

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí

Bakalářská práce

2017

Ivana Strnadová



VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí

Návrh železobetonové rámové konstrukce výstavní síně

Design of reinforced concrete frame structure of exhibition hall

Student:

Ivana Strnadová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Pavlína Matečková, Ph. D.

Ostrava 2017



VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta stavební  
Katedra konstrukcí

## Zadání bakalářské práce

Student: **Ivana Strnadová**  
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství  
Studijní obor: 3607R037 Konstrukce staveb  
Téma: **Návrh železobetonové rámové konstrukce výstavní síně**  
**Design of reinforced concrete frame structure of exhibition hall**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

V rámci bakalářské práce bude zpracován návrh nosné železobetonové konstrukce dle projektové dokumentace pro výstavní síň v Havířově podle platných norem pro navrhování.

Práce bude obsahovat návrh a posouzení dvoupatrové nosné rámové konstrukce, návrh konstrukce stropů a schodiště. Bude navrženo založení na základových patkách. Model konstrukce bude zpracován v softwaru na bázi MKP.

Pro posouzené prvky budou zpracovány výkresy tvaru a výztuže.

### Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení stavebních konstrukcí.


ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí, Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

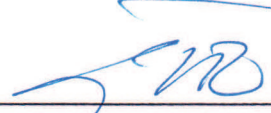
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Pavlína Matečková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2016

Datum odevzdání: 02.05.2017

  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Radim Čajka, CSc.  
děkan fakulty



### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta





Prohlašuji:

- byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 2.5. 2017



## **Anotace**

Předmětem bakalářské práce je železobetonová dvoupatrová rámová konstrukce, která má sloužit pro občanskou vybavenost jako výstavní síň. Cílem je navrhnout a posoudit nosné prvky rámové konstrukce, konstrukce schodiště a stropů a založení na základových patkách podle metody mezních stavů, platných norem a konstrukčních zásad.

Pro posouzení prvky byly vypracovány výkresy výztuže a stavební výkresy.

## **Annotation**

The subject of Bachelor thesis is two storey reinforced concrete frame structure, which has to serve for civil amenities as exhibition hall. The aim is to design and assess the support elements of frame structure, the structure of staircase and the ceilings and the foundation on foundation plinths according to the method of limit states, applicable standards and design principles.

For assess elements have been created reinforcement drawings and construction drawings.



## Obsah

Seznam použitého značení a softwaru .....	1
1. Úvod.....	3
1.1 Cíl bakalářské práce.....	3
2. Technická zpráva.....	5
2.1. Materiál konstrukce.....	5
3. Zatížení.....	7
3.1. Stálé zatížení .....	7
3.1.1 Zatížení plošné .....	7
3.1.2. Zatížení liniové.....	8
3.2. Užiténé zatížení.....	8
3.3. Zatížení sněhem.....	9
3.4. Zatížení větrem.....	9
3.5. Zatěžovací stavy.....	14
3.5.1. Schodiště .....	14
3.5.2. Rám .....	16
3.5.3. Deska.....	22
4. Účinky od kombinací zatížení.....	27
4.1. Schodiště .....	27
4.2. Rám .....	28
4.3. Desky.....	31
5. Posouzení nosných prvků.....	35
5.1 Metody mezních stavů .....	35
5.2. Materiálové charakteristiky.....	35
5.3. Schodiště .....	36
5.4. Desky.....	44
5.5. Průvlak .....	51

5.6. Sloup.....	62
5.7. Patky.....	70
6. Závěr.....	83
7. Poděkování.....	85
8. Seznam příloh a výkresů .....	87
9. Seznam použité literatury .....	89

## Seznam použitého značení a softwaru

### Seznam použitého značení:

A	Součinitel zohledňující dotvarování betonu
$A_c$	Plocha betonového průřezu [ $m^2$ ]
B	Součinitel zohledňující mechanický stupeň vyztužení
B1 – B6	Šířky jednotlivých polí desek [m]
C	Součinitel zohledňující poměr koncových momentů prvního řádu
$E_{cm}$	Modul pružnosti betonu [GPa]
$E_s$	Modul pružnosti betonářské výztuže [GPa]
$G_d$	Návrhová hodnota stálého zatížení [kN/m]
$G_k$	Charakteristická hodnota stálého zatížení [kN/m]
$I_y$	Moment setrvačnosti k ose y [ $m^4$ ]
$M_{Ed}$	Návrhová hodnota ohybového momentu [kNm]
$N_{Ed}$	Návrhová hodnota normálové síly [kN]
$Q_d$	Návrhová hodnota proměnného zatížení [kN/m]
$Q_k$	Charakteristická hodnota proměnného zatížení [kN/m]
$V_{Ed}$	Návrhová hodnota posouvající síly [kN]
$V_{Rd,s}$	Návrhová hodnota posouvající síly, kterou může převzít smyková výztuž na mezi kluzu [kN]
b	Šířka prvku [m]
$b_w$	Nejmenší šířka průřezu v tažené oblasti [m]
$c_{min}$	Minimální krycí vrstva s přihlédnutím k požadavku soudržnosti [mm]
$c_{nom}$	Jmenovitá hodnota tloušťky krycí vrstvy [mm]
$d_1, d_2$	Vzdálenost od kraje průřezu k ose výztuže [mm]
$f_{ck}$	Charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku [MPa]
$f_{cd}$	Návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku [MPa]
$f_{ctm}$	Střední návrhová hodnota pevnosti betonu v tahu [MPa]
$f_{ctk,0,05}$	5% kvantil charakteristické hodnoty pevnosti v tahu [MPa]
$f_{yk}$	Charakteristická hodnota pevnosti oceli v tahu na mezi kluzu [MPa]
$f_{yd}$	Návrhová hodnota pevnosti oceli v tahu na mezi kluzu [MPa]
$g_k$	Charakteristická hodnota stálého zatížení [ $kN/m^2$ ]

---

$g_d$	Návrhová hodnota stálého zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]
$h$	Výška prvku [m]
$k$	Součinitel
$k_1$	Součinitel, kterým se zohledňují vlastnosti soudržné výztuže
$k_2$	Součinitel, kterým se zohledňuje rozdělení poměrného přetvoření
$k_3$ a $k_4$	Součinitelé podle národní přílohy ČSN EN 1992-1-1
$l$	Délka prvku [m]
$m_{Ed}$	Návrhová hodnota ohybového momentu [kNm/m']
$n$	Počet [ks]
$n_{Ed}$	Návrhová hodnota normálové síly [kN/m']
$q_k$	Charakteristická hodnota proměnného zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]
$q_d$	Návrhová hodnota proměnného zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]
$s_s$	Osová vzdálenost výztuže [mm]
$\Delta_{cdev}$	Přídavek k minimální krycí vrstvě zohledňující možné odchylky [mm]
$\phi$	Průměr prutu výztuže [mm]
$\alpha_{cw}$	Součinitel, kterým se zohledňuje stav napětí v tlačném pásu
$\gamma_c$	Součinitel spolehlivosti betonu
$\gamma_g, \gamma_g$	Dílčí součinitelé zatížení
$\gamma_s$	Součinitel spolehlivosti oceli
$\epsilon_{cm}$	Průměrná hodnota poměrného přetvoření betonu mezi trhlinami
$\epsilon_{sm}$	Průměrná hodnota poměrného přetvoření výztuže
$\lambda$	Součinitel
$\rho_{sw}$	Stupeň vyztužení smykovou výztuží
$\psi$	Součinitele, kterými se definují reprezentativní hodnoty proměnného zatížení

Seznam použitého softwaru:

Microsoft Office Word 2016

Microsoft Office Excel 2016

SCIA Engineer 16.1 – studentská verze

Grapfisoft ArchiCAD-64 19 EDU



## **1. Úvod**

Bakalářská práce se bude zabývat statickým výpočtem nosného konstrukčního systému navrženého již z dříve zpracované studie. Studii zpracovala autorka této bakalářské práce v rámci ročníkového projektu na střední průmyslové škole stavební v Havířově. Bude se počítat zatížení na konstrukci, jeho následné účinky na konstrukci a návrh výztuže do prvků nosného systému. V průběhu statického výpočtu i měnit dimenze prvků.

### **1.1 Cíl bakalářské práce**

Cílem bakalářské práce je navrhnout objekt s nosnou konstrukcí z železobetonových rámu založených na základových patkách. Poté vypočítat účinky zatížení, které na objekt působí a staticky navrhnout a posoudit nosné prvky železobetonové konstrukce. S návrhem budou i zpracovány výkresy výztuže a stavební výkresy.



## 2. Technická zpráva

Objekt je navržen pro občanskou vybavenost jako výstavní síň. Je to dvoupatrová rámová konstrukce s půdorysnými rozměry 18 740 x 17 540 mm a výškou od upraveného terénu 8 855 mm. Má rovnou jednoplášťovou střechu s maximálním sklonem 5 % a vyzděnou atikou. Je řešen i bezbariérově a bude umístěn do města Havířov.

Řešená budova má nosnou konstrukci složenou ze 4 železobetonových monolitických ráků. Jednotlivé ráky jsou členěny po délce na 3 pole a to postupně 7 200 mm, 6 000 mm a 4 800 mm a na dvě patra. První patro má výšku 4 720 mm a druhé patro má výšku 3 100 mm. Rám je složen ze sloupů průřezu 400x400 mm a průvlaků průřezu 650x400 mm. Celá rámová konstrukce je ztužena dvěma spojitými deskami o tloušťce 200 mm a třech polí působící v jednom směru. Příčné ztužení ráků je zajištěno ztužidly. Jako obvodový plášť je zvoleno zdivo ze systému Ytong přesné tvárnice P2-400 a příčky z Ytong příčkovek P2-500. Pohyb mezi prvním a druhým patrem zajišťuje deskové monolitické železobetonové schodiště.

Nosný systém je založen na základových patkách a obvodový plášť i schodiště jsou založeny na základových pásech. Krajní patky mají rozměry 1 250 x 1 250 x 600 mm a mezilehlé 1 500 x 1 500 x 600 mm. Základová zemina byla zatříděna jako štěrk hlinitý GM do hloubky 3,75 m a hladina podzemní vody byla nalezena v hloubce 2,9 m pod základovou spárou. Základová spára se nachází 1,4 m pod upraveným terénem. Základové patky a pásy jsou zasypané štěrkem dobře zrněným GW.

Zatížení objektu je zvoleno podle účelu stavby a to v 1.NP na výstavní síň, sklady, prodejní místnost a toalety a ve 2.NP na toalety, sklad a třídy s lavicemi. Dále podle zatížení sněhem, větrem a vlastní tíhou konstrukce.

### 2.1. Materiál konstrukce

Celá rámová konstrukce včetně nosných desek, deskového schodiště a základových patek je z betonu třídy C30/37 s charakteristickou krychelnou pevností v tlaku 30 MPa. Betonářská výztuž v celém objektu je třídy B500 B s charakteristickou mezí kluzu 500 MPa.



### 3. Zatížení

#### 3.1. Stálé zatížení

##### 3.1.1 Zatížení plošné

Zatížení na stropní desku z 2. NP viz (tab. 1)

tab. 1 Zatížení na stropní desku 2. NP

skladba střešního pláště	výpočet	$g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_M$	$g_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Fatrafol hydroizolační folie tl.2mm (1200kg/m <sup>3</sup> )	12*0,002	0,02	1,35	0,04
Tepelná izolace Rockwool tl.240mm (171kg/m <sup>3</sup> )	1,71*0,24	0,41	1,35	0,55
parozábrana PE Bachl B2 (1kg/m <sup>2</sup> )	0,01	0,01	1,35	0,02
Lehčený beton Izomalt tl. 50-340mm (500kg/m <sup>3</sup> )	5*0,34	1,40	1,35	1,89
ŽB deska 200mm (2500kg/m <sup>3</sup> )	25*0,2	5,00	1,35	6,75
stěrková omítka 5mm	0,005*18	0,09	1,35	0,12
celkem		6,93		9,37

Zatížení na stropní desku z 1. NP viz (tab.2 a tab. 3)

tab. 2 Zatížení na desku střechy 1. NP-skladba podlahy s keramickou dlažbou

skladba podlahy s keramickou dlažbou	výpočet	$g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_M$	$g_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
keramická dlažba + lepidlo 20mm	0,02*22	0,44	1,35	0,59
samonivelační stěrka 2mm (5kg/m <sup>2</sup> )	0,05	0,05	1,35	0,07
bet. Mazanina c16/20 50mm + kari síť 100/100/5	0,05*25	1,25	1,35	1,69
pojistná hydroizolace A500H	0,01	0,01	1,35	0,02
Elastifikovaný polystyren Rigifloor 4 000 tl. 40mm	0,04*0,15	0,01	1,35	0,01
ŽB deska 200mm	0,2*25	5,00	1,35	6,75
stěrková omítka 5mm	0,005*18	0,09	1,35	0,12
celkem		6,85		9,25

tab. 3 Skladba podlahy s PVC

skladba podlahy s povlakem z PVC	výpočet	$g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_M$	$g_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
PVC (4kg/m <sup>2</sup> )+ textilní podložka	0,04	0,04	1,35	0,05
samonivelační stěrka 2mm (5kg/m <sup>2</sup> )	0,05	0,05	1,35	0,07
bet. Mazanina C16/20 55mm + kari síť 100/100/5	0,055*25	1,38	1,35	1,86
pojistná hydroizolace A500H	0,01	0,01	1,35	0,02
Elastifikovaný polystyren Rigifloor 4 000 tl. 40mm	0,04*0,15	0,01	1,35	0,01
ŽB deska 200mm	0,2*25	5,00	1,35	6,75
stěrková omítka 5mm	0,005*18	0,09	1,35	0,12
celkem		6,58		8,88

## Zatížení podesty schodiště viz (tab. 4)

tab. 4 Zatížení podesty schodiště

skladba podesty schodiště	výpočet	$g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_M$	$g_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
keramická dlažba 14mm + cementový potěr 20mm	$22*0,014+0,02*2$ 4	0,79	1,35	1,07
ŽB deska 200mm	$0,2*25$	5,00	1,35	6,75
omítka 20mm	$0,02*18$	0,36	1,35	0,48
celkem		6,15		8,30

## Zatížení ramena schodiště viz (tab. 5)

tab. 5 Zatížení ramena schodiště

skladba ramena schodiště	výpočet	$g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_M$	$g_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
keramická dlažba 14mm + cementový potěr 20mm	$22*0,014+0,02*24$	0,79	1,350	1,06
ŽB deska 223mm	$0,223*25$	5,78	1,350	7,79
vl. Tíha stupňů	$0,5*0,315*0,156*0,001*(12/4,218*25)$	1,75	1,350	2,36
omítka 20mm	$0,02*18$	0,36	1,350	0,49
celkem		8,68		11,70

## 3.1.2. Zatížení liniové

tab. 6 Zatížení liniové

Liniové zatížení	výpočet	$g_k$ [kN/m]	$\gamma_M$	$g_d$ [kN/m]
ŽB průvlak 400 x 450 mm	$0,4*0,45*25$	4,5	1,35	6,08
celkem		4,5		6,08

## 3.2. Užité zatížení

tab. 7 Zatížení užité

Užité zatížení	$g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_M$	$g_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
E1 Skladovací účely	7,50	1,5	11,25
C1 Plochy s lavicemi	3,00	1,5	4,50
A Toalety (stropy)	1,50	1,5	2,25
A schodiště	3,00	1,5	4,50
H Nepřístupné střechy	0,75	1,5	1,13
Přemístitelné příčky $g_k < 3$ kN/m	1,20	1,5	1,80

### 3.3. Zatížení sněhem

III. sněhová oblast (Havířov)

Charakteristická hodnota zatížení sněhem  $s_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

Sklon střechy 5 %

Součinitel expozice - normální  $C_e = 1$

Tepelný součinitel  $C_t = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tvarový součinitel zatížení sněhem  $\mu_1 = 0,8$

Výpočet zatížení sněhem:  $s = s_k * C_e * C_t * \mu_1 = 1,5 * 1 * 1 * 0,8 = 1,2 \text{ kN/m}^2$

### 3.4. Zatížení větrem

I. větrná oblast (Havířov)

Výchozí základní rychlost větru  $v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$

Součinitel směru větru  $c_{dir} = 1$

Součinitel ročního období  $c_{season} = 1$

Výpočet základní rychlosti větru  $v_b = v_{b,0} * c_{dir} * c_{season} = 22,5 * 1 * 1 = 22,5 \text{ m/s}$

Hustota vzduchu  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

Základní tlak větru  $q_b = 0,5 * \rho * v_b^2 = 0,5 * 1,25 * 22,5^2 = 14,06 \text{ kg/m}^2\text{s}$

Referenční výška  $z_e = 8,185 \text{ m}$

III. kategorie terénu

Parametr drsnosti terénu  $z_0 = 0,3 \text{ m}$

Výška objektu  $z = 8,185 \text{ m}$

Minimální výška objektu  $z_{min} = 5 \text{ m}$

Min. výška objektu pro II. kategorii terénu  $z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$

Výpočet součinitele drsnosti terénu:

$$c_r(z) = k_r * \ln \frac{z}{z_0} = 0,2154 * \ln \frac{8,185}{0,05} = 0,712$$

$$k_r = 0,19 \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \left( \frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,2154$$

Výpočet charakteristické střední rychlosti větru:

$$v_m = c_r(z) * c_0(z) * v_b = 0,712 * 1 * 22,5 = 16,02 \text{ m/s}$$

součinitel ortografie  $c_0(z) = 1$

Výpočet charakteristického maximálního dynamického tlaku:

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * 0,5 * \rho * v_m^2 = [1 + 7 * 0,3024] * 0,5 * 1,25 * 16,02^2 = 500,189 \text{ N/m}^2$$

$$q_p(z) = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

Intenzita turbulence

$$I_v = \frac{k_I}{C_0(z) * \ln \frac{z}{z_0}} = \frac{1}{1 * \ln \frac{8,185}{0,3}} = 0,3024$$

### Tlak větru na konstrukci

a) Tlak větru na střešní konstrukci

$$e = \min(b; 2h) = \min(18,74; 2 * 8,185) = 16,37 \quad \text{pro příčný směr větru}$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(17,54; 2 * 8,185) = 16,37 \quad \text{pro podélný směr větru}$$

