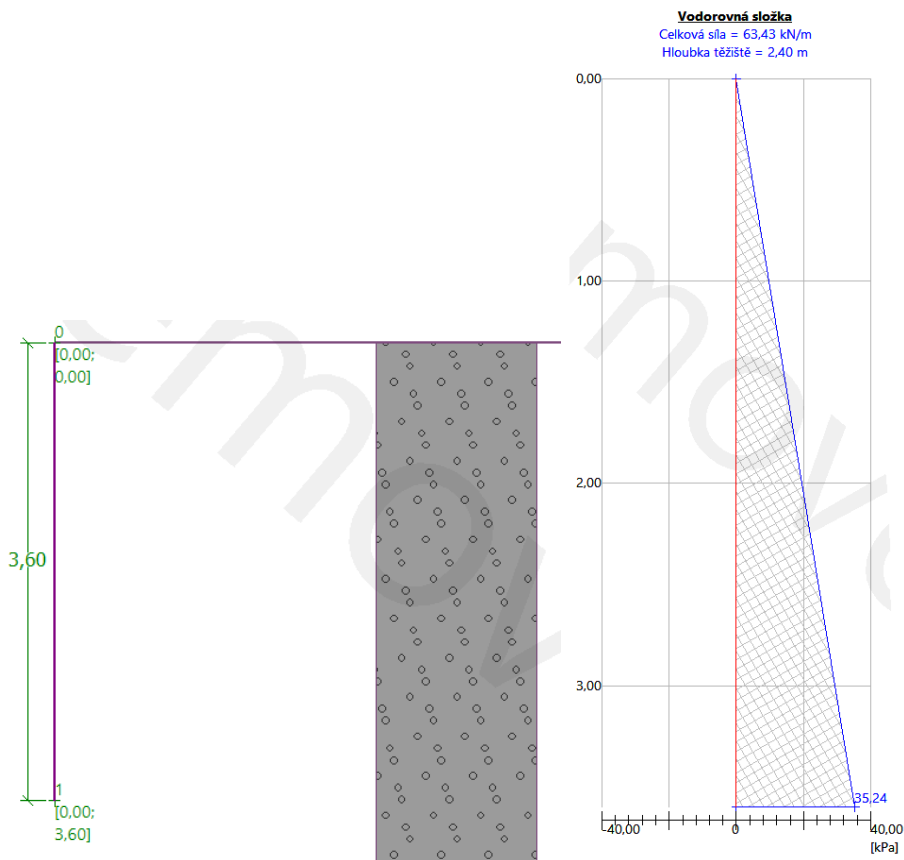
Součinitel zemního tlaku v klidu

$$K_o = 1 - \sin\varphi_d = 1 - \sin 29 = 0,52$$

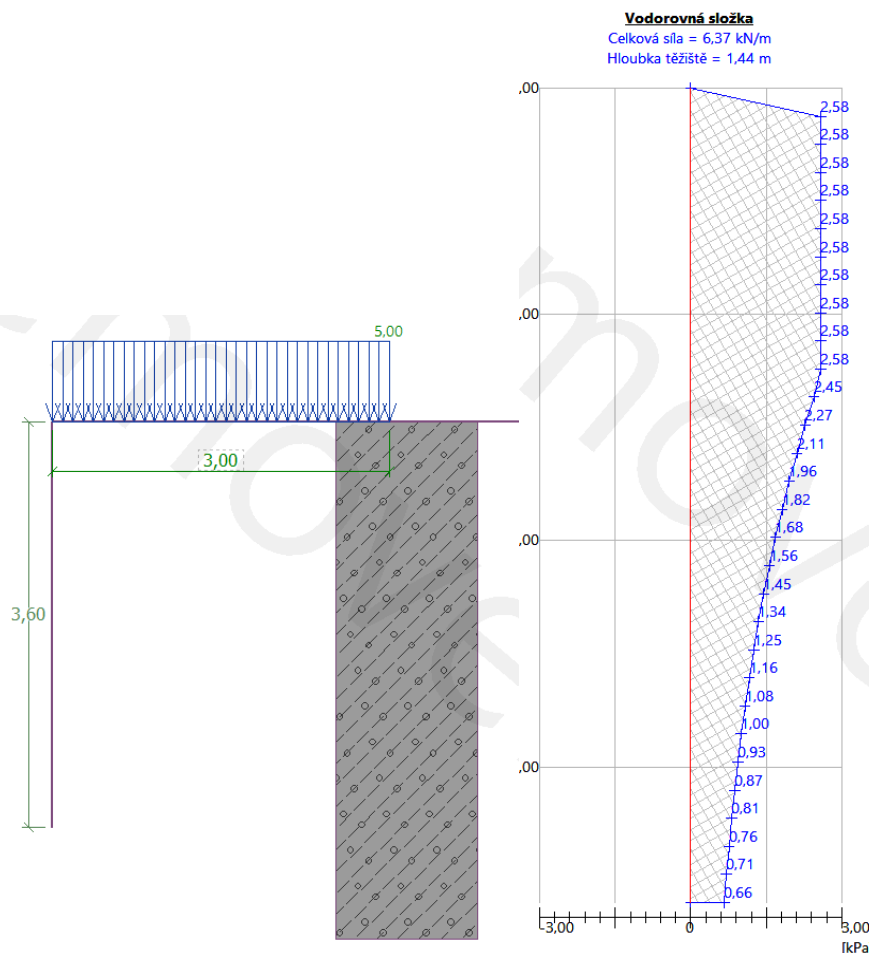
Charakteristický zemní tlak v patě stěny od tíhy zeminy

$$\sigma_{0.k} = K_o \times \gamma_{zem.q} \times H = 0,52 \times 19 \times 3,6 = 35,24 \text{ kPa}$$

$$F_{k.zemní\ tlak} = \sigma_{0.k} \times b = 35,24 \times 0,6 = 21,14 \text{ kN/m}$$



4) Užité zátížení na terénu se rovná: $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$



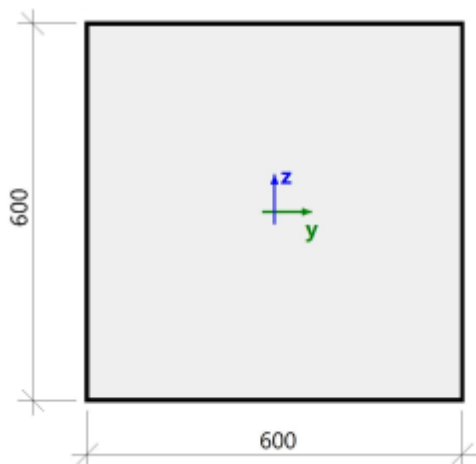
$$F_{k.proměnné} = q_k \times b = 2,58 \times 0,6 = 1,55 \text{ kN/m}$$

• **Posouzení (SCIA)**

Sloup B1	Obdélník (600; 600)
ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07	Řez 3 [dx = 1 m]

Prut

Jméno	Průřez	Materiál	Délka [m]	Poč. uzel	Konc. uzel	Typ
B1	C51 - Obdélník (600; 600)	C30/37	3,600	N1	N2	sloup (100)



Materiálové charakteristiky

Návrhová hodnota tlakové pevnosti betonu

$$f_{cd,pl} = \frac{\alpha_{cc,pl} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0.8 \cdot 30}{2} = 12 \text{ MPa}$$

Síly

Z MKP výpočtu

$$N = -900 \text{ kN} \quad M_y = 40 \text{ kNm} \quad M_z = 0 \text{ kNm}$$

Obsah kombinace:

$$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3$$

Tlačený dílec

Limitní osová síla, při které se dílec uvažuje jako tlačený:

$$N_{com} = -\text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0.1 \cdot (12 \cdot 10^6 \cdot 0.36) = -432 \text{ kN}$$

Podmínka posudku:

$$N_{Ed} < N_{com} = -900 \text{ kN} < -432 \text{ kN} \dots \text{ tlačený dílec}$$

Výpočet únosnosti

Únosnost v kladném směru $N_{Rd+} = 0 \text{ kN}$ $M_{Rdy+} = 177 \text{ kNm}$ $M_{Rdz+} = 65 \text{ kNm}$

Únosnost v záporném směru $N_{Rd-} = -3254 \text{ kN}$ $M_{Rdy-} = 0 \text{ kNm}$ $M_{Rdz-} = 0 \text{ kNm}$

Shrnutí posudku

Síly: $N_{Ed} = -900 \text{ kN}$ $M_{Edy} = 49 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = 18 \text{ kNm}$

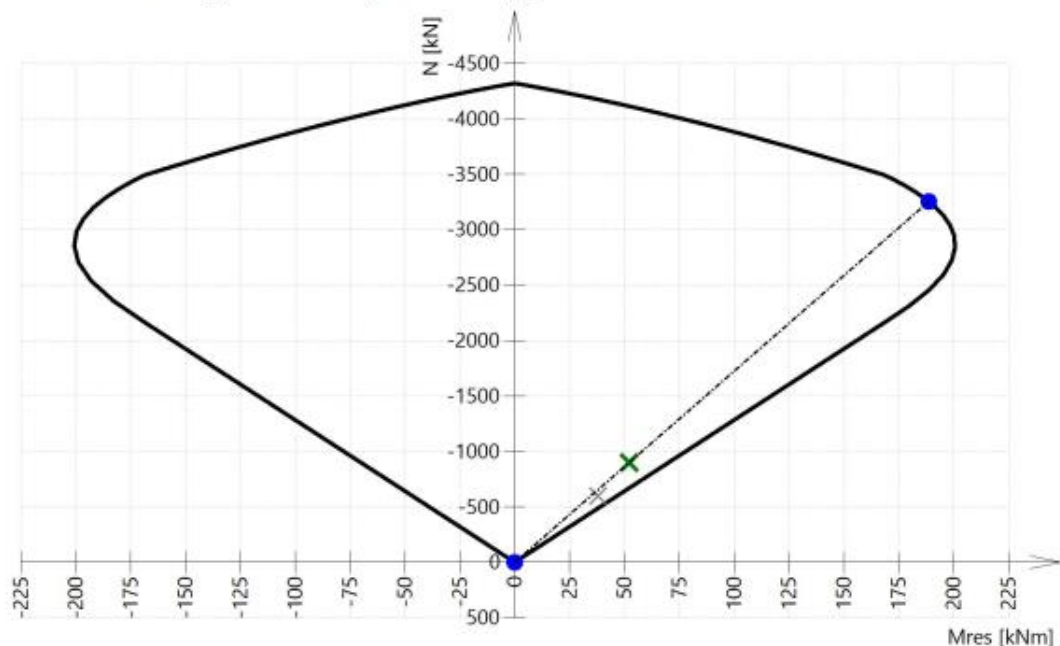
Odolnost: $N_{Rd} = -3254 \text{ kN}$ $M_{Rdy} = 177 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = 65 \text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku.

$$UC = \frac{\sqrt{N_{Ed}^2 + M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2}}{\sqrt{N_{Rd}^2 + M_{Rdy}^2 + M_{Rdz}^2}} = \frac{\sqrt{-900^2 + 49^2 + 18^2}}{\sqrt{-3254^2 + 177^2 + 65.1^2}} = 0.277 \leq 1 \text{ OK}$$

Seznam varování, chyb a poznámek: N2/1.

3D interakční diagram - svislý řez N-M_{res}





Divadlo v Trutnově

Theatre Trutnov

Diplomová práce

IV VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Vedoucí práce: doc. Ing. Martina Eliášová, CSc.

Autor: Bc. Akbota Begaly

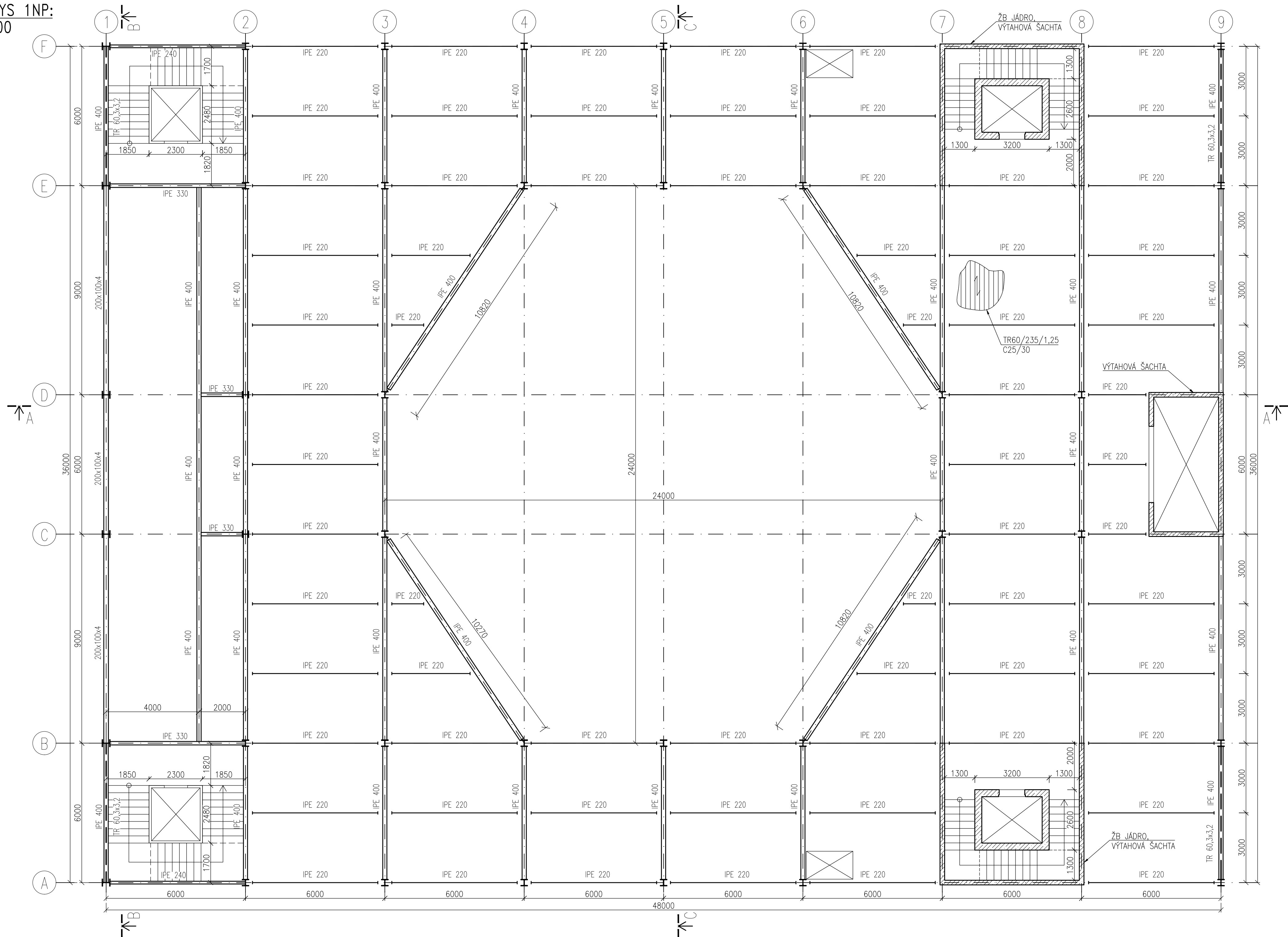
Praha, 2022

Divadlo v Trutnově

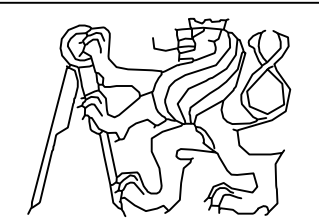
OBSAH VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

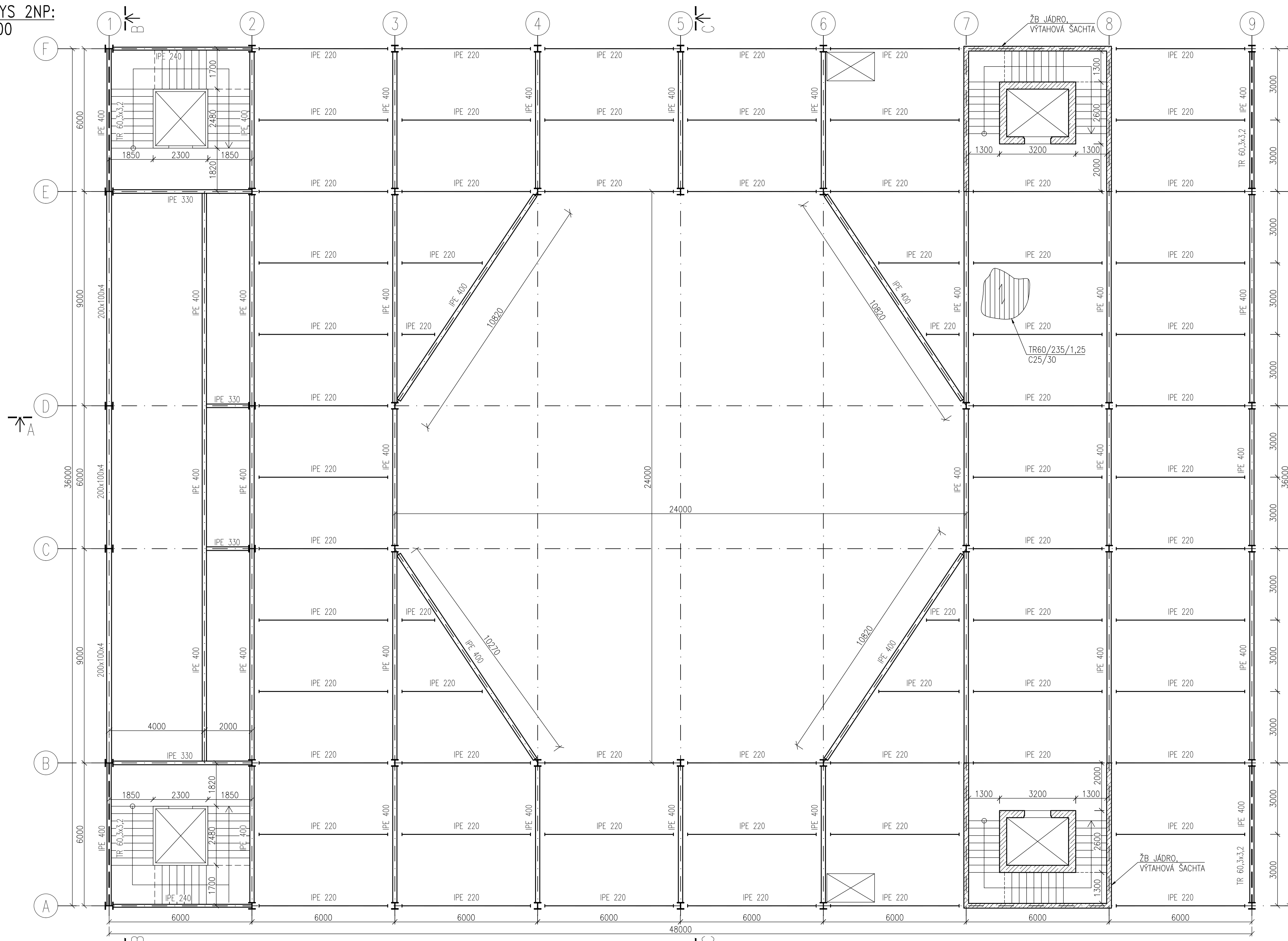
1	Půdorys 1NP
2	Půdorys 2NP
3	Půdorys 3NP
4	Půdorys 4NP
5	Dispozice baziliky
6	Řez A-A
7	Řez B-B, Řez C-C
8	Detaily

