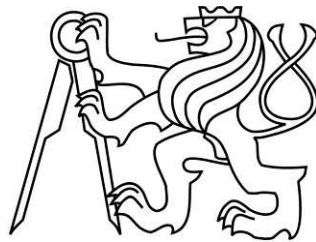


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2017**

**MAREK CHMIEL**

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra betonových a zděných konstrukcí

# **Varianty konstrukčních řešení výrobních hal**

**Bakalářská práce**

Vypracoval: Marek Chmiel  
Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jitka Vašková, CSc.  
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Praha 2017

# Zadání BP



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE


Příjmení: Chmiel	Jméno: Marek	Osobní číslo: 424429
Zadávající katedra: K133 - Katedra betonových a zděných konstrukcí		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Varianty konstrukčních řešení výrobní haly	
Název bakalářské práce anglicky: Structural systems for Production Hall	
Pokyny pro vypracování: -Souhrn poznatků z literatury a praxe o konstrukci výrobních hal včetně řešení styků betonových dílců -Návrh konstrukce zadaného objektu včetně základních výkresů	
Seznam doporučené literatury:	
Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Jitka Vašková, CSc.	
Datum zadání bakalářské práce: 24.02.2017	Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017 <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

<u>28.2.2017</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
---	---

---

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Jsem si vědom toho, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., ve znění zákona č. 81/2005 Sb. (autorský zákon).

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Ústřední knihovně Fakulty stavební a Fakulty architektury ČVUT.

V Praze dne

.....  
*Marek Chmiel*

---

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval paní doc. Ing. Jitce Vaškové, CSc. za konzultace, užitečné rady a odborné vedení při vypracování této bakalářské práce.

---

## **Souhrn**

Bakalářská práce je zaměřena na návrh výrobní haly firmy vyrábějící hasící přístroje. Konstrukční systém je řešen v několika variantách spolu s výběrem nejvhodnější verze. Následuje výpočet zatížení a dále užitím programu SCIA Engineer jsou zjištěny průběhy vnitřních sil. Na základě výsledků jsou navrženy prvky pro již dříve zvolenou variantu, které jsou sepsány v tabulkách. Pro každý typ prvku je jeden spočten vzorově pomocí programu Microsoft Excel v přílohách. Přílohy také obsahují výkresy sestav dílců a schémata vyztužení navržených prvků.

## **Klíčová slova**

Výrobní hala, zatížení, konstrukční varianty, vnitřní síly, navrhování, výkresová dokumentace, vyztužení.

---

## **Summary**

The bachelor thesis focuses on the design of the production hall for a company that makes fire extinguishers. The construction system is designed in several variants along with the selection of the most suitable version. The following is the calculation of loads and subsequent usage of the SCIA Engineer software to determine the internal forces. Based on these forces, the elements proposed for the previously chosen variant are presented in the tables. From each element there is one calculation using Microsoft Excel in attachments. The Attachments also include drawings of assembly assemblies and reinforcement schemes of proposed elements.

## **Key words**

Production hall, load, structural variants, internal forces, structural design, drawing, reinforcing.

---

# Obsah

<b>1.</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>8</b>
<b>2.</b>	<b>Popis objektu.....</b>	<b>8</b>
<b>3.</b>	<b>Konstrukční varianty .....</b>	<b>9</b>
	3.1. Varianty střechy .....	10
	3.2. Varianty „oblast A,“.....	11
	3.3. Varianty „oblast B,“.....	13
	3.4. Rekapitulace .....	14
<b>4.</b>	<b>Statické působení.....</b>	<b>16</b>
	4.1. Varianty .....	16
	4.2. Výběr varianty .....	19
<b>5.</b>	<b>Zatížení .....</b>	<b>19</b>
<b>6.</b>	<b>Vnitřní síly.....</b>	<b>22</b>
	6.1. Varianta rozměrů prvků A .....	22
	6.2. Varianta rozměrů prvků B .....	24
	6.3. Varianta rozměrů prvků C .....	26
	6.4. Volba varianty .....	28
<b>7.</b>	<b>Dílce, jejich dimenze, vyztužení a varianty pro zadaný objekt.....</b>	<b>29</b>
	7.1. Patky .....	29
	7.2. Sloupy .....	30
	7.3. Průvlaky.....	33
	7.4. Vazníky.....	34
	7.5. Stropní desky .....	35
	7.6. Ztužení .....	37
	7.7. Stěny .....	38
	7.8. Plášť.....	38
	7.9. Zastřešení.....	39
<b>8.</b>	<b>Styky betonových dílců .....</b>	<b>40</b>
	8.1. Styk patka-sloup .....	40
	8.2. Styk sloup – průvlak tuhý .....	41
	8.3. Styk sloup – průvlak netuhý .....	42
	8.4. Styk deska – průvlak.....	42
	8.5. Styk sloup – vazník.....	44
<b>9.</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>45</b>
<b>10.</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>46</b>

**Příloha 1: Návrh a posouzení patky C5**

**Příloha 2: Návrh a posouzení sloupu D5**

**Příloha 3: Návrh a posouzení průvlaku 2**

**Příloha 4: Návrh a posouzení vazníku 3**

**Příloha 5: Návrh a posouzení panelů SPIROLL**

**Příloha 6: Schéma sestavy dílců – patky**

**Příloha 7: Schéma sestavy dílců – sloupy, průvlaky, desky**

**Příloha 8: Schéma sestavy dílců – střešní vazníky**



# 1. Úvod

Předmětem bakalářské práce je výrobní hala, kterou jsem řešil v předmětu Projekt 2. V minulém semestru jsem tuto halu navrhl jako monolitickou konstrukci. Bakalářská práce je zaměřena na totožnou dispozici haly, s účelem navrhnout její konstrukci jako montovanou. Úkolem práce je optimálně navrhnout nosnou konstrukci. Budova je navržena jako sestava prefabrikovaných betonových dílců tak, aby byl co nejvíce omezen mokrý proces výstavby a zároveň bylo možné dokončení v co nejkratším čase.

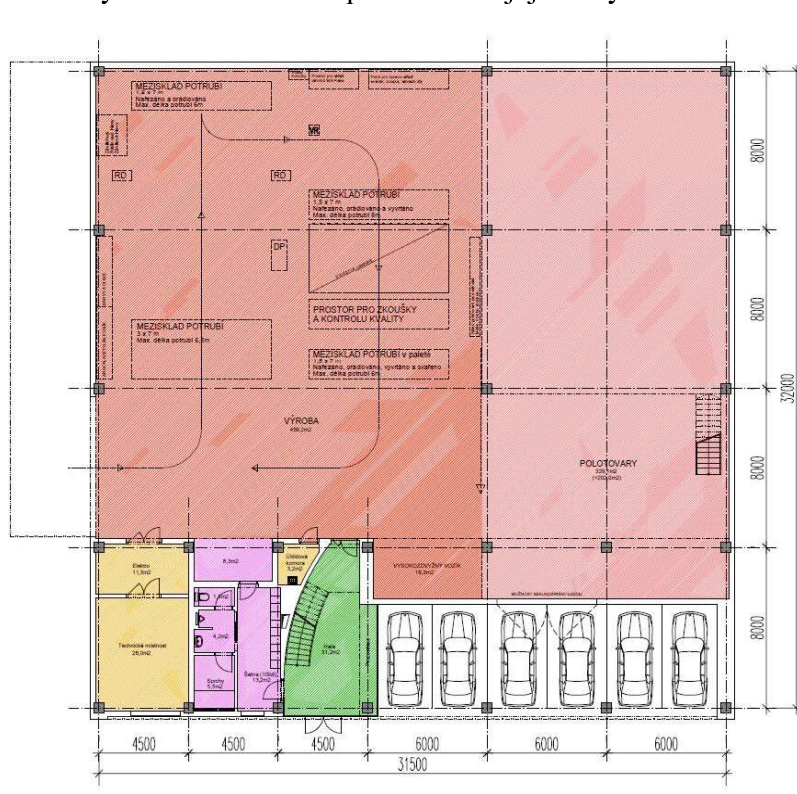
## 2. Popis objektu

Jedná se o výrobní halu firmy, která vyrábí a dodává hasicí přístroje. Jediným omezujícím požadavkem pro její návrh je dodržení vnějších půdorysných rozměrů, přesun nosných konstrukcí a změna dispozice doplňkových částí (kanceláře, šatny, apod.) je dovolena.

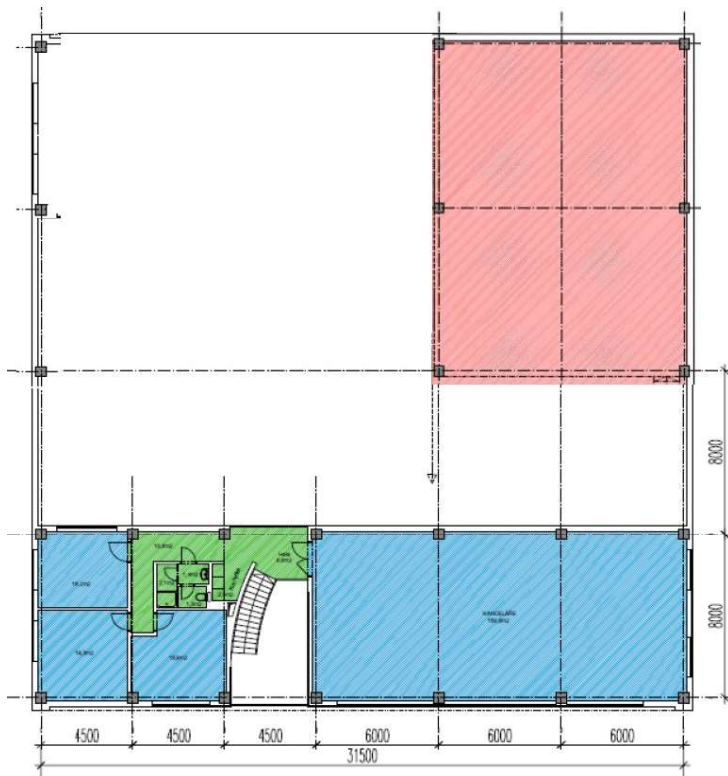
Hala je řešena jako vazníková sedlového typu, jedná se o betonovou montovanou konstrukci s maximálním omezením mokrého procesu.

Výrobní hala je rozdělena na 3 části. Výrobní a skladovací část (značena červeně), administrativní část (modrá, zelená oranžová a růžová) a parkovací místa (bílá). Nad administrativní částí a parkovacími místy v 1.NP se nachází další podlaží, ve kterém je zázemí pro vedení firmy a společenská místnost.

Konstrukční řešení haly je uvedeno v následujících kapitolách spolu se zvážením jednotlivých variant dílců a provedením jejich styků.



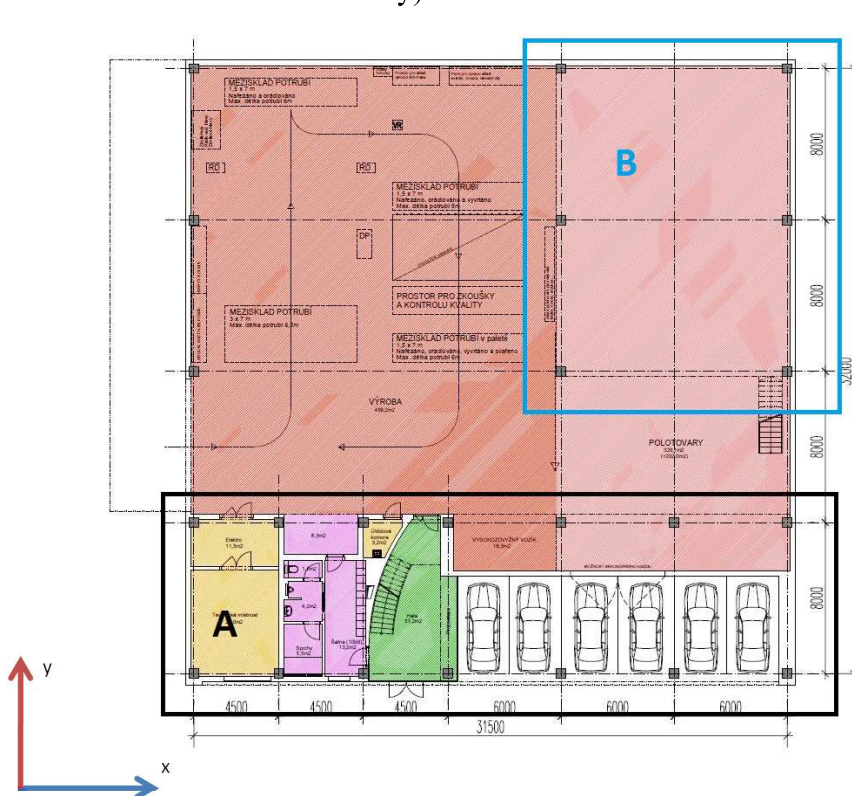
Obr. 1: Zadaný půdorys objektu 1.NP



Obr. 2: Zadaný půdorys objektu 2.NP

### 3. Konstrukční varianty

Kapitola je rozdělena do tří částí, z nichž každá řeší danou část haly (oblast A, B, řešení konstrukce střechy)



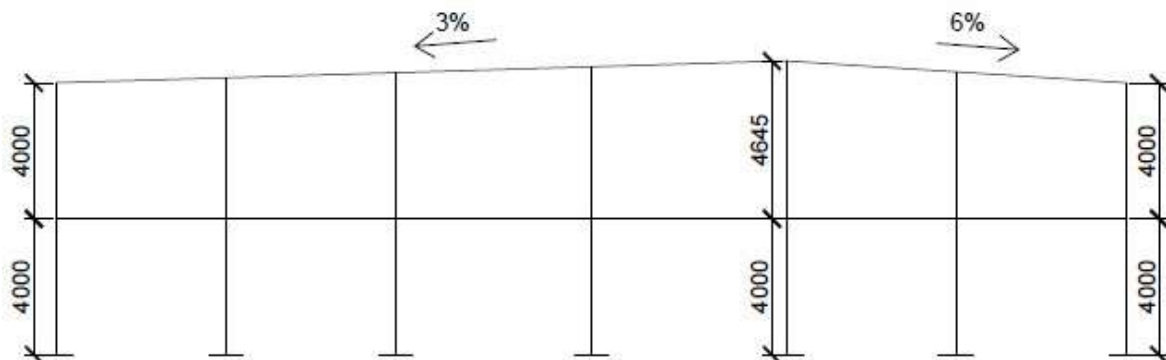
Obr. 3: Rozdělení půdorysu na oblasti

---

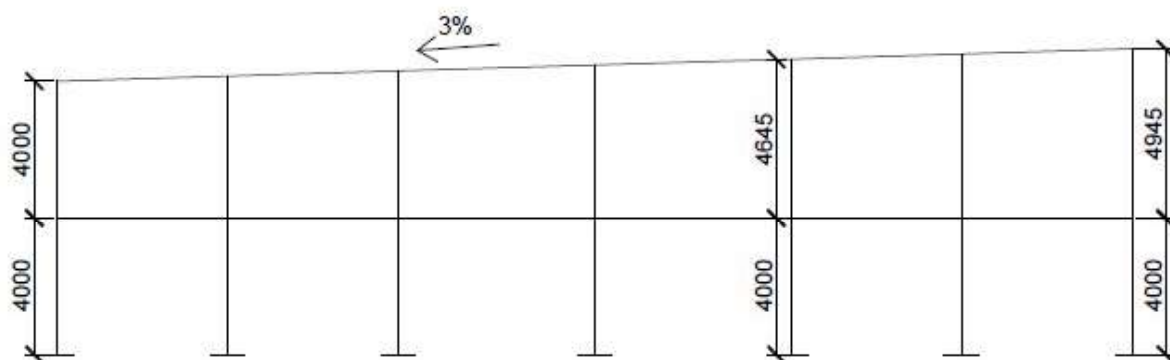
U jednotlivých variant je uvedeno schéma konstrukce a stručné zhodnocení výhod a nevýhod řešení