Vnitřní tlak větru  $c_{pi}$

Vnější tlak větru  $c_{pe}$

Plocha pro působení větru  $> 10 \text{ m}^2$ , proto byly vybrány hodnoty z  $c_{pe,10}$

Označení oblastí na střeše F, G, H, I

Objekt má plochou střechu s atikou, proto byla vybrána hodnota pro  $\frac{h_p}{h}$ .

$$\frac{h_p}{h} = \frac{0,32}{8,185 - 0,32} = 0,0407$$



---

Hodnoty součinitele  $c_{pe,10}$ :

$$c_{pe,10}^{F^-} = -1,48$$

$$c_{pe,10}^{G^-} = -0,98$$

$$c_{pe,10}^{H^-} = -0,7$$

$$c_{pe,10}^{I^+} = 0,2$$

$$c_{pe,10}^{I^-} = -0,2$$

Hodnoty součinitele  $c_{pi}$ :

$$c_{pi} = 0,2$$

$$c_{pi} = -0,3$$

Hodnoty výsledného tlaku na střešní konstrukci s  $c_{pi} = 0,2$  se vypočítají podle rovnice (3.1):

$$w_k = q_p(c_{pe,10} - c_{pi}) \quad (3.1)$$

$$w_k^{F^-} = 0,5 * (-1,48 - 0,2) = -0,842 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{G^-} = 0,5 * (-0,98 - 0,2) = -0,59 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{H^-} = 0,5 * (-0,7 - 0,2) = -0,45 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{I^+} = 0,5 * (0,2 - 0,2) = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{I^-} = 0,5 * (-0,2 - 0,2) = 0,2 \text{ kN/m}^2$$

Hodnoty výsledného tlaku na střešní konstrukci s  $c_{pi} = -0,3$  se vypočítají dle rovnice (3.1):

$$w_k^{F^-} = 0,5 * (-1,48 + 0,3) = -0,592 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{G^-} = 0,5 * (-0,98 + 0,3) = -0,342 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{H^-} = 0,5 * (-0,7 + 0,3) = -0,2 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{I^+} = 0,5 * (0,2 + 0,3) = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{I^-} = 0,5 * (-0,2 + 0,3) = 0,05 \text{ kN/m}^2$$

b) Tlak větru na svislou konstrukci

$$e = \min(b; 2h) = \min(18,74; 2 \cdot 8,185) = 16,37 \quad \text{pro příčný směr větru}$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(17,54; 2 \cdot 8,185) = 16,37 \quad \text{pro podélný směr větru}$$

Označení oblastí na svislých konstrukcích A, B, C, D, E

Plocha pro působení větru  $> 10 \text{ m}^2$ , proto byly vybrány hodnoty z  $c_{pe,10}$

- pro příčný směr větru

$$\frac{h}{d} = \frac{8,185}{17,54} = 0,47$$

- pro podélný směr větru

$$\frac{h}{d} = \frac{8,185}{18,74} = 0,437$$

Hodnoty součinitele  $c_{pe,10}$  pro příčný směr větru:

$$c_{pe,10}^A = -1,2$$

$$c_{pe,10}^B = -0,8$$

$$c_{pe,10}^C = -0,5$$

$$c_{pe,10}^D = 0,731$$

$$c_{pe,10}^E = -0,363$$

Hodnoty součinitele  $c_{pi}$ :

$$c_{pi} = 0,2$$

$$c_{pi} = -0,3$$

Hodnoty výsledného tlaku na střešní konstrukci s  $c_{pi} = 0,2$  se vypočítají dle rovnice (3.1):

$$w_k^A = 0,5 \cdot (-1,2 - 0,2) = -0,7 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^B = 0,5 \cdot (-0,8 - 0,2) = -0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^C = 0,5 \cdot (-0,5 - 0,2) = -0,35 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^D = 0,5 \cdot (0,731 - 0,2) = 0,266 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^E = 0,5 * (-0,363 - 0,2) = -0,281 \text{ kN/m}^2$$

Hodnoty výsledného tlaku na střešní konstrukci s  $c_{pi} = -0,3$  se vypočítají dle rovnice (3.1):

$$w_k^A = 0,5 * (-1,2 + 0,3) = -0,45 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^B = 0,5 * (-0,8 + 0,3) = -0,25 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^C = 0,5 * (-0,5 + 0,3) = -0,1 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^D = 0,5 * (0,731 + 0,3) = 0,516 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^E = 0,5 * (-0,363 + 0,3) = -0,031 \text{ kN/m}^2$$

Hodnoty součinitele  $c_{pe,10}$  pro podélný směr větru:

$$c_{pe,10}^D = 0,727$$

$$c_{pe,10}^E = -0,446$$

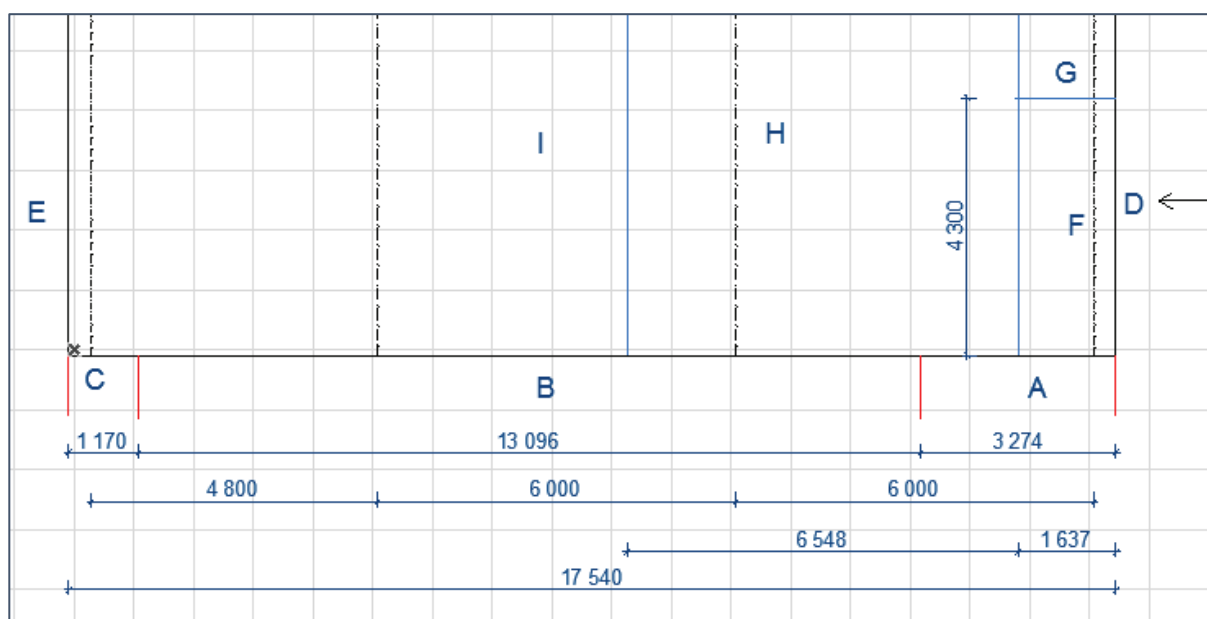
Hodnoty výsledného tlaku na střešní konstrukci s  $c_{pi} = 0,2$  se vypočítají dle rovnice (3.1):

$$w_k^D = 0,5 * (0,727 - 0,2) = 0,264 \text{ kN/m}^2$$

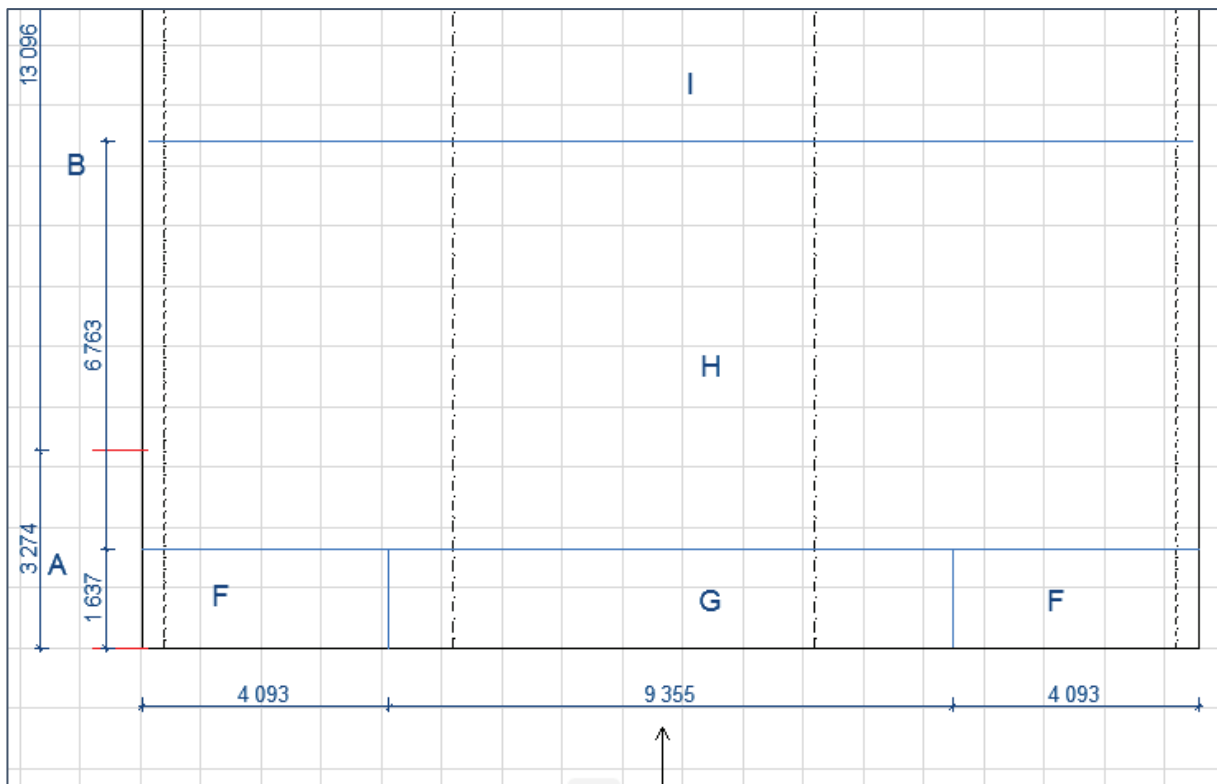
$$w_k^E = 0,5 * (-0,446 - 0,2) = -0,323 \text{ kN/m}^2$$

Hodnoty výsledného tlaku na střešní konstrukci s  $c_{pi} = -0,3$  se vypočítají dle rovnice (3.1):

$$w_k^D = 0,5 * (0,731 + 0,3) = 0,513 \text{ kN/m}^2 \quad w_k^E = 0,5 * (-0,363 + 0,3) = -0,073 \text{ kN/m}^2$$



Obrázek 1 Označení ploch u příčného směru tlaku větru.

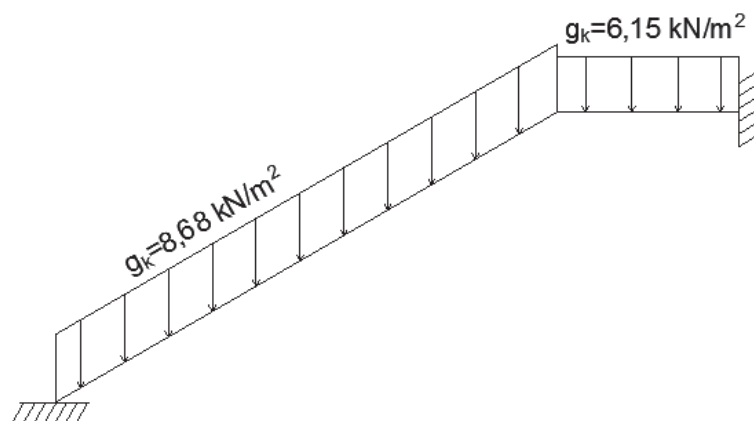


Obrázek 2 Označení ploch u podélného směru tlaku větru.

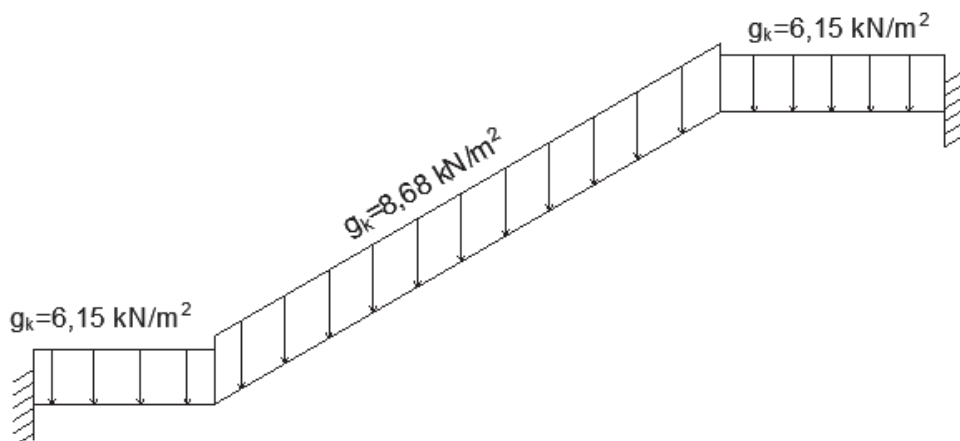
### 3.5. Zatěžovací stavy

#### 3.5.1. Schodiště

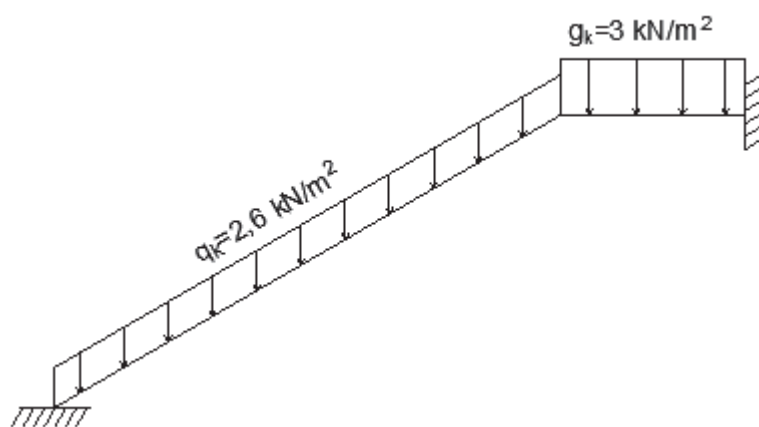
- Zatížení podesty: -vlastní tíha + stálé zatížení viz (tab. 4)  
 -užitné zatížení kat. A schodiště viz (tab.7)
- Zatížení ramena: -vlastní tíha + stálé zatížení viz (tab. 5)  
 -užitné zatížení kat. A schodiště viz (tab.7)



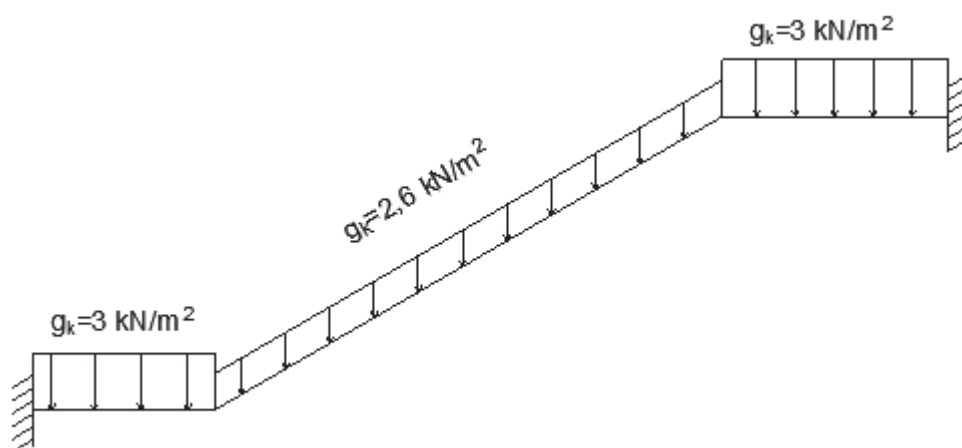
Obrázek 3 Nástupní rameno-zatížení stálé.



Obrázek 4 Výstupní rameno-zatížení stálé



Obrázek 5 Nástupní rameno-zatížení užité



Obrázek 6 Výstupní rameno-zatížení užité

## 3.5.2. Rám

Roznášecí šířka  $b=6$  m.