PŮDORYS 1NP:
M 1:100



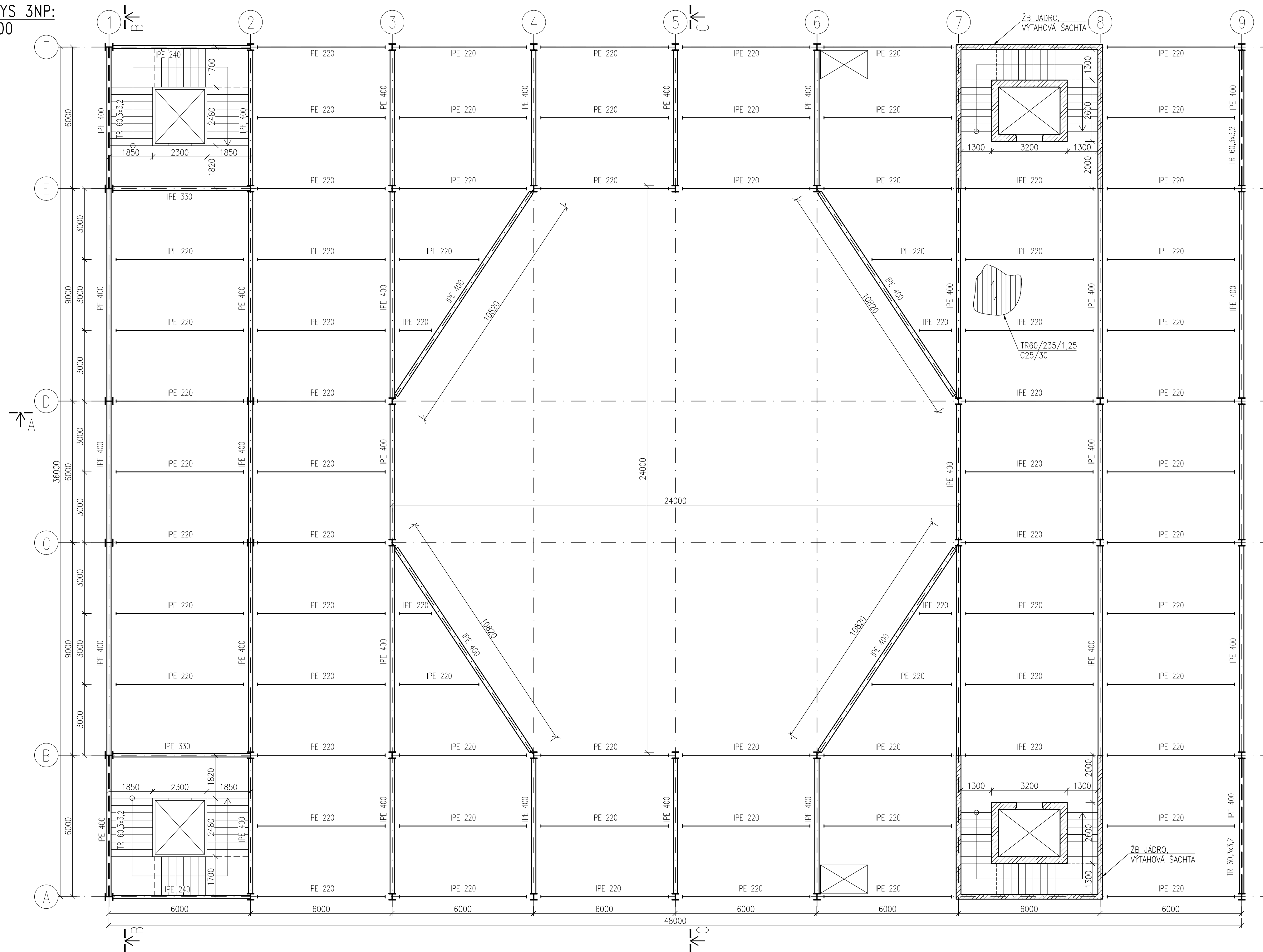
- OCEL: S355J0+N (NOSNÉ PRVKY)
S320GD (TRAPÉZOVÉ PLECHY)
S235J0 (SPŘAHOVACÍ TRNY)
- BETON: C25/30 (ZÁKLADOVÉ PATKY, ŽB JÁDRO)
C30/37 (SUTERÉNNÍ STĚNY)
- ŠROUBY: 5.6, 6.8, 8.8
TŘÍDA PROVEDENÍ EXC2

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
C-Konstrukce pozemních staveb	K134	Bc. Akbota Begaly	
ROČNÍK	vyručující		
	2	doc. Ing. Martina Eliášová, CSc.	
AKCE :	Dipolomová práce: Divadlo v Trutnově		
FORMÁT	6xA4		
MĚŘITKO	1:100		
DATUM	12/2021		
OBSAH :	Půdorys 1NP		
Č. VÝKR.	1		



- OCEL: S355J0+N (NOSNÉ PRVKY)
S320GD (TRAPÉZOVÉ PLECHY)
S235J0 (SPŘAHOVACÍ TRNY)
- BETON: C25/30 (ZÁKLADOVÉ PATKY, ŽB JÁDRO)
C30/37 (SUTERÉNNÍ STĚNY)
- ŠROUBY: 5.6, 6.8, 8.8
TŘÍDA PROVEDENÍ EXC2

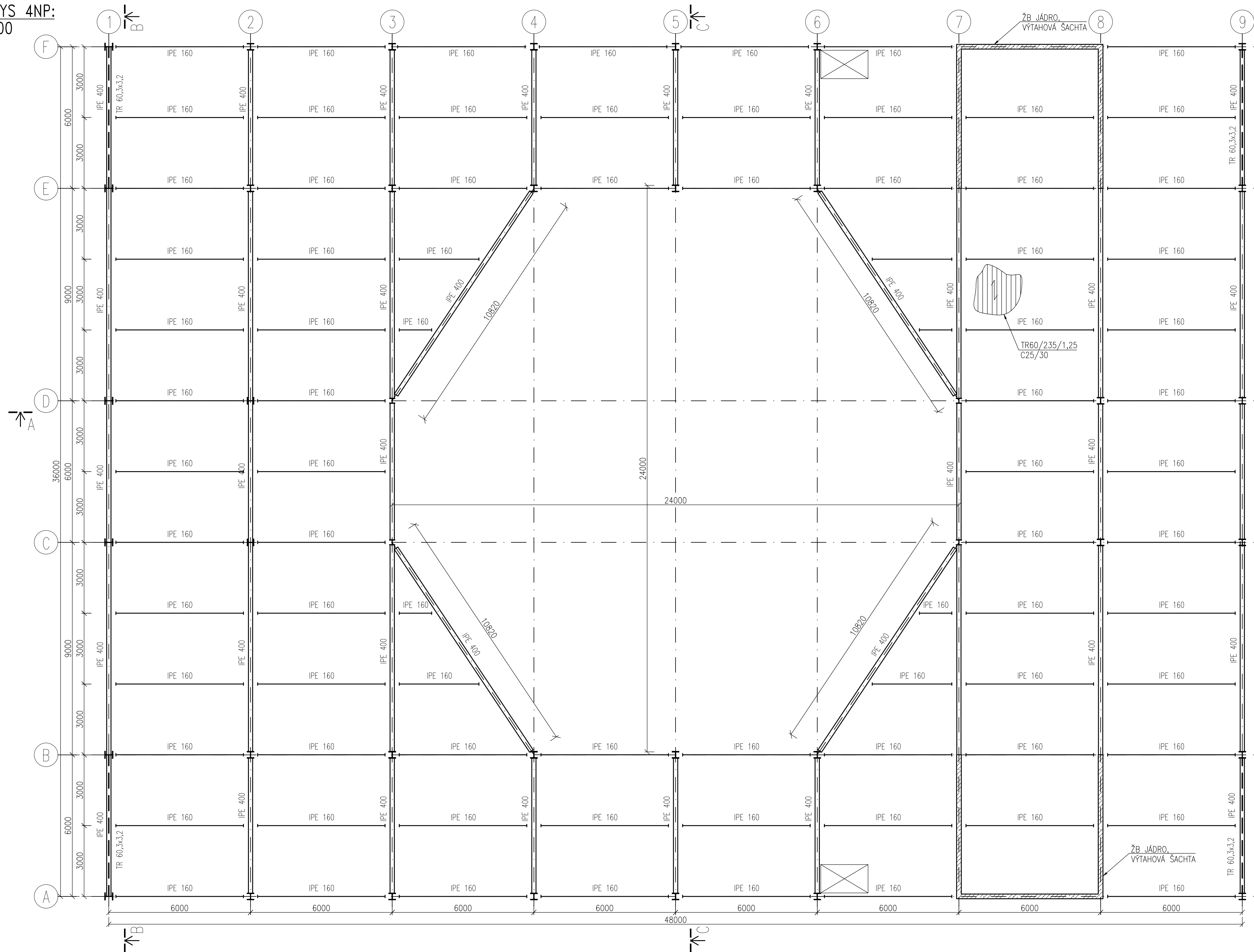
OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
Č-Konstrukce pozemních staveb	K134	Bc. Akbota Begaly	
ROČNÍK	vyručující		
	2	doc. Ing. Martina Eliášová, CSc.	
AKCE :	Dipolomová práce: Divadlo v Trutnově		
OBSAH :	Půdorys 2NP		
FORMÁT	6x44		
MĚŘITKO	1:100		
DATUM	12/2021		
Č. VÝKR.	2		



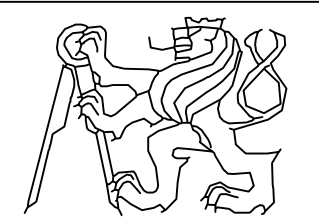
OCEL: S355J0+N (NOSNÉ PRVKY)
S320GD (TRAPÉZOVÉ PLECHY)
S235J0 (SPŘAHOVACÍ TRNY)
BETON: C25/30 (ZÁKLADOVÉ PATKY, ŽB JÁDRO)
C30/37 (SUTERÉNNÍ STĚNY)
ŠROUBY: 5.6, 6.8, 8.8
TŘÍDA PROVEDENÍ EXC2

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
C-Konstrukce pozemních staveb	K134	Bc.Akbota Begaly	
ROČNÍK	vyručující		
	2	doc.Ing. Martina Eliášová, CSc.	
AKCE :	Dipolomová práce: Divadlo v Trutnově		
	FORMÁT	6xA4	
	MĚŘITKO	1:100	
	DATUM	12/2021	
OBSAH :	Půdorys 3NP		
	Č. VÝKR.	3	

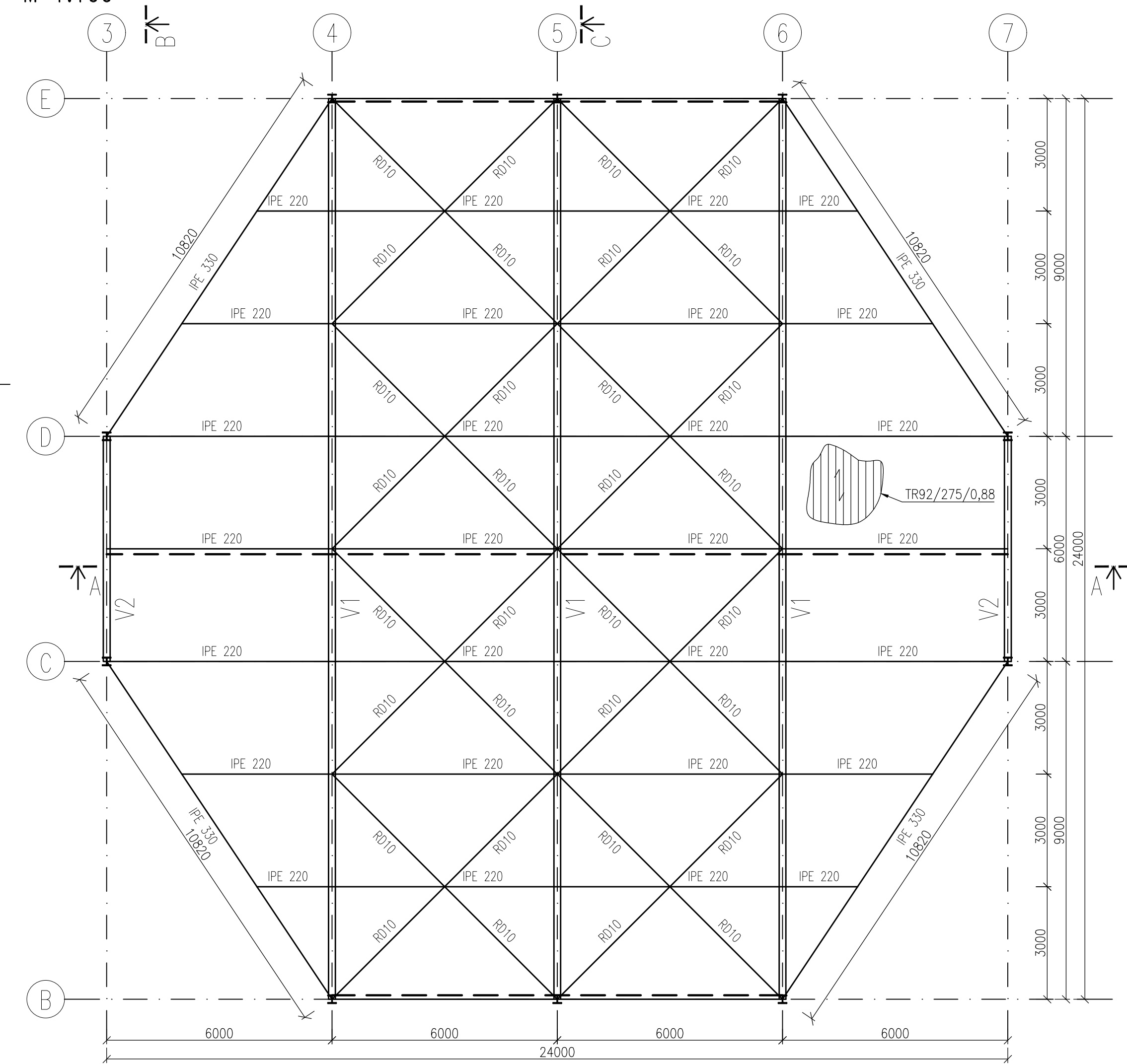
PŮDORYS 4NP:
M 1:100



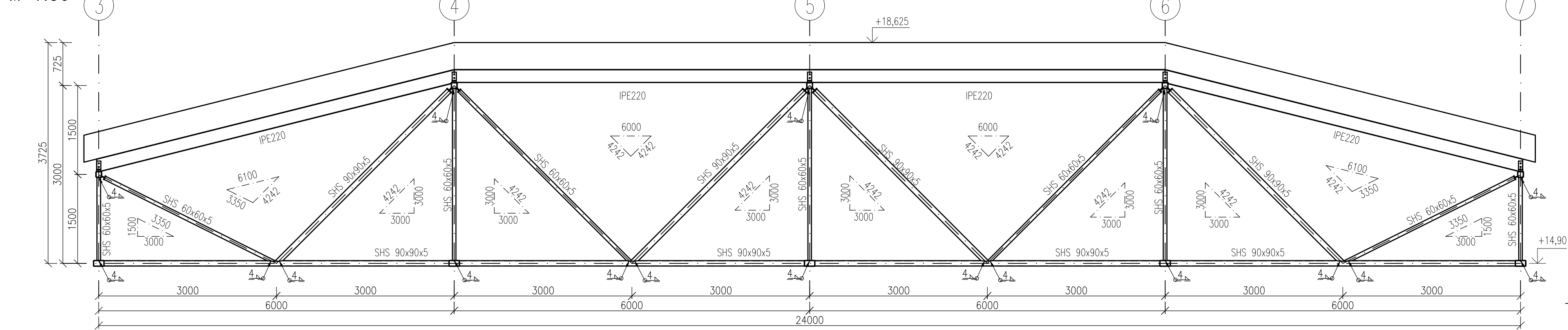
- OCEL: S355J0+N (NOSNÉ PRVKY)
S320GD (TRAPÉZOVÉ PLECHY)
S235J0 (SPŘAHOVACÍ TRNY)
- BETON: C25/30 (ZÁKLADOVÉ PATKY, ŽB JÁDRO)
C30/37 (SUTERÉNNÍ STĚNY)
- ŠROUBY: 5.6, 6.8, 8.8
TŘÍDA PROVEDENÍ EXC2

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
C-Konstrukce pozemních staveb	K134	Bc. Akbota Begaly	
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ		
2	doc.ing. Martina Eliášová, CSc.		
AKCE :			
Dipolomová práce: Divadlo v Trutnově			
OBSAH :			
Půdorys 4NP			
FORMÁT	6xA4		
MĚŘÍTKO	1:100		
DATUM	12/2021		
Č. VÝKR.	4		