### 3.1. Varianty střechy

#### Sedlová varianta



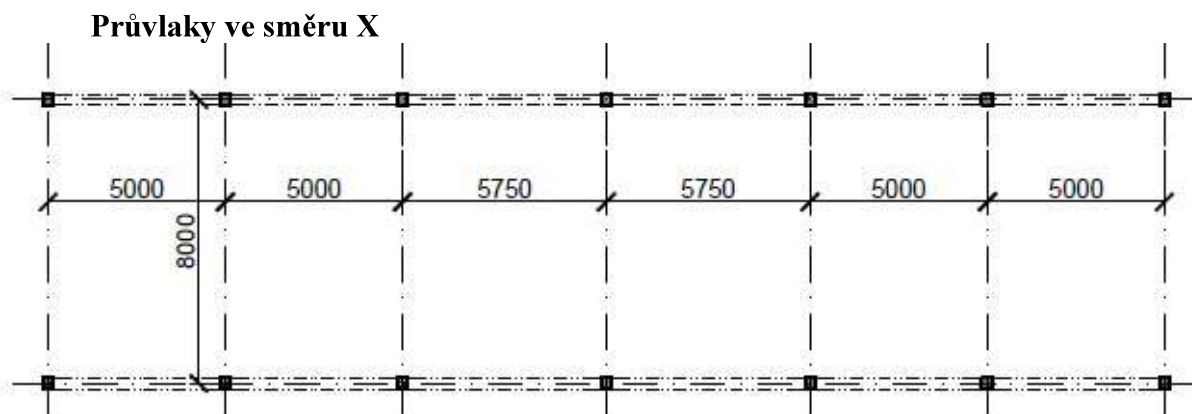
#### Pultová varianta



Obr. 4: Varianty řešení střešní konstrukce

Pro objekt je zvolena varianta z sedlových vazníků, jelikož je úspornější, co se týče množství použitého materiálu. V pultové variantě na pravé straně objektu narůstá konstrukční výška podlaží, tento nárůst vede k větší spotřebě materiálu, což je nežádoucí.

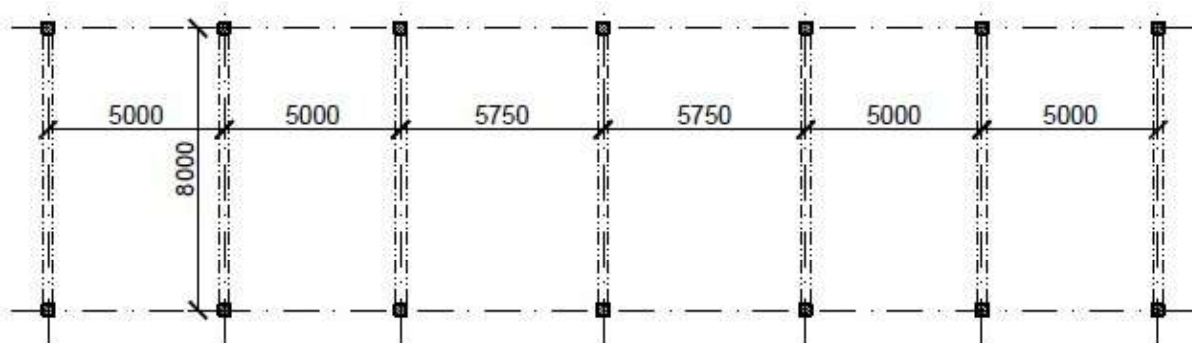
### 3.2. Varianty „oblast A,,



Obr. 5: Schéma uložení průvlaků v oblasti A ve směru X

- + Pouze 2 rozpětí průvlaků (5 m, 5,75 m)
- Složitě řešení schodišťového prostoru a podestové desky
- Všechny průvlaky jsou namáhány kroucením
- Musí být dodatečně řešeno ztužení v druhém směru

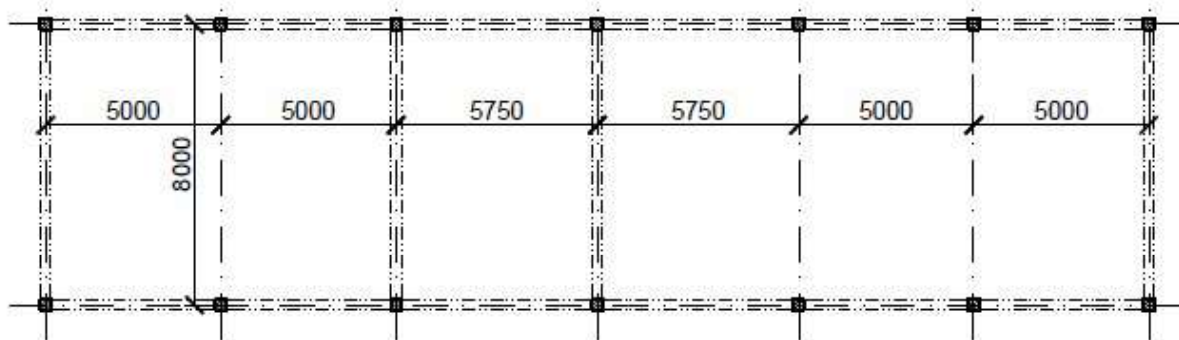
#### Průvlaky ve směru Y



Obr. 6: Schéma uložení průvlaků v oblasti A ve směru Y

- + Malé rozpětí stropních desek (5 m, 5,75m)
- + Všechny průvlaky jsou stejného rozponu
- + Pouze dva krajní průvlaky jsou ovlivněny kroucením
- + Vhodné pro řešení schodišťového prostoru
- Stěny v podélném směru nebudou podepřeny průvlaků (velké liniové břemeno na okraji desky)
- Musí být dodatečně řešeno ztužení v druhém směru

### Průvlaky v obou směrech



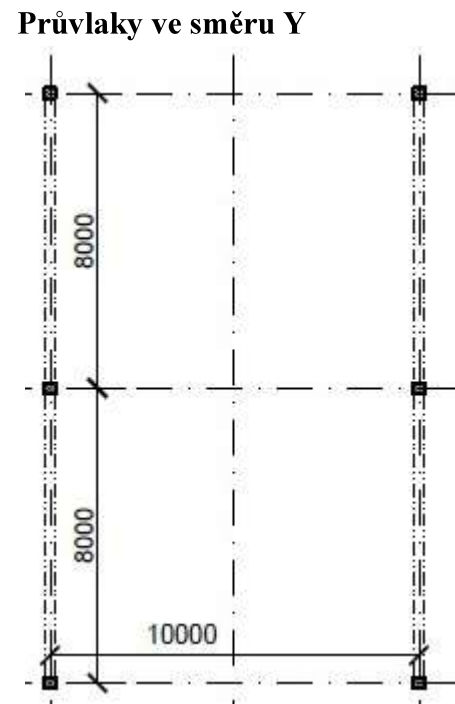
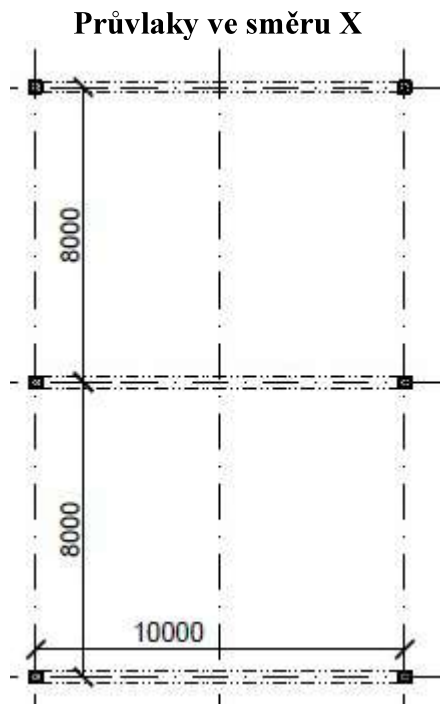
Obr. 7: Schéma uložení průvlaků v oblasti A v obou směrech

- + Spojuje výhody obou předchozích variant
- + Není potřeba dodatečného ztužení
- Větší spotřeba materiálu

Volím variantu s průvlaků v obou směrech.



### 3.3. Varianty „oblast B,,



Obr. 8: Schéma uložení průvlaků v oblasti B

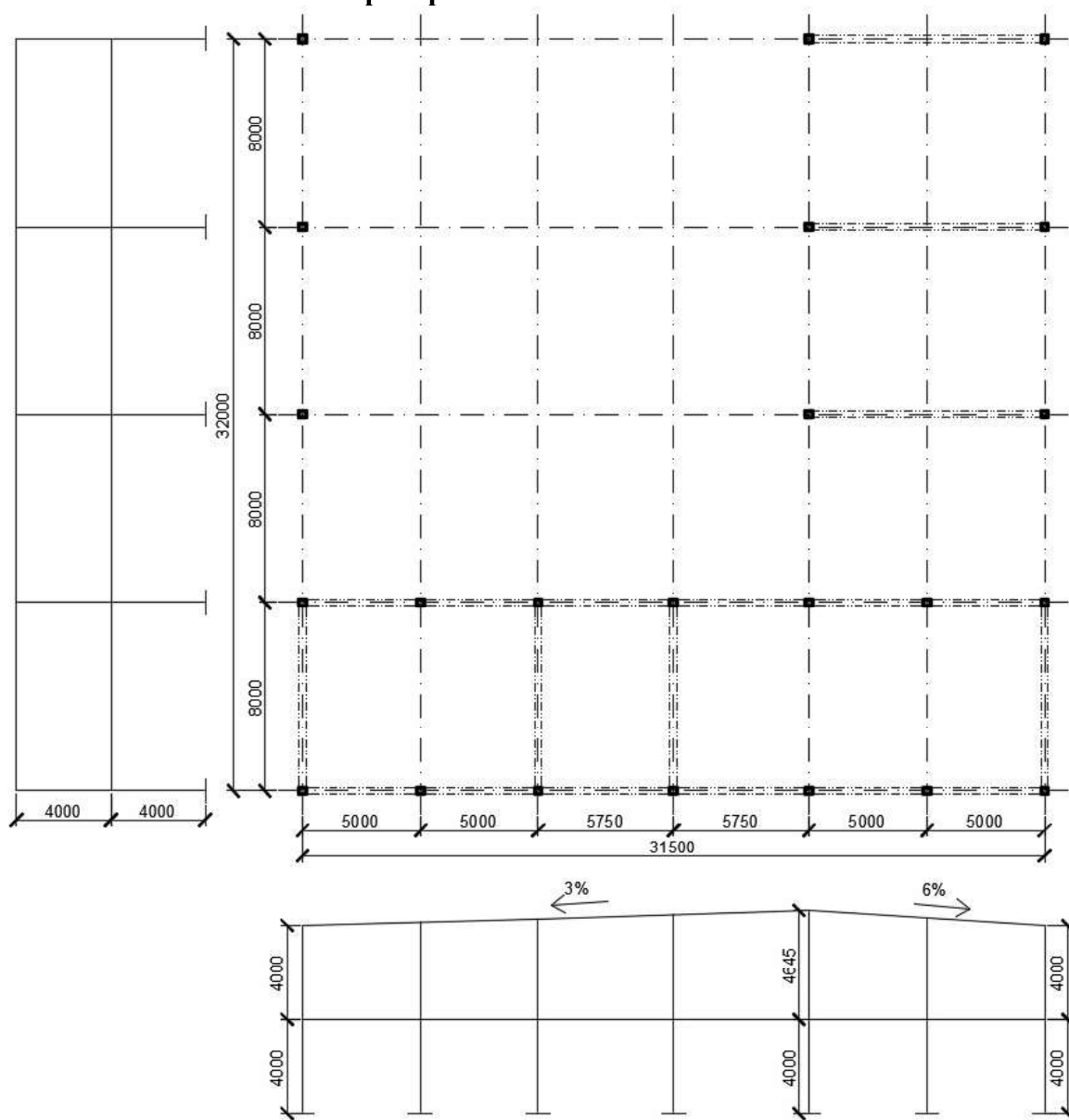
- + Menší rozpětí stropní kce. (8 m)
- + Menší vliv krouticího momentu od excentricity uložení stropního panelu
- Větší rozpon průvlaků (10 m)

- + Menší rozpon průvlaků (8 m)
- Větší rozpon stropní konstrukce

Byla zvolena varianta s průvlaky ve směru X. V dané oblasti se nachází skladovací prostory s vysokým užitným zatížením ( $7,5 \text{ kN/m}^2$ ) tudíž je vhodné co nejvíce omezit rozpon stropní konstrukce.