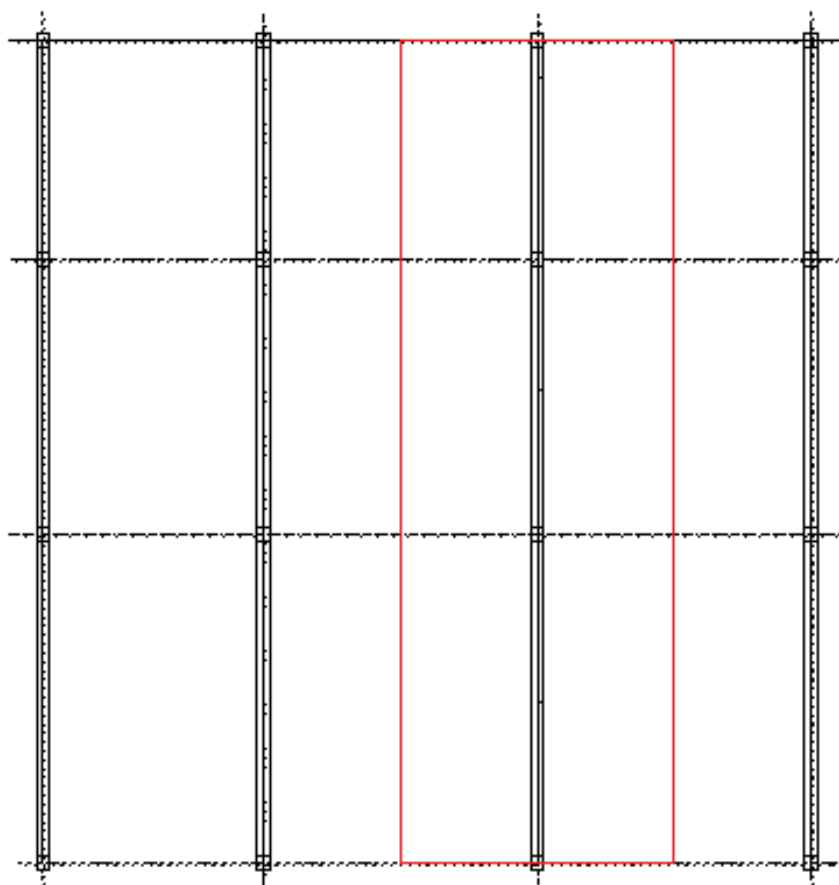
Působící zatížení: -vlastní tíha + stálé zatížení viz (tab. 1; 2; 3)

-Užitné zatížení kat. C1, H a přemístitelné příčky

viz (tab. 7)

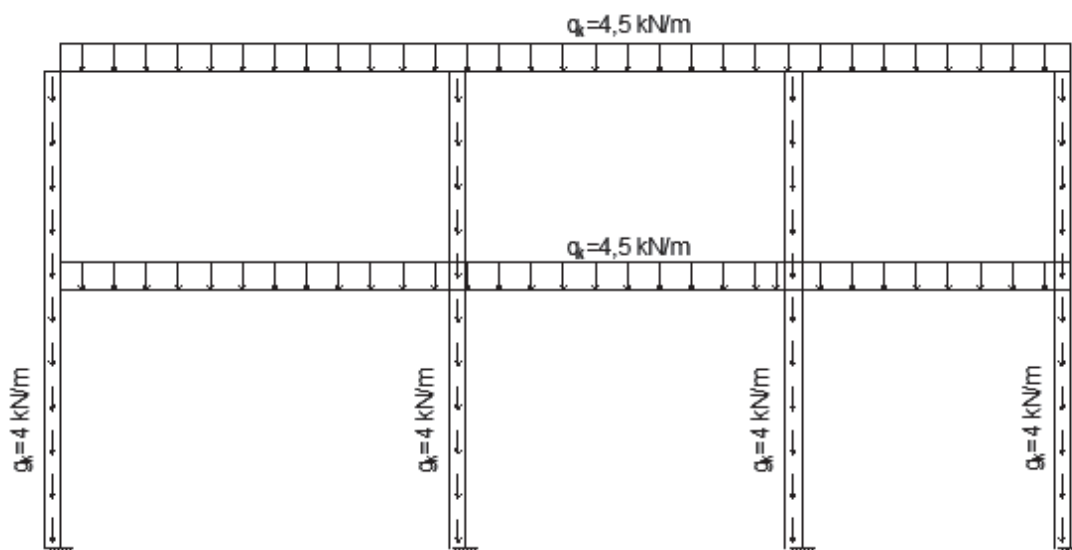
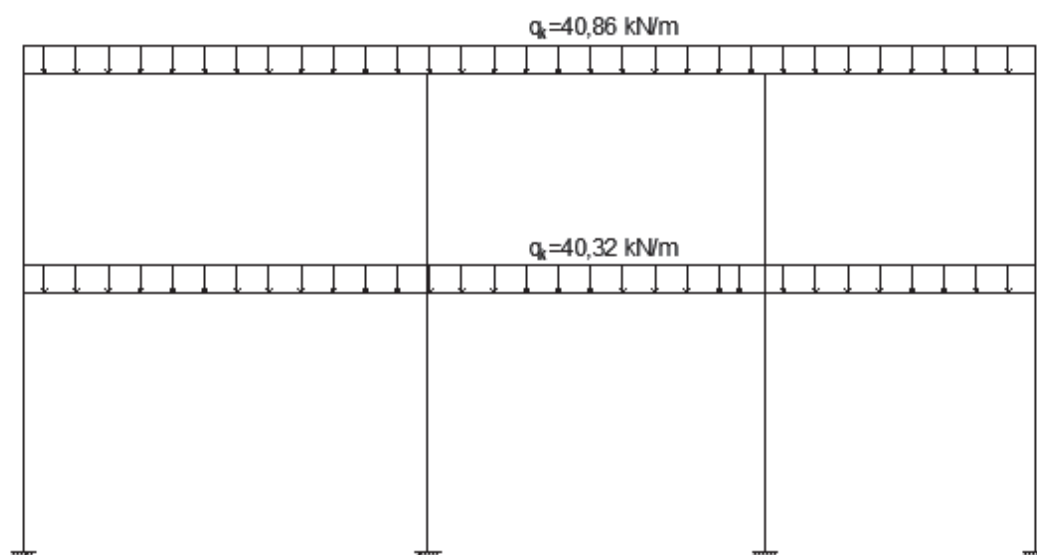
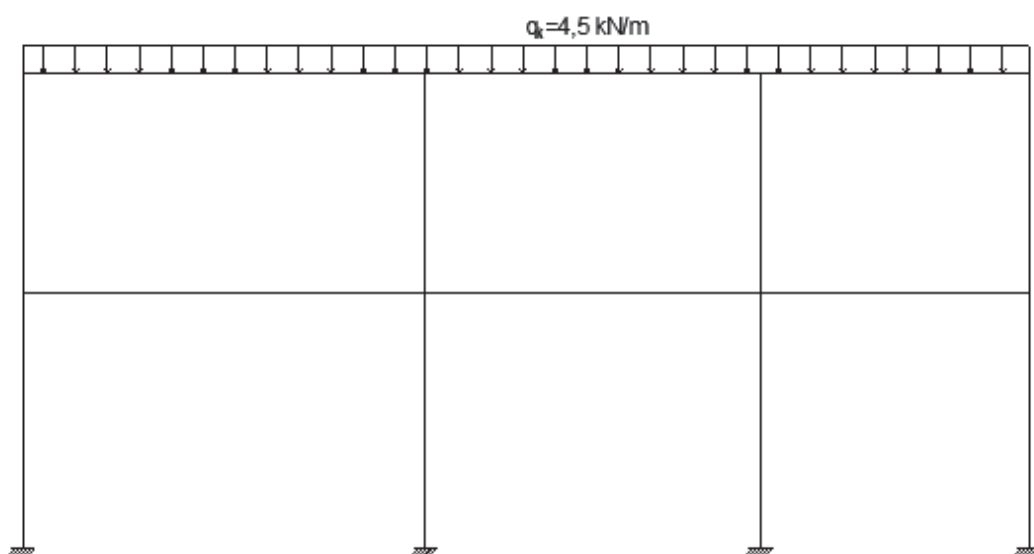
-Zatížení sněhem

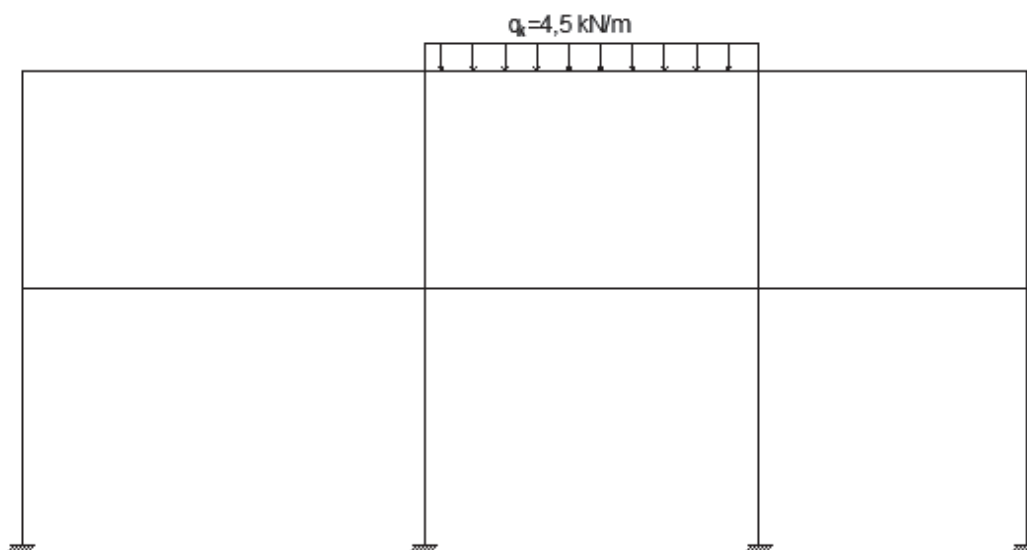
-Zatížení větrem



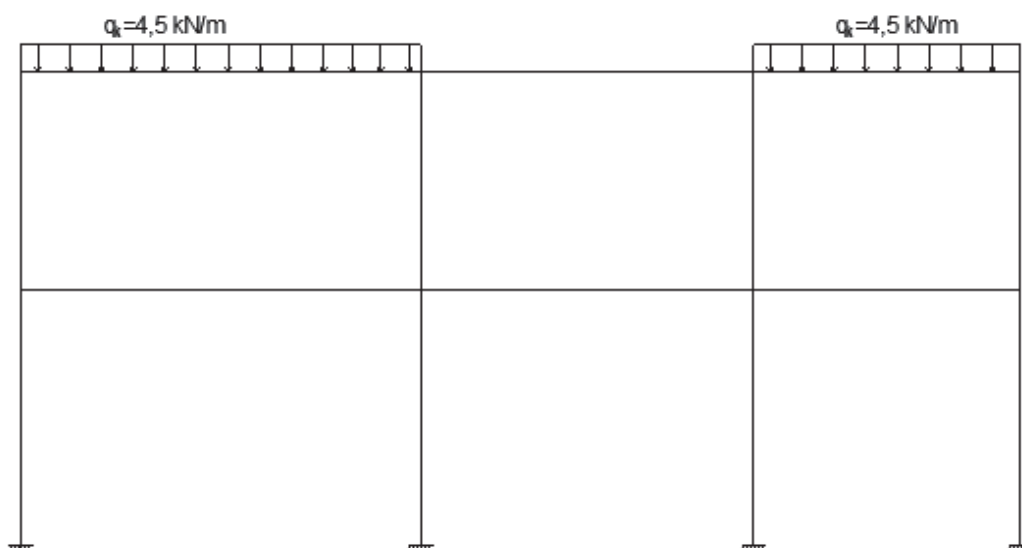
Obrázek 7 Vybraný rám pro posouzení

Třetí rám zleva (obrázek 7) je vybrán, protože je nejvíc zatěžován. Má největší zatěžovací šířku  $b = 6$  m a působí na něj největší tloušťka spádové vrstvy střešní konstrukce. Na obrázcích níže (obrázek 8 až 13.5) jsou nakresleny a vybrány nepříznivé zatěžovací stavy pro kombinace mezi nimi, aby vyvolaly největší možné účinky od zatížení.

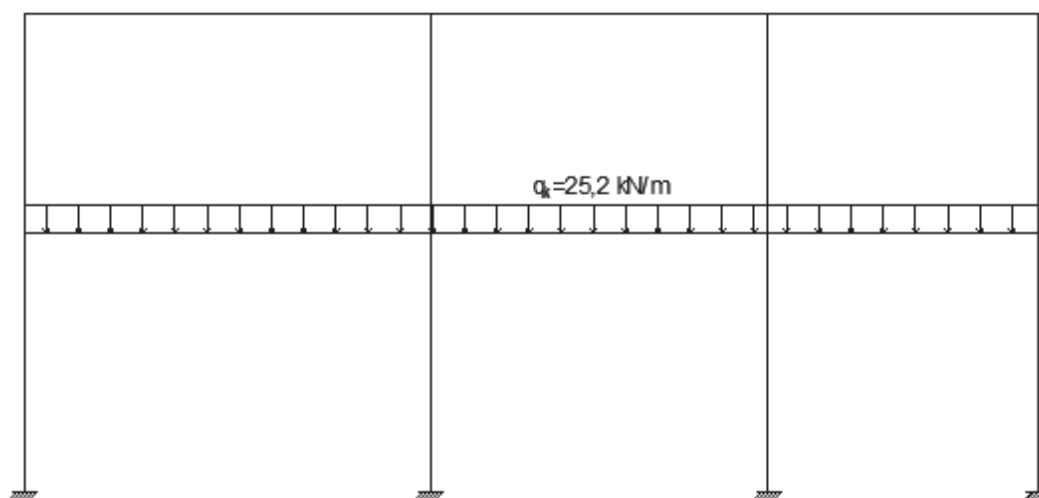
Obrázek 8  $G_{k1}$  zatížení vlastní tíhouObrázek 9  $G_{k2}$  zatížení stáléObrázek 8  $Q_{k,H1}$  užitečné zatížení střechy



Obrázek 10.1  $Q_{k,H2}$  užitné zatížení střechy

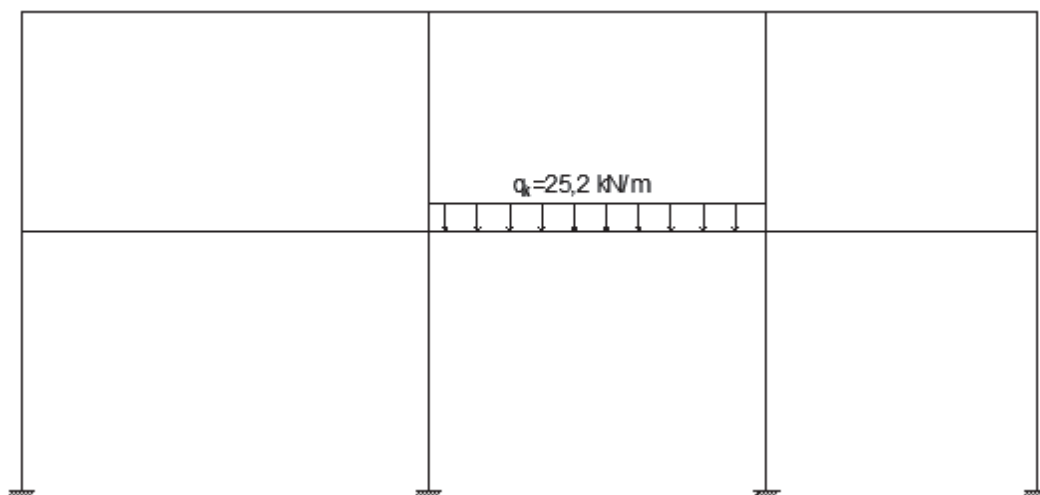
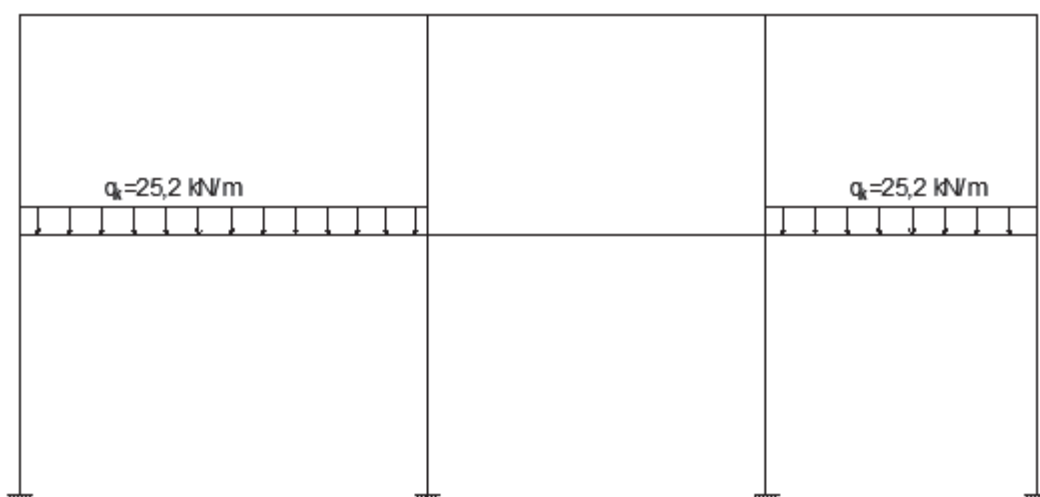
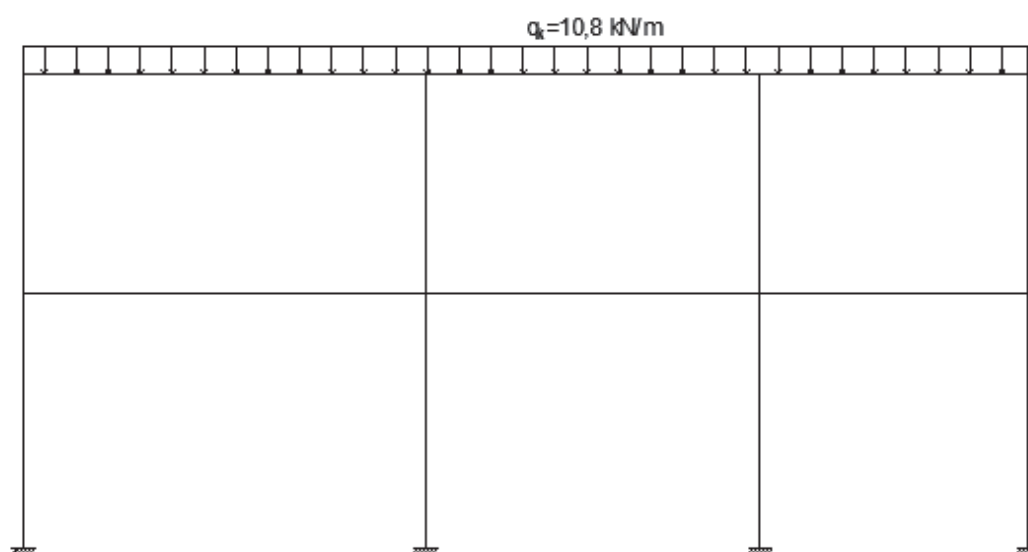