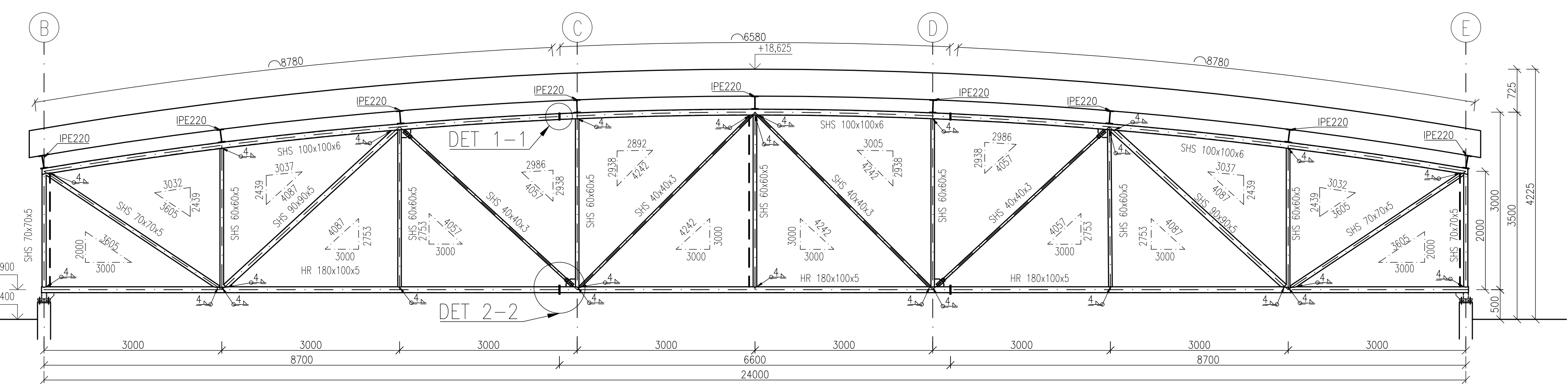
PŮDORYS BAZILIKY:
M 1:100



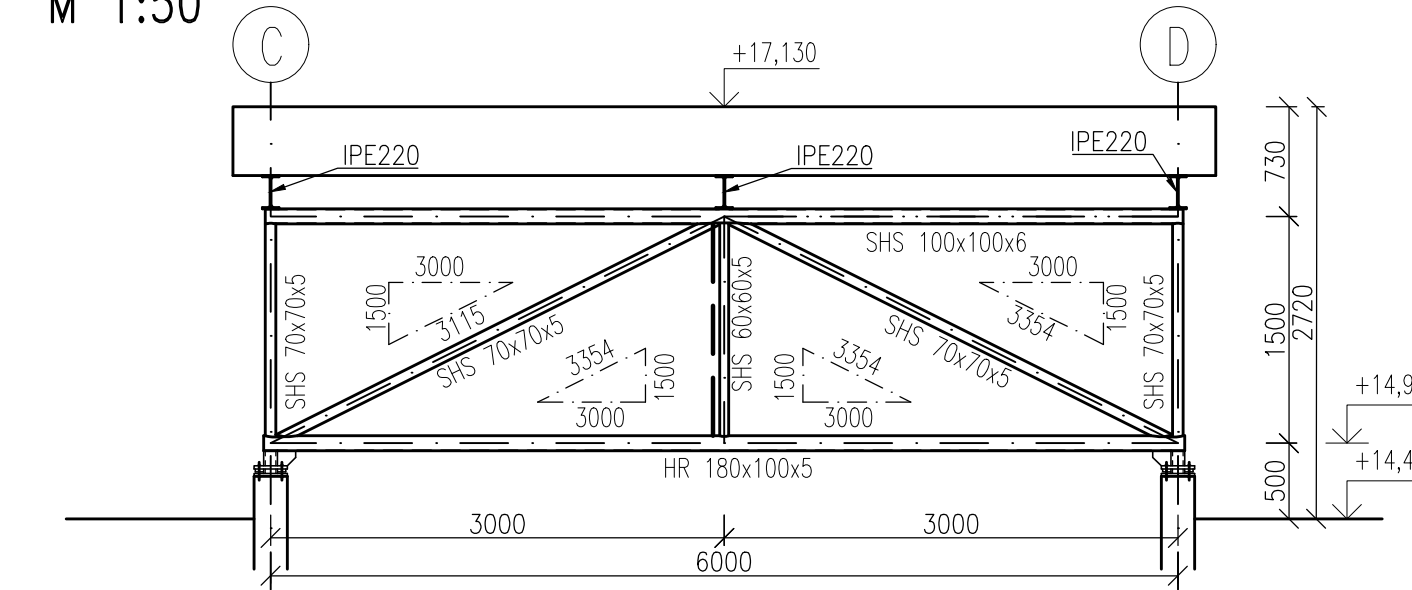
ŘEZ A-A:
M 1:50



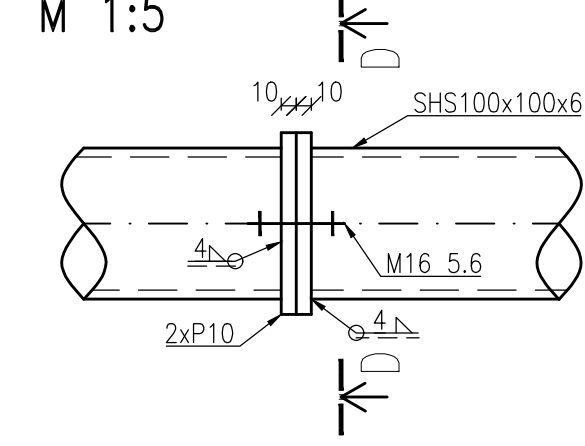
ŘEZ C-C: V1
M 1:50



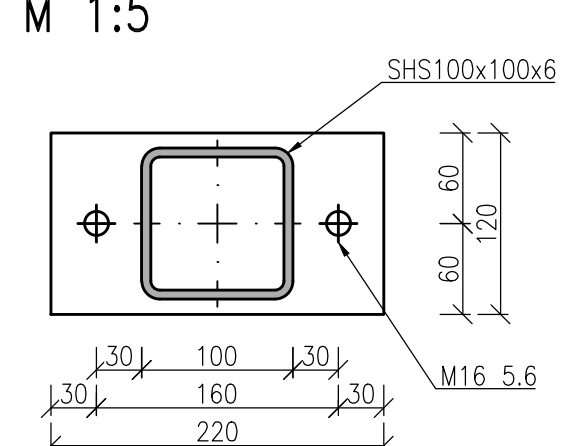
ŘEZ B-B: V2
M 1:50



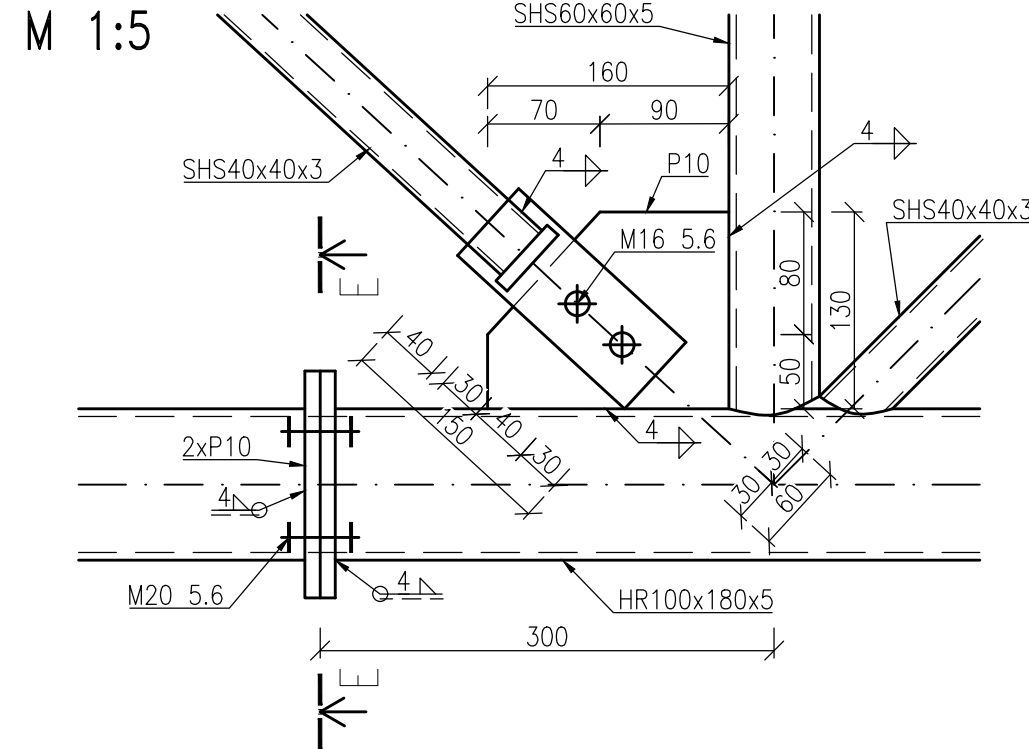
DETAIL 1-1: MONTÁŽNÍ STYK
M 1:5



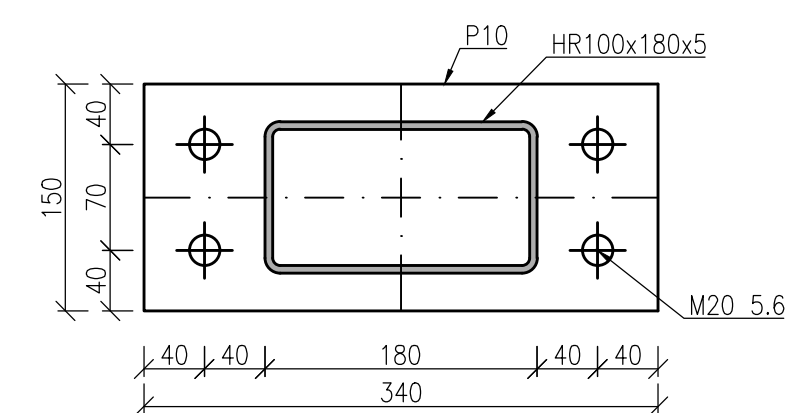
ŘEZ D-D:
M 1:5



DETAIL 2-2: MONTÁŽNÍ STYK
M 1:5

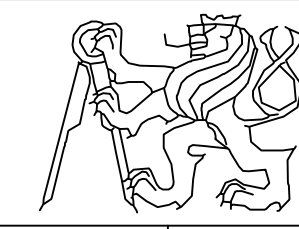


ŘEZ E-E:
M 1:5

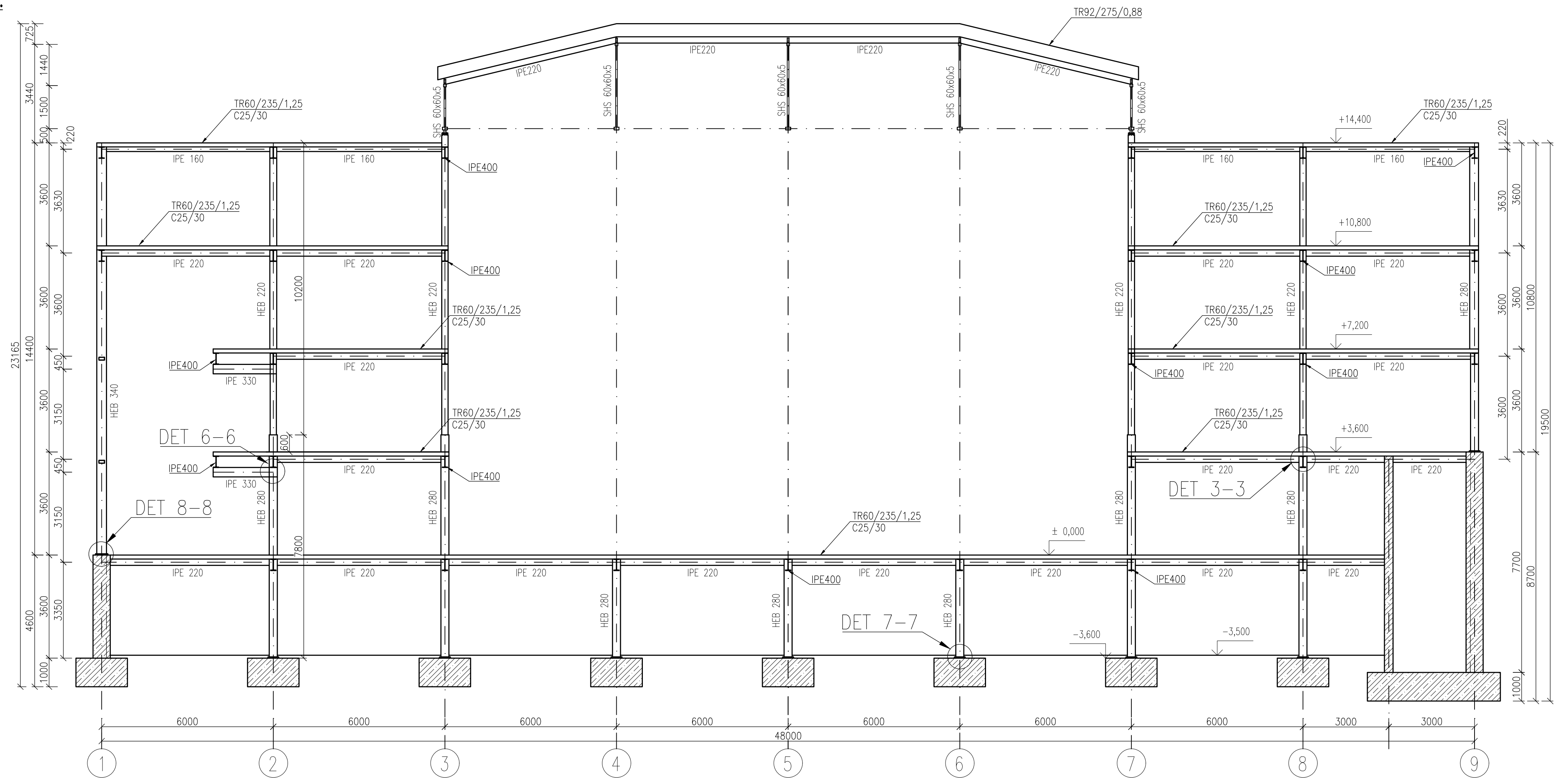


OCEL: S355J0+N (NOSNÉ PRVKY)
S320GD (TRAPÉZOVÉ PLECHY)
S235J0 (SPŘAHOVACÍ TRNY)
S355J0 (PLECHY)
ŠROUBY: 5.6
TRÍDA PROVEDENÍ EXC2

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA
C-Konstrukce pozemních staveb	K134	Bc.Akбота Begaly
ROČNÍK	vyručuicli	
	doc.Ing. Martina Eliášová, CSc.	
AKCE :	Dipolomová práce: Divadlo v Trutnově	
OBSAH :	Dispozice baziliky a detaily	
FORMÁT	6x44	
MĚRITKO	1:100/1:50/1:5	
DATUM	12/2021	
Č. VÝKR.	5	



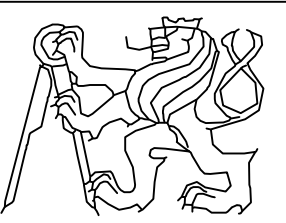
ŘEZ A-A:
M 1:100



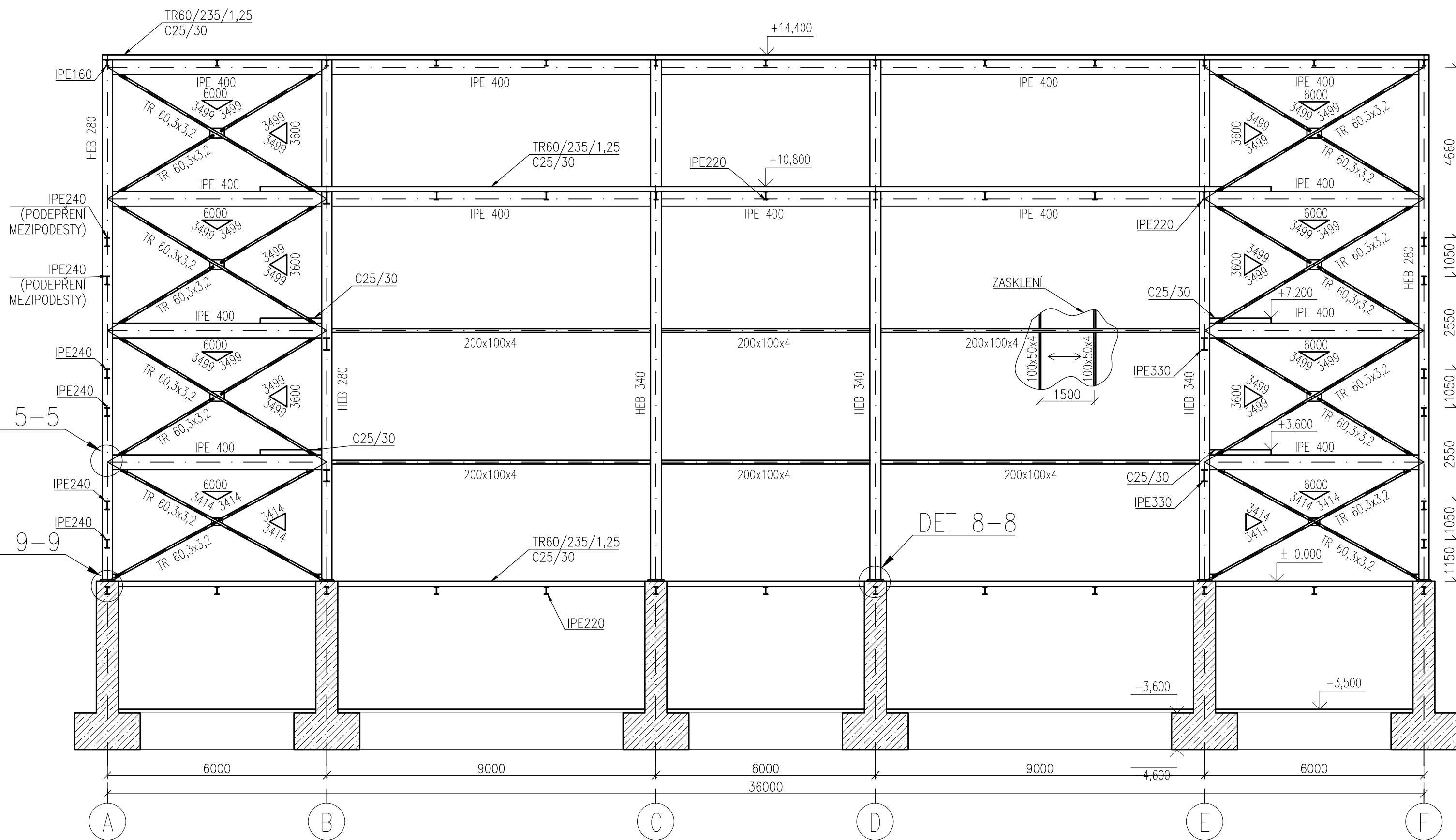
OCEL: S355JO+N (NOSNÉ PRVKY)
 S320GD (TRAPÉZOVÉ PLECHY)
 S235JO (SPŘÁHOVACÍ TRNY)
 BETON: C25/30 (ZÁKLADOVÉ PATKY, ŽB JÁDRO)
 C30/37 (SUTERÉNNÍ STĚNY)
 ŠROUBY: 5.6, 6.8, 8.8
 TŘÍDA PROVEDENÍ EXC2

POZNÁMKY

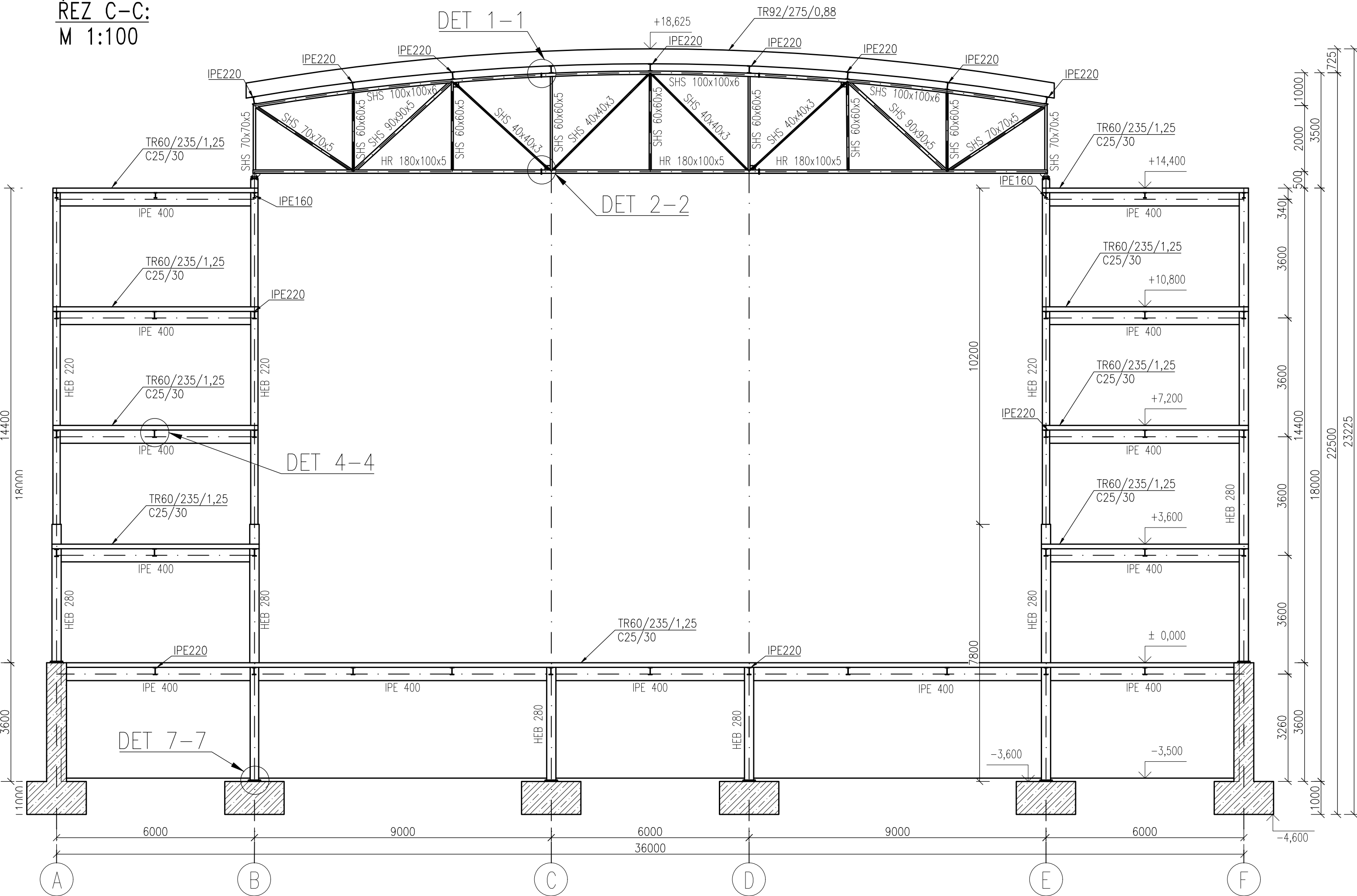
1) PODÉLNÝ ŘEZ STŘEŠNÍM ZTUŽIDLEM BAZILIKY JE VIZ VÝKRES Č.5

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
C-Konstrukce pozemních staveb	K134/K124	Bc.Akбота Begaly	
ROČNÍK	vyručující		
2	Ing. Radek Zígler, Ph.D.		
AKCE :			
Dipolomová práce: Divadlo v Trutnově			FORMAT 4xA4
			MĚŘITKO 1:100
			DATUM 12/2021
OBSAH :			Č. VÝKR. 6
ŘEZ A-A			