### 3.4. Rekapitulace

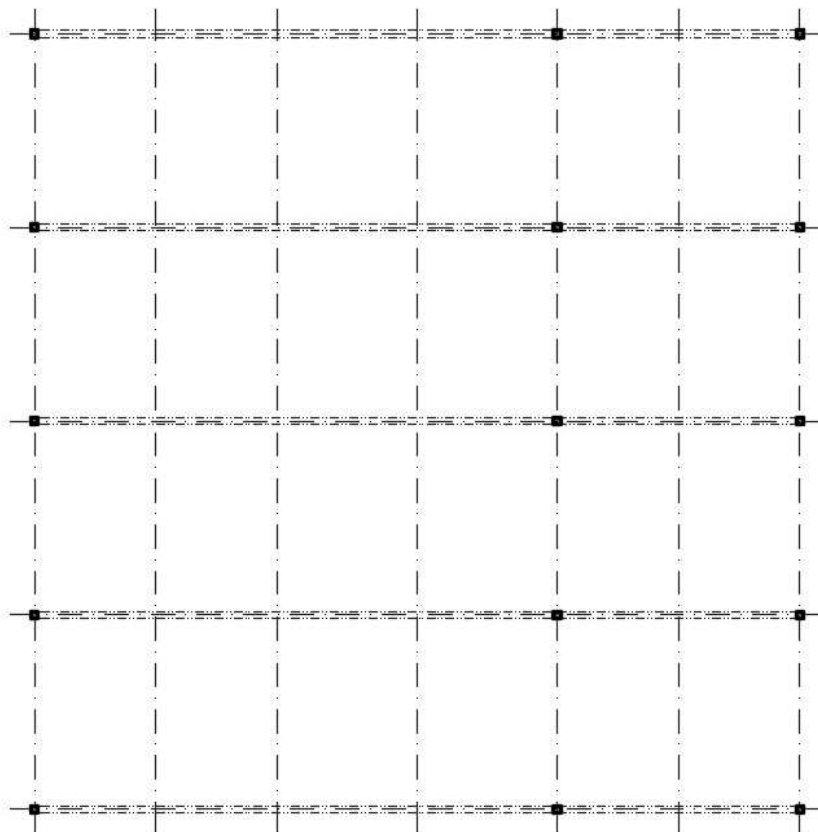
Schéma rozmístění sloupů a průvlaků v 1. NP



Obr. 9: Rekapitulace vybraných variant – 1.NP a řezy konstrukcí

---

### Schéma rozmístění sloupů a vazníků v úrovni střechy



*Obr. 10: Rekapitulace vybraných variant – střešní konstrukce*

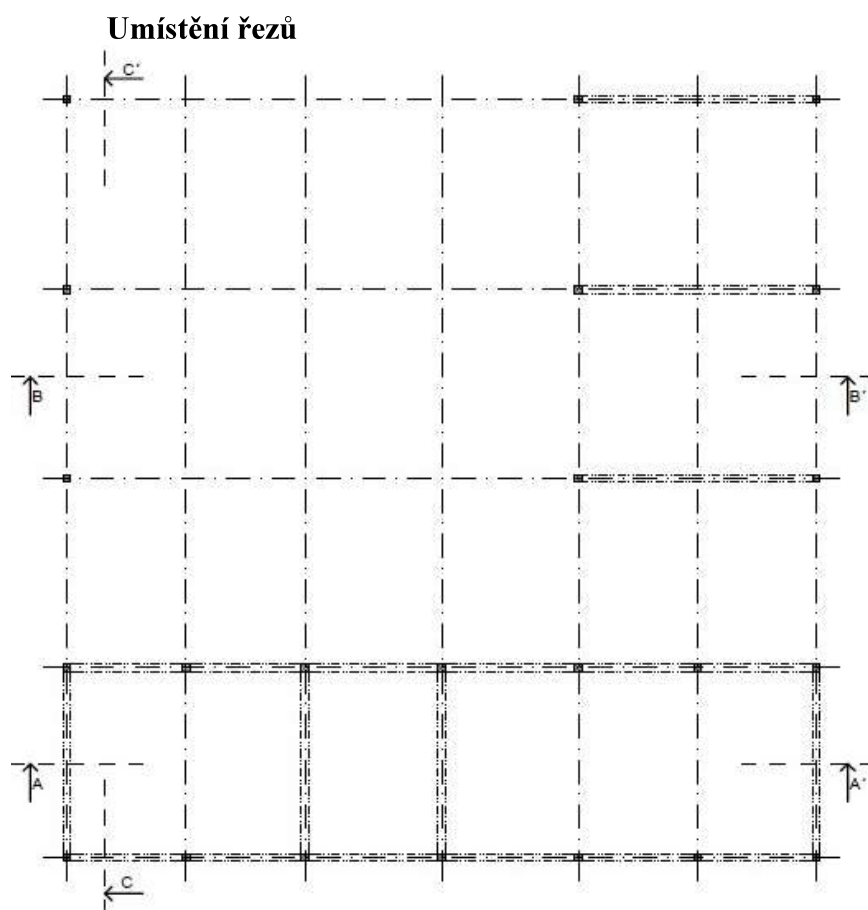


---

## 4. Statické působení

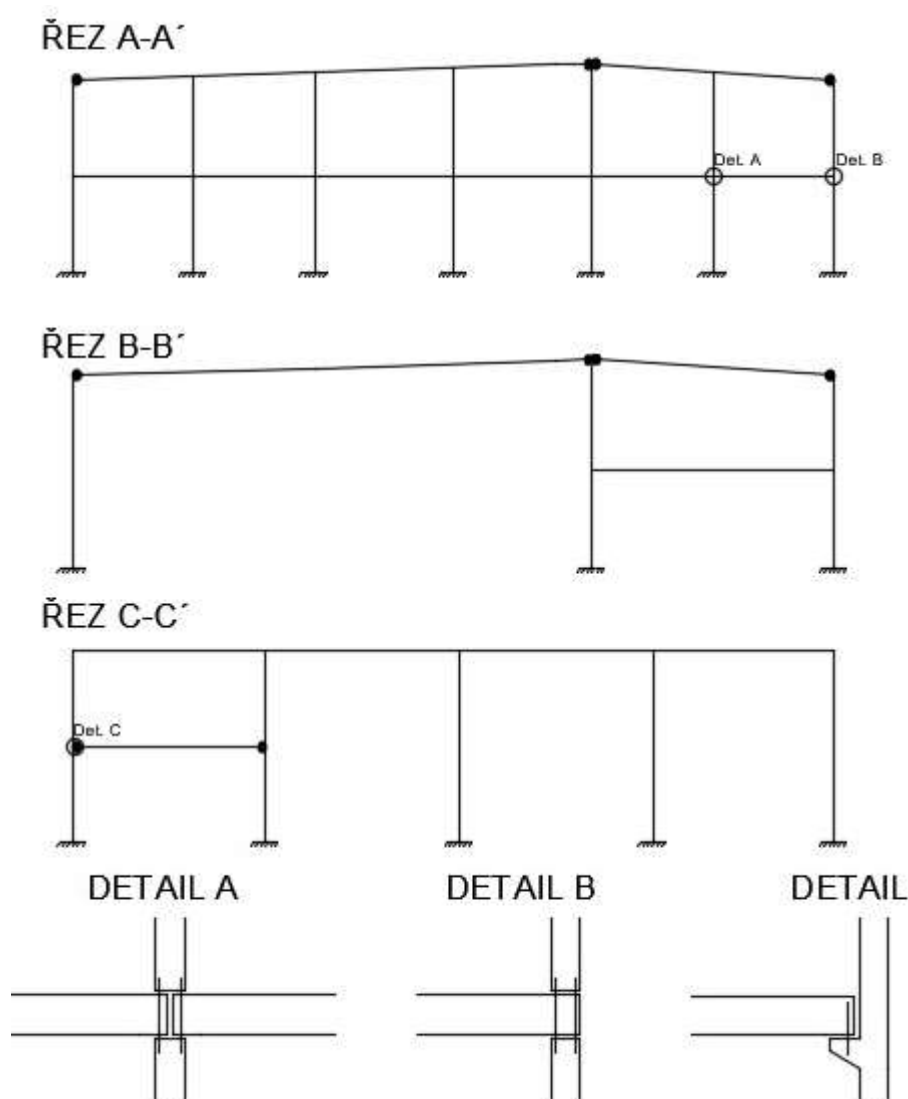
Statické působení montované konstrukce je ovlivněno řešením styků. V dalších odstavcích jsou uvedeny varianty řešení pro vybranou dispozici konstrukčních prvků včetně zvážení výhod a nevýhod daného řešení.

### 4.1. Varianty



Obr. 11: Schéma umístění řezů v konstrukci

#### 4.1.1. Tuhé styčníky, dělené sloupy, tuhé spojení sloupů s patkami



Obr. 12: Statické schéma konstrukce 4.1.1.

- + Při správném provedení styků dosáhneme výsledků, jako u monolitické varianty
- + Vhodná varianta z hlediska velikosti vnitřních sil
- Vysoká náročnost na preciznost provedení jednotlivých styků
- Delší doba výstavby

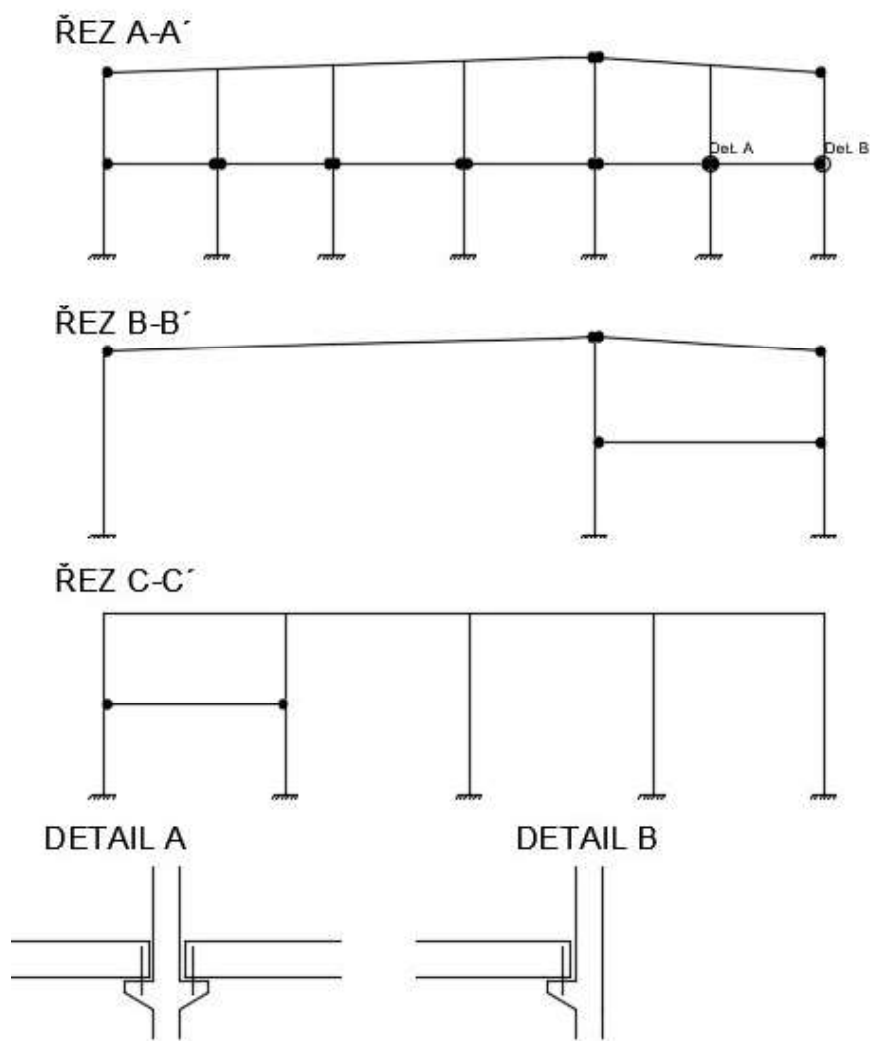
POZN.: V řezu C-C' musí být průvlak osazen na konzolku. Na sloupy jsou ve směru X tuze připojeny průvlaky, které neumožňují tuhé připojení průvlaků ve směru Y (ve stejném místě nelze připojit tuze dva průvlaky).

#### 4.1.2. Tuhé styčníky, dělené sloupy, netuhé spojení sloupů s patkami

POZN.: Jedná se pouze o alternativní řešení. Kloubový styk sloupu s patkou je pro danou konstrukci nevhodný (viz kapitola 4.2.)

Obdobná varianta jako předchozí verze, avšak s rozdílným připojením sloupů a patek včetně všech výhod i nevýhod.

#### 4.1.3. Kloubově připojené průvlaky, průběžné sloupy, tuhé spojení sloupů s patkami



Obr. 13: Statické schéma konstrukce 4.1.3.

- + Rychlejší výstavba (průběžné sloupy)
- + Snazší provedení styku
- Tento typ styku nebrání natočení, které způsobuje kroucení průřezu vlivem uložení stropních panelů, což vede k deformaci průvlaku i stropní konstrukce »je nutná další úprava styku po osazení průvlaku (svaření trnů).

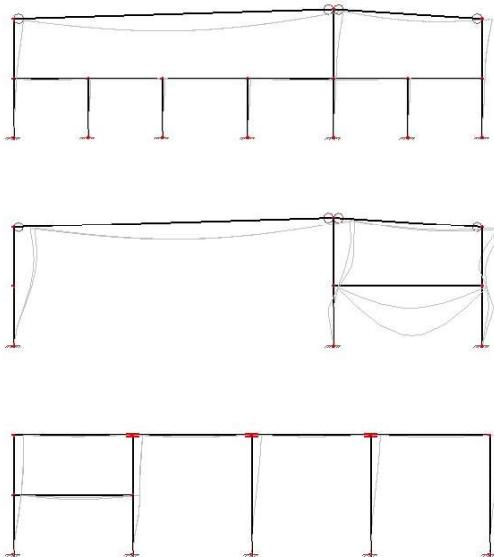
#### 4.1.4. Kloubově připojené průvlaky, průběžné sloupy, netuhé spojení sloupů s patkami

POZN.: Jedná se pouze o alternativní řešení. Kloubový styk sloupu s patkou je pro danou konstrukci nevhodný (viz kapitola 4.2.)

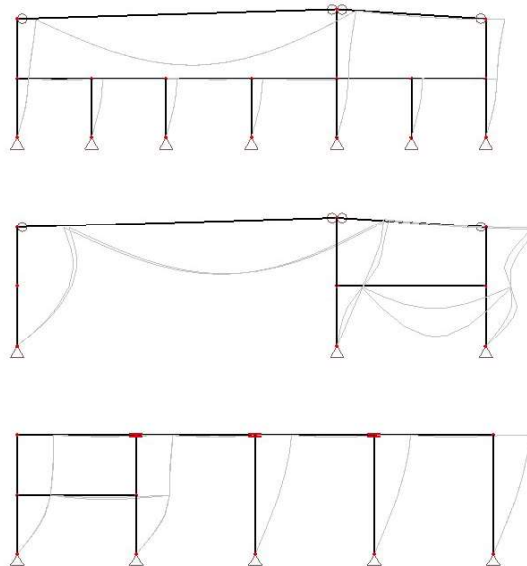
Obdobná varianta jako předchozí verze, avšak s rozdílným připojením sloupů a patek včetně všech výhod i nevýhod.

## 4.2. Výběr varianty

### Tuhé spojení sloupů a patek



### Netuhé spojení sloupů a patek



Obr. 14: Deformace na konstrukci

Vzhledem k působení kroucení na průvlaky volím variantu 4.1.1. s tuhými styčníky a dělenými sloupy. Spojení patek a sloupů bude provedeno jako vetknutí, jelikož zde dochází k mnohem menším deformacím na konstrukci (viz obr.14).