Obrázek 10.2  $Q_{k,H3}$  užitné zatížení střechy



Obrázek 9  $Q_{k,C1}$  užitné zatížení 2. NP

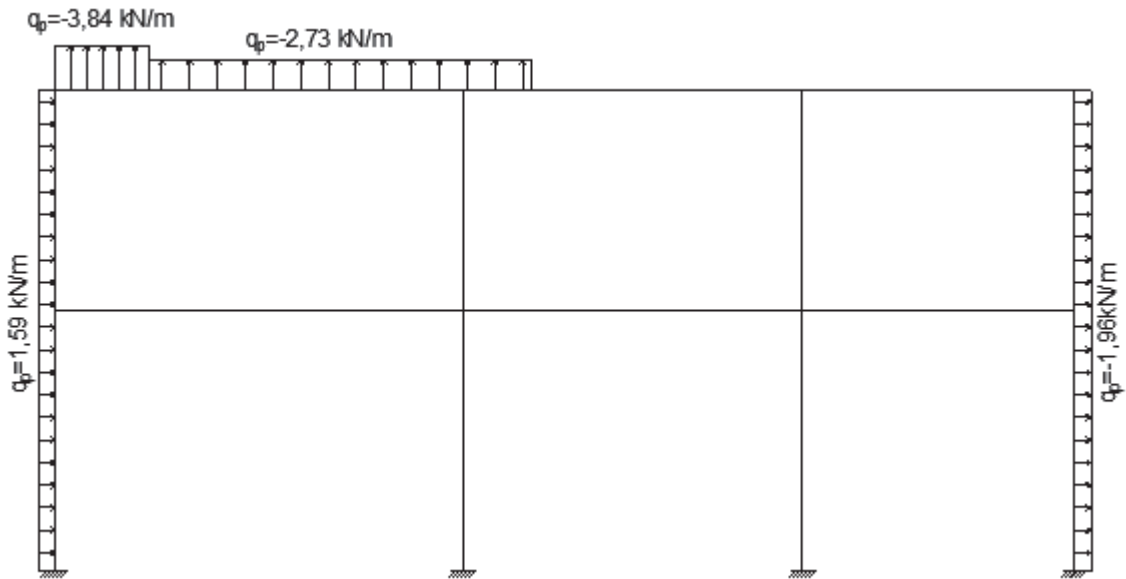


Obrázek 11.1  $Q_{k,C2}$  užitné zatížení 2. NPObrázek 11.2  $Q_{k,C3}$  užitné zatížení 2. NPObrázek 10  $S_k$  zatížení sněhem

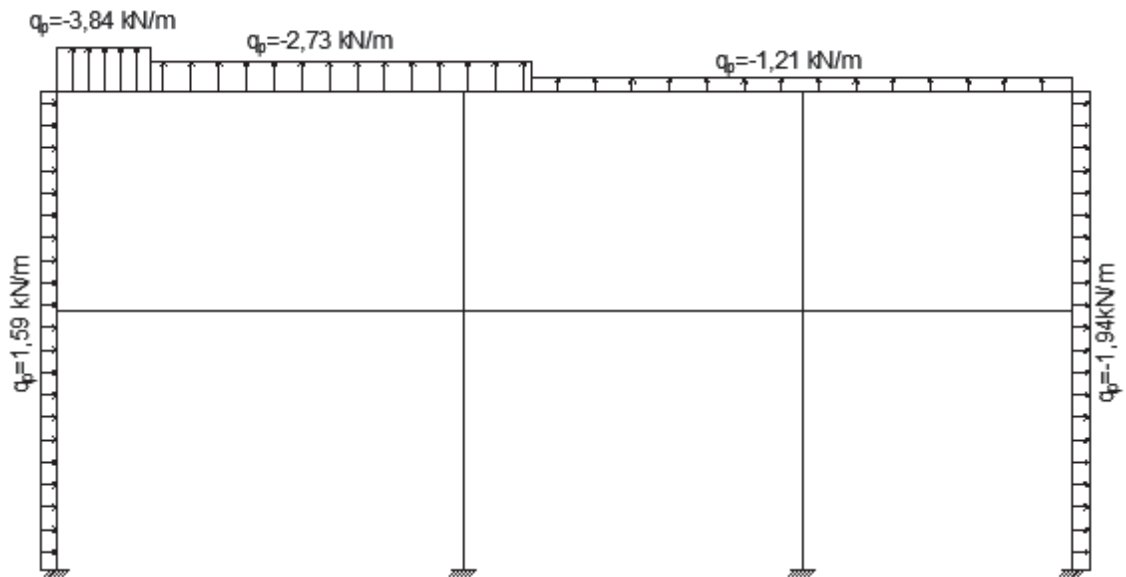
Z důvodů ploché střechy s maximálním sklonem 5 % a atikou maximálně 305 mm,

nebudeme uvažovat navátí sněhem. Proto bude jen jeden zatěžovací stav pro sníh na celé ploše střechy konstantní viz (obrázek 12).

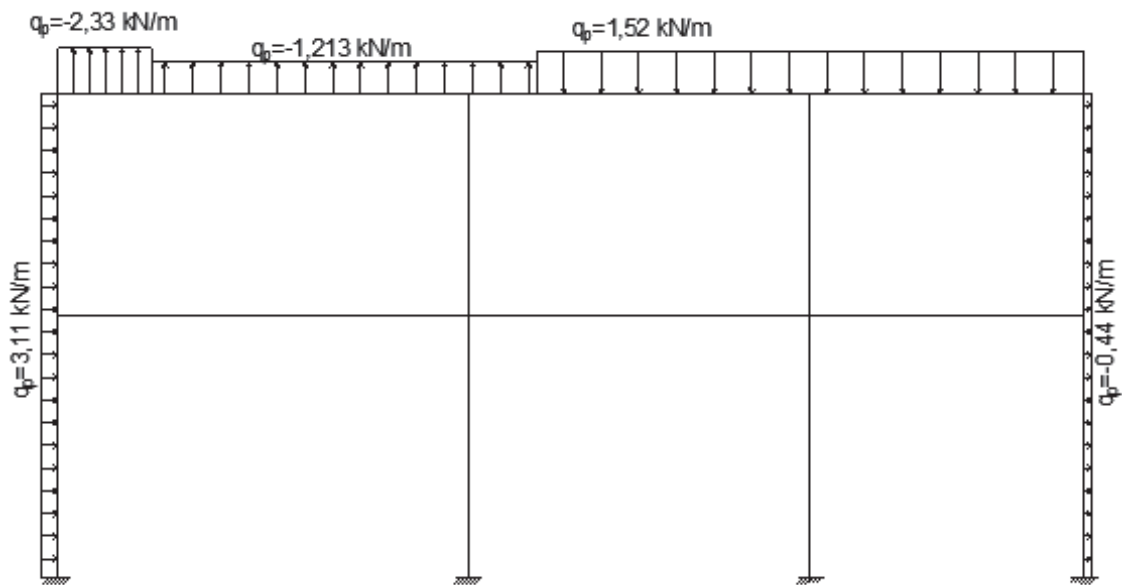
### Zatěžovací stavy při zatížení větrem



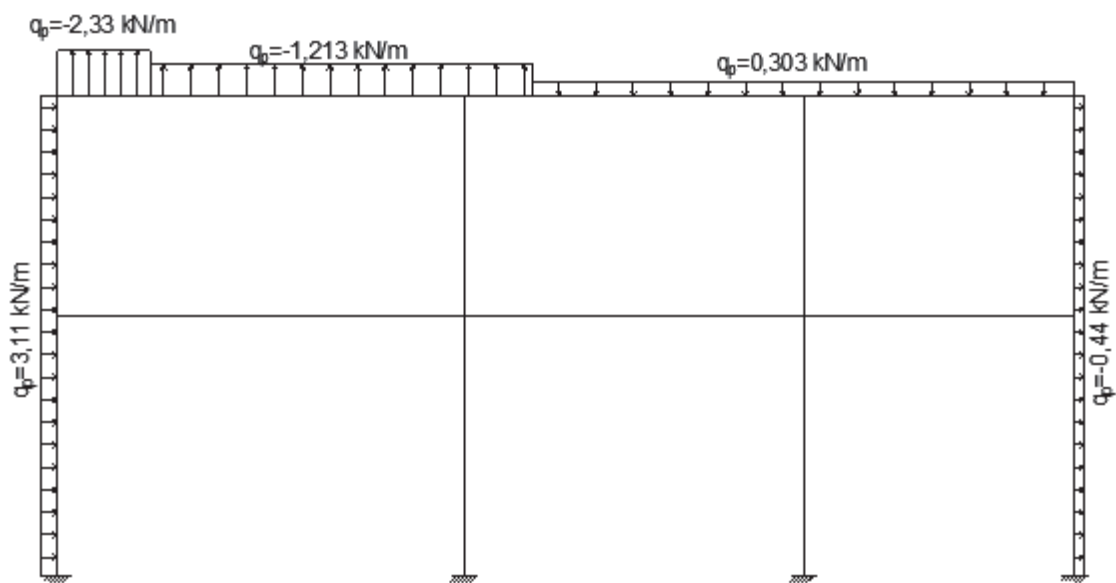
Obrázek 11  $Q_{p,k1}$  podélný směr větru pro  $c_{pi}=0,2$  s  $I=0$



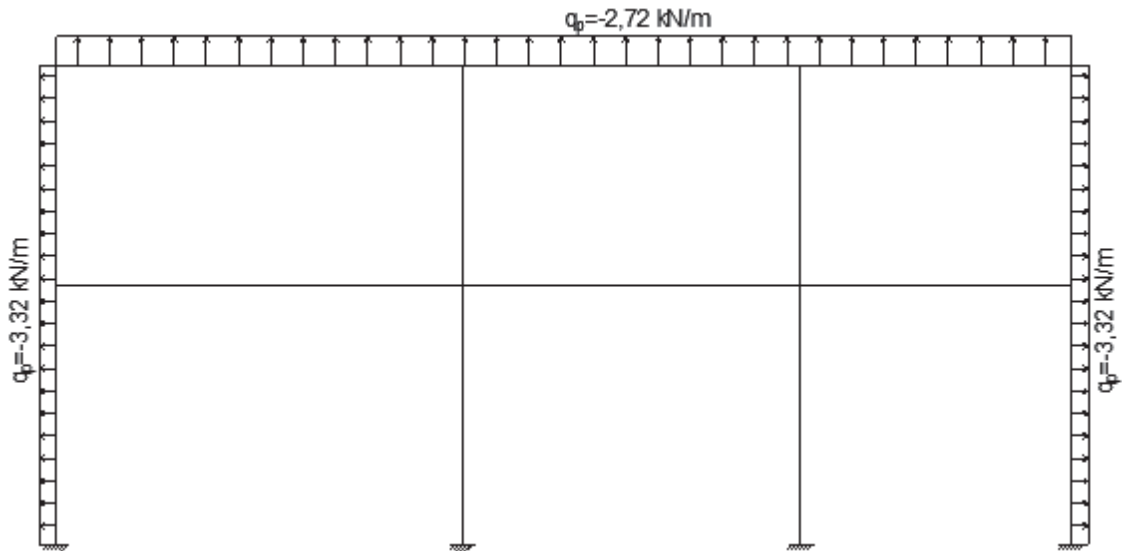
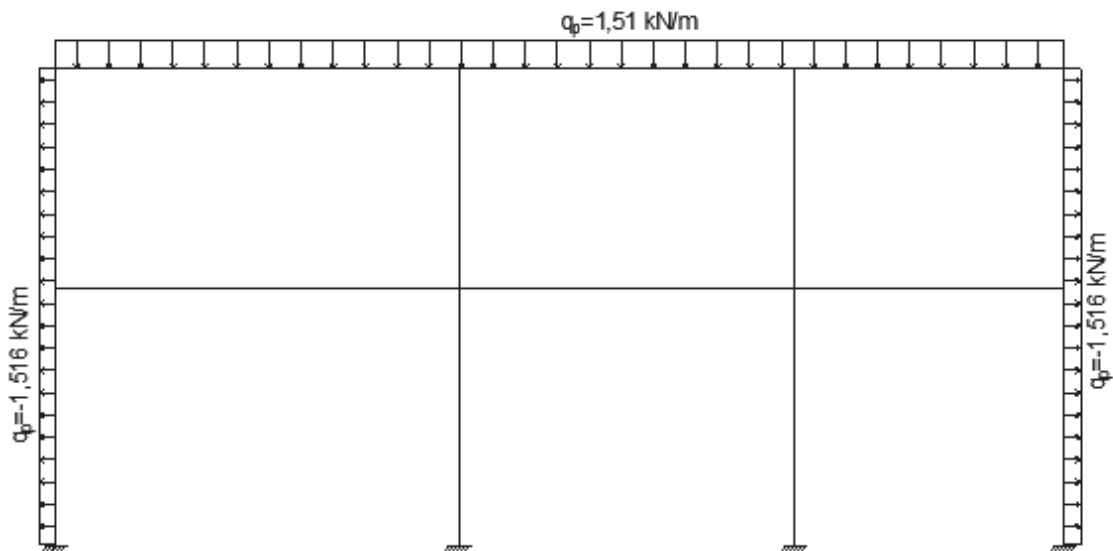
Obrázek 13.1  $Q_{p,k2}$  podélný směr větru pro  $c_{pi}=0,2$  s  $I=-1,21$  kN/m



Obrázek 13.2  $Q_{p,k3}$  podélný směr větru pro  $c_{pi}=-0,3$  s  $I=1,52$  kN/m



Obrázek 13.3  $Q_{p,k4}$  podélný směr větru pro  $c_{pi}=-0,3$  s  $I=0,303$  kN/m

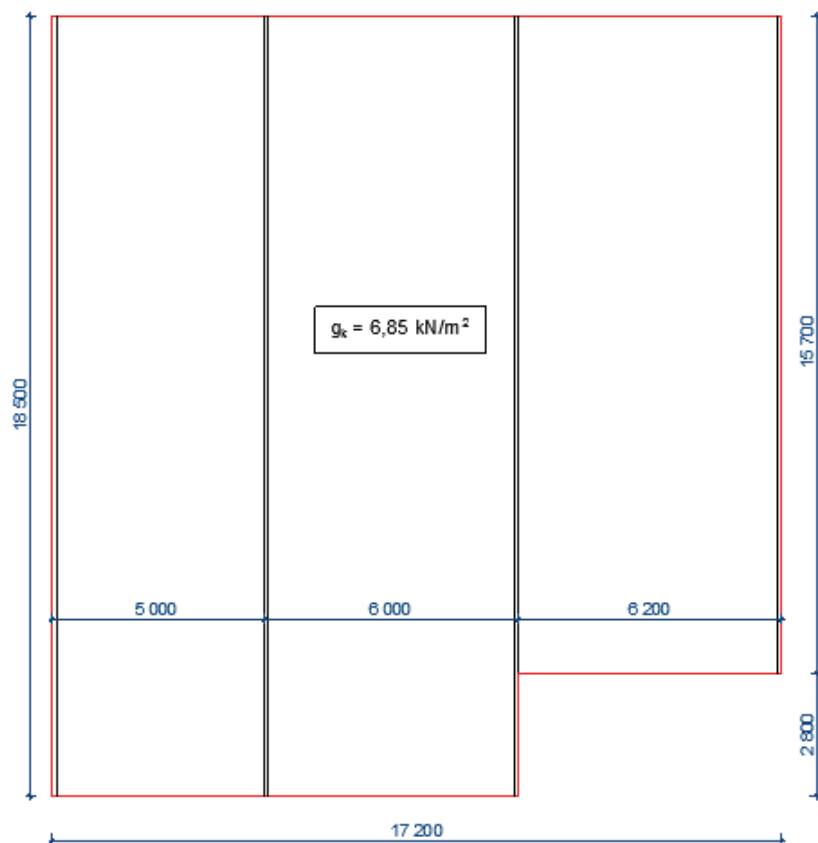
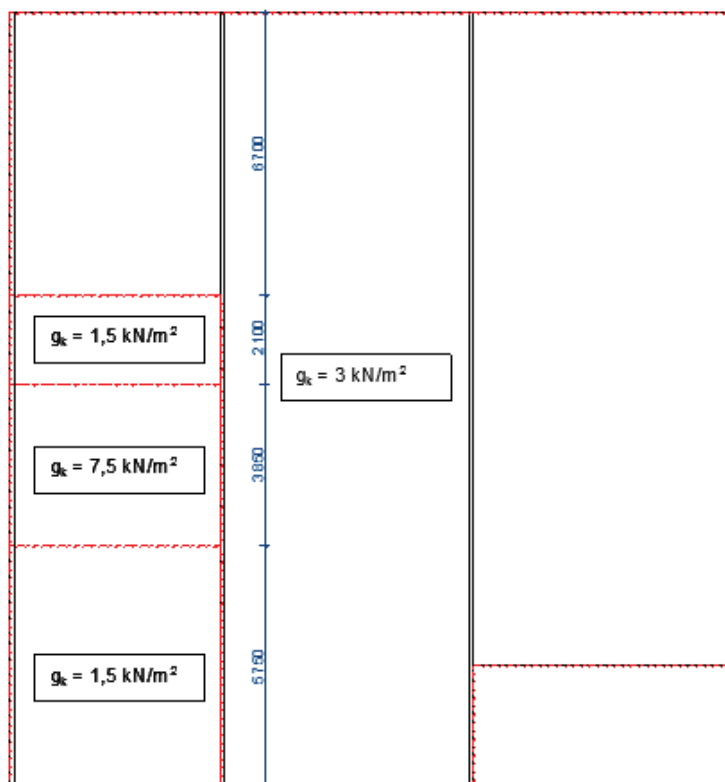
Obrázek 13.4  $Q_{p,k5}$  příčný směr větru pro  $c_{pi}=0,2$ Obrázek 13.5  $Q_{p,k6}$  příčný směr větru pro  $c_{pi}=-0,3$ 