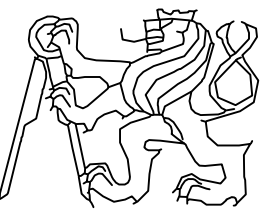
ŘEZ B-B:
M 1:100



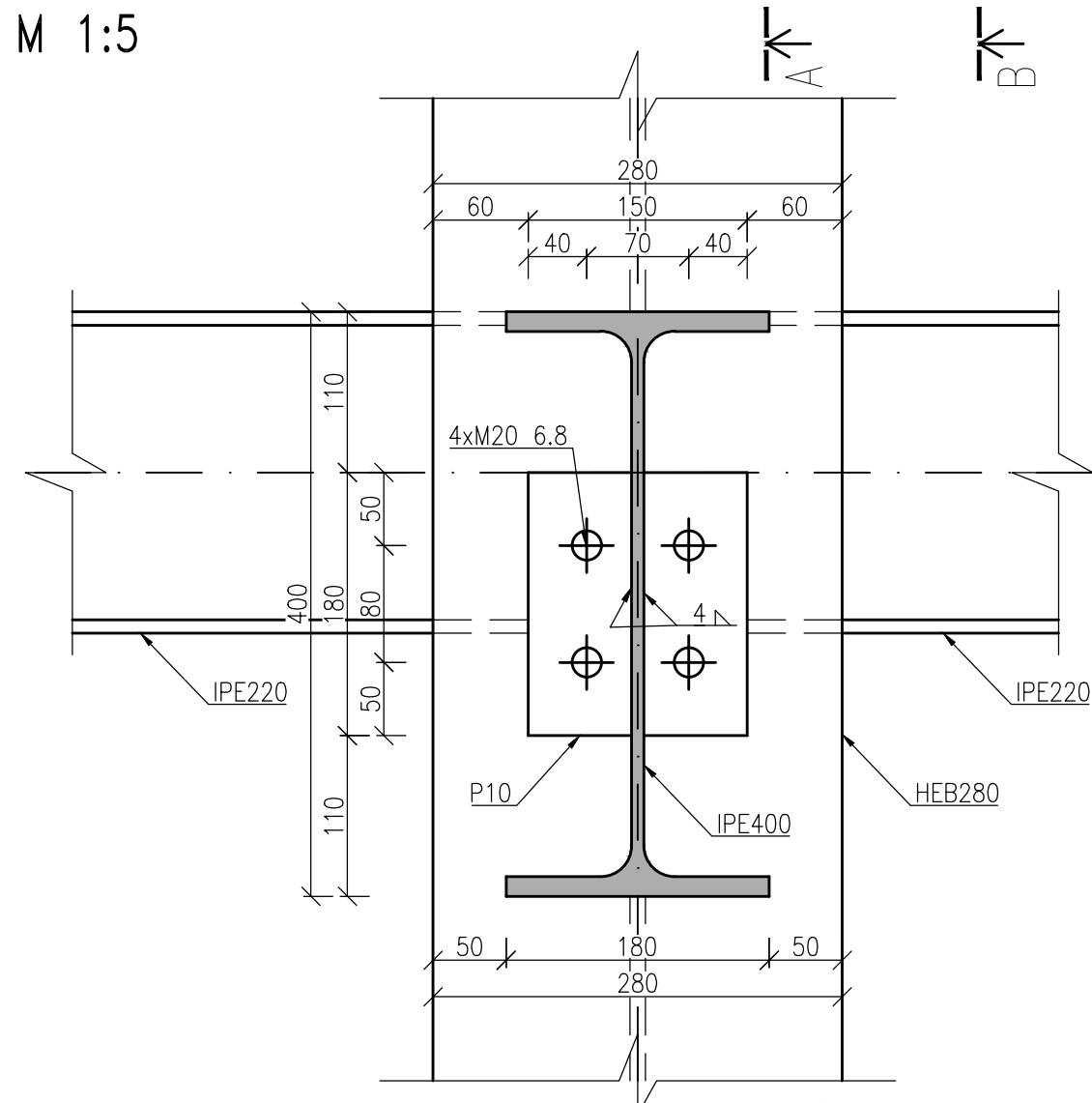
ŘEZ C-C:
M 1:100



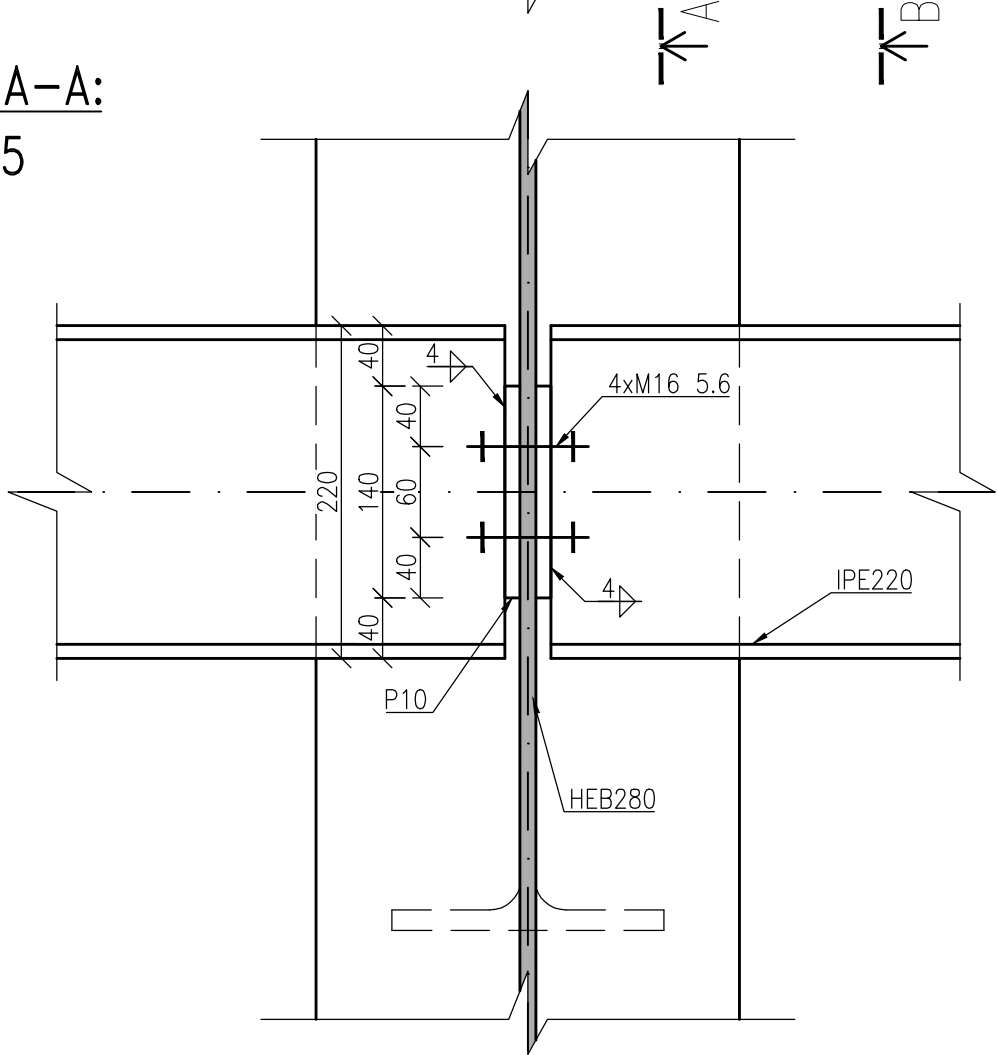
- OCEL: S355J0+N (NOSNÉ PRVKY)
S320GD (TRAPÉZOVÉ PLECHY)
S235J0 (SPŘAHOVACÍ TRNY)
- BETON: C25/30 (ZÁKLADOVÉ PATKY, ŽB JÁDRO)
C30/37 (SUTERÉNNÍ STĚNY)
- ŠROUBY: 5,6, 6,8, 8,8
TRÍDA PŘEVODĚNÍ EXC2

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
C-Konstrukce pozemních staveb	K134/K124	Bc.Akbota Begaly	
ROČNÍK	vyručující		
	2	Ing. Radek Zigler, Ph.D.	
AKCE :	Dipolomová práce: Divadlo v Trutnově		
FORMAT	8xA4		
MĚŘITKO	1:100		
DATUM	12/2021		
OBSAH :	ŘEZ B-B, C-C		
Č. VÝKR.	7		

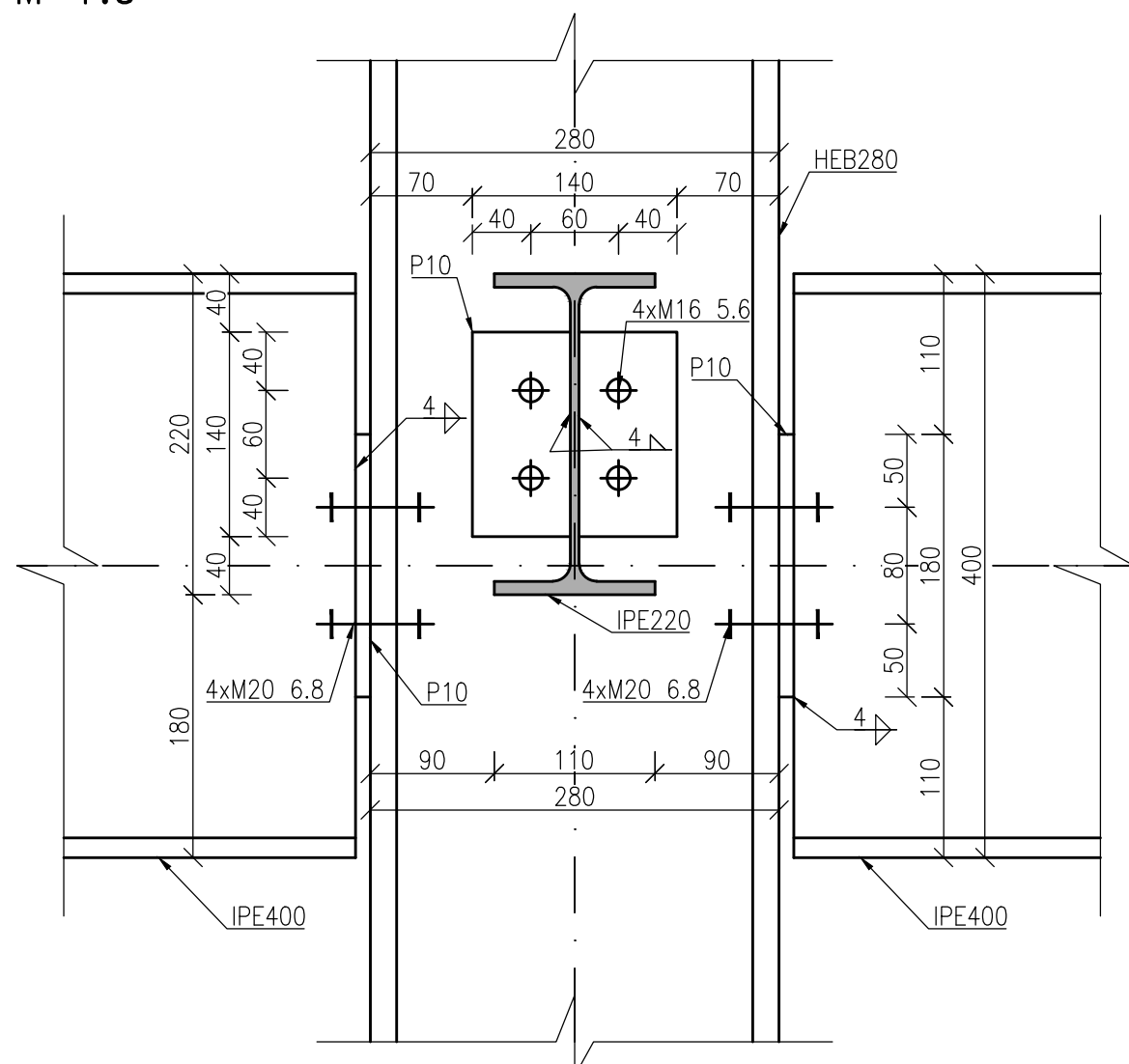
DETAIL 3-3: PŘÍPOJ PRŮVLAKU A STROPNICE NA SLOUP
M 1:5



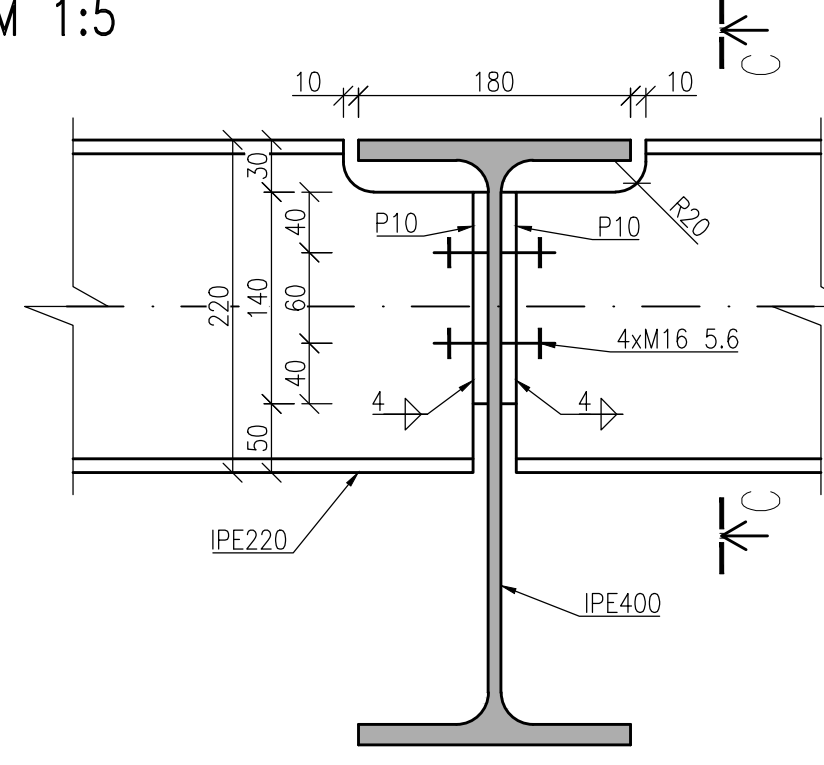
ŘEZ A-A:
M 1:5



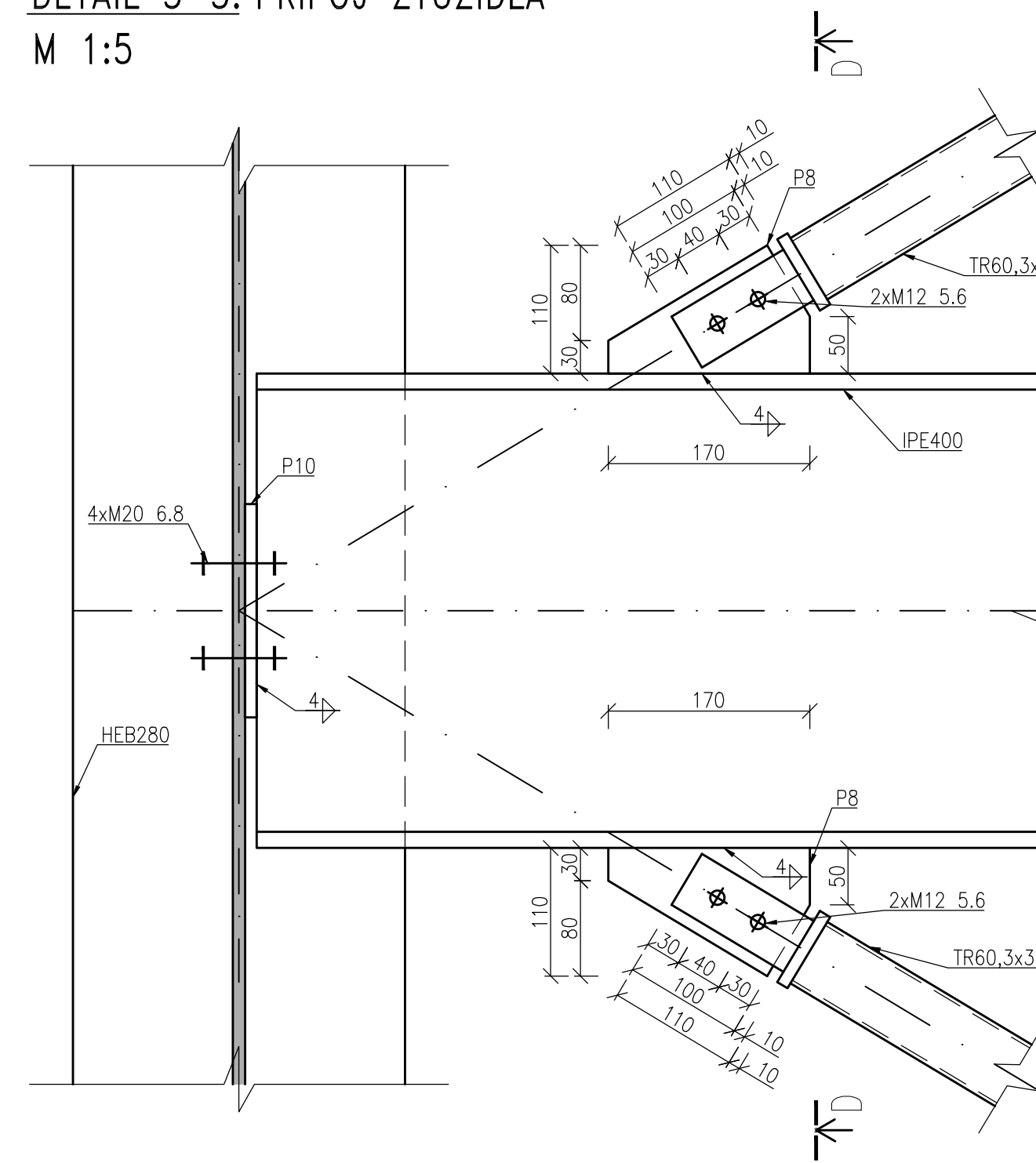
ŘEZ B-B:
M 1:5



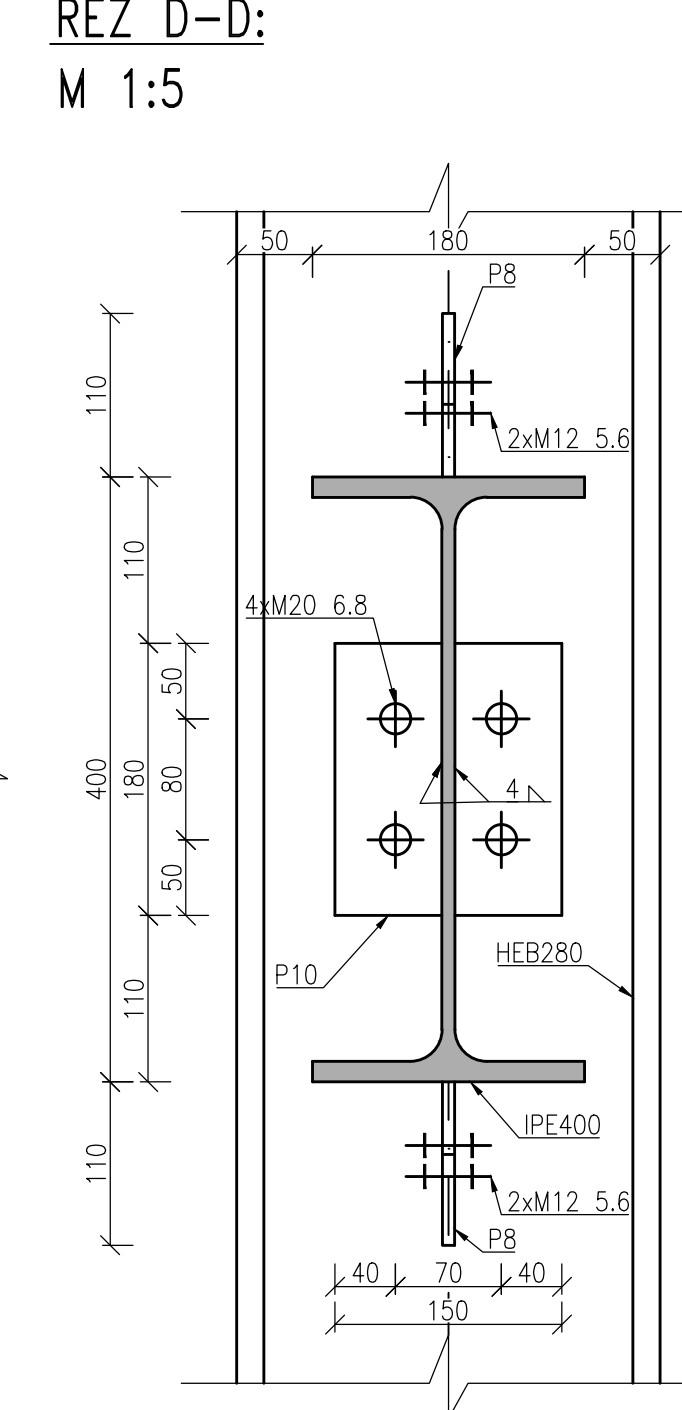
DETAIL 4-4: PŘÍPOJ STROPNICE NA PRŮVLAK
M 1:5