Pro další výpočet uvažuji statické schéma 4.1.1. **tuhé styčníky, dělené sloupy, tuhé spojení sloupů s patkami.**

## 5. Zatížení

### Zatížení stálé

- a) nosná konstrukce
- vlastní tíha nosných prvků viz návrh prvků

- b) podlahy
- schodišťová ramena

název	tl. [mm]	obj. tíha [kg/m <sup>3</sup> ]	$g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
keramická dlažba + lepidlo	30	2800	<b>0,84</b>

- koupelny, wc, sprchy, šatny

název	tl. [mm]	obj. tíha [kg/m <sup>3</sup> ]	$g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
keramická dl. + lepidlo	15	2800	0,42
hydroizolační stěrka	5	2400	0,12
anhydritový potěr	50	2100	1,05
PE folie	-	-	-

kročejová izolace	30	35	0,0105
			<b>1,6005</b>

▪ kanceláře

název	tl. [mm]	obj. tíha [kg/m <sup>3</sup> ]	g <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
PVC + lepidlo	5	1200	0,06
anhydritový potěr	65	2100	1,365
PE folie	-	-	-
kročejová izolace	30	35	0,0105
			<b>1,4355</b>

▪ ostatní prostory

název	tl. [mm]	obj. tíha [kg/m <sup>3</sup> ]	g <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
keramická dl. + lepidlo	15	2800	0,42
anhydritový potěr	55	2100	1,155
separační PE folie	-	-	-
kročejová izolace	30	35	0,0105
			<b>1,5855</b>

VNITŘNÍ PODLAHY JSOU NAVRŽENY TLOUŠŤKY 100mm, JEDNOTNÉ ZATÍŽENÍ PRO VÝPOČET **g<sub>k</sub> = 1,601 kN/m<sup>2</sup>**.

c) příčky

- zděné (v místě průvlaků)

Heluz 11,5 » **3,335 kN/m'**

- sádkartonové

$g_k = 0,25 \cdot 3,5 = 0,875 \text{ kN/m}' \leq 1 \text{ kN/m}'$  » náhradní zatížení **g<sub>k</sub> = 0,5 kN/m<sup>2</sup>**

d) střešní plášť (vlastní tíha)

- KS1000 x-dek<sup>TM</sup> typ XD, tl. izolačního jádra 100 mm (24kg/m<sup>2</sup>)

**g<sub>k</sub> = 0,246 kN/m<sup>2</sup>**

e) obvodový plášť

- tíha střešního pláště zanedbána (malá tíha)

f) schodištové stupně

- konstrukční výška 4000 mm

- počet stupňů 24

- šířka stupně 300 mm

- výška stupně 165 mm

**g<sub>k</sub> = 24 \cdot 0,165 \cdot 0,5 = 1,98 kN/m<sup>2</sup>**

---

### Zatížení proměnné

#### a) užité zatížení

- kanceláře B  $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- ostatní prostory A  $q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$
- schodiště  $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$
- skladovací prostor  $q_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$

#### b) sníh

- plochá střecha:  $\alpha \leq 30^\circ$ ; tvarový součinitel  $\mu_i=0,8$
- součinitel expozice  $c_e=1$
- součinitel tepla  $c_t=1$

- Praha » sněhová oblast I »  $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

$$s = \mu * c_e * c_t * s_k = 0,8 * 1 * 1 * 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

#### b) vítr

- Praha » větrná oblast I »  $v_{b,0}=22,5 \text{ m/s}$

$$\text{základní rychlost větru : } q_b = 0,5 * \rho * v_{b,0}^2 = 0,5 * 1,25 * 22,5^2 = 0,3164 \text{ kN/m}^2$$

- kategorie terénu II

$$h = 9 \text{ m} \leq b = 32 \text{ m} \gg h = z = 9 \text{ m}$$

$$c_{e(z)} = 2,2$$

- uvažují pouze oblasti D a E » jsou rozhodující

- délka obvodové stěny: 

	příčný směr	$d=32\text{m}; h/d = 0,281$
	podélný směr	$d=31,5\text{m}; h/d = 0,286$

- součinitel  $c_{pe} = 0,71 + 0,31 = 1,02$

oblast	D	E
příčný	0,71	-0,31
podélný	0,71	-0,31

- charakteristická hodnota zatížení větrem

$$w_k = q_b * c_{e(z)} * c_{pe} = 0,316 * 2,2 * 1,02 = 0,709 \text{ kN/m}^2$$

---

## 6. Vnitřní síly

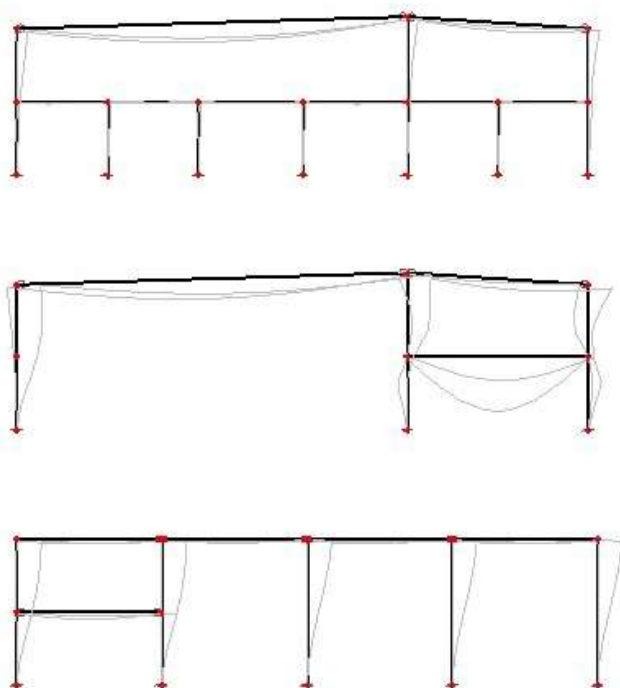
Pro návrh dimenzí a následné vyztužení prvků je nutno nejdříve získat vnitřní síly působící v konstrukci. Tyto síly jsou ovlivněny také vlastní tíhou, tudíž je potřeba vhodně zvolit rozměry použitých prvků pro výpočetní model.

### 6.1. Varianta rozměrů prvků A

#### Odhad dimenzí prvků pro výpočet

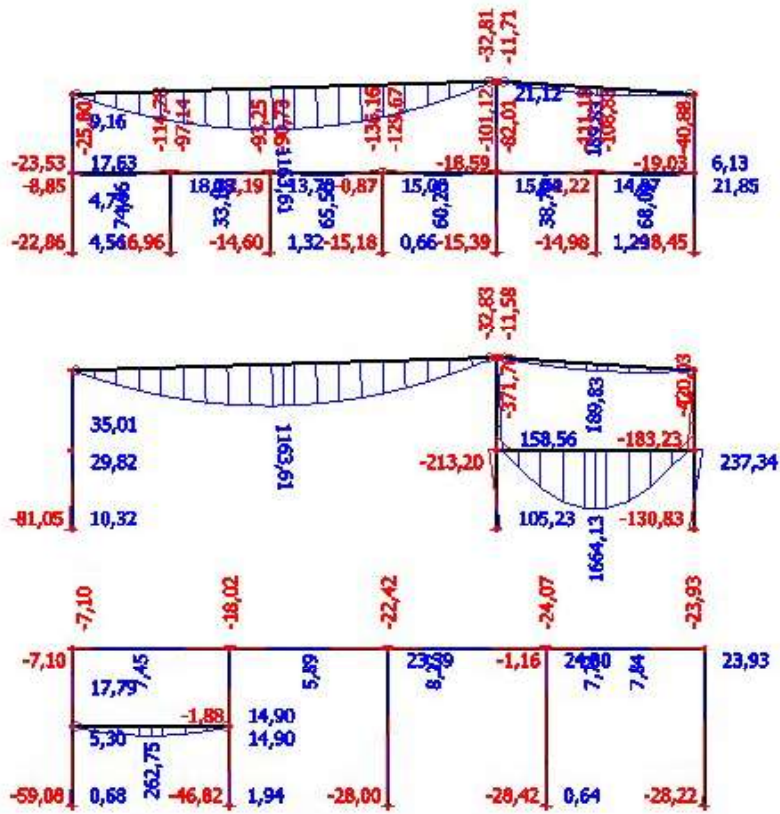
Prvek	Rozměr [mm]
Sloupy oblast A	300x300
Sloupy oblast B	300x300
Sloupy ostatní	300x300
Průvlak oblast A	300x650
Průvlak oblast B	300x850
Vazník 10m	300x850
Vazník 21,5m	300x1500

#### Deformovaná konstrukce

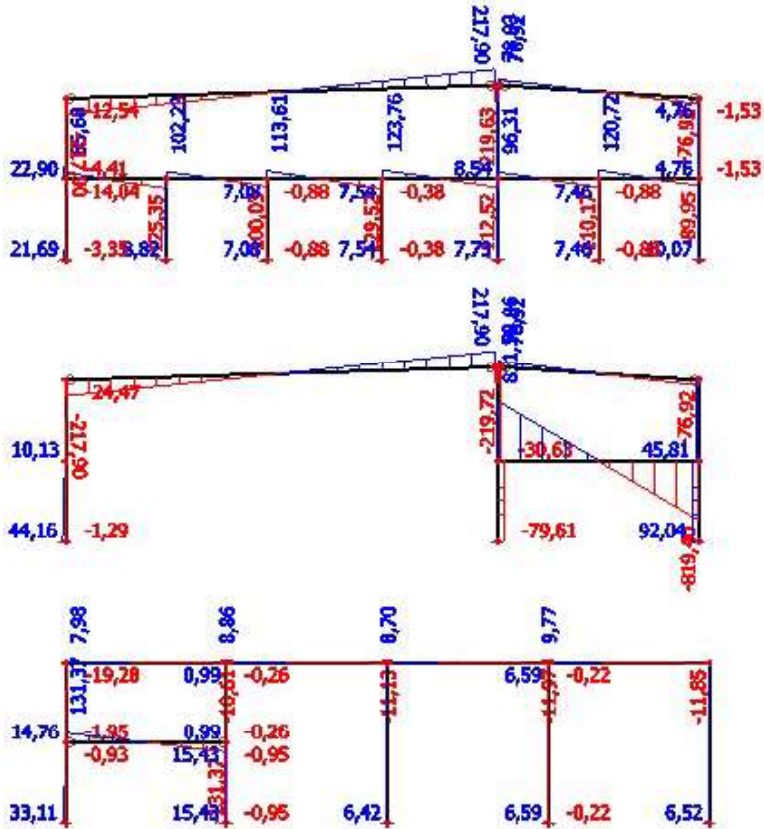


Obr. 15: Deformovaná konstrukce varianta A

### Moment My [kNm]

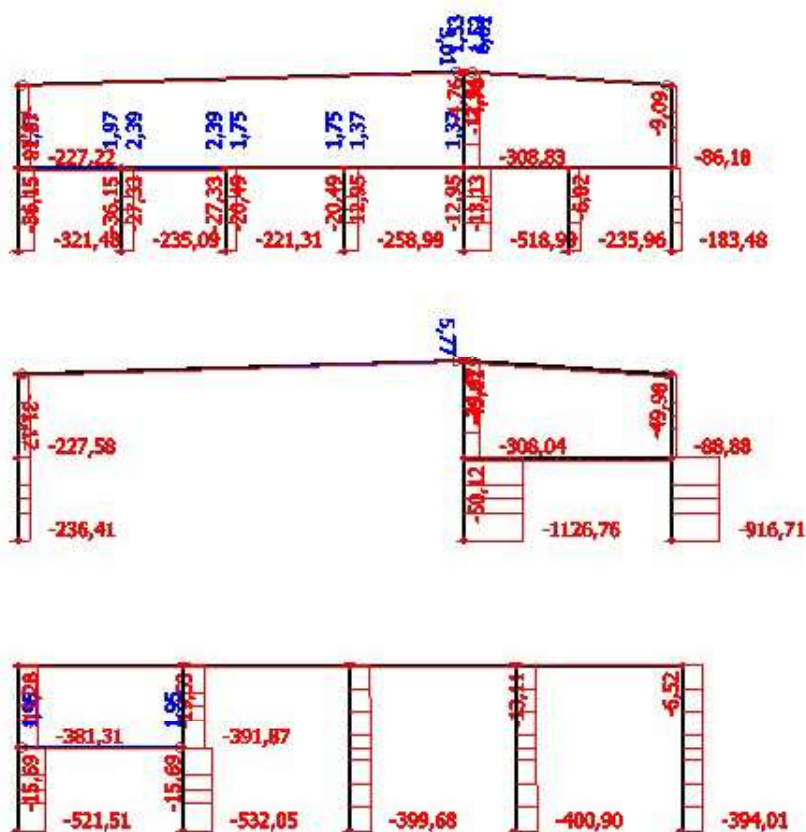


### Posouvající síla Vz [kN]





## Normálová síla N [Nm]



Obr. 16: Průběhy vnitřních varianta A

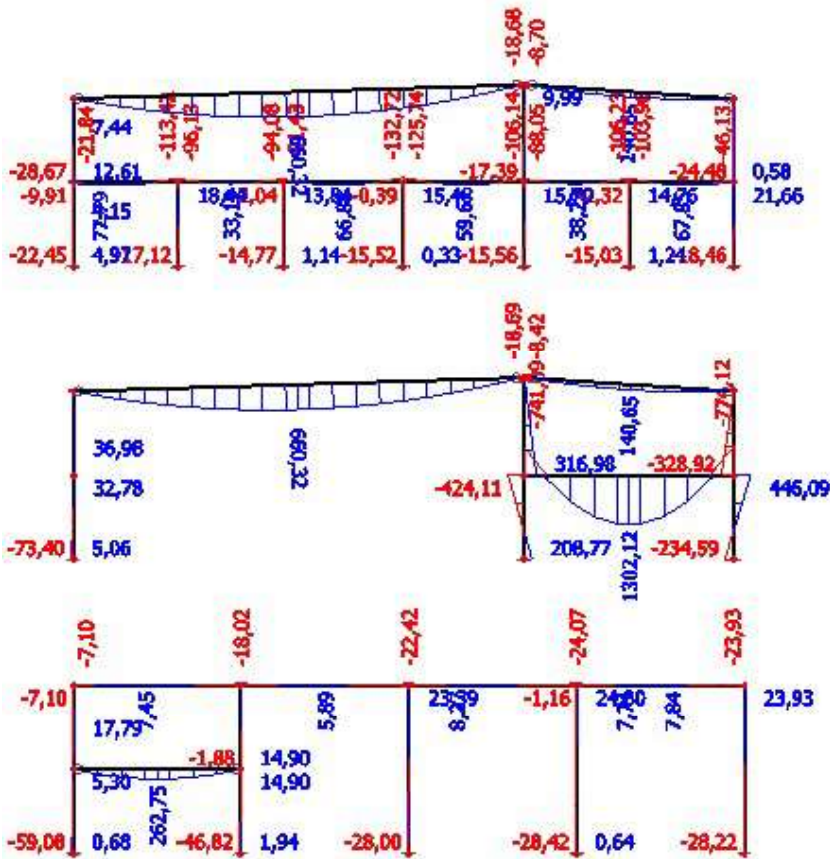
## 6.2. Varianta rozměrů prvků B (oblast B sloup 400x400)

Důvodem vytvoření další varianty je vysoká hodnota působícího momentu na průvlak v oblasti B. Zvětšením průřezové plochy sloupu v této oblasti dojde ke snížení momentu působícího na průvlak v poli a navýšení momentu nad podporou.