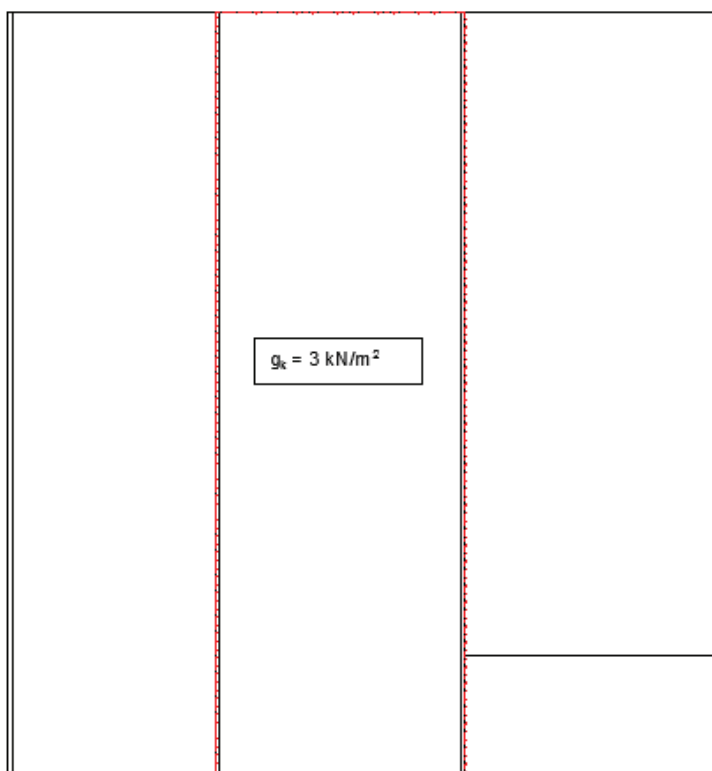
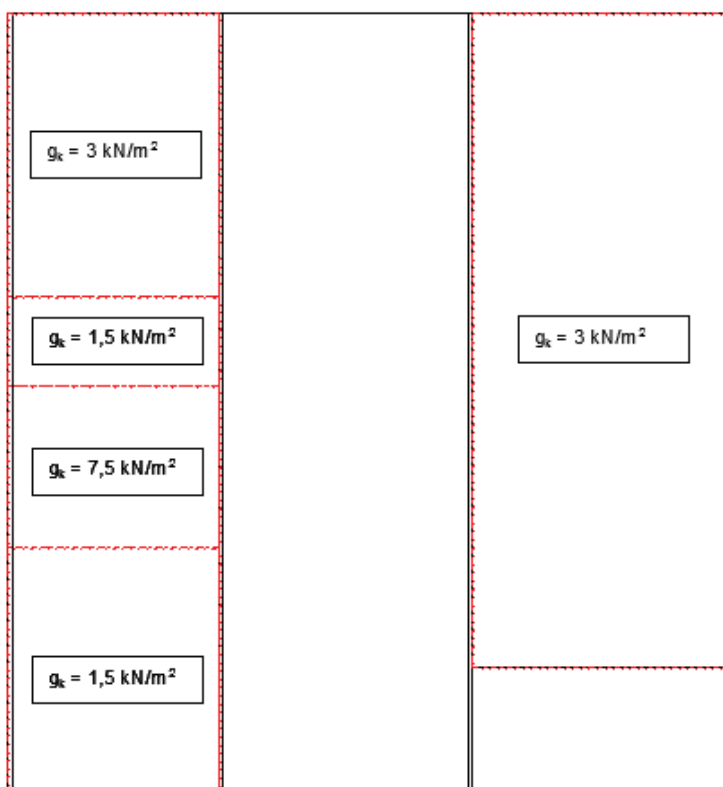
### 3.5.3. Deska

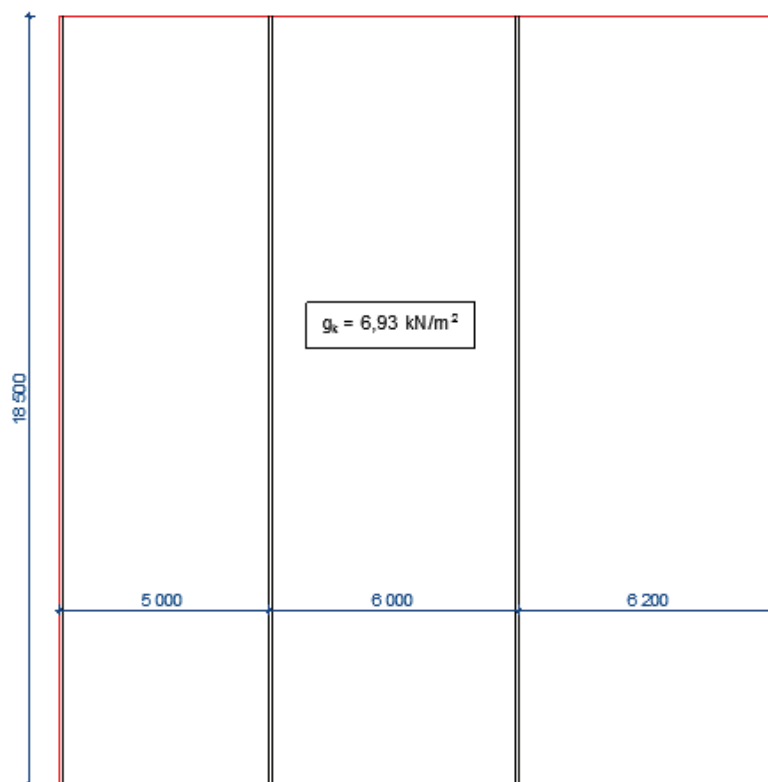
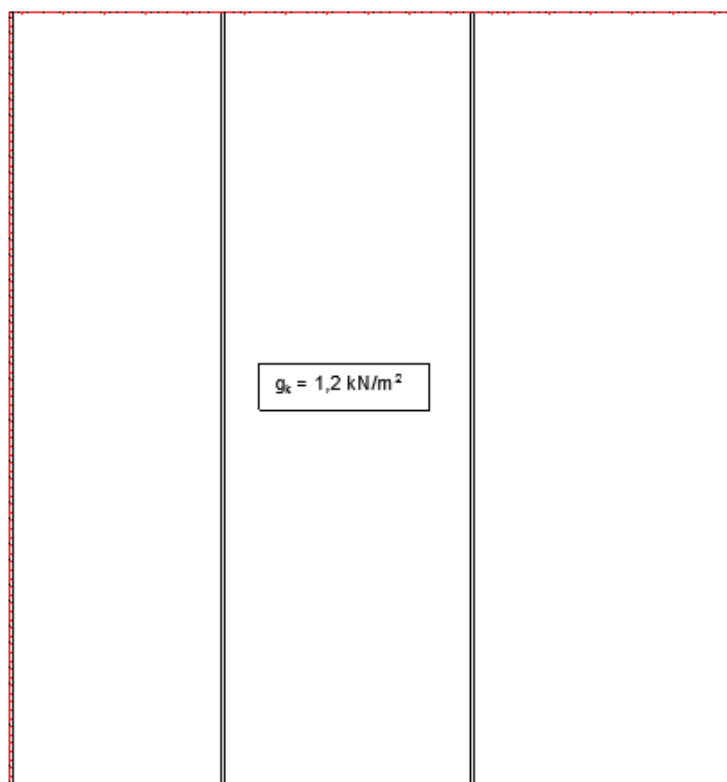
Dvě spojitě desky tloušťky 200 mm o 3 polích, kde ve stropní desce nad 1. NP je otvor pro schodiště. Desky jsou vetknuté do průběžně probíhajících trámů rámové konstrukce.

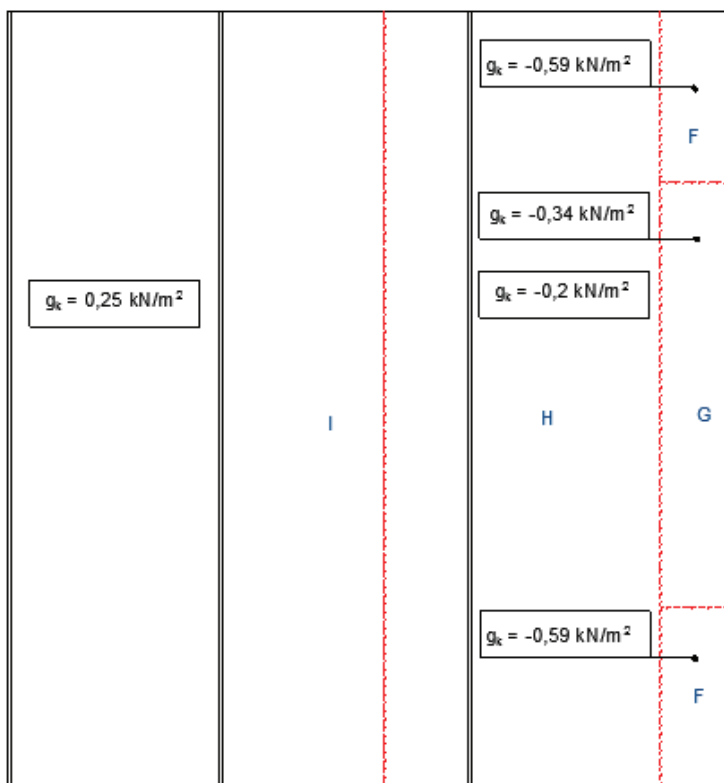
Působící zatížení: -vlastní tíha + stálé zatížení (viz tab. 1; 2; 3)

-Užitné zatížení kat. C1, H, A (záchody), E1 (sklad) a přemístitelné příčky (viz tab. 7)

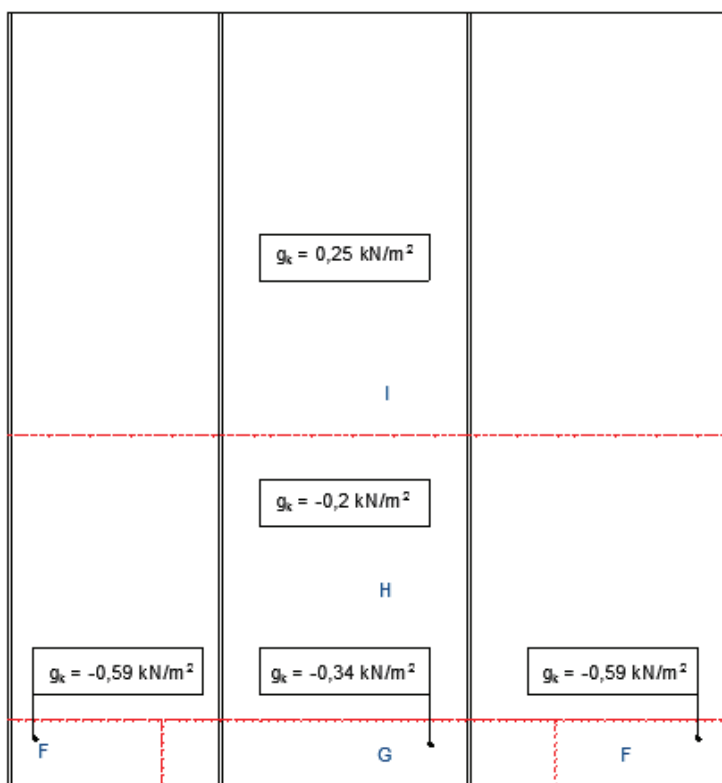
Obrázek 13  $g_{k, \text{strop}}$  - zatížení stálé s vlastní tíhou na strop 1. NPObrázek 12  $q_{k, \text{strop}}$  - zatížení užité na strop 1. NP

Obrázek 15.1  $q_{k, \text{strop } 2}$ -zatížení užité na strop 1. NPObrázek 15.2  $q_{k, \text{strop } 3}$  zatížení užité na strop 1. NP

Obrázek 15  $g_k$ , střecha zatížení stálé na strop 2. NPObrázek 14  $s_k$ , sniž zatížení sněhem



Obrázek 16  $w_{k, \text{vitr } 1}$  příčný směr větru s  $c_{pi} = -0,3$



Obrázek 18.1  $w_{k, \text{vitr } 2}$  podélný směr větru s  $c_{pi} = -0,3$

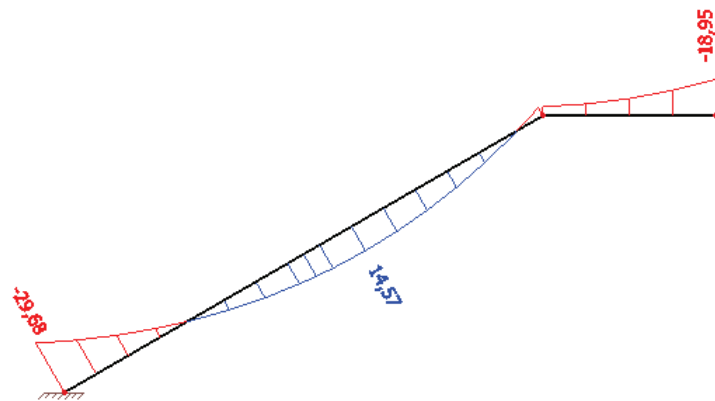


## 4. Účinky od kombinací zatížení

Každá kombinace zatěžovacích stavů může vyvolat na konstrukci největší účinky. Součet všech těchto největších účinků pak nazýváme obalovou křivkou například: obalová křivka ohybových momentů (obrázek 19, 19.1, 20.2, 21, 21.1 a 22) nebo obalová křivka normálových sil (obrázek 20.1) či obalová křivka posouvajících sil (obrázek 20.3).

### 4.1. Schodiště

#### Nástupní rameno



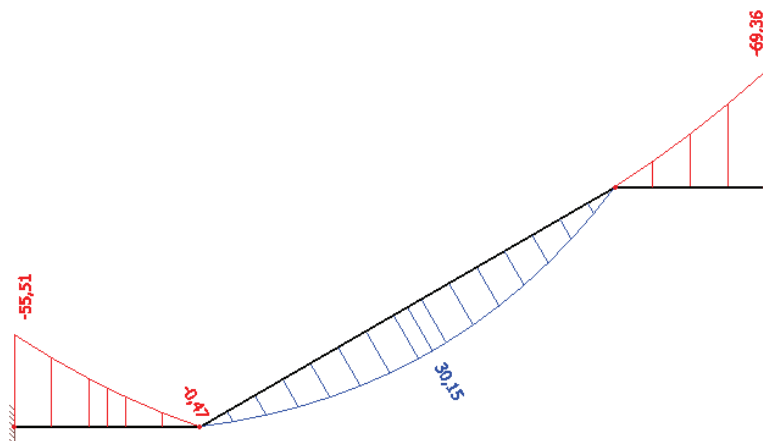
Obrázek 17 Obalová křivka ohybových momentů

$$v_{Ed} = g_k * 1,35 + q_k * 1,5 = 35,38 \text{ kN/m}^2$$

$$m_{Ed}^+ = g_k * 1,35 + q_k * 1,5 = 14,57 \text{ kNm/m}^2$$

$$m_{Ed}^- = g_k * 1,35 + q_k * 1,5 = -29,68 \text{ kNm/m}^2$$

#### Výstupní rameno



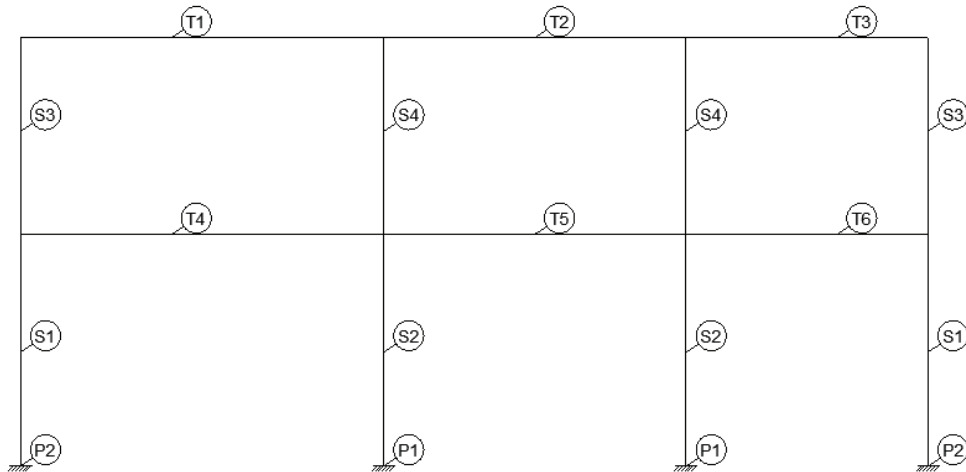
Obrázek 19.1 Obalová křivka ohybových momentů.

$$V_{Ed} = g_k * 1,35 + q_k * 1,5 = 61,89 \text{ kN/m'}$$

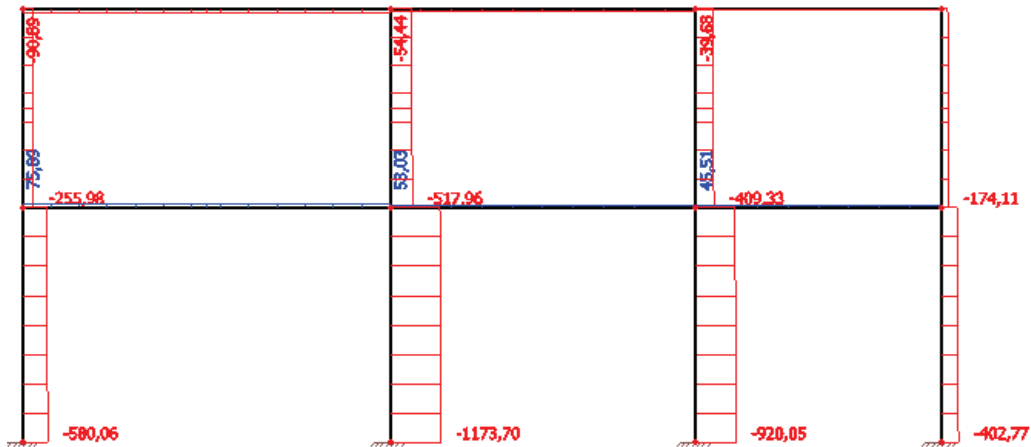
$$m_{Ed}^+ = g_k * 1,35 + q_k * 1,5 = 30,15 \text{ kNm/m'}$$

$$m_{Ed}^- = g_k * 1,35 + q_k * 1,5 = -69,36 \text{ kNm/m'}$$

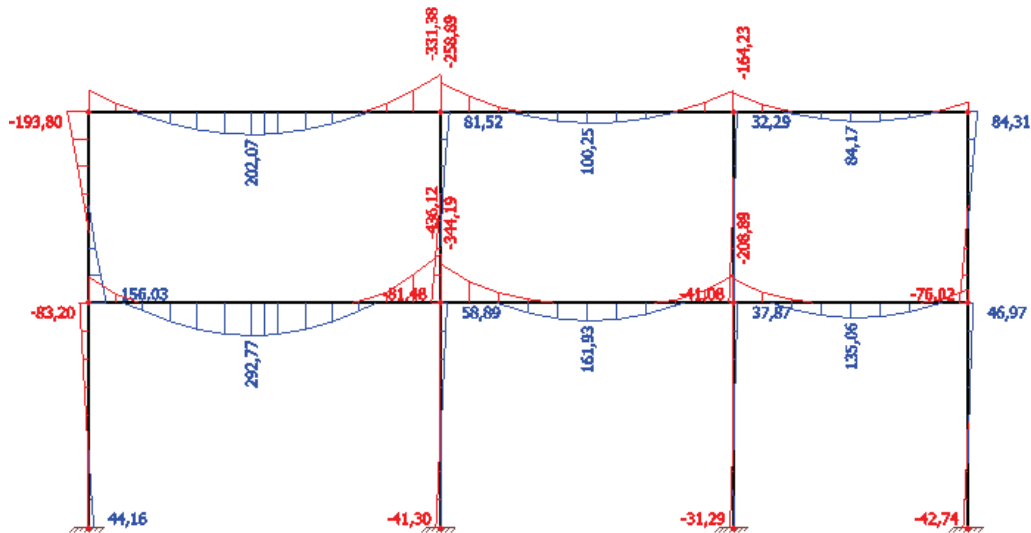
## 4.2. Rám



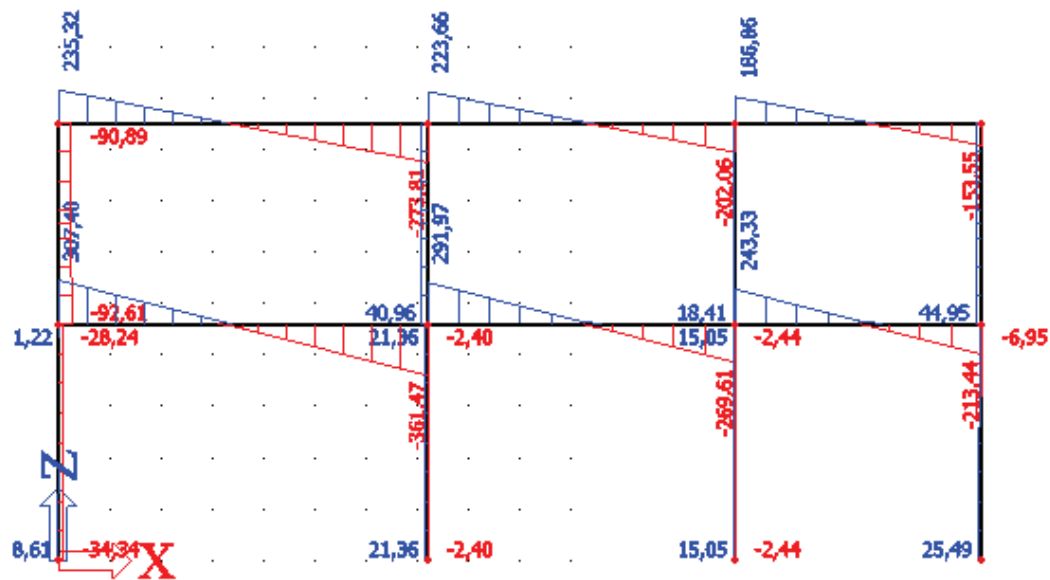
Obrázek 18 Označení prvků rámu



Obrázek 20.1 Obalová křivka normálových sil.