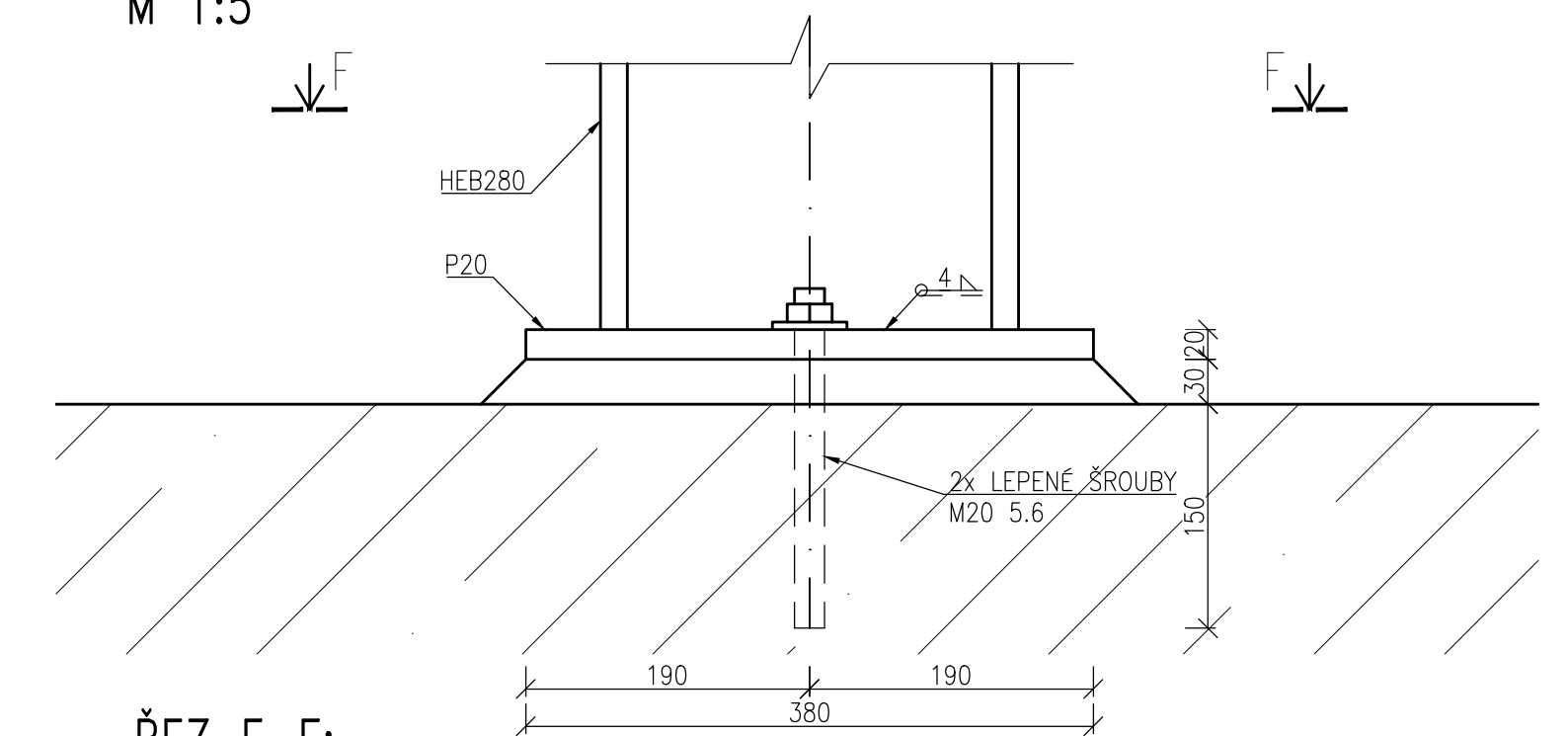
DETAIL 5-5: PŘÍPOJ ZTUŽIDLA
M 1:5



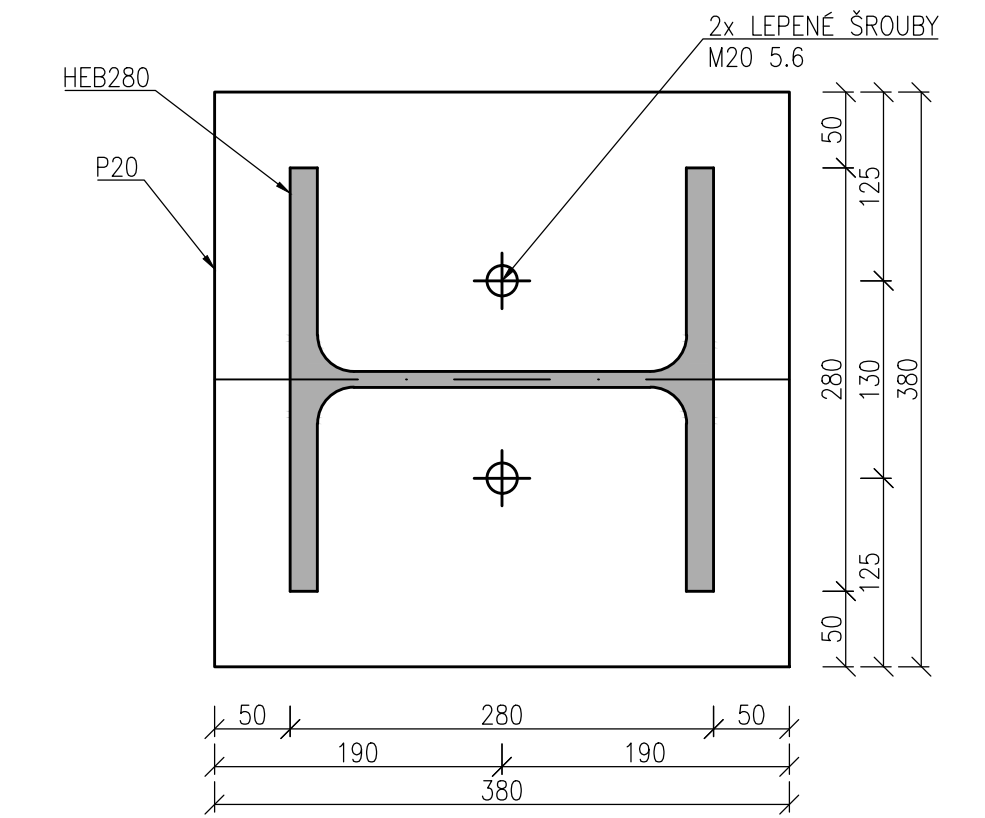
ŘEZ D-D:
M 1:5



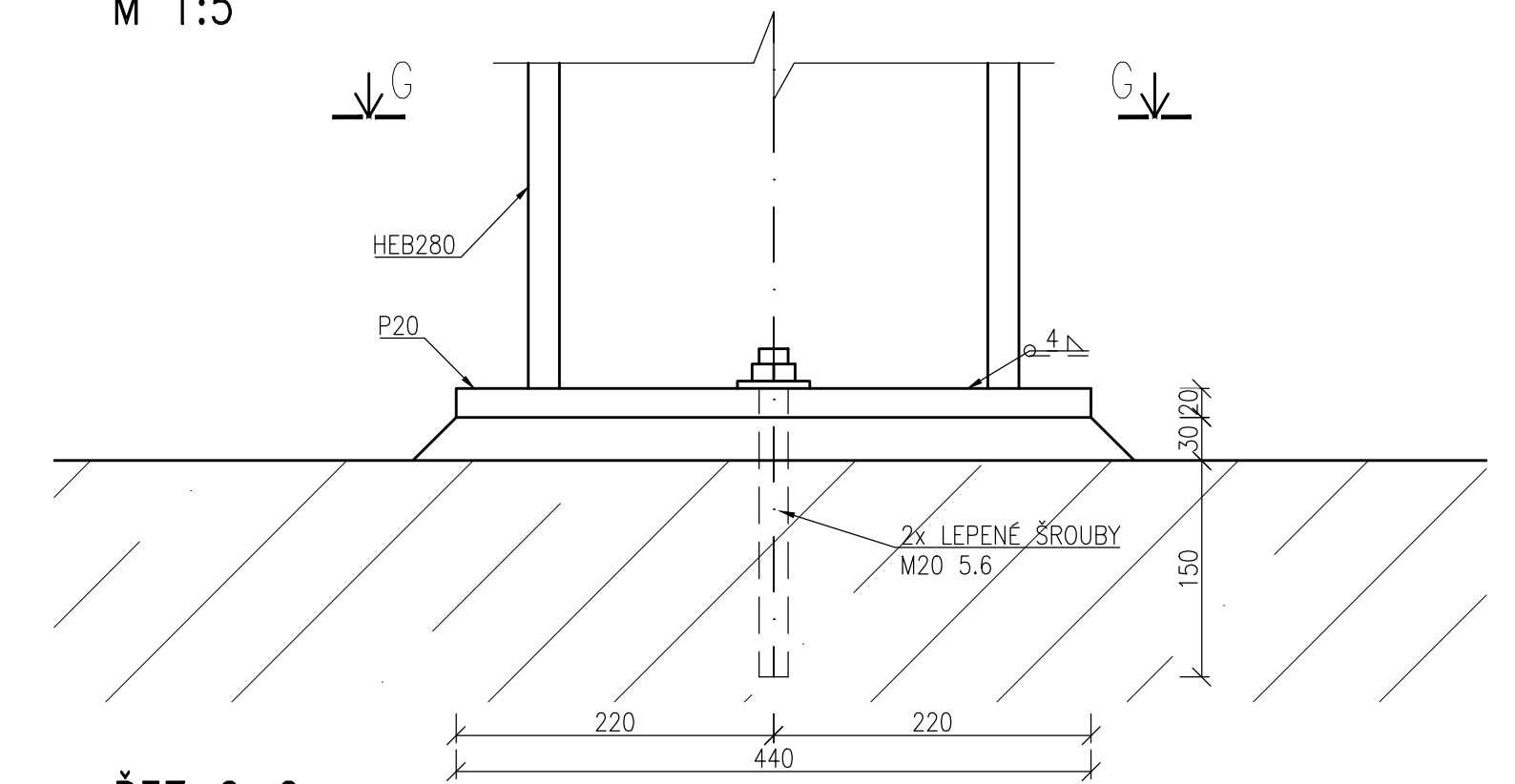
DETAIL 7-7: PATKA SLOUPU S1
M 1:5



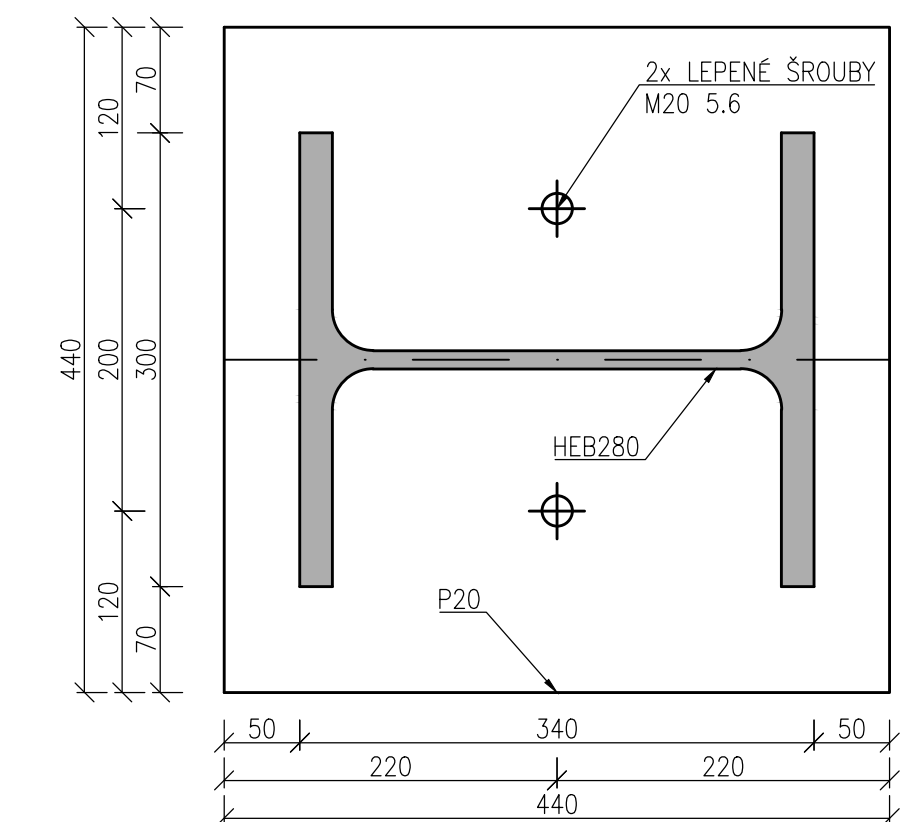
ŘEZ F-F:
M 1:5



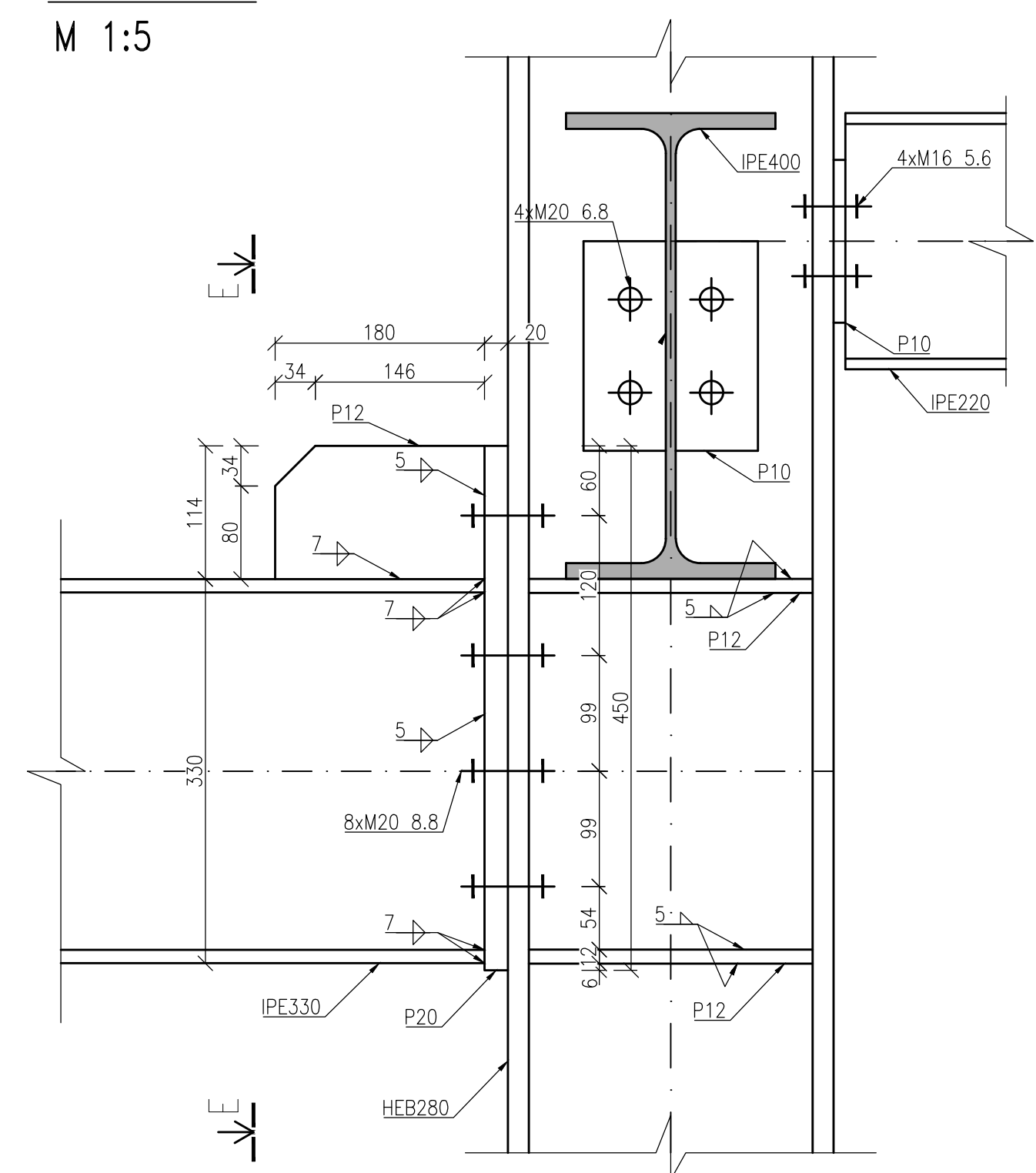
DETAIL 8-8: PATKA SLOUPU S2
M 1:5



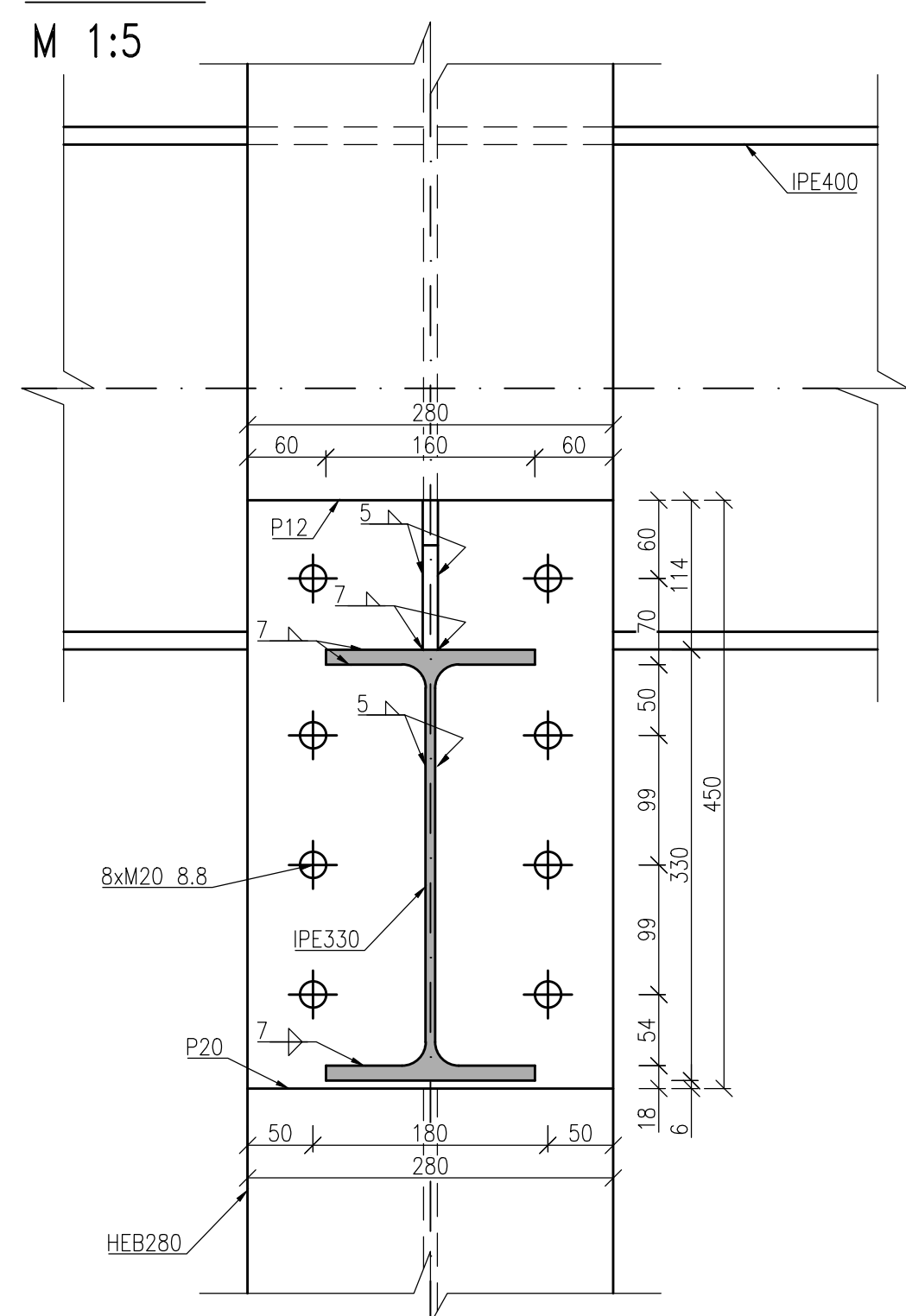
ŘEZ G-G:
M 1:5



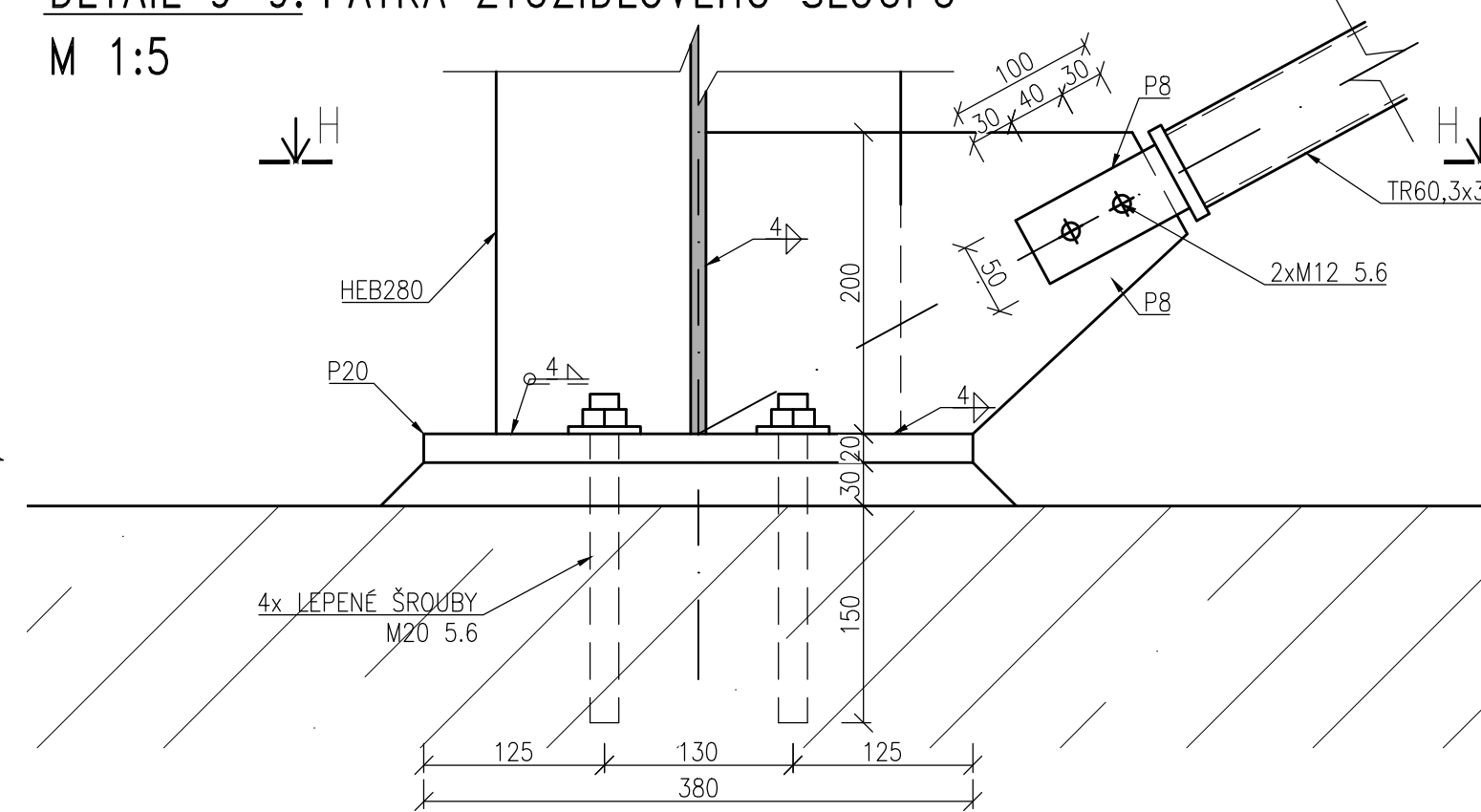
DETAIL 6-6: PŘÍPOJ KONZOLY NA SLOUP
M 1:5



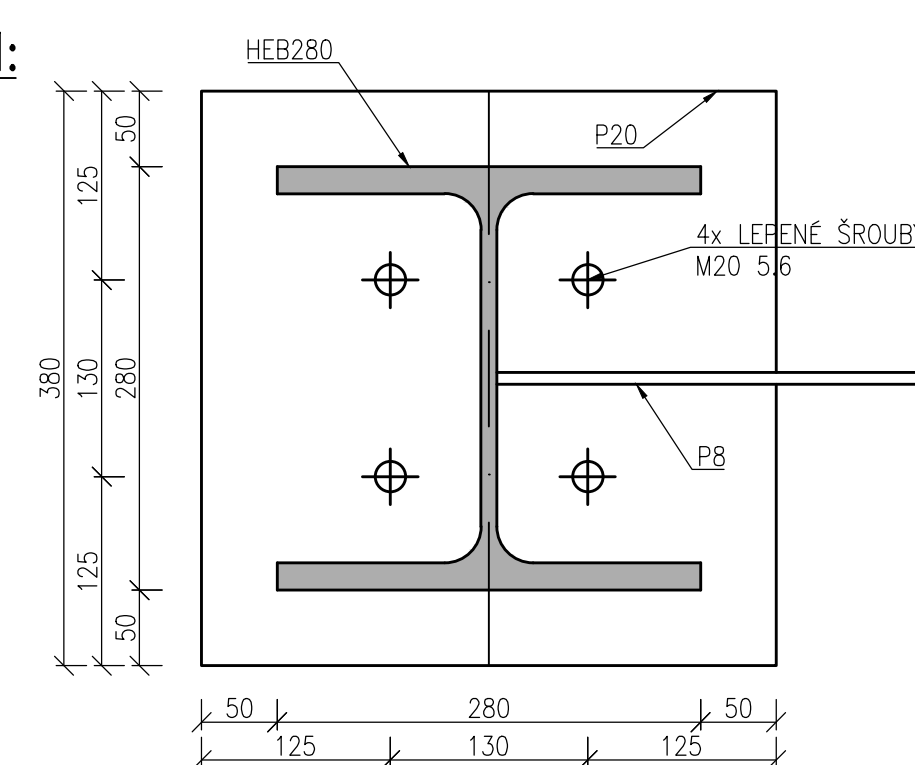
ŘEZ E-E:
M 1:5



DETAIL 9-9: PATKA ZTUŽIDLOVÉHO SLOUPU
M 1:5



ŘEZ H-H:
M 1:5



- OCEL: S355J0+N (NOSNÉ PRVKY)
S320GD (TRAPÉZOVÉ PLECHY)
S235J0 (SPŘÁHOVACÍ TRNY)
BETON: C25/30 (ZÁKLADOVÉ PATKY, ŽEB. JÁDRO)
C30/37 (SUTERÉNNÍ STĚNY)
ŠROUBY: 5.6, 6.8, 8.8
TŘÍDA PŘÍPOJENÍ EXC2

OBOR	KATEDRA	JMENO STUDENTA		
C-Konstrukce pozemních staveb	K134/k124	Bc. Akbota Begaly		
ROČNÍK	Vyučující	Ing. Radek Zígler, Ph.D.		
AKCE :	Dipolomová práce: Divadlo v Trutnově		FORMÁT	8x44
OBSAH :	Detaily		MĚŘITKO	1:5
			DATUM	12/2021
			C. VYKR.	8



Divadlo v Trutnově

Theatre Trutnov

Diplomová práce

V TECHNICKÁ ZPRÁVA

ČÁST KONSTRUKCE POZEMNÍCH STAVEB

Vedoucí práce: doc. Ing. Martina Eliášová, CSc.

Konzultant: Ing. Radek Zigler, Ph.D.

Autor: Bc. Akbota Begaly

Praha, 2022

OBSAH

1	Úvod.....	2
2	Identifikační údaje.....	2
3	Architektonické, funkční a dispoziční řešení	2
4	Stavební řešení	3
5	Skladby konstrukce	3
5.1	Střecha baziliky	3
5.2	Plochá střecha.....	3
5.3	Obvodový plášť	4
5.4	Podlahy.....	4
5.5	Příčky	5
6	Akustika	6
6.1	Vzduchová neprůzvučnost příček	6
6.2	Řešení akustických mostů.	6
7	Obsazení objektu osobami	7
8	Reference.....	8

Přílohy technické zprávy

1 ÚVOD

Cílem technické zprávy:

- návrh skladeb podlah, obvodové pláště, střechy, příček
- řešení vzduchové neprůzvučnosti příček divadla a akustických mostů mezi ocelovými sloupy a příčky
- obsazenost objektu osobami

Součástí práce budou výkresové podklady, kde jsou uvedeny řešení dispozice konstrukce, zakreslení počtů osob do půdorysu (viz část VI).

2 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název stavby:	Divadlo v Trutnově
Místo stavby:	náměstí Republiky 999, 541 01, Trutnov
Charakter stavby:	Novostavba

3 ARCHITEKTONICKÉ, FUNKČNÍ A DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ

Jedná se o výstavbu nového multifunkčního divadla s doplňujícími funkcemi jako jsou: kavárna, bar, galerie, sklady, dílny, administrativní provoz atd. Na řešeném objektu je navrženo podzemní parkování.

Budova je rozmístěna na náměstí a není ohraničena sousedními objekty. Hlavní vstup do objektu je navržen z jižní fasády, vstup do podzemních garáží je rozmístěn na severní straně, další vstupy jsou na západní a východní straně objektu. Terén kolem objektu na severní straně je snížen o úroveň 1PP z hlediska vstupu do podzemních garáží. Ze vstupní haly je přístup do hlediště, kavárny a baru; vstup do galerie, kanceláří a balkonu hlediště zabezpečen pomocí vertikální komunikace (schodiště, výtahy). Vertikální komunikace jsou rozmístěny v 4 místech celé budovy, 2 z nichž splňují zároveň funkci ztužujícího jádra a jsou chráněnými únikovými cestami typu A.

V 1PP se nachází podzemní garáže, sklady, místnosti pro vzduchotechniku, vytápění a elektroinstalace.

V 1NP je navrženo jeviště, hlediště, bar, kavárna, šatny, hygienické zázemí, sklady.

V 2NP-3NP jsou rozmístěny balkony pro divadelní představení, galerie, taneční sál, hygienické zázemí, sklady, kanceláře.

V 4NP se nachází další galerie, kanceláře, technické místnosti.

4 STAVEBNÍ ŘEŠENÍ

Objekt je obdélníkového půdorysu o rozměrech 36x48 m s prostřední bazilikou ve tvaru šestiúhelníku. Celá konstrukce je tvořena jako ocelový skelet s 2 železobetonovými jádry. Zastřešení objektu se rozděluje na dvě části: klenbová prostřední bazilika vytvořena pomocí příhradové ocelové konstrukce a plochá střecha. Stropní nosnou konstrukci všech pater včetně ploché střechy tvoří spřažená ocelobetonová deska. Svislé nosné konstrukce jsou ocelové sloupy, které založeny na železobetonové suterénní konstrukci a železobetonových pátkách. Podrobný popis a návrh všech dílčích částí nosné konstrukce řešen ve statickém výpočtu a technické zprávě (viz části II-III)

5 SKLADBY KONSTRUKCE

5.1 STŘECHA BAZILIKY

Vrstva	Popis	tloušťka [mm]
hydroizolační	fólie PVC-P (Dekplan 76)	1,2
separační	geotextilie (Filtek)	2,9