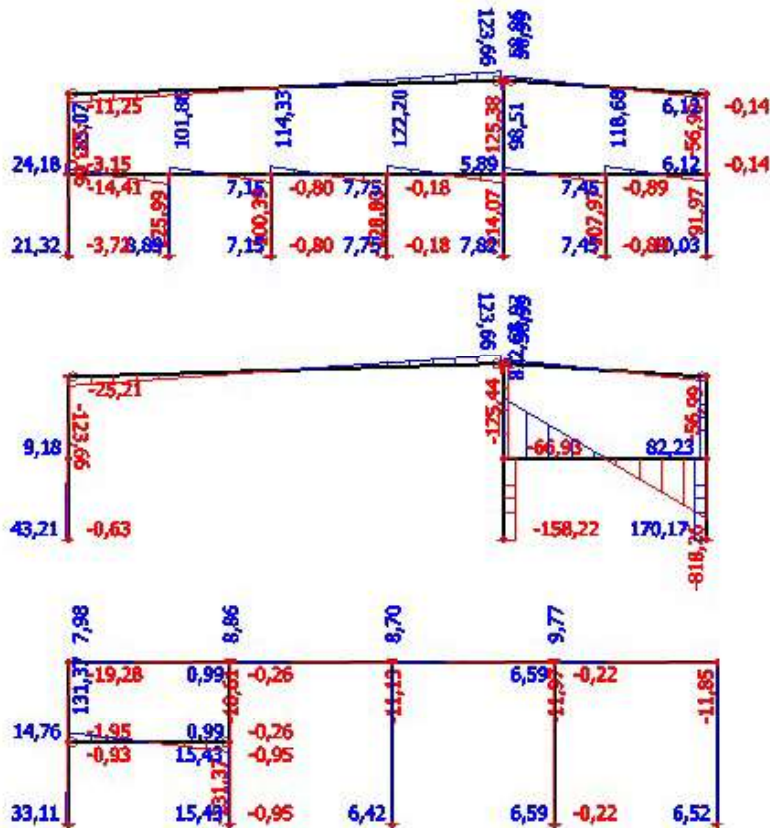
### Odhad dimenzí prvků pro výpočet

Prvek	Rozměr [mm]
Sloupy oblast A	300x300
Sloupy oblast B	400x400
Sloupy ostatní	300x300
Průvlak oblast A	300x650
Průvlak oblast B	300x850
Vazník 10m	300x850
Vazník 21,5m	300x1500

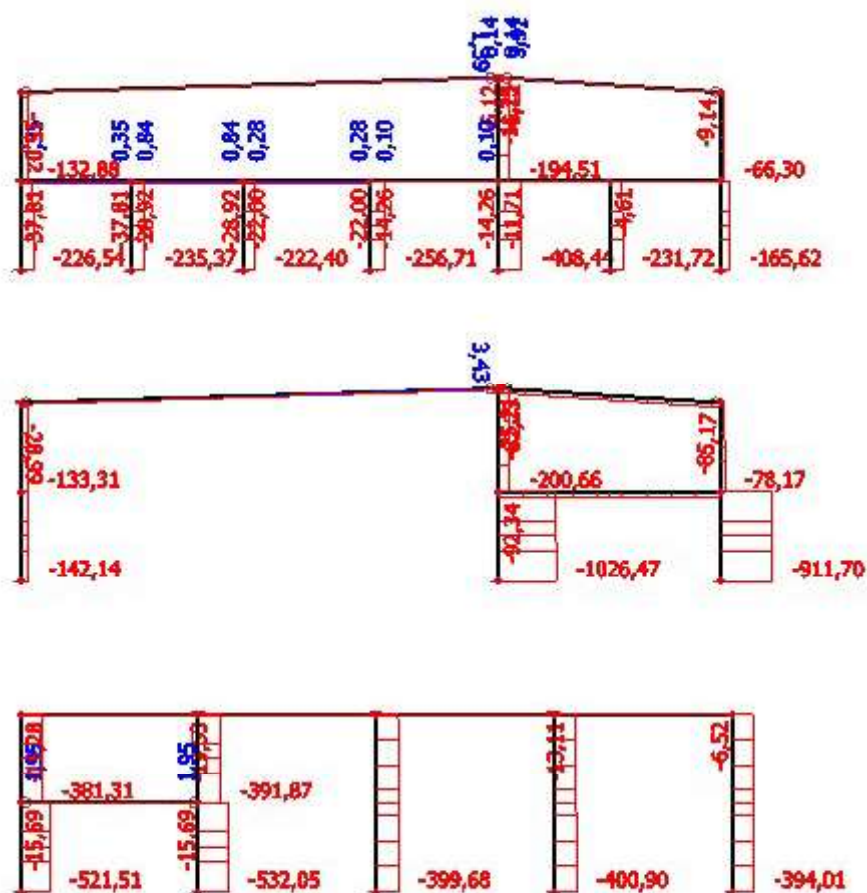
### Moment My [kNm]



### Posouvající síla Vz [kN]



## Normálová síla N [kN]



Obr. 17: Průběhy vnitřních varianta B

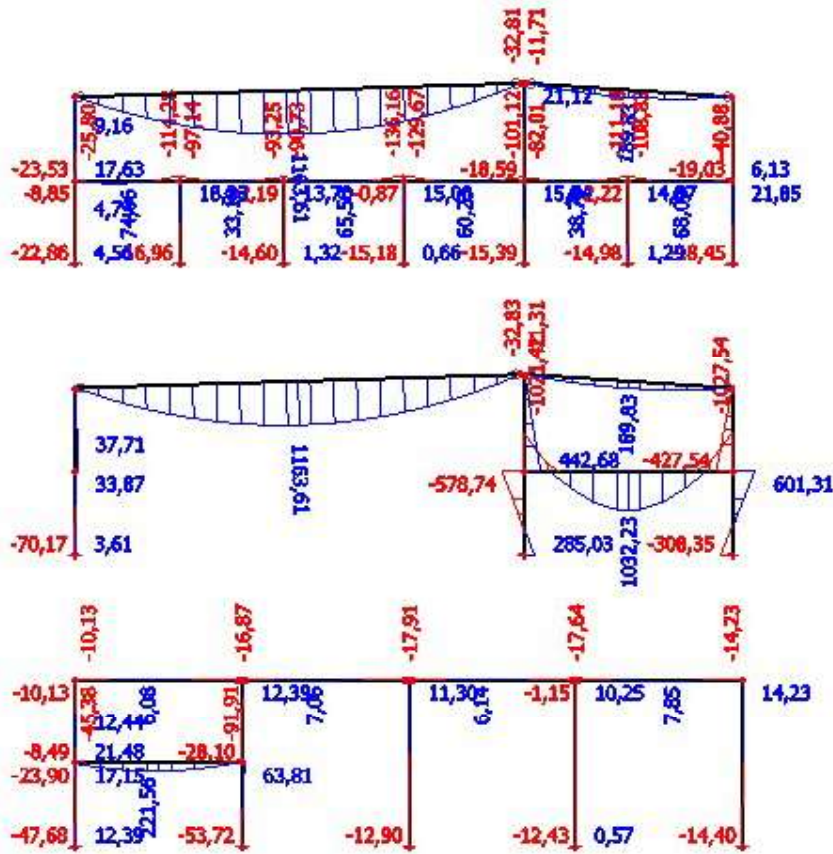
### 6.3. Varianta rozměrů prvků C (oblast B sloup 500x500)

Dle předchozí verze bylo zjištěno, že změna průřezu sloupu razantně ovlivnila průběh vnitřních sil. Tato varianta ukazuje jak se změní vnitřní síly, pokud dojde k ještě většímu zvětšení průřezu sloupu v oblasti B.

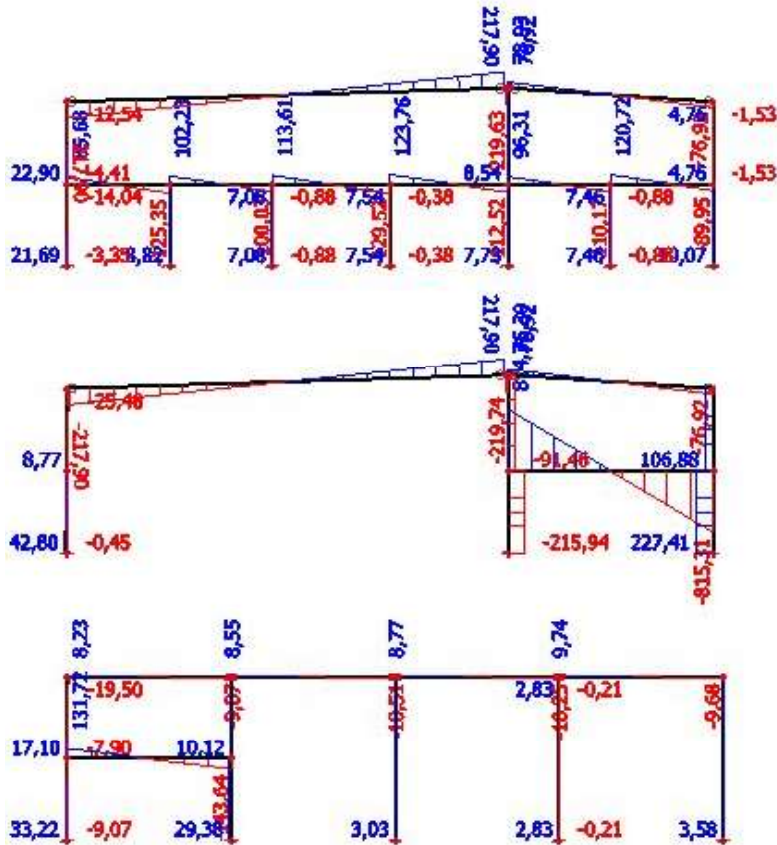
#### Odhad dimenzí prvků pro výpočet

Prvek	Rozměr [mm]
Sloupy oblast A	300x300
Sloupy oblast B	500x500
Sloupy ostatní	300x300
Průvlak oblast A	300x650
Průvlak oblast B	300x850
Vazník 10m	300x850
Vazník 21,5m	300x1500

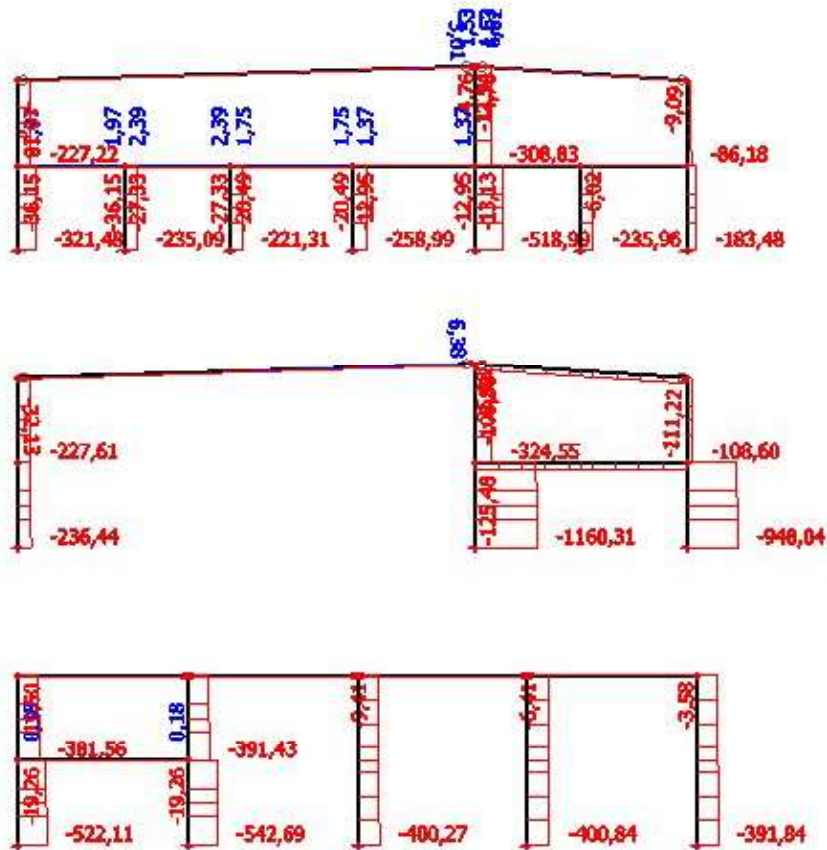
Moment  $M_y$  [kNm]



Posouvající síla  $V_z$  [kN]



## Normálová síla N [kN]



Obr. 18: Průběhy vnitřních varianta C

## 6.4. Volba varianty

Volím variantu B, z důvodu mírné redukce momentu v poli a navýšení momentu nad podporou. Jedná se o vhodnější průběh momentu oproti variantě A i variantě C. Všechny následující výpočty vychází z rozměrů varianty B.



---

## 7. Dílce, jejich dimenze, vyztužení a varianty pro zadaný objekt

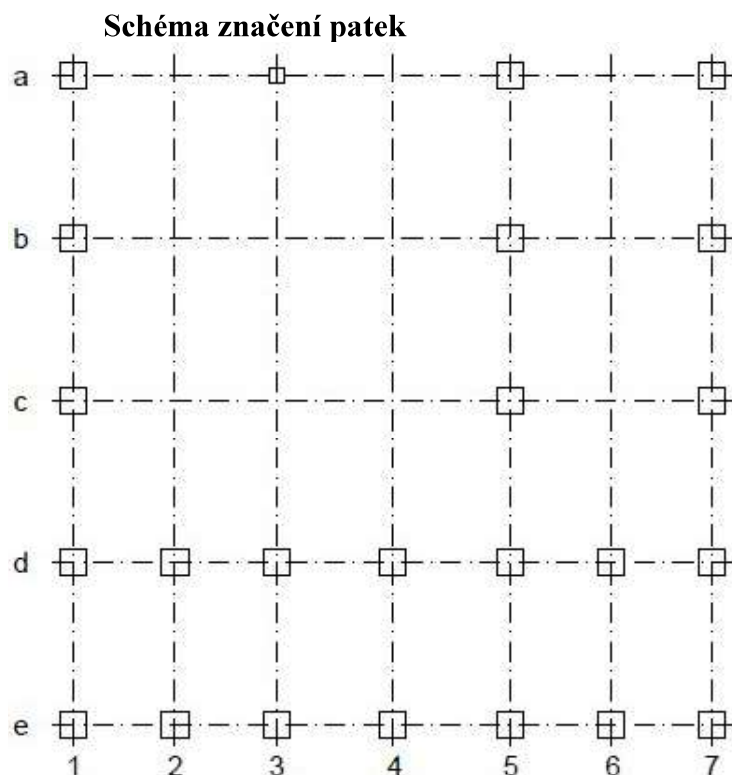
Kapitola se zabývá výběrem vhodné varianty betonových dílců s uvažem jejich dalších možností. Styky zde vybraných dílců jsou řešeny v kapitole 8. Návrh dimenzí a vyztužení vzorových prvků je přiložen v přílohách (viz dále).