Obrázek 20.2 Obalová křivka ohybových momentů.



Obrázek 20.3 Obalová křivka posouvajících sil.

Kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti jsou dány dvěma rovnicemi (4.1) a (4.2), z nichž má každý prvek vybranou tu nepříznivější. Hodnoty  $\psi_0$  až  $\psi_2$  nabývají velikosti podle národní přílohy z ČSN EN 1990 - Zásady navrhování konstrukcí od 0 po 0,9.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (4.1)$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (4.2)$$

Kde:  $\xi_j$  je redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení G

$\gamma_G$  a  $\gamma_Q$  jsou dílčí součinitelé zvyšující hodnoty zatížení

Označení prvků rámu jsou viz (obrázek 20). Hodnoty posouvajících sil, normálových sil a ohybových momentů u průvlaků, sloupů i patek jsou vidět na obrázcích viz výše. (obrázek 20.1, 20.2 a 20.3)

#### 1) Průvlak: -T1

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S_k + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{p,k6} = 273,81 \text{ kN}$$

$$M_{Ed+} = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot 0,7 \cdot Q_{k,c2} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S_k + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{p,k6} = 202,1 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed-} = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot 0,7 \cdot Q_{k,c3} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S_k + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{p,k6} = -331,4 \text{ kNm}$$

#### -T2

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot 0,7 \cdot Q_{k,c2} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S_k + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{p,k6} = 223,66 \text{ kN}$$

$$M_{Ed+} = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot 0,7 \cdot Q_{k,c3} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S_k + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{p,k3} = 100,3 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed-} = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot 0,7 \cdot Q_{k,c2} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S_k + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{p,k6} = -258,9 \text{ kNm}$$

#### -T3

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot 0,7 \cdot Q_{k,c3} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S_k + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{p,k6} = 186,96 \text{ kN}$$

$$M_{Ed+} = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot 0,7 \cdot Q_{k,c2} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S_k + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{p,k6} = 84,2 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed-} = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot 0,7 \cdot Q_{k,c3} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S_k + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{p,k6} = -164,23 \text{ kNm}$$

#### -T4

$$V_{Ed} = 0,85 \cdot 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k,c1} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{p,k2} = 361,47 \text{ kN}$$

$$M_{Ed+} = 0,85 \cdot 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k,c3} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{p,k1} = 292,8 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed-} = 0,85 \cdot 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k,c1} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{p,k2} = -436,12 \text{ kNm}$$

#### -T5

$$V_{Ed} = 0,85 \cdot 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k,c1} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{p,k5} = 291,97 \text{ kN}$$

$$M_{Ed+} = 0,85 \cdot 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot 0,7 \cdot Q_{k,H3} + 1,5 \cdot Q_{k,c2} = 162 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed-} = 0,85 \cdot 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot 0,7 \cdot Q_{k,H2} + 1,5 \cdot Q_{k,c1} = -344,2 \text{ kNm}$$

#### -T6

$$V_{Ed} = 0,85 \cdot 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k,c1} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{p,k5} = 243,3 \text{ kN}$$

$$M_{Ed+} = 0,85 \cdot 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot 0,7 \cdot Q_{k,H2} + 1,5 \cdot Q_{k,c3} = 135,1 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed-} = 0,85 \cdot 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot 0,7 \cdot Q_{k,H3} + 1,5 \cdot Q_{k,c1} = -208,9 \text{ kNm}$$

## 2) Sloup: -S1

$$M_{Ed,max} = 0,85 * 1,35 * G_k + 1,5 * 0,7 * Q_{k,H2} + 1,5 * Q_{k,c3} = -83,2 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed,max} = 1,35 * G_k + 1,5 * 0,7 * Q_{k,c3} + 1,5 * 0,5 * S_k + 1,5 * 0,6 * Q_{p,k6} = -580,06 \text{ kN}$$

## -S2

$$M_{Ed,max} = 0,85 * 1,35 * G_k + 1,5 * Q_{k,c3} + 1,5 * 0,6 * Q_{p,k1} = -58,90 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed,max} = 1,35 * G_k + 1,5 * 0,7 * Q_{k,c1} + 1,5 * 0,5 * S_k + 1,5 * 0,6 * Q_{p,k6} = -1\,173,7 \text{ kN}$$

## -S3

$$M_{Ed,max} = 1,35 * G_k + 1,5 * 0,7 * Q_{k,c1} + 1,5 * 0,5 * S_k + 1,5 * 0,6 * Q_{p,k6} = -193,80 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed,max} = 1,35 * G_k + 1,5 * 0,7 * Q_{k,c1} + 1,5 * 0,5 * S_k + 1,5 * 0,6 * Q_{p,k6} = -255,98 \text{ kN}$$

## -S4

$$M_{Ed,max} = 0,85 * 1,35 * G_k + 1,5 * Q_{k,c3} + 1,5 * 0,5 * S_k + 1,5 * 0,6 * Q_{p,k4} = -81,52 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed,max} = 1,35 * G_k + 0,75 * S_k + 1,5 * 0,6 * Q_{p,k6} = -517,96 \text{ kN}$$

## 3) Patky: -P1

$$V_{Ed} = 1,35 * G_k + 1,5 * 0,7 * Q_{k,c1} + 1,5 * 0,5 * S_k + 1,5 * 0,6 * Q_{p,k6} = -1\,173,7 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,x} = 0,85 * 1,35 * G_k + 1,5 * 0,7 * Q_{k,c3} + 1,5 * Q_{p,k1} = -41,3 \text{ kNm}$$

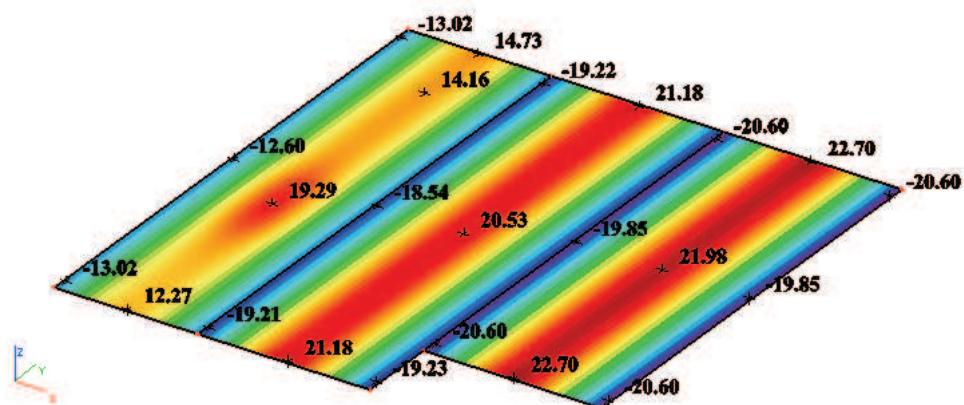
## -P2

$$V_{Ed} = 1,35 * G_k + 1,5 * 0,7 * Q_{k,c3} + 1,5 * 0,5 * S_k + 1,5 * 0,6 * Q_{p,k6} = -580,06 \text{ kN}$$

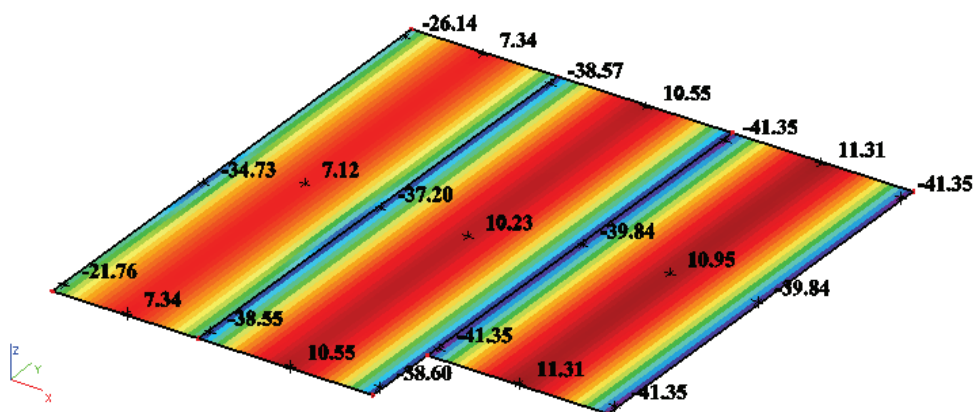
$$M_{Ed,x} = 0,85 * 1,35 * G_k + 1,5 * Q_{k,c3} + 1,5 * 0,6 * Q_{p,k6} = 44,16 \text{ kNm}$$

### 4.3. Desky

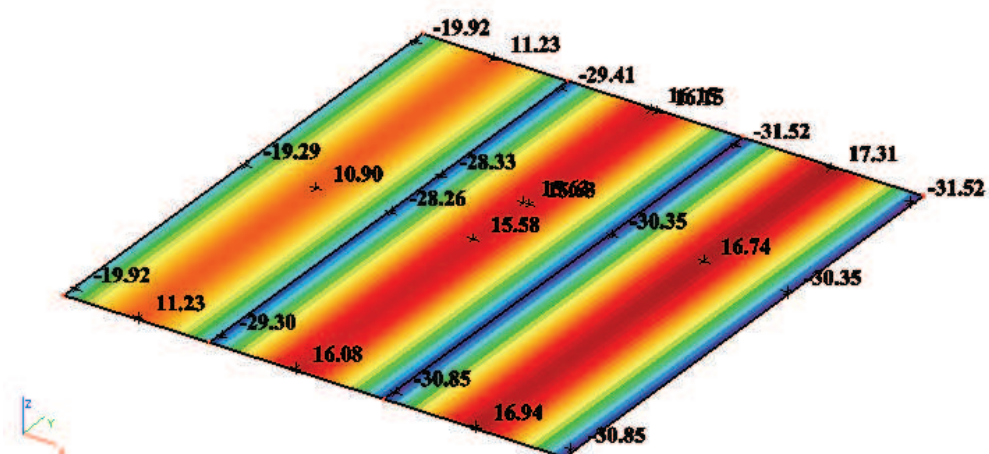
Železobetonové spojitě desky jsou zatíženy kombinacemi zatěžovacích stavů viz (obrázek 14 až obrázek 18.1). Tyto kombinace jsou zohledněny pomocí rovnic (4.1) a (4.2). Následně pomocí softwaru SCIA Engineer jsou vykresleny a vypočítány maximální vnitřní síly viz (obrázek 21 až obrázek 22).



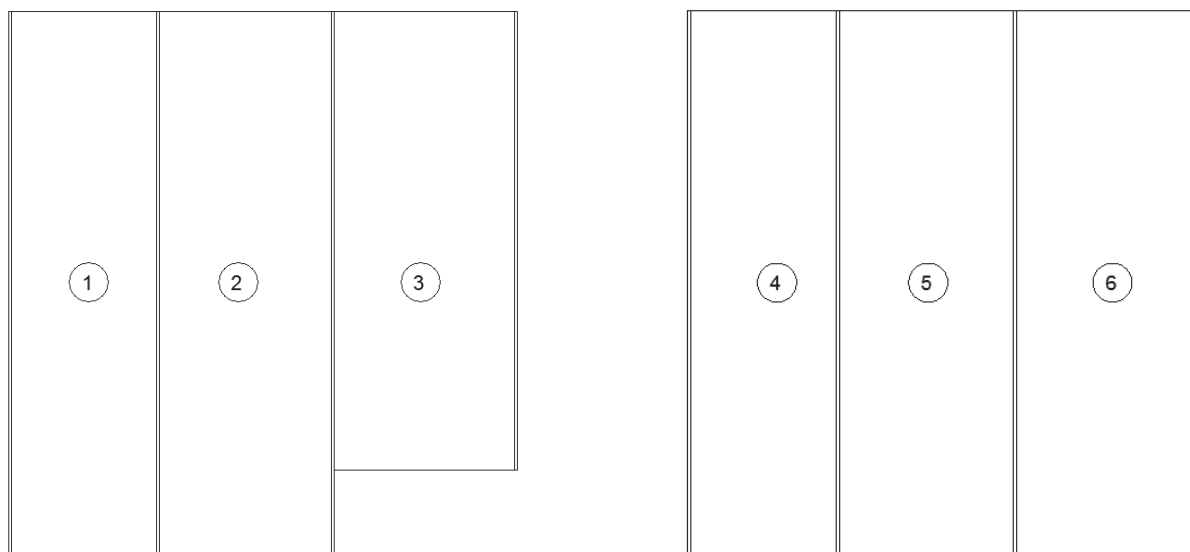
Obrázek 21 Obalová křivka ohybových maximálních momentů  $m_x$  na stropní desce 1. NP



Obrázek 21.1 Obalová křivka minimálních ohybových momentů  $m_x$  na stropní desce 1. NP.



Obrázek 22 Obalová křivka maximálních i minimálních ohybových momentů  $m_x$  na stropní desce 2. NP



Obrázek 19 Označení jednotlivých desek

Kombinace zatížení pro stropní desku 1. NP:

$$m_{x1}^+ = 1,35 \cdot g_{k, \text{strop}} + 1,5 \cdot q_{k, \text{strop3}} = 19,29 \text{ kNm/m}^2$$

$$m_{x1}^- = 1,35 \cdot g_{k, \text{strop}} + 1,5 \cdot q_{k, \text{strop1}} = -34,73 \text{ kNm/m}^2$$

$$q_{x1} = 1,35 \cdot g_{k, \text{strop}} + 1,5 \cdot q_{k, \text{strop1}} = -48,44 \text{ kN/m}^2$$

$$m_{x2}^+ = 1,35 \cdot g_{k, \text{strop}} + 1,5 \cdot q_{k, \text{strop2}} = 21,18 \text{ kNm/m}^2$$

$$m_{x1,2}^- = 1,35 \cdot g_{k, \text{strop}} + 1,5 \cdot q_{k, \text{strop1}} = -38,57 \text{ kNm/m}^2$$

$$q_{x2} = 1,35 \cdot g_{k, \text{strop}} + 1,5 \cdot q_{k, \text{strop1}} = -39,88 \text{ kN/m}^2$$

$$m_{x3}^+ = 1,35 \cdot g_{k, \text{strop}} + 1,5 \cdot q_{k, \text{strop3}} = 22,7 \text{ kNm/m}^2$$

$$m_{x2,3}^- = 1,35 \cdot g_{k, \text{strop}} + 1,5 \cdot q_{k, \text{strop1}} = -41,35 \text{ kNm/m}^2$$

$$m_{x3}^- = 1,35 \cdot g_{k, \text{strop}} + 1,5 \cdot q_{k, \text{strop1}} = -41,35 \text{ kNm/m}^2$$

$$q_{x3} = 1,35 \cdot g_{k, \text{strop}} + 1,5 \cdot q_{k, \text{strop1}} = -41,25 \text{ kN/m}^2$$

Kombinace zatížení pro stropní desku 2. NP jsou podle rovnice (4.1):

$$m_{x4}^+ = 1,35 \cdot g_{k, \text{strop}} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot s_{k, \text{snih}} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot w_{k, \text{vitr 1}} = 11,23 \text{ kNm/m}^2$$

$$m_{x4}^- = 1,35 \cdot g_{k, \text{strop}} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot s_{k, \text{snih}} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot w_{k, \text{vitr 2}} = -19,92 \text{ kNm/m}^2$$

---

$$q_{x4} = 1,35 * g_{k, \text{strop}} + 1,5 * 0,5 * s_{k, \text{snih}} + 1,5 * 0,6 * w_{k, \text{vitr 2}} = -25,17 \text{ kN/m}^{\prime}$$

$$m_{x5}^{+} = 1,35 * g_{k, \text{strop}} + 1,5 * 0,5 * s_{k, \text{snih}} + 1,5 * 0,6 * w_{k, \text{vitr 2}} = 16,16 \text{ kNm/m}^{\prime}$$

$$m_{x4,5}^{-} = 1,35 * g_{k, \text{strop}} + 1,5 * 0,5 * s_{k, \text{snih}} + 1,5 * 0,6 * w_{k, \text{vitr 1}} = -29,41 \text{ kNm/m}^{\prime}$$

$$q_{x5} = 1,35 * g_{k, \text{strop}} + 1,5 * 0,5 * s_{k, \text{snih}} + 1,5 * 0,6 * w_{k, \text{vitr 1}} = -30,45 \text{ kN/m}^{\prime}$$

$$m_{x6}^{+} = 1,35 * g_{k, \text{strop}} + 1,5 * 0,5 * s_{k, \text{snih}} + 1,5 * 0,6 * w_{k, \text{vitr 1}} = 17,31 \text{ kNm/m}^{\prime}$$

$$m_{x5,6}^{-} = 1,35 * g_{k, \text{strop}} + 1,5 * 0,5 * s_{k, \text{snih}} + 1,5 * 0,6 * w_{k, \text{vitr 1}} = -31,52 \text{ kNm/m}^{\prime}$$

$$m_{x6}^{-} = 1,35 * g_{k, \text{strop}} + 1,5 * 0,5 * s_{k, \text{snih}} + 1,5 * 0,6 * w_{k, \text{vitr 1}} = -31,52 \text{ kNm/m}^{\prime}$$

$$q_{x6} = 1,35 * g_{k, \text{strop}} + 1,5 * 0,5 * s_{k, \text{snih}} + 1,5 * 0,6 * w_{k, \text{vitr 1}} = -31,45 \text{ kN/m}^{\prime}$$



## 5. Posouzení nosných prvků

### 5.1 Metody mezních stavů

Nosné prvky konstrukce budou posouzeny podle metody mezních stavů. Metoda mezního stavu únosnosti dále MSÚ a metoda mezního stavu použitelnosti dále MSP jsou založené na porovnání maximálních účinků zatížení s návrhovými hodnotami odolnosti konstrukce. U MSÚ se počítá s návrhovými hodnotami zatížení i odolností konstrukce. Při překročení MSÚ může dojít k vážným následkům například: ke ztrátě stability konstrukce či k překročení pevnosti materiálu. Při překročení MSP nedochází k vážným následkům jako u MSÚ, ale nedovoluje poté uživatelům objektu používat tuto konstrukci. Dochází k deformacím, které ovlivňují vzhled konstrukce nebo ke kmitání, při kterém vzniká nepohodlí uživatelů.