tepelněizolační	desky z minerální vlny (Isover S)	60
tepelněizolační	desky z minerální vlny (Isover T) 2x120	240
parotěsnicí	plastové fólie (Dekfol reflex N)	0,5
nosná	trapézový plech TR92/275/0,75 (odhad)	150
nosná (spádová)	vaznice IPE 220	
		455

5.2 PLOCHÁ STŘECHA

Vrstva	Popis	tloušťka [mm]
hydroizolační	fólie PVC-P (Dekplan 76)	1,2
separační	geotextilie Filtek	2,9
tepelněizolační	desky (Isover EPS 100)	160
tepelněiz., spád.	spádové klíny (Isover EPS 100) 0-150 mm	150
parotěsnicí	plastové fólie (Dekfol reflex N)	0,5
separační	přípravný nátěr podkladu Dekprimer	
nosná	betonová deska	80
nosná	trapézový plech TR60/235/1,25	60
nosná	stropnice IPE 160 +průvlak IPE400	
podhled	zavěšený podhled (Knauf SDK desky Fireboard)	420
omítka	sádrová omítka	10
		885

5.3 OBVODOVÝ PLÁŠŤ

Typ 1 (PS01 ve výkresu)

Skleněná fasáda skládá se z izolačního dvojskla tloušťky 2x10 mm, hliníkových sloupků Jekl 100x50x4 a příčníků Jekl 200x100x4. Hliníkové sloupky jsou ve vzdálenosti 1,5 m od sebe.

Vrstva	Popis	tloušťka [mm]
plášť	systém Schueco FWS 50.SI+protisluneční fólie	50

Typ 2 (S01 ve výkresu)

Vrstva	Popis	tloušťka [mm]
vnější	plastové žlaby s vegetačním substrátem (Likos)	300
vnější	panel (Kingspan KS 600 RH)	80
izolační	kamenná vlna (Rockwool Superrock) mezi sloupky	150
izolační	ocelový plech pozinkovaný, parotěsně utěsněný	0,6
nosná	SDK desky (Knauf Fireboard)	15
vnitřní	sádrová omítka	10
		546

Hliníkové sloupky (Jekl 200x100x4) jsou ve vzdálenosti 0,6 m. Hliníkové příčníky (Jekl 200x100x4) jsou kotveny v úrovni stropu (3,6 m).

5.4 PODLAHY

Typ 1 (kavárna, bar, kanceláře, technické prostory atd)

Vrstva	Popis	tloušťka [mm]
nášlapná	keramická dlažba+lepidlo	15
roznášecí	betonová mazanina +kari síť	50
separační	PE fólie	1
akustická	minerální vlna (Rockwool Steprock)	40
nosná	beton	80
nosná	trapézový plech TR60/235/1,25	60
nosná	stropnice IPE 220 +průvlak IPE400	420
podhled	zavěšený podhled (Knauf SDK desky Fireboard)	
omítka	sádrová omítka	10
		676

Typ 2 (vstupní hala, galerie, jeviště, hlediště)

Vrstva	Popis	tloušťka [mm]
nášlapná	lité teraco	20
roznášecí	betonová mazanina +kari síť	50
separační	PE fólie	1
akustická	minerální vlna (Rockwool Steprock)	40
nosná	beton	80
nosná	trapezový plech TR60/235/1,25	60
nosná	stropnice IPE 220 +průvlak IPE400	420
podhled	zavěšený podhled (Knauf SDK desky Fireboard)	
omítka	sádrová omítka	10
		681

Typ 3 (parkoviště)

Vrstva	Popis	tloušťka [mm]
nášlapná	nátěr AST330	
penetrační	penetrace AST 105+prosyp pískem	3
roznášecí	betonová mazanina +kari síť	100
tepelněizolační	EPS 150	50
hydroizolační	2x bentonitová tkanina (Mapeproof)	10
penetrační	živičný nátěr ALP M	
podkladní	podkladní deska	150
	šterkový podsyp	100
		413

5.5 PŘÍČKY

Typ 1 (S02 ve výkresu)

Vrstva	Popis	tloušťka [mm]
omítka	sádrová	10
izolační	2xSDK desky (Knauf Diamant)	25
izolační	minerální izolace mezi sloupky 2xCW 50	80
izolační	vzduchová mezera (nosný sloup HEB280)	280
izolační	minerální izolace mezi sloupky 2xCW 50	80
izolační	2xSDK desky (Knauf Diamant)	25
omítka	sádrová	10
		510

Typ 2 (S03 ve výkresu)

Vrstva	Popis	tloušťka [mm]
omítka	sádrová	10
izolační	2xSDK desky (Knauf Diamant)	30
izolační	minerální izolace mezi sloupky 2xCW 50	80
izolační	2xSDK desky (Knauf Diamant)	30
omítka	sádrová	10
		160

6 AKUSTIKA

6.1 VZDUCHOVÁ NEPRŮZVUČNOST PŘÍČEK

Divadla se navrhují zejména z hlediska prostorové akustiky dle normy ČSN 73 0527 [1], kde se stanoví požadovaný objem prostoru, přípustná ekvivalentní hladina akustického tlaku pozadí a další parametry. Norma nestanovuje vzduchovou neprůzvučnost dělicích konstrukcí prostorů pro kulturní účely.

Prostor divadla je obklopen různými hlučnými místnostmi typu: kavárna, bar, technické prostory, kanceláře, proto hlavním úkolem bude zamezit šíření zvuku z těchto místností do divadelního prostoru. Uvažuju dle normy ČSN 73 0532 [2]: všechny místnosti kolem divadla jako hlučné prostory kategorie G: Administrativní a správní budovy – kanceláře a pracovní vyžadující vysokou ochranu před hlukem. Tato kategorie požaduje vzduchovou neprůzvučnost stěn $R_{wpož} = 50$ dB.

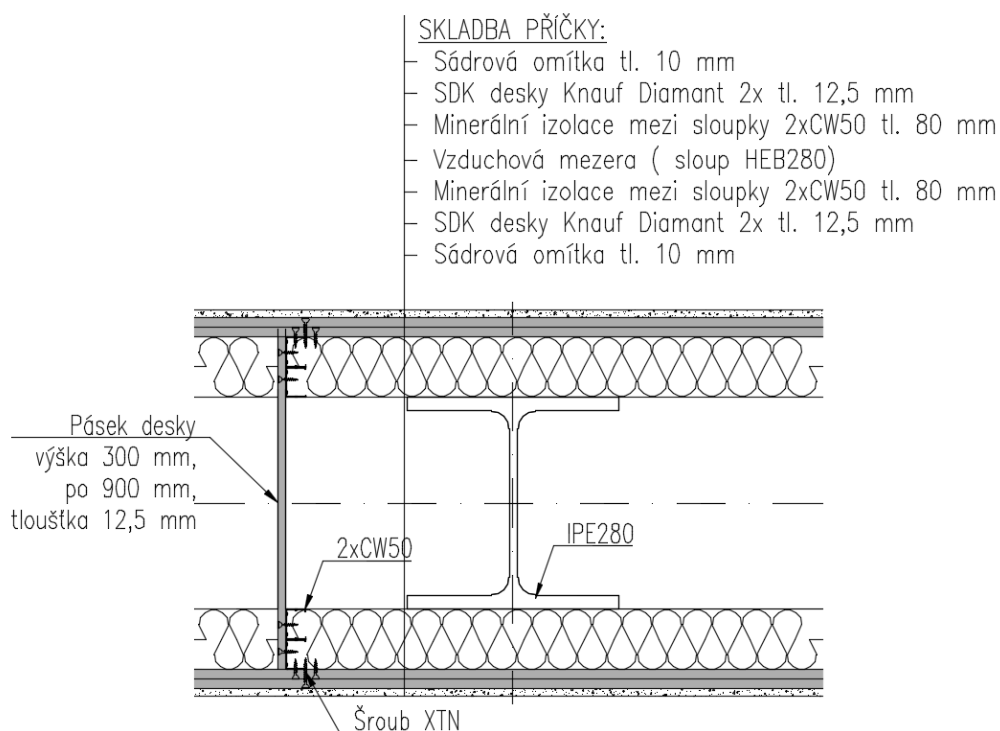
Podle katalogu výrobce (viz přílohy technické zprávy) hodnota vážené laboratorní neprůzvučnosti se rovná $R_{wlab} = 63$ dB,

$R_w = R_{wlab} - 8 \text{ dB} = 63 \text{ dB} - 8 \text{ dB} = 55 \text{ dB} > R_{wpož} = 50 \text{ dB}$. (Příčka splňuje požadavek).