### 7.1. Patky

#### Typ patky

Patky mohou být řešeny jako prefabrikované, nebo jako monolitické, které jsou v poslední době velice rozšířené. Tvarové a konstrukční provedení patky je závislé na požadovaném způsobu napojení patky a sloupu.

Patky navržené haly jsou řešeny jako prefabrikované. Patka je vyrobena mimo staveniště a následně je dovezena na stavbu, kde se vloží do předem vyhloubené stavební jámy. Výhodou je rychlost výstavby, geometrická přesnost a omezení mokrého procesu. Mezi hlavní nevýhody patří nutnost přesného výkopu, aby bylo možné patku osadit.



Obr. 19: Schéma značení patek

## Tabulka navržených patek (návrh a posouzení patky C5 viz příloha 1)

označení	šířka[m]	délka[m]	výška[m]	vyztužení X	vyztužení Y	vyztuž na protlačení
osa d	1,2	1,2	0,7	6 Ø 16 mm	6 Ø 16 mm	není potřeba
osa e	1,2	1,2	0,7	6 Ø 16 mm	6 Ø 16 mm	není potřeba
a5,b5,c5	1,8	1,8	0,7	12 Ø 16 mm	11 Ø 16 mm	není potřeba
a7,b7,c7	1,8	1,8	0,7	12 Ø 16 mm	11 Ø 16 mm	není potřeba
a1,b1,c1	1,2	1,2	0,7	6 Ø 16 mm	6 Ø 16 mm	není potřeba
a3	0,8	0,8	0,3	4 Ø 8 mm	4 Ø 8 mm	není potřeba

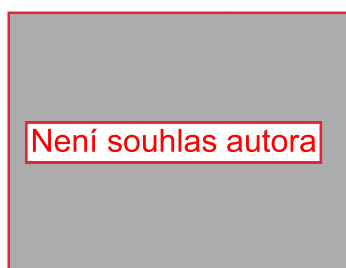
### Alternativní řešení

#### Monolitické patky

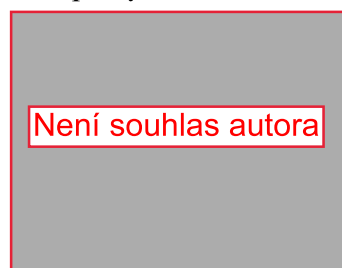
Patka je vyrobena na stavbě. Výhodou je tvarová variabilita, nejsou kladeny velké požadavky na přesnost výkopu. Nevýhodou je mokrá proces a doba technologické přestávky způsobená tuhnutím betonu.

#### Kalichové patky

Slouží k vetknutí sloupů do základů a přenosu sil od sloupů do spodní části základů. Z prefabrikátu vyčnívá výztuž, která slouží ke zmonolitnění se spodní částí patky. Výhodou je kombinace výhod jak monolitické tak prefabrikované patky.



Obr. 20.1: Prefabrikovaná část patky (zdroj: [1])



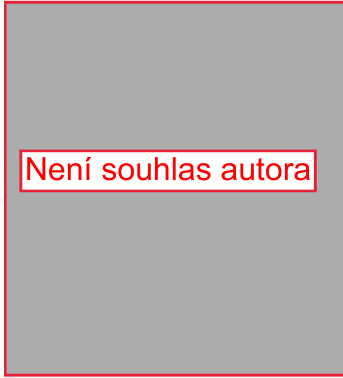
Obr. 20.2: Betonáž kalichové patky (zdroj: [2])

## 7.2. Sloupy

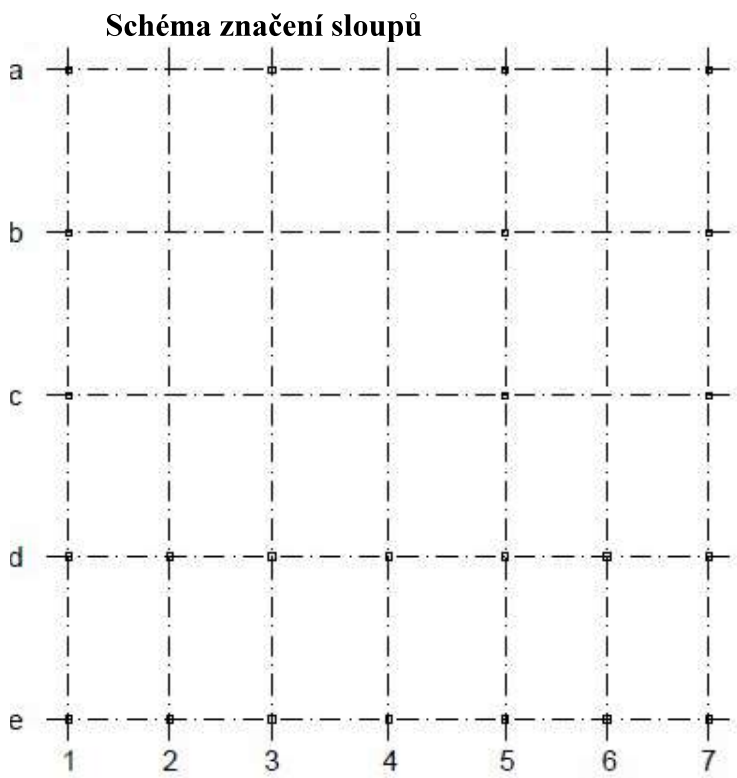
### Typ sloupů

Sloupy lze řešit ve dvou variantách. Jedná se o dělené nebo průběžné sloupy. Pro tuto variantu konstrukce byly zvoleny dělené sloupy, jelikož umožňují tuhé připojení průvlaků.

Průvlaky mohou být připojeny kloubově nebo vetknutím. Na vyčnívající výztuž ze sloupu je osazen průvlak, na který se dále připojí další část sloupu. Dělené sloupy jsou méně náročné na přepravu vzhledem k jejich menším rozměrům (v porovnání s průběžnými sloupy). U dílců je kladen vysoký nárok na preciznost provedení styku s ostatními dílci. Styk sloup-průvlak-sloup může být proveden jako tuhý nebo jako kloubový.



Obr. 21: Dělené sloupy (zdroj: [1])



Obr. 22: Schéma značení sloupů



---

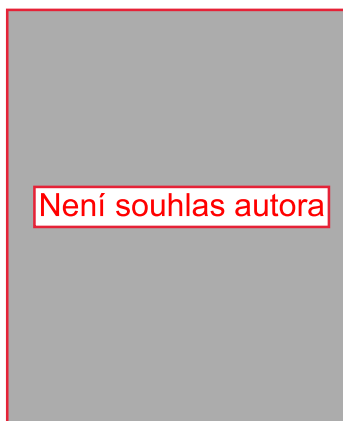
### Tabulka navržených sloupů (návrh a posouzení sloupu D5 viz příloha 2)

označení	počet sl. nad sebou	výška sloupu [m]	šířka[m]	délka[m]	vyztužení
a1,b1,c1	1	8	0,3	0,3	4 Ø 12mm
d1,e1	2	4	0,3	0,3	4 Ø 12mm
d2,e2	1	8	0,3	0,3	4 Ø 12mm
d3,e3	1	8	0,3	0,3	4 Ø 12mm
d4,e4	1	8	0,3	0,3	4 Ø 12mm
d5,e5	2	4	0,4	0,3	4 Ø 12mm
d6,e6	1	8	0,3	0,3	4 Ø 12mm
d7,e7	2	4	0,3	0,3	4 Ø 12mm
c5,c7	2	4	0,4	0,4	4 Ø 12mm
b5,b7	1	8	0,4	0,4	4 Ø 12mm
a5,a7	2	4	0,4	0,4	4 Ø 12mm
a3	1	8	0,2	0,2	4 Ø 12mm

### Alternativní řešení

#### Průběžné sloupy

Sloup je průběžný přes celou výšku výrobní haly, průvlaky jsou připojeny kloubově na konzolky. Mezi výhody těchto prvků patří rychlá výstavba, provedení styku v úrovni průvlaku není tak náročné na preciznost jako u dělených sloupů. Hlavní nevýhodou je jejich náročnost na přepravu a potřeba těžké jeřábové techniky pro jejich montáž. Tyto sloupy neumožňují tuhé připojení průvlaků.



Obr. 23: Průběžné sloupy s konzolami (zdroj: [1])

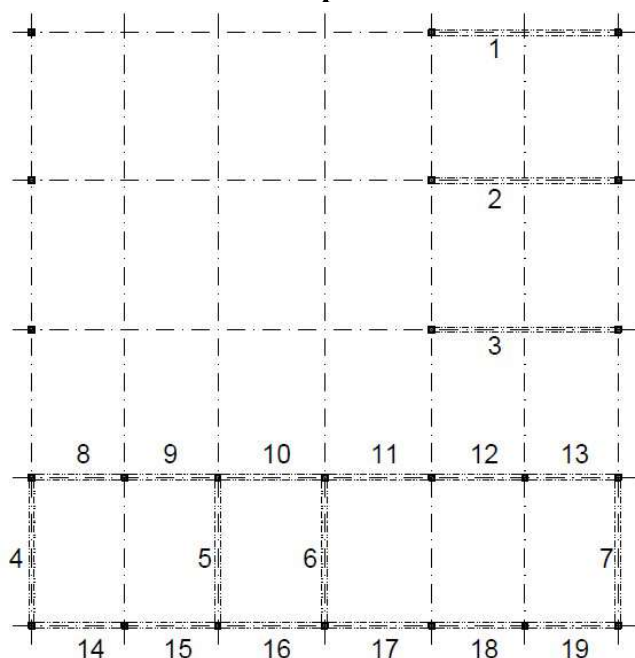
## 7.3. Průvlaky

### Typ průvlaků

Pro konstrukční řešení důležité zvolit takový tvar průvlaků, aby umožňoval podepření stropní desky a zároveň ho bylo možno připojit k prefabrikovaným sloupům. Vzhledem k volbě sloupů jsou průvlaky provedeny ve variantě pro dělené sloupy.

Průvlaky pro dělené sloupy mohou být řešeny jako spojitý nosník přes několik polí nebo obdobně jako u průběžných sloupů přes jedno pole. Podrobněji viz kapitola 8. Všechny průvlaky jsou obdélníkového tvaru. Vyztužení a podrobná geometrie je řešena při jejich návrhu (příloha 3).

### Schéma značení průvlaků



Obr. 24: Schéma značení průvlaků

### Tabulka navržených průvlaků (posouzení průvlaku 2 viz příloha 3)

označení	šířka [m]	výška [m]	délka [m]	horní výztuž	dolní výztuž	třmínky
1,2,3	0,4	0,85	10	5Ø28 mm	6Ø32 mm	8á60 mm
4,5,6,7	0,3	0,5	8	2Ø10 mm	4Ø25 mm	8á160 mm
8,9,12,13,14,15,18,19	0,3	0,5	5	4Ø14 mm	2Ø16 mm	8á200 mm
10,11,16,17	0,3	0,5	5,75	4Ø16 mm	2Ø16 mm	8á200 mm

### Alternativní řešení

#### Průvlaky pro průběžné sloupy

Jedná se o variantu pro průběžné sloupy. Průvlaky jsou uloženy kloubově na konzolky sloupu.

## 7.4. Vazníky

### Typ vazníků

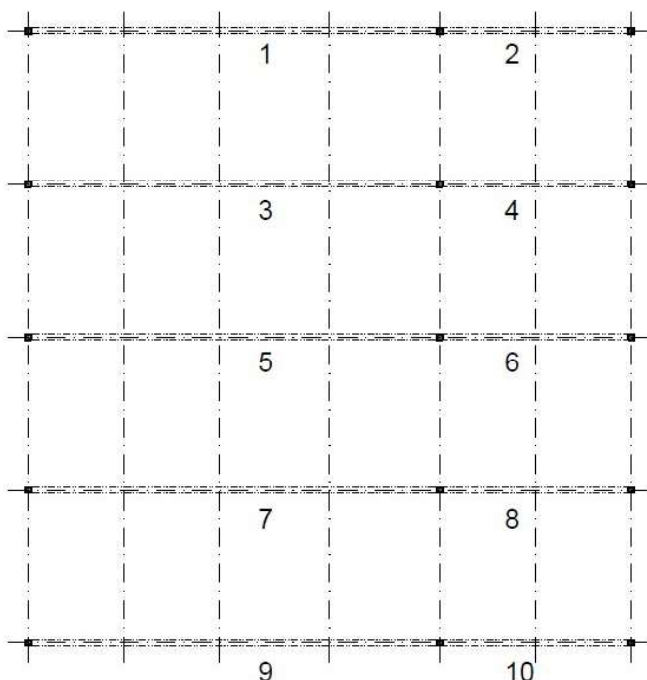
Vazníky mohou být vyrobeny ve dvou variantách, předpjaté nebo nepředpjaté.

Železobetonové nepředpjaté střešní vazníky jsou vhodným konstrukčním prvkem pro střešní konstrukce halových objektů. Jsou vhodné podle statického uspořádání do rozpětí cca 20,0 m, ukládají se přímo na sloupy nebo na průvlaky.

Předpjaté střešní vazníky se používají, pokud je třeba dosáhnout většího rozpětí, na které se již nepředpjaté vazníky nehodí.

Vazníky řešené haly jsou navrženy jako nepředpjaté profilu „T„.