### 5.2. Materiálové charakteristiky

Beton C30/37

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 32 \text{ GPa}$$

$$f_{ctk,0,05} = 2 \text{ MPa}$$

Betonářská výztuž B500 B

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

Třída konstrukce: S4 (životnost konstrukce 50 let)

Třída prostředí: XC1 (suché)

### 5.3. Schodiště

#### Nástupní rameno

Průřez:  $h = 200 \text{ mm}$

$$b = 1\,000 \text{ mm}$$

Vnitřní síly:  $v_{Ed} = 35,38 \text{ kN/m'}$

$$m_{Ed}^+ = 14,57 \text{ kNm/m'}$$

$$m_{Ed}^- = -29,68 \text{ kNm/m'}$$

**Návrh výztuže u dolního taženého okraje:**

**Návrh:  $\phi 8/150 \text{ mm}$**

**$\phi = 8 \text{ mm}$ ;  $s_s = 150 \text{ mm}$**

#### Krytí výztuže

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 10 + 10 = 20 \text{ mm} \quad (5.1)$$

$$c_{min} = \max(10 \text{ mm}, \phi, 10 \text{ mm}) = \max(10, 8, 10) = 10 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

#### Výpočet odolnosti

Plocha výztuže

$$A_s = \frac{1}{s_s} * \frac{\pi * \phi^2}{4} = \frac{1}{0,15} * \frac{\pi * 0,008^2}{4} = 3,35 * 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (5.2)$$

Účinná výška průřezu

$$d = h - c - \frac{\phi}{2} = 0,2 - 0,02 - \frac{0,008}{2} = 0,176 \text{ m} \quad (5.3)$$

Síla ve výztuži

$$F_s = A_s f_{yd} = 3,35 * 10^{-4} * 434,78 * 10^3 = 145,7 \frac{\text{kN}}{\text{m'}} \quad (5.4)$$

Tlačená výška průřezu

$$x = \frac{F_s}{\lambda b f_{cd}} = \frac{145,7}{0,8 * 1 * 20 * 10^3} = 0,00911 \text{ m} \quad (5.5)$$

Posouzení odolnosti

$$m_{Rd}^+ = F_s \left[ d - \left( \frac{\lambda x}{2} \right) \right] = 145,7 \left[ 0,176 - \left( \frac{0,8 * 0,00911}{2} \right) \right] = 25,11 \frac{\text{kNm}}{\text{m}'} \quad (5.6)$$

$m_{Rd}^+ = 25,11 \text{ kNm/m}' > m_{Ed}^+ = 14,57 \text{ kNm/m}' \dots \text{vyhovuje}$

Konstrukční zásady

Kontrola výšky tlačené oblasti

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{0,00911}{0,176} = 0,05 < \xi_{lim} = \left( \frac{x}{d} \right)_{lim} = 0,45 \dots \text{vyhovuje} \quad (5.7)$$

Minimální plocha vyztužení

$$A_{s,min} = \max \left( \begin{array}{l} 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b d \\ 0,0013 b d \end{array} \right) = \max \left( \begin{array}{l} 0,26 * \frac{2,9}{500} * 1 * 0,176 \\ 0,0013 * 1 * 0,176 \end{array} \right) \quad (5.8)$$

$$= \max \left( \begin{array}{l} 2,65 \times 10^{-4} \\ 2,27 \times 10^{-4} \end{array} \right) = 2,65 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$A_s = 3,35 * 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,min} = 2,65 * 10^{-4} \text{ m}^2 \dots \text{vyhovuje}$

Maximální plocha vyztužení

$$A_{s,max} = 0,04 A_c = 0,04 * 0,2 * 1 = 0,008 \text{ m}^2 \quad (5.9)$$

$A_s = 3,35 * 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,max} = 0,008 \text{ m}^2 \dots \text{vyhovuje}$

Minimální světlá vzdálenost prutů

Frakce kameniva byla zvolena 4/8 a 8/16, proto maximální velikost zrna  $d_g$  je 16 mm.

$$s_{min} = \max(1,2\phi; d_g + 5; 20\text{mm}) = \max(1,2 * 8; 16 + 5; 20\text{mm}) \quad (5.10)$$

$$= \max(9,6; 21; 20\text{mm}) = 21 \text{ mm}$$

$s = s_s - \phi = 150 - 8 = 142$

$s = 142 \text{ mm} > s_{min} = 21 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$

Maximální osová vzdálenost prutů

$$s_{max} = \min(2h; 300mm) = \min(2 * 200; 300mm) = \min(400; 300mm) \\ = 300 \text{ mm} \quad (5.11)$$

$s_0 = 150 \text{ mm} < s_{max} = 300 \text{ mm}$  .....**vyhovuje**

Kotevní délka

Základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{\phi}{4}\right) \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) = \left(\frac{8}{4}\right) \left(\frac{434,78}{3}\right) = 289,85 \text{ mm} \quad (5.12)$$

**Návrh:  $l_{b,rqd} = 290 \text{ mm}$**

Mezní stav napětí v soudržnosti žebírkové výztuže a betonu

$$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd} = 2,25 \eta_1 \eta_2 \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 2,25 * 1 * 1 * \frac{2}{1,5} = 3 \text{ MPa} \quad (5.13)$$

Součinitel  $\eta_1$  je zvolen s ohledem na dobré podmínky soudržnosti. Součinitel  $\eta_2$  je závislý na průměru výztuže a platí, že  $\eta_2 = 1$  pro  $\phi < 32 \text{ mm}$ .

Návrhová kotevní délka

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} = 1 * 1 * 1 * 0,775 * 1 * 290 = 224,75 \text{ mm} \quad (5.14)$$

Kde:  $\alpha_1 = 1$  pro přímé tažené pruty

$$\alpha_2 = 1 - 0,15(cd - \phi) / \phi = 1 - 0,15(20 - 8) / 8 = 0,775 \text{ pro přímé tažené pruty}$$

$$\alpha_3 = 1 \text{ není zde ovinutí příčnou výztuží}$$

$$\alpha_4 = 1 \text{ nejsou zde příčně přivařené pruty}$$

$$\alpha_5 = 1 \text{ není zde účinek ovinutí příčným tlakem}$$

$$l_{b,min} = \max(0,3l_{b,rqd}; 10\phi; 100 \text{ mm}) = \max(0,3 * 290; 10 * 8; 100 \text{ mm}) \\ = \max(87; 80; 100 \text{ mm}) = 100 \text{ mm} \quad (5.15)$$

U kotvení dolní výztuže do podpory nevzniká skoro žádné napětí ve výztuži, proto se bude kotvit dolní výztuž na minimální kotevní délku 100 mm.

**Návrh:  $l_{bd} = 100 \text{ mm}$**

$l_{bd} = 100 \text{ mm} = l_{b,min} = 100 \text{ mm}$  .....**vyhovuje**

Rozdělovací výztuž

Nutná plocha výztuže

$$A_{sr,nut} = 0,2 * A_s = 0,2 * 3,35 * 10^{-4} = 6,7 * 10^{-5} m^2 \quad (5.16)$$

**Návrh výztuže:  $\phi 6/400$  mm**

Skutečná plocha výztuže

$$A_{sr} = \frac{1}{s_r} * \pi * \frac{\phi^2}{2} = \frac{1}{0,4} * \pi * \frac{0,006^2}{4} = 7,07 * 10^{-5} \quad (5.17)$$

$$A_{sr} = 7,07 * 10^{-5} m^2 > A_{sr,nut} = 6,7 * 10^{-5} m^2 \dots \dots \textit{vyhovuje}$$

Maximální vzdálenost prutů rozdělovací výztuže

$$\begin{aligned} s_{r,max} &= \min(3h; 400 \text{ mm}) = \min(3 * 200; 400 \text{ mm}) \\ &= \min(600; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm} \end{aligned} \quad (5.18)$$

$$s_r = 400 \text{ mm} = s_{r,max} = 400 \text{ mm} \dots \dots \textit{vyhovuje}$$

**Návrh výztuže u horního okraje (v podpoře) na maximální záporný ohybový moment**

**Návrh:  $\phi 10/150$  mm**

$$\phi = 10 \text{ mm} ; s_s = 150 \text{ mm}$$

Krytí výztuže

$$c_{min} = \max(10 \text{ mm}, \phi, 10 \text{ mm}) = \max(10, 10, 10) = 10 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

Krytí výztuže  $c_{nom}$  se vypočítá pomocí rovnice (5.1).

$$c_{nom} = 20 \text{ mm}$$

Výpočet odolnosti

Plocha výztuže  $A_s$  se vypočítá pomocí rovnice (5.2).

$$A_s = 5,24 * 10^{-4} m^2$$

Účinná výška průřezu  $d$  se vypočítá pomocí rovnice (5.3).

$$d = 0,175 \text{ m}$$

Síla ve výztuži se vypočítá podle rovnice (5.4).

$$F_s = 227,65 \text{ kN/m}^{\prime}$$

Tlačená výška průřezu se vypočítá podle rovnice (5.5).

$$x = 0,0142 \text{ m}$$

Odolnost konstrukce se vypočte podle rovnice (5.6).

$$m_{Rd} = 38,54 \text{ kNm/m}^{\prime} > m_{Ed} = 29,68 \text{ kNm/m}^{\prime} \dots \textit{Vyhovuje}$$

### Konstrukční zásady

Kontrola výšky tlačené oblasti se vypočte dle rovnice (5.7).

$$\xi = 0,08 < \xi_{lim} = 0,45 \dots \textit{vyhovuje}$$

Minimální plocha vyztužení se vypočte dle rovnice (5.8).

$$A_{s,min} = \max ( 2,64 \cdot 10^{-4}; 2,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 ) = 2,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_s = 5,24 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,min} = 2,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \dots \textit{vyhovuje}$$

Maximální plocha vyztužení se vypočte dle rovnice (5.9).

$$A_{s,max} = 0,008 \text{ m}^2$$

$$A_s = 5,24 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,max} = 0,008 \text{ m}^2 \dots \textit{vyhovuje}$$

Minimální světlá vzdálenost prutů se vypočte dle rovnice (5.10). Frakce kameniva byla zvolena 4/8 a 8/16, proto maximální velikost zrna  $d_g$  je 16 mm.

$$s_{min} = \max (12; 21; 20 \text{ mm}) = 21 \text{ mm}$$

$$s = s_s - \phi = 150 - 10 = 140$$

$$s = 140 \text{ mm} > s_{min} = 21 \text{ mm} \dots \textit{vyhovuje}$$

Maximální osová vzdálenost prutů se vypočte dle rovnice (5.11).

$$s_{max} = \min (400; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}$$

$$s_s = 150 \text{ mm} < s_{max} = 300 \text{ mm} \dots \textit{vyhovuje}$$

Kotevní délka

Základní kotevní délka se vypočte dle rovnice (5.12).

$$l_{b,rqd} = 362,32 \text{ mm}$$

**Návrh:  $l_{b,rqd} = 370 \text{ mm}$**

Mezní stav napětí v soudržnosti žebírkové výztuže a betonu je stejný viz rovnice (5.13).

Návrhová kotevní délka se vypočte dle rovnice (5.14) se součiniteli.

$\alpha_1 = 1$  pro nepřímé tažené pruty

$$\alpha_2 = 1 - 0,15(cd - \phi) / \phi = 1 - 0,15(20 - 3 \cdot 10) / 10 = 1,15 > 1 \dots \alpha_2 = 1$$

$\alpha_3 = 1$  není zde ovinutí příčnou výztuží

$\alpha_4 = 1$  nejsou zde příčně přivařené pruty

$\alpha_5 = 1$  není zde účinek ovinutí příčným tlakem

$$l_{bd} = 370 \text{ mm}$$

**Návrh:  $l_{bd} = 370 \text{ mm}$**

Minimální kotevní délka se vypočte podle rovnice (5.15).

$$l_{b,min} = \max(111; 100; 100 \text{ mm}) = 111 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = 370 \text{ mm} > l_{b,min} = 111 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$$

Rozdělovací výztuž

Nutná plocha výztuže se vypočte dle rovnice (5.16).

$$A_{r,nut} = 1,05 \cdot 10^{-4}$$

**Návrh výztuže:  $\phi 8/300 \text{ mm}$**

Skutečná plocha výztuže se vypočte dle rovnice (5.17)

$$A_{sr} = 1,67 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{sr} = 1,67 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,nut} = 1,05 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \dots \text{vyhovuje}$$

Maximální vzdálenost prutů rozdělovací výztuže se vypočte dle rovnice (5.18).

$$s_{r,\max} = \min(600; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$$

$$s_r = 300 \text{ mm} < s_{r,\max} = 400 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$$

### Mezní stav použitelnosti MSP

#### Ověření průřezu bez trhlin.

Násobek plochy výztuže

$$\alpha_c = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{32} = 6,563 \quad (5.19)$$

Plocha průřezu bez trhlin

$$A_i = A_c + \alpha_c(A_{s1} + A_{s2}) = 0,2 * 1 + 6,563(0,000335 + 0) = 0,202 \text{ m}^2 \quad (5.20)$$

Plocha dolní výztuže:  $A_{s1} = 0,000335 \text{ m}^2$

Plocha horní výztuže:  $A_{s2} = 0,000524 \text{ m}^2$  ...není v celém prvku, proto  $A_{s2} = 0 \text{ m}^2$

Těžiště průřezu bez trhlin

$$\begin{aligned} a_{ig} &= \frac{[A_c a_c + \alpha_c(A_{s1} d_1 + A_{s2} d_2)]}{A_i} \\ &= \frac{[0,2 * 1 * 0,1 + 0,1(0,000335 * 0,176 + 0)]}{0,202} = 0,099 \text{ m} \end{aligned} \quad (5.21)$$

Moment setrvačnosti průřezu bez trhlin

$$\begin{aligned} I_i &= I_c + A_c(a_{ig} - a_c)^2 + \alpha_c A_{s1}(a_{ig} - d_1)^2 + \alpha_c A_{s2}(a_{ig} - d_2)^2 \\ &= \frac{1}{12} * 1 * 0,2^3 + 0,2 * 1(0,099 - 0,1)^2 + 6,563 \\ &\quad * 0,000335(0,099 - 0,176)^2 + 0 = 0,00068 \text{ m}^4 \end{aligned} \quad (5.22)$$

Výpočet napětí

Vnitřní síly mají hodnoty pro kvazistálou kombinaci zatížení podle rovnice.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + " \psi_{1,1} Q_{k,1} " + " \sum_{j > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (5.23)$$



$$m_{Ek} = 8,42 \text{ kNm/m'}$$

$n_{Ek} = 0 \text{ kN/m'}$  .... Spodní vlákna jsou tlačena, proto je neuvažujeme.

$$\begin{aligned} \sigma_{c1} &= \frac{n_{Ek}}{A_i} + \frac{m_{Ek}}{I_i} (h - a_{ig}) = \frac{0}{0,202} + \frac{8,42 * 10^{-3}}{0,00068} (0,2 - 0,099) \\ &= 1,25 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (5.24)$$

$\sigma_{c1} = 1,25 \text{ MPa} < f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$  ..... **nevzniknou trhliny**

### Omezení průhybu

Součinitel zohledňující nosný systém  $K = 1,3$

Referenční stupeň vyztužení  $\rho_0 = 10^{-3} \sqrt{f_{ck}} = 10^{-3} \sqrt{30} = 0,00548$

Požadovaný stupeň vyztužení

$$\rho = \frac{A_{s1}}{b * d} = \frac{0,000335}{1 * 0,176} = 0,001903$$

Protože  $\rho_0 > \rho$  použije se tento vzorec:

$$\begin{aligned} \left(\frac{l}{d}\right)_{\text{mezní}} &= K \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left( \frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \\ &= 1,3 \left[ 11 + 1,5 \sqrt{30} \frac{0,00548}{0,001903} + 3,2 \sqrt{30} \left( \frac{0,00548}{0,001903} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \\ &= 103,77 \end{aligned} \quad (5.25)$$

$$\frac{l}{d} = \frac{4157}{176} = 23,62$$

$$\frac{l}{d} = 23,62 < \left(\frac{l}{d}\right)_{\text{mezní}} = 103,77 \text{ ..... } \mathbf{vyhovuje, od výpočtu lze upustit}$$

### Výstupní rameno

**Viz příloha č. 1**

## 5.4. Desky

Všechny rovnice, na nichž se zde odkazuje, jsou v kapitole 5.3. Schodiště.