6.2 ŘEŠENÍ AKUSTICKÝCH MOSTŮ.

Ocelové sloupy budou rozmístěny do vzduchové mezery mezi minerálními izolacemi.

Schéma:



7 OBSAZENÍ OBJEKTU OSOBAMI

Obsazení objektu osobami se stanoví pomocí normy ČSN EN 73 0818 [3] nebo počet se určuje projektovou dokumentací vynásobenou součinitelem 1,5. Zakreslení počtu osob do jednotlivých prostor v půdorysu a jejich postupné sčítání ve směru úniku jsou označeny ve výkresech (viz část VI).

Patro	Specifikace prostoru	Plocha [m ²]	Počet osob dle PD	[m ² /osoba]	Součinitel	Počet osob
4 NP	Zvuková místnost	87,48	5	17	1,5	8
	Technická místnost 1	23,42	0			
	Technická místnost 2	23,42	0			
	Kancelář 1	51,59	5	10	1,5	8
	Kancelář 2	126,77	18	7	1,5	27
	Sklad	23,14	0			
	Galerie + Chodba	690,60	20	35	1,5	30
3NP	Balkon divadla	89,67	33	3	1,5	50
	Kancelář	51,59	5	10	1,5	8
	Taneční sál	126,77	12	11	1,5	18
	Sklad	23,14	0			0
	Galerie + Chodba	601,47	20	30	1,5	30
	Technická místnost 1	23,42	0			
	Technická místnost 2	23,42	0			
2NP	Balkon divadla	89,67	33	3	1,5	50
	Kancelář	51,59	5	10	1,5	8
	Taneční sál	126,77	12	11	1,5	18
	Sklad	23,14	0			0
	Galerie + Chodba	601,47	20	30	1,5	30
	Technická místnost 1	23,42	0			
	Technická místnost 2	23,42	0			
1NP	Divadelní sál	499,86	560	1	1,5	840
	Sklad	67,58	0			0
	Šatna muži	18,55	10	2	1,5	15
	Šatna ženy	17,56	10	2	1,5	15
	Bar	106,37	30	4	1,5	45
	Kavárna	106,37	30	4	1,5	45
	Garáže hromadné	1307,26	30 stání			
1PP	Sklad	166,55	0			
	Technická místnost 1	23,42	0			
	Technická místnost 2	23,42	0			
	Technická místnost 3	32,88	0			
	Celkem					

8 REFERENCE

- [1] ČSN 73 0527 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely, 04.2005.
- [2] ČSN 73 0532 - Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních konstrukcí a výrobků - Požadavky, 1.2021.
- [3] ČSN 73 0818 - Požární bezpečnost staveb - Obsazení objektů osobami, 8.1997.
- [4] „Technický list "Sádrokartonové závěšené podhledy",
Knauf. <https://www.knauf.cz/d11-zavesene-podhledy-knauf-d11-cz#system3>.
- [5] „Technický list "Rockwool Steprock"
<https://www.rockwool.com/cz/produkty-a-reseni/produkty/steprock-hd/?selectedCat=dokumenty>.
- [6] „Technický list "Knauf Fireboard", <https://www.knauf.cz/deska-knauf-fireboard>.
- [7] „Technický list "Knauf Diamant <https://www.knauf.cz/deska-knauf-diamant>.
- [8] „Technický list "Kingspan KS600/750/900/1000 RH"
<https://www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolacni-sendvicove-panely/stenove-izolacni-panely/stenovy-sendvicovy-panel-ks-600-750-900-1000-rh>.
- [9] „Technický list "Dekplan"
<https://www.dek.cz/produkty/detail/1015102080-dekplan-76-kotveny-1-5mm-s-1-60m-seda-24m2>.
- [10] „Technický list "Dekfol N"
<https://www.dek.cz/produkty/detail/2600601070-dekfol-reflex-n-150-75m2-bal>.
- [11] „Technický list " Rockwool Superrock"
<https://www.rockwool.com/cz/produkty-a-reseni/produkty/superrock-415648ac/?selectedCat=dokumenty#Souborykesta%C5%BEen%C3%AD>.
- [12] „Schuco Fasádní systém FWS 50.SI Green“
<https://www.schueco.com/cz/architekti/vyrobky/fasady/mullion-transom-facades/fws-50-si-green#Accordion-cad>.
- [13] „Katalog Isover "Prospekt - Ploché střechy"
https://www.isover.cz/dokumenty/list?sorting_documentation=Popularity.
- [14] „Katalog "Živé stěny Plantbox", <https://www.zivestavby.cz/cs/ke-stazeni>.

PŘÍLOHY TECHNICKÉ ZPRÁVY

Tepelně technické posouzení skladeb

Střecha baziliky

SHRnutí VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 EDU tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce	Typ	R [m2K/W]	U [W/m2K]	Ma,max[kg/m2]	Odpaření	DeltaT10 [C]
střecha baziliky...	střecha	6.995	0.140	0.0006	ano	---

Vysvětlivky:

R tepelný odpor konstrukce
U součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10 pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová
Korekce součinitele prostupu dU : 0.012 W/m2K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Trapézové plec	0,0009	50,0000	870,0	7850,0	1720,0	0.0000
2	folie Dekfol R	0,0005	0,3500	1470,0	110,0	660000,0	0.0000
3	Isover T	0,2400	0,0390	800,0	160,0	1,0	0.0000
4	Isover S	0,0600	0,0400	800,0	175,0	1,0	0.0000
5	Folie PVC-P De	0,0012	0,1600	960,0	1400,0	15000,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m2K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -19.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 85.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 65.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

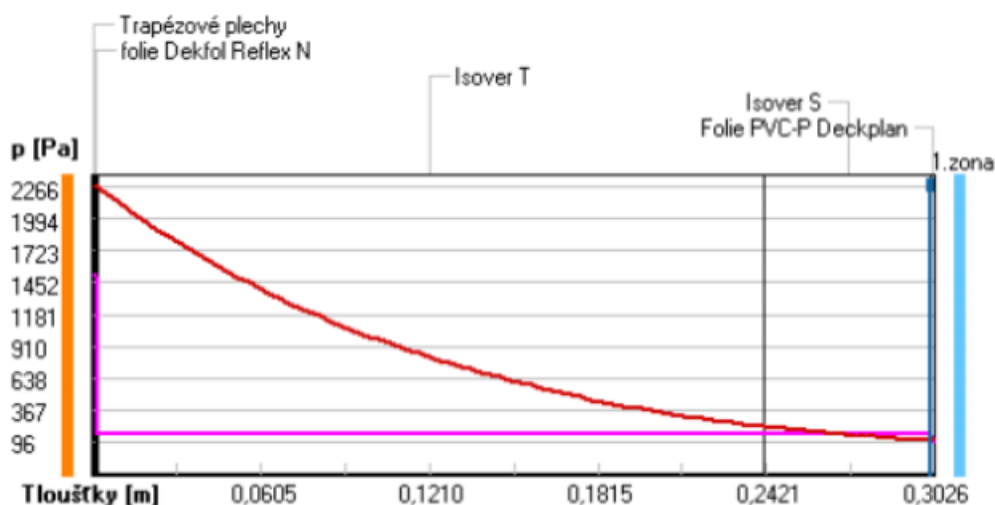
Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 6.995 m2K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.140 W/m2K

Součinitel prostupu zabudované kce U,kc : 0.16 / 0.19 / 0.24 / 0.34 W/m2K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.3014	0.3014	6.286E-0010

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: 0.0006 kg/(m2.rok)

Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: 0.0866 kg/(m2.rok)

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -5.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Plochá střecha

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplota 2017 EDU tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce	Typ	R [m2K/W]	U [W/m2K]	Ma,max[kg/m2]	Odpaření	DeltaT10 [C]
...	střecha	6.523	0.150	0.0005	ano	---

Vysvětlivky:

R tepelný odpor konstrukce

U součinitel prostupu tepla konstrukce

Ma,max maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok

DeltaT10 pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová
Korekce součinitele prostupu dU : 0.012 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Trapézové plec	0,0012	50,0000	870,0	7850,0	1720,0	0.0000
2	Beton hutný 1	0,0800	1,2300	1020,0	2100,0	17,0	0.0000
3	fólie Dekfol R	0,0005	0,2100	1470,0	1100,0	660000,0	0.0000
4	spád Isover EP	0,0800	0,0370	1270,0	21,0	50,0	0.0000
5	Isover EPS 100	0,1800	0,0370	1270,0	21,0	50,0	0.0000
6	Folie PVC-P	0,0012	0,1600	960,0	1400,0	15000,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -19.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 85.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 65.0 %

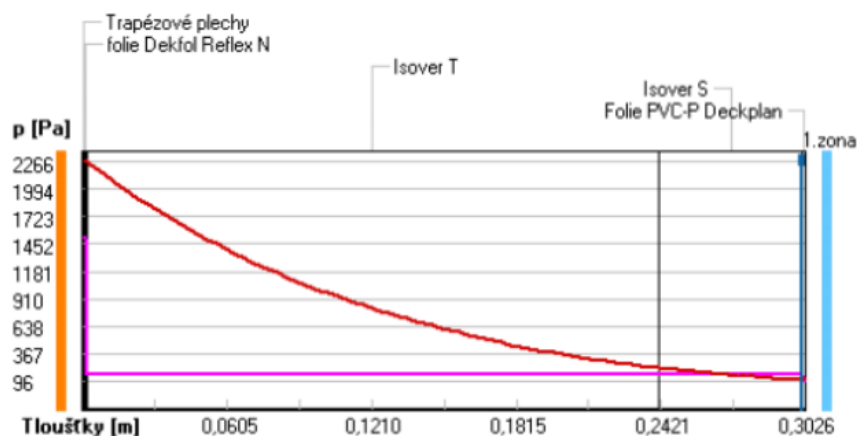
VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 6.523 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.150 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.17 / 0.20 / 0.25 / 0.35 W/m²K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírazkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.3417	0.3417	5.903E-0010

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: 0.0005 kg/(m2.rok)
Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: 0.0869 kg/(m2.rok)

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -5.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Vážená laboratorní neprůzvučnost



W116.cz Knauf stěny s kovovou podkonstrukcí

Základní technická data

Základní technická data

(viz detaily / poznámky na straně 7)

Skladba konstrukce	Opláštění z každé strany stěny		Hmotnost stěny bez bočních vrstev cca kg/m ²	TL stěny D mm	Profil h mm	Index vážené laboratorní neprůzvučnosti R_w	
	Knauf WHITE Knauf RED Plano Knauf Diamant	Mn. tloušťka d mm				Mn. tloušťka mm	Knauf CW Profil dB

W116 Knauf stěny s kovovou podkonstrukcí

Dvojitý rastr, jednovrstvé nebo dvouvrstvé opláštění

Osová rozteč profilů a	Opláštění	Hmotnost stěny bez bočních vrstev cca kg/m ²	TL stěny D mm	Profil h mm	Index vážené laboratorní neprůzvučnosti R_w	
					Mn. tloušťka mm	Knauf CW Profil dB
18	•	45	≥141		40	52
					2 × 40	56
2 × 12,5	•	43	2 × 50 ≥ 105		40	54
					2 × 40	54
2 × 12,5	•	48	≥155		40	54
					2 × 40	62
2 × 12,5	•	59			40	63
					2 × 40	63

■ Ve vlhkém prostředí použijte impregnované desky

■ Výšky stěn s požární odolností jsou uvedeny v katalogu „Ochrana stavebních konstrukcí před požárem systémy KNAUF dle ČSN EN“

Maximální povolené výšky stěn**

Kategorie ploch pozemních staveb*

Knauf Profily Tloušťka plechu 0,6 mm	Osová rozteč profilů mm	Oblast použit* A, B m	Oblast použit* C1 - C4, D m
CW 50	625	4,50	4,00
CW 75	625	6,00	5,50
CW 100	625	6,50	6,00

Max. přípustné rozteče upevňovacích bodů

Upevnění profilu UW k podlaže nebo ke stropu	Univerzální šroub FN			
	Výška stěny m	Stropní hřeb DN6 1 ks mm	Natloukací hmoždinka 1 ks mm	2 ks mm / 1 ks mm
≤ 6.50	1000	1000	1000	500

Upevnění obvodových profilů (CW / MW) k navazujícím konstrukcím se provádí v ose profilu po 1000 mm vhodnými upevňovacími prostředky (min. 3 upevnění na délku profilu).

* viz strana 7

** Výšky stěn s požární odolností jsou uvedeny v katalogu „Ochrana stavebních konstrukcí před požárem systémy KNAUF dle ČSN EN“

Specifikace stěny pro projektanty:

Stěna W116/Knauf White/2 × CW50/např. Knauf Insulation Akustik Board 2 × 40 mm.

Stěna W116/Knauf White/2 × CW75/např. Knauf Insulation Akustik Board 2 × 60 mm.

Stěna W116/Knauf White/2 × CW100/např. Knauf Insulation Akustik Board 2 × 80 mm.



Divadlo v Trutnově

Theatre Trutnov

Diplomová práce

VI VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

ČÁST KONSTRUKCE POZEMNÍCH STAVEB

Vedoucí práce: doc. Ing. Martina Eliášová, CSc.

Konzultant: Ing. Radek Zigler, Ph.D.

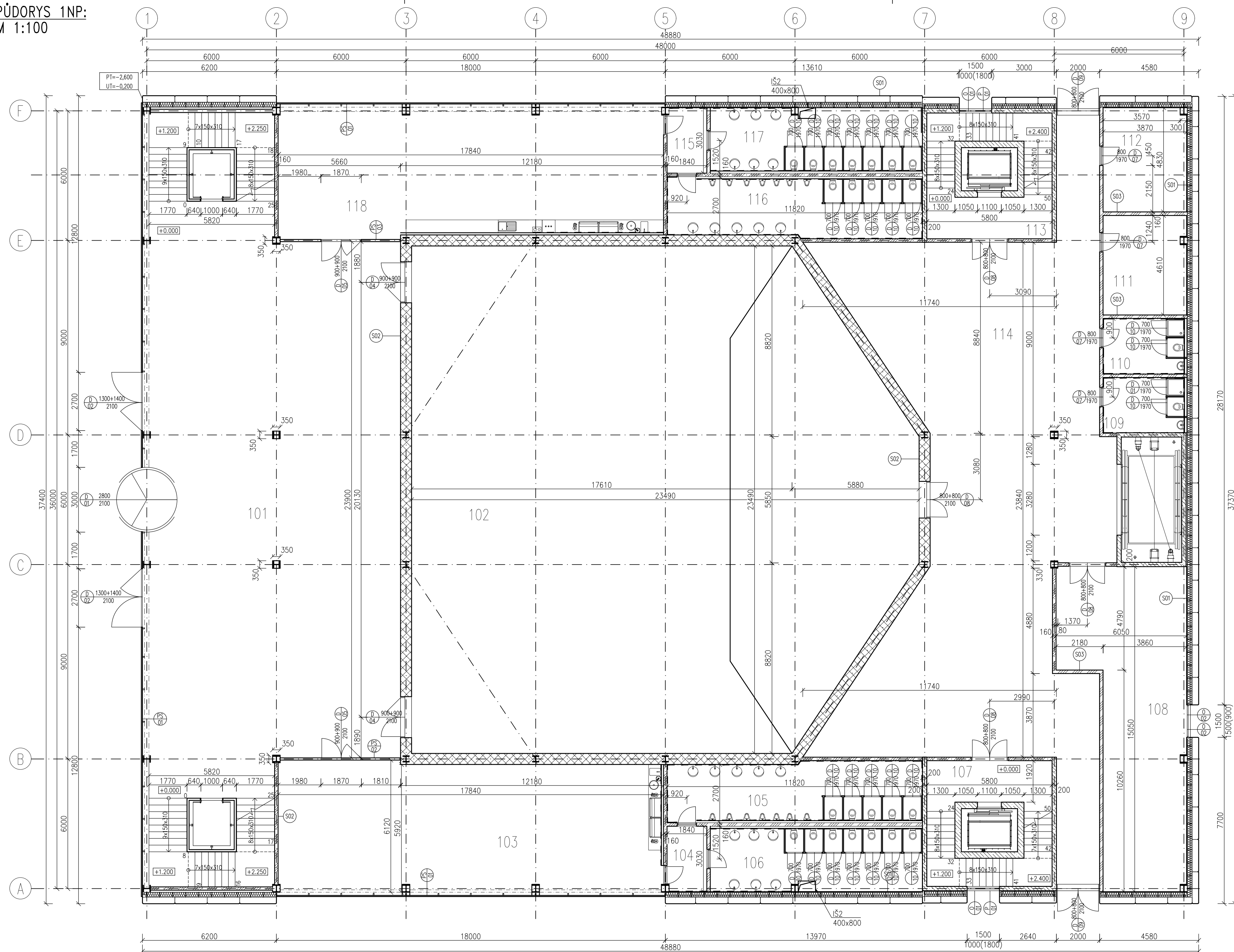
Autor: Bc. Akbota Begaly

Praha, 2022

Divadlo v Trutnově

OBSAH VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

1	Půdorys 1NP
2	Schéma úniku osob 4NP
3	Schéma úniku osob 3NP
4	Schéma úniku osob 2NP
5	Schéma úniku osob 1NP



LEGENDA

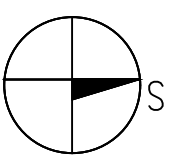
- ŽELEZOBETON
- TEPELNÁ IZOLACE
- SÁDROKARTONOVÉ PŘÍČKY S POŽÁRNÍ ODOLNOSTÍ TL. 510 mm OBOUSTRANNĚ OPLÁŠTĚNÉ, VÝŠKY 2900 mm – EI90 DP1 2xOPLÁŠTĚNÍ DESKAMI KNAUF DIAMANT 12,5 mm, CW 75, 2xMINERÁLNÍ IZOLACE TL. 80 mm
- SÁDROKARTONOVÉ PŘÍČKY S POŽÁRNÍ ODOLNOSTÍ TL. 160 mm OBOUSTRANNĚ OPLÁŠTĚNÉ, VÝŠKY 2900 mm – EI90 DP1 2xOPLÁŠTĚNÍ DESKAMI KNAUF DIAMANT 15 mm, CW 75, MINERÁLNÍ IZOLACE TL. 80 mm
- PŘÍČKA PROVEDENÍ KERAMICKÉ DLAŽBY

POZNÁMKY

- 1) PŘI PROVÁDĚNÍ POSTUPOVAT V SOULADU TECHNOLOGICKYMI S PŘEDPISY VYROBCŮ A DLE PLATNÝCH ČSN.
- 2) PŘI ZJIŠTĚNÍ NA STAVĚ JINÉ SKUTEČNOSTI NEŽ VE VÝKRESOVÉ DOKUMENTACI DÍLČÍ POSTUP VYSTAVBY KONZULTOVAT S PROJEKTANTEM.
- 3) SKLADBY KONSTRUKCE VIZ IV TECHNICKÁ ZPRÁVA
- 4) VEDEZNÍ TZB ZAKRÝT SÁDROKARTONOVOU PŘEDSTĚNOU TL. 100 mm.