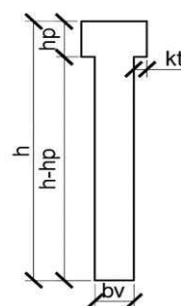
Schéma značení vazníků



Obr. 25: Schéma značení vazníků

Tabulka navržených vazníků (návrh a posouzení vazníku 3 viz příloha 4)

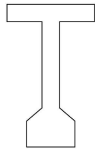
označení	$h$ [m]	$k_i$ [m]	$b_v$ [m]	$h_p$ [m]	dolní výztuž	třmínky
1,3,5,7,9	1,5	0,1	0,2	0,3	3Ø22 mm	8á400 mm
2,4,6,8,10	0,8	0,1	0,2	0,3	3Ø14 mm	8á400 mm



---

## Alternativní řešení

### I profil



### Obdélníkový profil



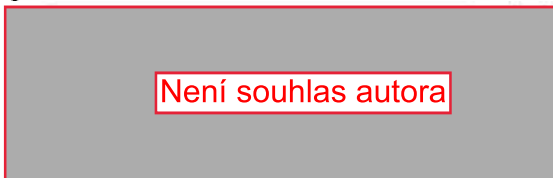
Obr. 26: Další varianty geometrického řešení vazníků

## 7.5. Stropní desky

### Typ stropních desek

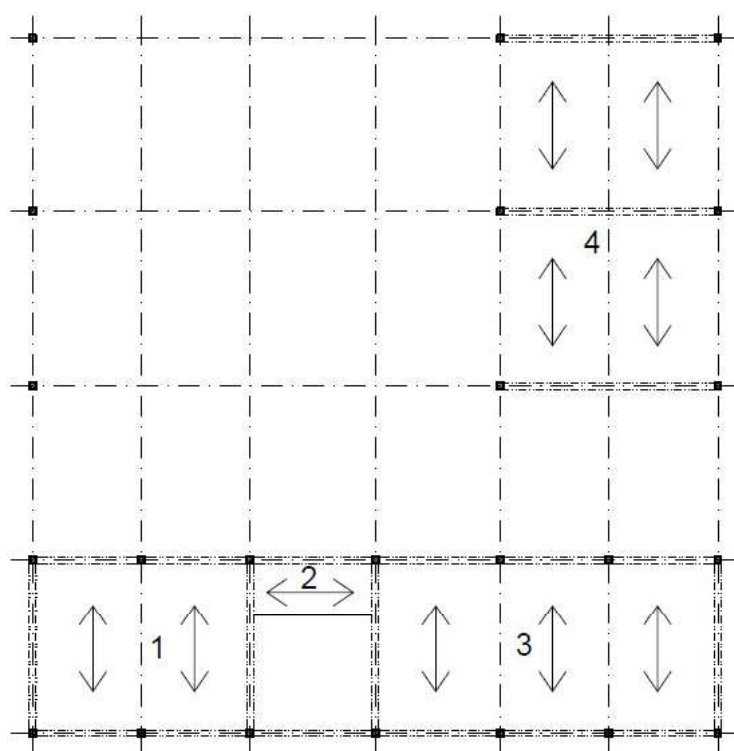
Stropní konstrukce přenáší zatížení daného patra (užitné, podlaha, přemístitelné příčky,...). Pro konstrukci je vhodné ideálně vylehčenou desku s dostatečnou únosností, která může být použita na větší rozpětí (maximální rozpětí 8 m). Předpjaté stropní panely SPIROLL slouží k vytvoření stropních a střešních konstrukcí pozemních staveb. Pro svou vysokou únosnost, odlehčení dutinami a dokonalému využití materiálu díky předpjaté výztuži jsou panely vhodné zejména pro větší rozpory. Podélné i šikmé řezy umožňují dílce přizpůsobit individuálním potřebám zákazníka pro netradičně řešené stavby.

Pro zadanou halu byly využity panely SPIROLL. Jedná se o dutinové prefabrikované předpjaté panely vhodné pro rozpětí až do 20 m. Panely skladebné šířky 1 200 mm s výškou 160, 200, 250, 265, 320 a 400 mm se dodávají na zakázku v délkách odstupňovaných po 10 mm.



Obr. 27: Panel SPIROLL (zdroj: [4])

## Schéma značení stropních desek



Obr. 28: Schéma značení stropních desek

## Tabulka navržených stropních desek (posouzení panelů viz příloha 5)

označení	typ panelu	výška panelu [m]	délka panelu [m]
oblast 1	PPD830/219	0,2	8,3
oblast 2	PPD605/219	0,2	6
oblast 3	PPD830/219	0,2	8,3
oblast 4	PPD830/252	0,25	8,3

## Alternativní řešení

### TT panely

Předejpaté stropní panely do rozpětí 24 m. Vhodné i pro velká zatížení. Nevýhodou je vysoká výška žebra 300-750 mm.

Není souhlas autora

Obr. 29: TT panel (zdroj: [3])

### Plné panely

Nevylehčené ŽB panely vhodné do rozpětí 4,2 m.

---

### Železo-betonový dutinový panel

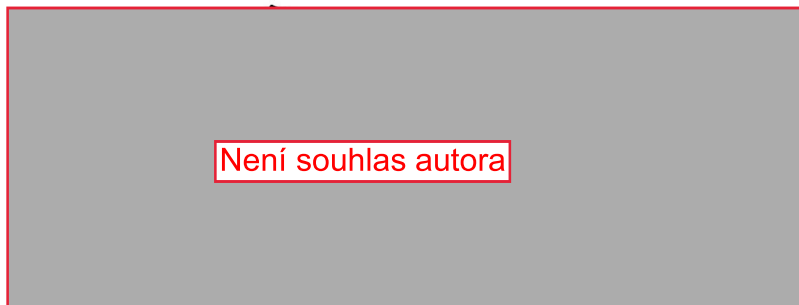
Vylehčený prefabrikovaný dílec vhodný do rozpětí 6,6 m.

### Monolitická deska

Klasická monolitická železobetonová deska je z důvodu nutnosti bednění a dlouhé výstavby nevhodná pro danou konstrukci.

### Filigránová deska

Kombinace prefabrikované a monolitické konstrukce. Značně se urychlí výstavba oproti monolitické desce. Jelikož v řešené hale je cílem maximální rychlost výstavby za použití minimálního množství mokrého procesu, není tento typ desky optimální.



Obr. 30: Filigránová deska (zdroj: [1])

## **7.6. Ztužení**

### **Typ ztužení**

Ve směru X je dostatečné ztužení průvlaky s tuhými spoji se sloupy (rámový účinek). Druhý směr je potřeba ztužit.

Ztužení pomocí betonových průvlaků v úrovni střechy

### **Alternativní řešení**

Ztužení pomocí tuhého obvodového pláště

Ztužující střešní plášť

Ztužující jádro

Ztužení betonovým jádrem nelze použít, jelikož by nemohlo být vedeno přes celou výšku objektu.

Ztužení pomocí ocelových diagonálních prvků je zajištěno pomocí ocelových prutů, které jsou připojeny ke sloupu.

---

## 7.7. Stěny

### Typ stěn

K řešení stěn se nabízí velká spousta možností. Stěny se nachází mezi sloupy v administrativní části objektu. Plní pouze dělicí a akustickou funkci, tudíž se nejedná o nosnou konstrukci, která je tvořena příčkovkami HELUZ. Pro zvýšení akustického útlumu konstrukce je použita akustická předstěna ze sádrokartonu.

Další dělení prostoru je uskutečněno pomocí sádrokartonových příček.

### Alternativní řešení

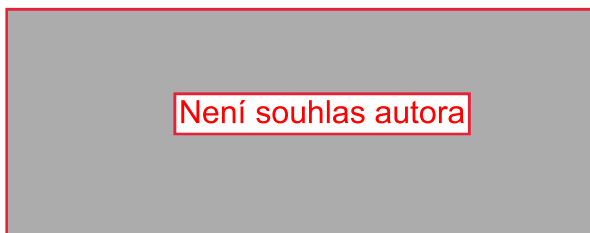
Jiné příčkovky – Prorotherm, Ytong

Tenká betonová stěna – Monierova, Rabitzova

## 7.8. Plášť

### Typ opláštění konstrukce

Sendvičové panely s jádrem z minerální vlny zajišťující vynikající tepelně izolační a protipožární vlastnosti. Vyznačují se snadnou montáží a nízkou hmotností.



Obr. 31: Stěnový panel Kingspan (zdroj: [5])

### Alternativy řešení

#### Nezateplené opláštění

Je vhodný pro objekty, kde není nutné dbát na vnitřní teplotu. Opláštění je tvořeno pozinkovaným trapézovým plechem a vrstveným pláštěm.

#### Železo-betonové panely

Nevýhodou je vysoká hmotnost materiálu. Ztužují halu v daném směru.

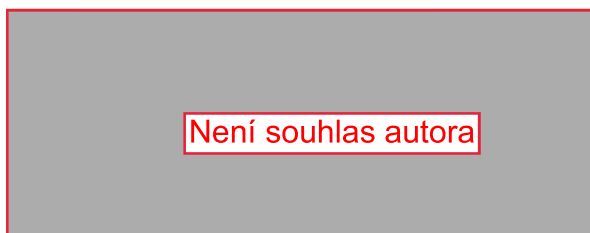
---

## 7.9. Zastřešení

### Typ zastřešení konstrukce

#### Sendvičové panely

Sendvičové panely s jádrem z minerální vlny zajišťující vynikající tepelně izolační a protipožární vlastnosti. Vyznačují se snadnou montáží a nízkou hmotností. Shodné jak pro rovinné střechy, tak i pro sklonité.



Obr. 31: Střešní panel Kingspan (zdroj: [5])

### Alternativy řešení

#### Trapézový plech

Na vaznice je připevněn trapézový plech. Velkou nevýhodou je nízký tepelný odpor. Pro tuto variantu je nutné dodatečné zateplení.

#### Betonové střešní panely

Nevýhodou je jejich vysoká vlastní tíha a nedostatečný tepelný odpor. Je nutné stejně jako u předchozí varianty dodatečné zateplení. Výhodou je ztužení střešní roviny.

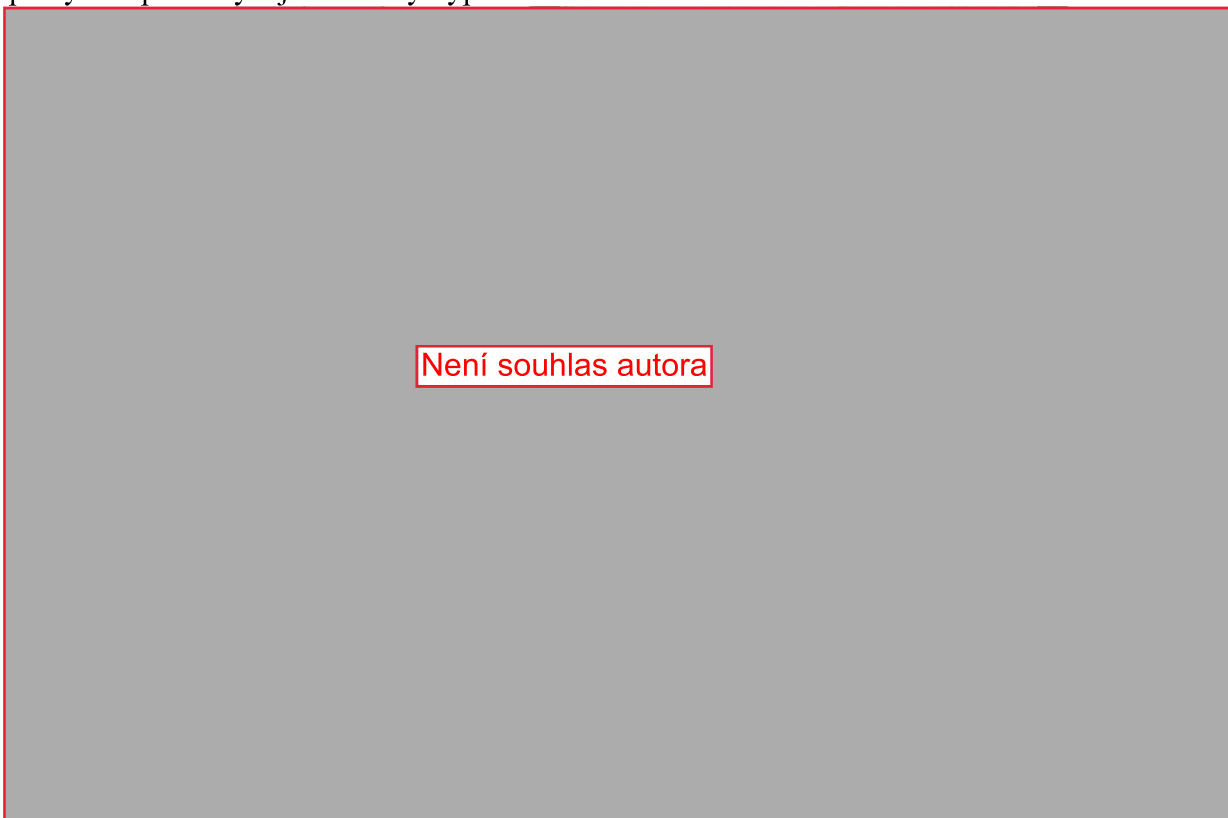


---

## 8. Styky betonových dílců

### 8.1. Styk patka-sloup

Předností prefabrikovaného systému se šroubovým připojením je rychlá montáž. Okamžitě dochází k přenosu sil, takže montážní vzpěry nejsou zapotřebí. Systém sestává z botky sloupů a příslušného kotevního trnu HAB pro základ kotvení. Princip: botky sloupů se zabetonují do prefabrikovaných dílců při výrobě v prefě, kotevní trny se zabetonují pomocí šablony do základu a při montáži vzájemně silově spojí pomocí matic. V posledním kroku se patky sloupů a zbývající mezery vyplní zálivkovou maltou.

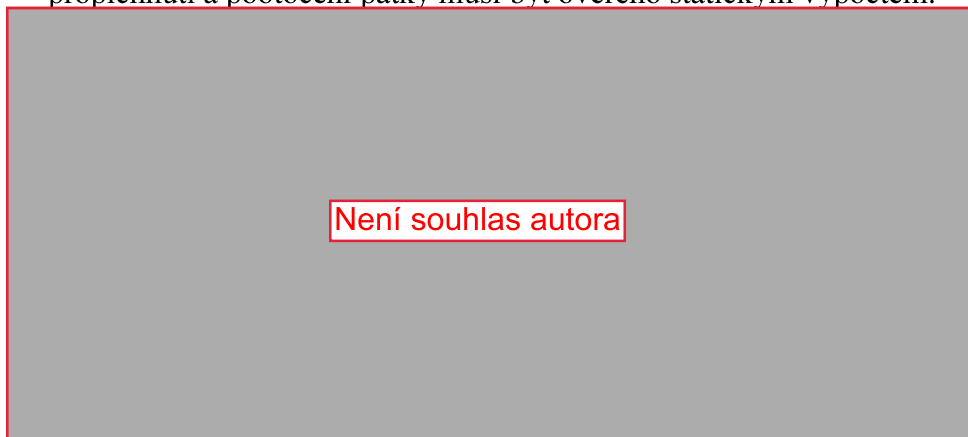


Obr. 32: Kotvení sloupů do základových patek (zdroj: [6])

---

## Alternativy řešení – Zapuštění sloupu do prohlubně kalichové patky

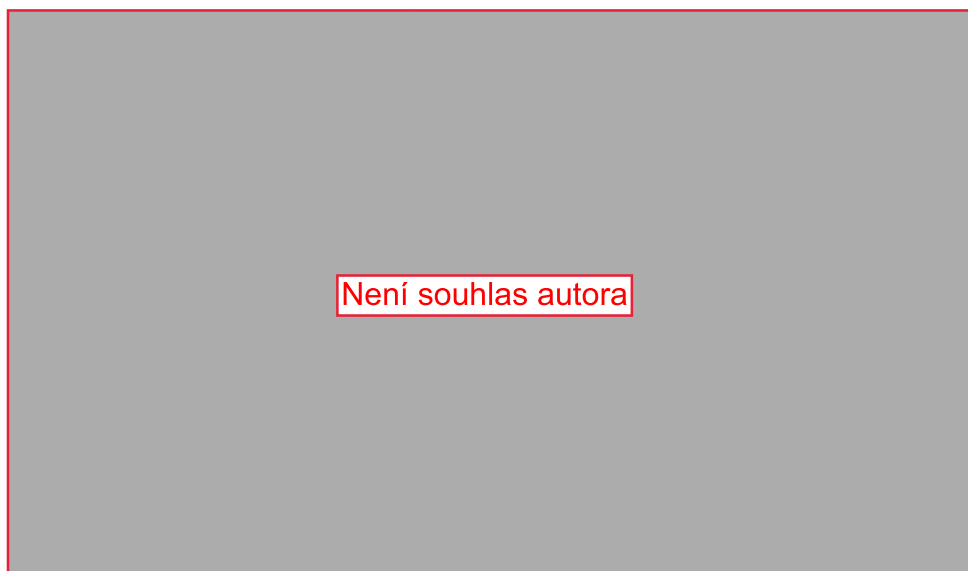
Vetknutí sloupu je zajištěno zapuštěním sloupu do prohlubně základové patky. Rozměry prohlubně musí umožnit snadné zapuštění sloupu, zpracování a kontrolu cementové nebo betonové zálivky. Ideální je použití betonové zálivky s kamenivem frakce 8 mm. K výškovému vyrovnání slouží ocelové podkladní destičky. Svislost sloupu je zajištěna dřevěnými klínky po dobu, než zatvrdne zálivka. Rozměry prohlubně, kotvení, vytržení patky, propíchnutí a pootočení patky musí být ověřeno statickým výpočtem.