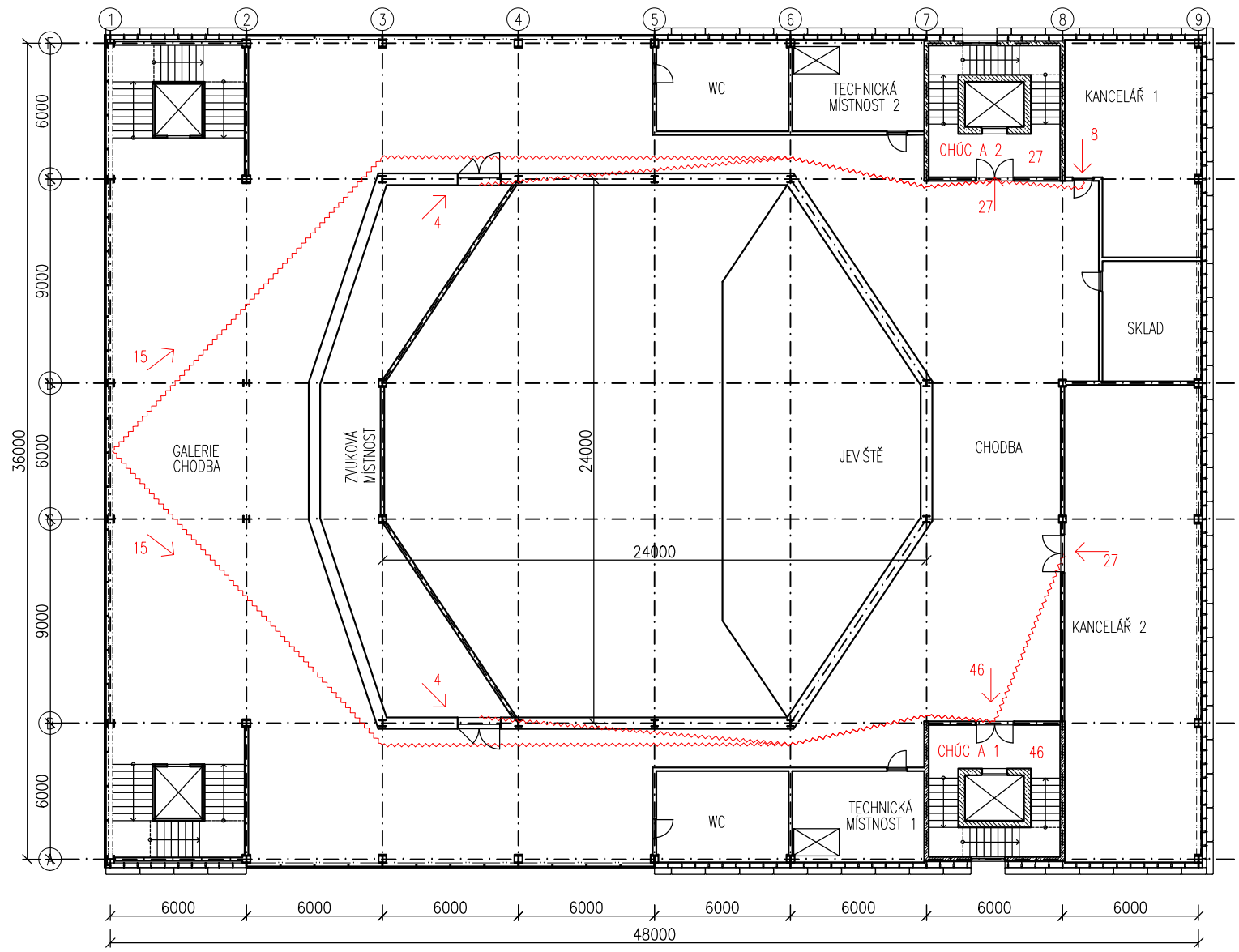
TABULKA MÍSTNOSTI

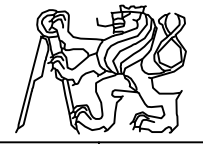
OZN.	MÍSTNOST	PLOCHA [m ²]	POVRCHOVÁ ÚPRAVA		
			PODLAHA	STĚNY	STROP
101	VSTUPNÍ HALA+SCHODIŠTĚ	346,6	LITÉ TERACÓ	PROSKL.STĚNA, SÁDROVÁ OMÍTKA	-
102	DIVADELNÍ SÁL	499,9	LITÉ TERACÓ	SÁDROVÁ OMÍTKA	SÁDROVÁ OMÍTKA
103	KAVÁRNA	106,4	KER. DLAŽBA	PROSKL.STĚNA, SÁDROVÁ OMÍTKA	SÁDROVÁ OMÍTKA
104	PŘEDSÍŇ	5,54	KER.DLAŽBA	SÁDROVÁ OMÍTKA	SÁDROVÁ OMÍTKA
105	WC MUŽI	32,8	KER.DLAŽBA	KER.DLAŽBA	SÁDROVÁ OMÍTKA
106	WC ŽENY	29,5	KER.DLAŽBA	SÁDROVÁ OMÍTKA	SÁDROVÁ OMÍTKA
107	SCHODIŠTĚ	33,8	KER.DLAŽBA	SÁDROVÁ OMÍTKA	SÁDROVÁ OMÍTKA
108	SKLAD	67,6	KER.DLAŽBA	SÁDROVÁ OMÍTKA	SÁDROVÁ OMÍTKA
109	WC (SPRCHA) ZÁMĚSTNANCI	9,8	KER.DLAŽBA	KER.DLAŽBA	SÁDROVÁ OMÍTKA
110	WC (SPRCHA) ZÁMĚSTNANCI	9,8	KER.DLAŽBA	KER.DLAŽBA	SÁDROVÁ OMÍTKA
111	ŠATNA ŽENY	17,56	KER.DLAŽBA	SÁDROVÁ OMÍTKA	SÁDROVÁ OMÍTKA
112	ŠATNA MUŽI	18,55	KER.DLAŽBA	KER.DLAŽBA	SÁDROVÁ OMÍTKA
113	SCHODIŠTĚ	33,8	KER.DLAŽBA	KER.DLAŽBA	SÁDROVÁ OMÍTKA
114	CHODBA	255,9	LITÉ TERACÓ	SÁDROVÁ OMÍTKA	SÁDROVÁ OMÍTKA
115	PŘEDSÍŇ	5,54	KER.DLAŽBA	SÁDROVÁ OMÍTKA	SÁDROVÁ OMÍTKA
116	WC MUŽI	32,8	KER.DLAŽBA	KER.DLAŽBA	SÁDROVÁ OMÍTKA
117	WC ŽENY	29,5	KER.DLAŽBA	SÁDROVÁ OMÍTKA	SÁDROVÁ OMÍTKA
118	BAR	106,4	KER. DLAŽBA	PROSKL.STĚNA, SÁDROVÁ OMÍTKA	SÁDROVÁ OMÍTKA



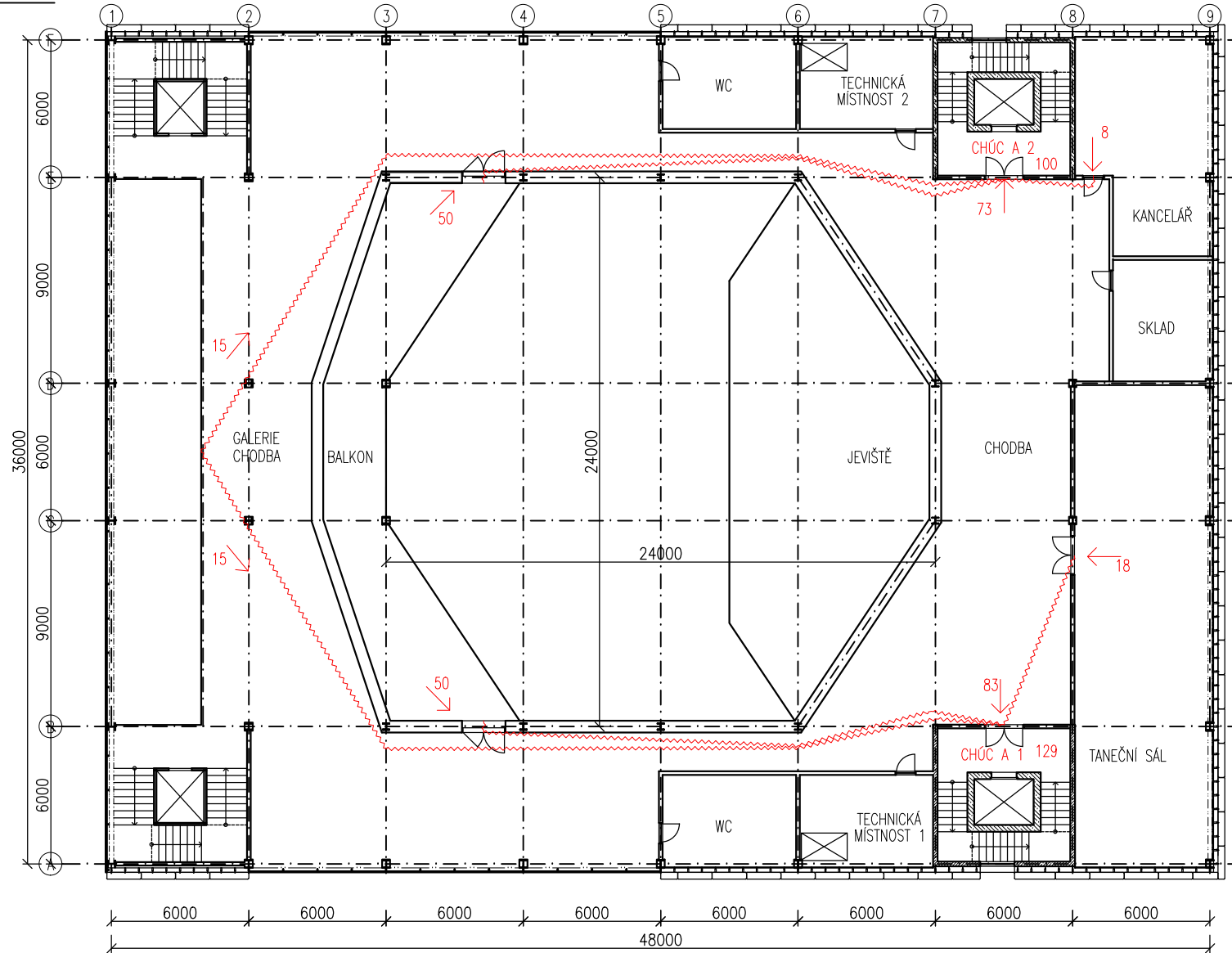
OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
C-Konstrukce pozemních staveb	K134/K124	Bc.Akžota Begaly	
ROČNÍK	vyručující		
	Ing. Radek Zigler, Ph.D.		
AKCE :	Dipolomová práce: Divadlo v Trutnově		
OBSAH :	Půdorys 1NP		
FORMAT	6x44		
MĚRITKO	1:100		
DATUM	12/2021		
Č. VÝKR.	1		


PŮDORYS 4NP:



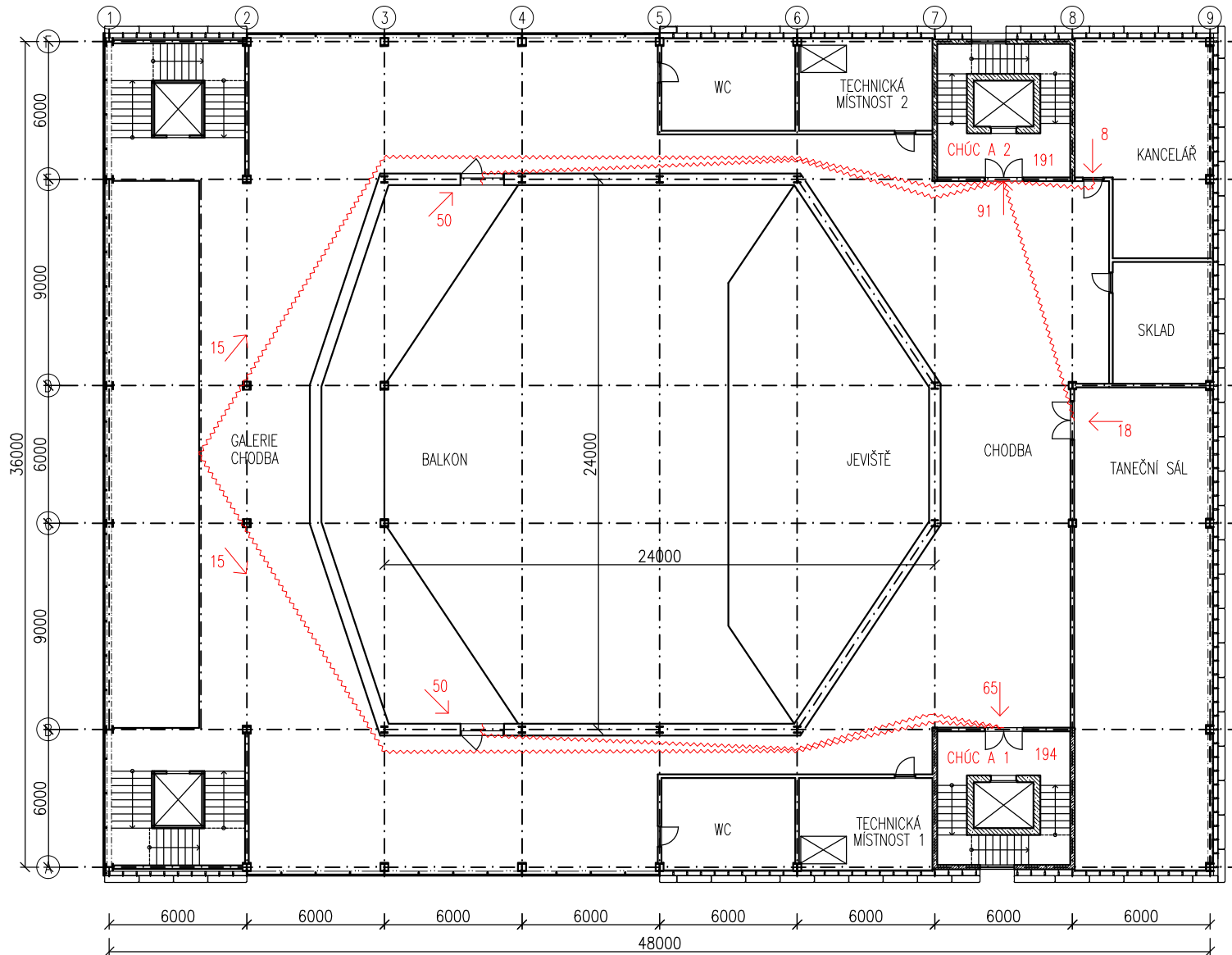
OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
C-Konstrukce pozemních staveb	K134/K124	Bc.Akbota Begaly		
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ			
2	Ing. Radek Zígler, Ph.D.			
AKCE :				
Dipolomová práce: Divadlo v Trutnově			FORMÁT	A4
			MĚŘÍTKO	
			DATUM	12/2021
OBSAH :			Č. VÝKR.	2
Schéma úniku osob 4NP				


PŮDORYS 3NP:



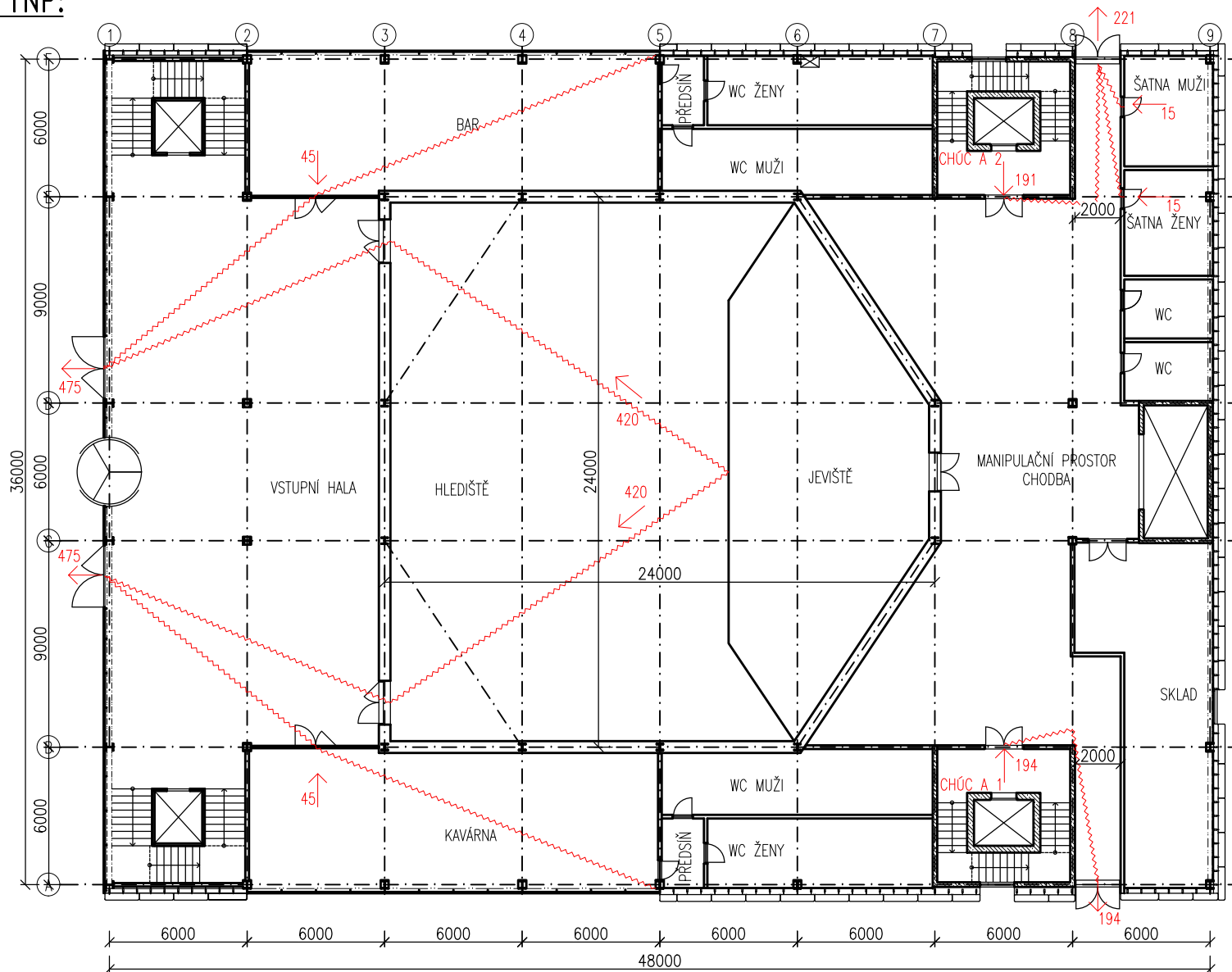
OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
C-Konstrukce pozemních staveb	K134/K124	Bc.Akbota Begaly		
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ			
2	Ing. Radek Zígler, Ph.D.			
AKCE :				
Dipolomová práce: Divadlo v Trutnově			FORMÁT	A4
			MĚŘITKO	
			DATUM	12/2021
OBSAH :			Č. VÝKR.	3
Schéma úniku osob 3NP				


PŮDORYS 2NP:



OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
C-Konstrukce pozemních staveb	K134/K124	Bc.Akbota Begaly		
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ			
2	Ing. Radek Zigler, Ph.D.			
AKCE :				
Dipolomová práce: Divadlo v Trutnově			FORMÁT	A4
			MĚŘITKO	
			DATUM	12/2021
OBSAH :			Č. VÝKR.	4
Schéma úniku osob 2NP				

PŮDORYS 1NP:



OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
C-Konstrukce pozemních staveb	K134/K124	Bc.Akбота Begaly		
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ			
2	Ing. Radek Zígler, Ph.D.			
AKCE :				
Dipolomová práce: Divadlo v Trutnově			FORMÁT	A4
			MĚŘITKO	
			DATUM	12/2021
OBSAH :			Č. VÝKR.	5
Schéma úniku osob 1NP				