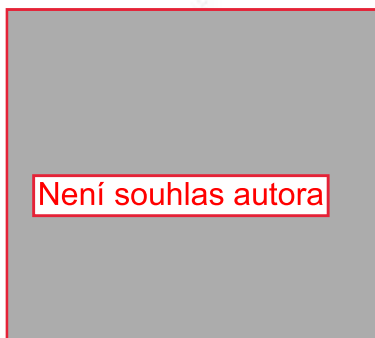
Obr. 33: Vetknutí sloupu do kalichové patky (zdroj: [15])

## 8.2. Styk sloup – průvlak tuhý

Ze statického hlediska se jedná o tuhý styk, který neumožňuje volné pootočení průvlatku v místě uložení a zajišťuje neposuvnost ve styku. Tuhého spojení je dosaženo svařením svislé výztuže sloupů a horní vodorovné výztuže průvlatků (přenáší nadpodporový moment). Tento styk patří k nejsložitějším a staticky nejnáročnějším stykům rámových konstrukcí.



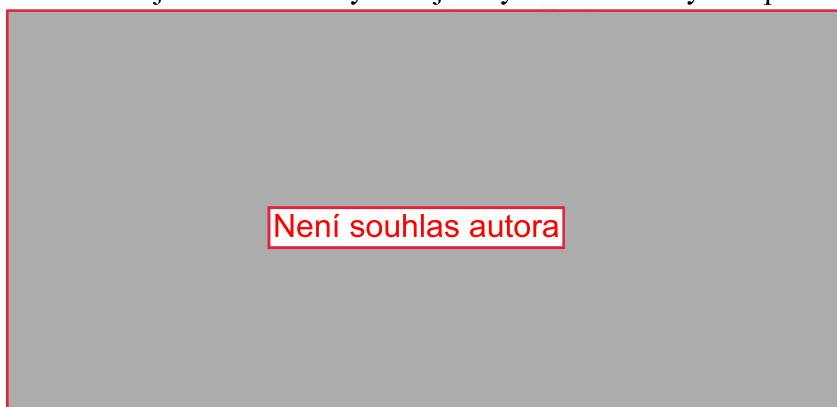
Obr. 34: Tuhé připojení průvlatků ke sloupu (zdroj: [15])



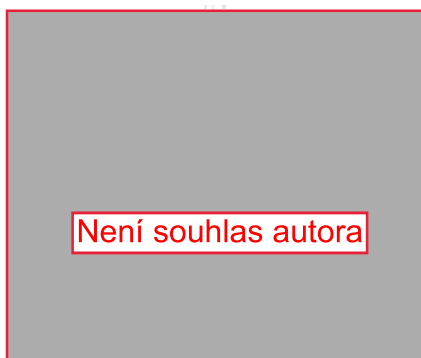
Obr. 35: Statické schéma styku (zdroj: [3])

### 8.3. Styk sloup – průvlak netuhý

Průvlak je nasazen na vyčnívající výztuž z konzoly sloupu.



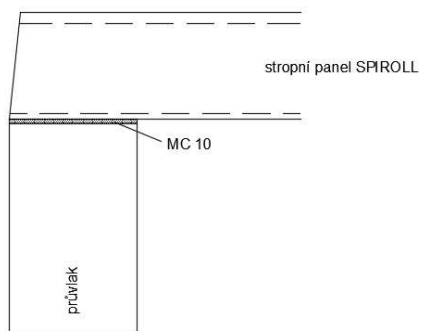
Obr. 35: Netuhé připojení průvlaků ke sloupu (zdroj: [15])



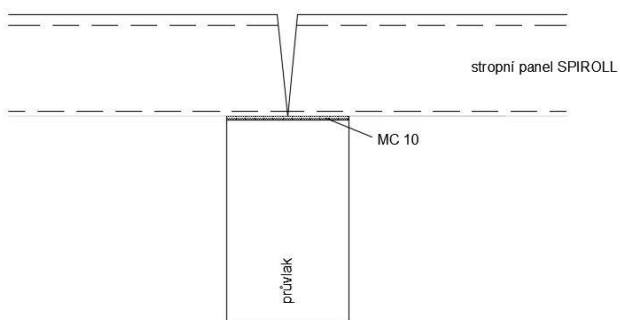
Obr. 36: Statické schéma styku (zdroj: [15])

### 8.4. Styk deska – průvlak

Panel SPIROLL je uložen na průvlak po celé jeho šířce. Nevýhodou oproti uložení na ozub je, že zde dochází k nárůstu výšky této konstrukce oproti uložení na ozub. Velkou výhodou při uložení na celou šířku průvlaků je omezení krouťícího momentu, který působí na průvlak. Panel je uložen do matového lože MC10.

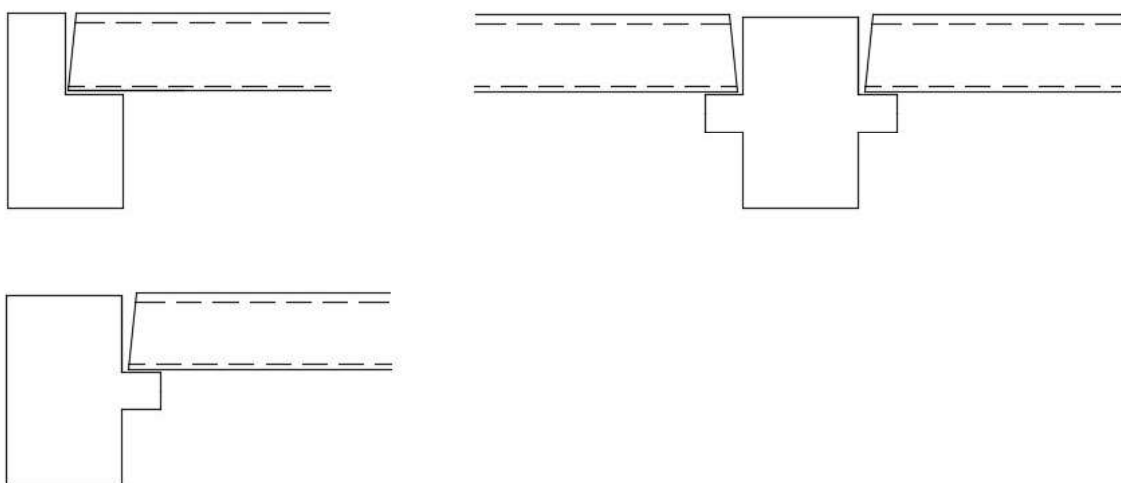


Obr. 37: Schéma uložení panelu SPIROLL na krajní průvlak



Obr. 38: Schéma uložení panelu SPIROLL na střední průvlak

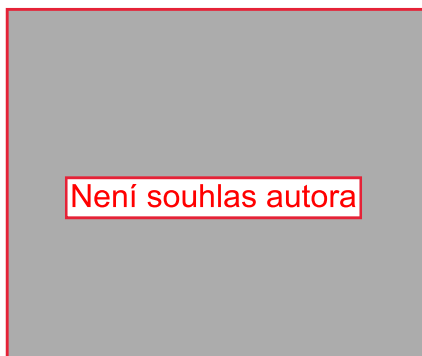
### Alternativy řešení – Uložení panelu SPIROLL na ozub průvlaku



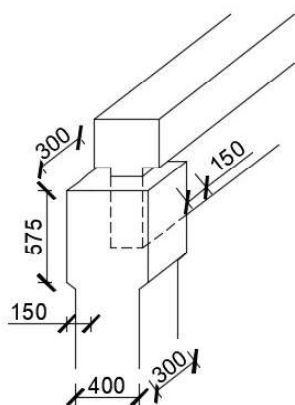
Obr. 39: Další možnosti uložení panelu SPIROLL na průvlak

## 8.5. Styk sloup – vazník

Vazníky jsou uloženy na sloupy, jejichž zhlaví je k tomu uzpůsobeno. Uložení vazníků a vaznic se provádí na pryžové ložisko a kotvení je pak zajištěno kotevním trnem (závitová tyč našroubovaná do pouzdra ve vazníku a kotvená do prohlubně podpory kotevní zálivkovou maltou). Většina z vazníků je pak osazována do tak zvané vidlice a následně bočně omezena pryžovými distančními podložkami.

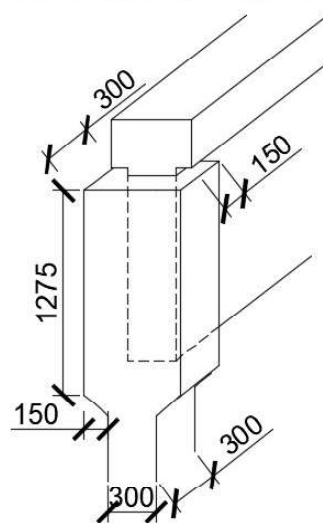
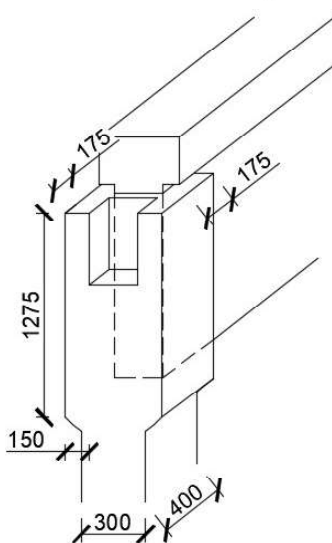


Obr. 38: Řešení uložení vazníků na sloupy (zdroj: [1])



Uložení vazníku 3 na střední sloup 300x400

Uložení vazníku 3 na krajní sloup 300x300



Obr. 39: Schéma uložení vazníků na sloupy

---

## 9. Závěr

Cílem této bakalářské bylo efektivně navrhnout výrobní halu, kterou by bylo možno dokončit v co nejkratším čase. Existuje spousta možností, jakým způsobem lze řešit nosnou konstrukci výrobních hal, ať už se jedná o geometrii jednotlivých dílců nebo jejich spoje. To vede k rozdílným statickým schématům a působení vnitřních sil, deformacím a celkovému chování konstrukce. Působení vnitřních sil má zásadní vliv na dimenze a vyztužení jednotlivých dílců.

Zadaná výrobní hala je celá navržena jako prefabrikovaná. Styky betonových dílců jsou řešeny převážně jako tuhé, až na výjimku, kterou tvoří střešní vazníky, které jsou připojeny kloubově. Celkové opláštění spolu se zastřešením je řešeno panely Kingspan.

Prefabrikované haly mají velkou budoucnost, jelikož jsou postaveny v relativně krátkém čase, což umožňuje rychle využití budovy. Velkou výhodou je také omezení mokrého procesu, který se vztahuje pouze na styky a dokončovací práce. Nepřítomností mokrého procesu je značně urychlí výstavba, protože zde nejsou nutné technologické přestávky.

Na závěr bych chtěl porovnat výhody a nevýhody obou variant výrobní haly, jak prefabrikované, tak monolitické haly.

### **Prefabrikovaná hala**

- + rychlá výstavba
- + omezení mokrých procesů
- + geometrická přesnost a kvalita dílců
- + není potřeba systémové bednění
- drahá přeprava
- potřeba mechanizace
- náročnost provedení styků dílců
- měnící se statické působení (výroba, montáž, zatížení)

### **Monolitická hala**

- + nižší cena v porovnání s prefabrikovanou halou
- + jednodušší provedení styků
- mokrý proces
- doba výstavby
- potřeba systémového bednění
- menší geometrická přesnost
- dotvarování betonu
- ovlivněno klimatickými podmínkami

---

## 10. Literatura

- [1] PREFAHALY s.r.o. [online]. Olomouc, 2011 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.prefahaly.cz/prefahaly.cz/index.html>
- [2] AUREA INVEST [online]. 2008 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://katalog.betonserver.cz/822-zakladove-patky-kalichy>
- [3] Kohoutková, A., Procházka, J., Vašková, J.: Navrhování železobetonových konstrukcí - Příklady a postupy. ISBN 978-80-01-05587-8, nakladatelství ČVUT, Praha, 2014
- [4] Prefa Brno [online]. Brno, 2016 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.prefa.cz/pozemni-stavby/dilce-pro-konstrukce-pozemnich-staveb/predpjate-stenove-panely/predpjate-stenove-panely-spiroll/>
- [5] Kingspan Group [online]. 2016 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <https://www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolacni-sendvicove-panely>
- [6] HCC – Botky sloupů. HALFEN [online]. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.halfen.com/cz/2099/produkty/vyztuze/hcc-botky-sloupu/uvod/>
- [7] ČSN EN 1990 Eurokód: Základy navrhování konstrukcí, ČSNI, 2004
- [8] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení - Část 1-1: Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení budov, ČSNI, 2006
- [9] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem, ČSNI, 2004
- [10] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem, ČSNI, 2005
- [11] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [12] ČSN EN 206-1: Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, ČSNI, 2001
- [13] ČSN 73 1201 - Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb, ÚNMZ, 2010
- [14] Ebeton [online]. 2016 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.ebeton.cz/specifikace>
- [15] Witzany Jiří, Jan PAŠEK, Tomáš ČEJKA a Radek ZIEGLER. *Konstrukce pozemních staveb 70: Prefabrikované konstrukční systémy a části staveb*. Praha: ČVUT, 2003.