### Spojité stropní deska prvního nadzemního podlaží 1. NP

<u>Geometrie desky:</u>	$b = 1 \text{ m}$	$l_1 = 5 \text{ m}$	$B_1 = 18,5 \text{ m}$
	$h = 0,2 \text{ m}$	$l_2 = 6 \text{ m}$	$B_2 = 18,5 \text{ m}$
		$l_3 = 6,2 \text{ m}$	$B_3 = 15,7 \text{ m}$

### Maximální účinky zatížení:

Ohybové momenty v poli

$$m_{x1}^+ = 19,29 \text{ kNm/m'}$$

$$m_{x2}^+ = 21,18 \text{ kNm/m'}$$

$$m_{x3}^+ = 22,7 \text{ kNm/m'}$$

Ohybové momenty v podpoře

$$m_{x1}^- = -34,73 \text{ kNm/m'}$$

$$m_{x1,2}^- = -38,57 \text{ kNm/m'}$$

$$m_{x2,3}^- = -41,35 \text{ kNm/m'}$$

$$m_{x3}^- = -41,35 \text{ kNm/m'}$$

**Návrh výztuže ve směru osy x u dolního okraje pro všechna pole**

**Návrh :  $\phi = 10 \text{ mm}$ ;  $s_s = 250 \text{ mm}$**

Krytí výztuže

$$c_{\min} = \max(10 \text{ mm}, \phi, 10 \text{ mm}) = \max(10, 10, 10) = 10 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{\text{dev}} = 10 \text{ mm}$$

Krytí výztuže  $c_{\text{nom}}$  se vypočítá pomocí rovnice (5.1).

$$c_{\text{nom}} = 20 \text{ mm}$$

### Výpočet odolnosti

Plocha výztuže  $A_s$  se vypočítá pomocí rovnice (5.2).

$$A_s = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Účinná výška průřezu  $d$  se vypočítá pomocí rovnice (5.3).

$$d = 0,175 \text{ m}$$

Síla ve výztuži se vypočítá podle rovnice (5.4).

$$F_s = 136,59 \text{ kN/m}^2$$

Tlačená výška průřezu se vypočítá podle rovnice (5.5).

$$x = 0,0085 \text{ m}$$

Odolnost konstrukce se vypočte podle rovnice (5.6).

$$m_{Rd,x1,2,3}^+ = 23,44 \text{ kNm/m}^2 > m_{Ed,x1} = 19,29 \text{ kNm/m}^2 \dots \text{vyhovuje}$$

$$> m_{Ed,x2} = 21,18 \text{ kNm/m}^2 \dots \text{vyhovuje}$$

$$> m_{Ed,x3} = 22,7 \text{ kNm/m}^2 \dots \text{vyhovuje}$$

### Konstrukční zásady

Kontrola výšky tlačené oblasti se vypočte dle rovnice (5.7).

$$\xi = 0,049 < \xi_{lim} = 0,45 \dots \text{vyhovuje}$$

Minimální plocha vyztužení se vypočte dle rovnice (5.8).

$$A_{s,min} = \max ( 2,64 \cdot 10^{-4}; 2,23 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 ) = 2,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_s = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,min} = 2,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \dots \text{vyhovuje}$$

Maximální plocha vyztužení se vypočte dle rovnice (5.9).

$$A_{s,max} = 0,008 \text{ m}^2$$

$$A_s = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,max} = 0,008 \text{ m}^2 \dots \text{vyhovuje}$$

Minimální světlá vzdálenost prutů se vypočte dle rovnice (5.10). Frakce kameniva byla zvolena 4/8 a 8/16, proto maximální velikost zrna  $d_g$  je 16 mm.

$$s_{min} = \max(12; 21; 20 \text{ mm}) = 21 \text{ mm}$$

$$s = s_s - \phi = 250 - 10 = 240 \text{ mm}$$

$$s = 240 \text{ mm} > s_{min} = 21 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$$

Maximální osová vzdálenost prutů se vypočte dle rovnice (5.11).

$$s_{\max} = \min(400; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}$$

$$s_s = 250 \text{ mm} < s_{\max} = 300 \text{ mm} \dots\dots \text{vyhovuje}$$

### Kotevní délka

Základní kotevní délka se vypočte dle rovnice (5.12).

$$l_{b,rqd} = 362,32 \text{ mm}$$

**Návrh:  $l_{b,rqd} = 370 \text{ mm}$**

Minimální kotevní délka se vypočte podle rovnice (5.15).

$$l_{b,\min} = \max(111; 100; 100 \text{ mm}) = 111 \text{ mm}$$

U kotvení dolní výztuže do podpory nevzniká skoro žádné napětí ve výztuži, proto se bude kotvit dolní výztuž na minimální kotevní délku 111 mm.

**Návrh:  $l_{bd} = 115 \text{ mm}$**

$$l_{bd} = 115 \text{ mm} > l_{b,\min} = 111 \text{ mm} \dots\dots \text{vyhovuje}$$

### Rozdělovací výztuž

Nutná plocha výztuže se vypočte dle rovnice (5.16).

$$A_{r,nut} = 6,28 \cdot 10^{-5}$$

**Návrh výztuže:  $\phi 8/300 \text{ mm}$**

Skutečná plocha výztuže se vypočte dle rovnice (5.17)

$$A_{sr} = 1,68 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{sr} = 1,68 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,nut} = 6,28 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \dots\dots \text{vyhovuje}$$

Maximální vzdálenost prutů rozdělovací výztuže se vypočte dle rovnice (5.18).

$$s_{r,\max} = \min(600; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$$

$$s_r = 300 \text{ mm} < s_{r,\max} = 400 \text{ mm} \dots\dots \text{vyhovuje}$$

**Návrh výztuže ve směru osy x u horního okraje (nad podporou) pro všechna pole****Návrh :  $\phi = 10 \text{ mm}$ ;  $s_s = 120 \text{ mm}$** 

Krytí výztuže

$$c_{\min} = \max(10 \text{ mm}, \phi, 10 \text{ mm}) = \max(10, 10, 10) = 10 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{\text{dev}} = 10 \text{ mm}$$

Krytí výztuže  $c_{\text{nom}}$  se vypočítá pomocí rovnice (5.1).

$$c_{\text{nom}} = 20 \text{ mm}$$

Výpočet odolnostiPlocha výztuže  $A_s$  se vypočítá pomocí rovnice (5.2).

$$A_s = 6,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Účinná výška průřezu  $d$  se vypočítá pomocí rovnice (5.3).

$$d = 0,175 \text{ m}$$

Síla ve výztuži se vypočítá podle rovnice (5.4).

$$F_s = 284,56 \text{ kN/m}^{\prime}$$

Tlačená výška průřezu se vypočítá podle rovnice (5.5).

$$x = 0,0178 \text{ m}$$

Odolnost konstrukce se vypočte podle rovnice (5.6).

$$m_{Rd,x1} = 47,77 \text{ kNm/m}^{\prime} > m_{Ed,x1} = 34,73 \text{ kNm/m}^{\prime} \dots \text{Vyhovuje}$$

$$m_{Rd,x1,2} = 47,77 \text{ kNm/m}^{\prime} > m_{Ed,x1,2} = 38,57 \text{ kNm/m}^{\prime} \dots \text{Vyhovuje}$$

$$m_{Rd,x2,3} = 47,77 \text{ kNm/m}^{\prime} > m_{Ed,x2,3} = 41,35 \text{ kNm/m}^{\prime} \dots \text{Vyhovuje}$$

$$m_{Rd,x3} = 47,77 \text{ kNm/m}^{\prime} > m_{Ed,x3} = 41,35 \text{ kNm/m}^{\prime} \dots \text{Vyhovuje}$$

Konstrukční zásady

Kontrola výšky tlačené oblasti se vypočte dle rovnice (5.7).

$$\xi = 0,102 < \xi_{\text{lim}} = 0,45 \dots \text{vyhovuje}$$

Minimální plocha vyztužení se vypočte dle rovnice (5.8).

$$A_{s,\text{min}} = \max ( 2,64 \cdot 10^{-4}; 2,23 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 ) = 2,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_s = 6,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,\text{min}} = 2,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \dots \text{vyhovuje}$$

Maximální plocha vyztužení se vypočte dle rovnice (5.9).

$$A_{s,\text{max}} = 0,008 \text{ m}^2$$

$$A_s = 6,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,\text{max}} = 0,008 \text{ m}^2 \dots \text{vyhovuje}$$

Minimální světlá vzdálenost prutů se vypočte dle rovnice (5.10). Frakce kameniva byla zvolena 4/8 a 8/16, proto maximální velikost zrna  $d_g$  je 16 mm.

$$s_{\text{min}} = \max ( 12; 21; 20 \text{ mm} ) = 21 \text{ mm}$$

$$s = s_s - \phi = 120 - 10 = 110 \text{ mm}$$

$$s = 110 \text{ mm} > s_{\text{min}} = 21 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$$

Maximální osová vzdálenost prutů se vypočte dle rovnice (5.11).

$$s_{\text{max}} = \min ( 400; 300 \text{ mm} ) = 300 \text{ mm}$$

$$s_s = 120 \text{ mm} < s_{\text{max}} = 300 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$$

Kotevní délka

Základní kotevní délka se vypočte dle rovnice (5.12).

$$l_{b,\text{rqd}} = 362,32 \text{ mm}$$

**Návrh:  $l_{b,\text{rqd}} = 370 \text{ mm}$**

Mezní stav napětí v soudržnosti žebírkové výztuže a betonu je stejný viz rovnice (5.13).

Návrhová kotevní délka se vypočte dle rovnice (5.14) se součiniteli.

$$\alpha_1 = 1 \text{ pro přímé tažené pruty}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15(cd - \phi) / \phi = 1 - 0,15(20 - 10) / 10 = 0,85 \text{ pro přímé tažené pruty}$$

$$\alpha_3 = 1 \text{ není zde ovinutí příčnou výztuží}$$

$$\alpha_4 = 1 \text{ nejsou zde příčně přivařené pruty}$$

$$\alpha_5 = 1 \text{ není zde účinek ovinutí příčným tlakem.}$$

$$l_{bd} = 314,5 \text{ mm}$$

**Návrh:  $l_{bd} = 315 \text{ mm}$**

Minimální kotevní délka se vypočte podle rovnice (5.15).

$$l_{b,min} = \max(111; 100; 100 \text{ mm}) = 111 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = 315 \text{ mm} > l_{b,min} = 111 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$$

### Rozdělovací výztuž

Nutná plocha výztuže se vypočte dle rovnice (5.16).

$$A_{r,nut} = 6,28 * 10^{-5}$$

**Návrh výztuže:  $\phi 8/300 \text{ mm}$**

Skutečná plocha výztuže se vypočte dle rovnice (5.17)

$$A_{sr} = 1,68 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{sr} = 1,68 * 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,nut} = 6,28 * 10^{-5} \text{ m}^2 \dots \text{vyhovuje}$$

Maximální vzdálenost prutů rozdělovací výztuže se vypočte dle rovnice (5.18).

$$s_{r,max} = \min(600; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$$

$$s_r = 300 \text{ mm} < s_{r,max} = 400 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$$

**Mezní stav použitelnosti**Omezení šířky trhlin

Železobetonová deska tloušťky 200 mm není namáhána významným osovým tlakem, proto se neuvažuje zvláštní opatření pro omezení šířky trhlin. Od výpočtu lze upustit.

Omezení průhybu

Součinitel zohledňující nosný systém  $K = 1,3$

Referenční stupeň vyztužení  $\rho_0 = 10^{-3} \sqrt{f_{ck}} = 10^{-3} \sqrt{30} = 0,00548$

Požadovaný stupeň vyztužení

$$\rho = \frac{A_{s1}}{b * d} = \frac{0,000314}{1 * 0,176} = 0,00179$$

Protože  $\rho_0 > \rho$  použije se rovnice (5.25).

$$\left(\frac{l}{d}\right)_{mezní} = 1,3 \left[ 11 + 1,5 \sqrt{30} \frac{0,00548}{0,00179} + 3,2 \sqrt{30} \left( \frac{0,00548}{0,00179} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] = 113,816$$

Pro nejhorší případ poměru délky  $k$  u účinné výšce průřezu se vybere pole s největším rozpětím a to je pole 3 s rozpětím  $l_3 = 6,2$  m.

$$\frac{l_3}{d} = \frac{6\,200}{175} = 35,23$$

$$\frac{l}{d} = 35,23 < \left(\frac{l}{d}\right)_{mezní} = 113,816 \dots \text{vyhovuje, od výpočtu lze upustit}$$

**Spojité stropní deska prvního nadzemního podlaží 2. NP**

Viz příloha č. 2.



## 5.5. Průvlak

### T1

Geometrie prvku:  $h = 0,65 \text{ m}$

$b_w = 0,4 \text{ m}$

$l = 7,2 \text{ m}$

Maximální účinky od zatížení:  $M_{Ed}^+ = 202,1 \text{ kNm}$

$M_{Ed}^- = -331,4 \text{ kNm}$

$V_{Ed} = 273,81 \text{ kN}$

### Návrh výztuže v poli u dolního okraje

**Návrh :  $\phi = 16 \text{ mm}$ ;  $n = 4 \text{ ks}$**

Krytí výztuže

$c_{min} = \max(10 \text{ mm}, \phi, 10 \text{ mm}) = \max(10, 16, 10) = 16 \text{ mm}$

$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

Krytí výztuže  $c_{nom}$  se vypočítá pomocí rovnice (5.1).

$c_{nom} = 26 \text{ mm}$

### Výpočet odolnosti

Plocha výztuže  $A_s$

$$A_s = n \pi \frac{\phi^2}{4} = 4 * \pi * \frac{0,016^2}{4} = 8,04 * 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (5.26)$$

Účinná výška průřezu  $d$  se vypočítá pomocí rovnice (5.3).

$d = 0,616 \text{ m}$

Síla ve výztuži se vypočítá podle rovnice (5.4).

$F_s = 349,67 \text{ kN/m}^2$

Tlačená výška průřezu

$$x = \frac{F_s}{b_w f_{cd} * 10^3 \lambda} = \frac{349,67}{0,4 * 20 * 10^3 * 0,8} = 0,0841 \text{ m} \quad (5.27)$$

Odolnost konstrukce se vypočte podle rovnice (5.6).

$$M_{Rd}^+ = 203,64 \text{ kNm} > M_{Ed}^+ = 202,1 \text{ kNm} \dots \textit{vyhovuje}$$

### Konstrukční zásady

Kontrola výšky tlačené oblasti se vypočte dle rovnice (5.7).

$$\xi = 0,136 < \xi_{lim} = 0,45 \dots \textit{vyhovuje}$$

Minimální plocha vyztužení se vypočte dle rovnice (5.8).

$$A_{s,min} = \max ( 3,72 * 10^{-4}; 3,2 * 10^{-4} \text{ m}^2 ) = 3,72 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_s = 8,04 * 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,min} = 3,72 * 10^{-4} \text{ m}^2 \dots \textit{vyhovuje}$$

Maximální plocha vyztužení se vypočte dle rovnice (5.9).

$$A_{s,max} = 0,0104 \text{ m}^2$$

$$A_s = 8,04 * 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,max} = 0,0104 \text{ m}^2 \dots \textit{vyhovuje}$$

Minimální světlá vzdálenost prutů se vypočte dle rovnice (5.10). Frakce kameniva byla zvolena 4/8 a 8/16, proto maximální velikost zrna  $d_g$  je 16 mm.

$$s_{min} = \max ( 19,2; 21; 20 \text{ mm} ) = 21 \text{ mm}$$

$$s = (b - n * \phi - 2 * c_{nom}) / (n - 1) = (400 - 4 * 16 - 2 * 26) / (4 - 1) = 94,67 \text{ mm}$$

$$s = 94,67 \text{ mm} > s_{min} = 21 \text{ mm} \dots \textit{vyhovuje}$$

---

Kotevní délka

Základní kotevní délka se vypočte dle rovnice (5.12).

$$l_{b,rqd} = 579,71 \text{ mm}$$

**Návrh:  $l_{b,rqd} = 580 \text{ mm}$**

Minimální kotevní délka se vypočte podle rovnice (5.15).

$$l_{b,min} = \max(174; 160; 100 \text{ mm}) = 174 \text{ mm}$$

U kotvení dolní výztuže do podpory nevzniká skoro žádné napětí ve výztuži, proto se bude kotvit dolní výztuž na minimální kotevní délku 175 mm.

**Návrh:  $l_{bd} = 175 \text{ mm}$**

$$l_{bd} = 175 \text{ mm} > l_{b,min} = 174 \text{ mm} \dots\dots\text{vyhovuje}$$

**Návrh výztuže v podpoře u horního okraje průřezu**

**Návrh :  $\phi = 16 \text{ mm}$ ;  $n = 7 \text{ ks}$**

Krytí výztuže

$$c_{min} = \max(10 \text{ mm}, \phi, 10 \text{ mm}) = \max(10, 16, 10) = 16 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

Krytí výztuže  $c_{nom}$  se vypočítá pomocí rovnice (5.1).

$$c_{nom} = 26 \text{ mm}$$

Výpočet odolnosti

Plocha výztuže  $A_s$  se vypočítá pomocí rovnice (5.26).

$$A_s = 1,41 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

Účinná výška průřezu  $d$  se vypočítá pomocí rovnice (5.3).

$$d = 0,612 \text{ m}$$

Síla ve výztuži se vypočítá podle rovnice (5.4).

$$F_s = 611,93 \text{ kN/m}^2$$

Tlačená výška průřezu se vypočítá podle rovnice (5.27).

$$x = 0,1471 \text{ m}$$

Odolnost konstrukce se vypočte podle rovnice (5.6).

$$M_{Rd} = 338,49 \text{ kNm} > M_{Ed} = 331,4 \text{ kNm} \dots \textit{vyhovuje}$$

### Konstrukční zásady

Kontrola výšky tlačené oblasti se vypočte dle rovnice (5.7).

$$\xi = 0,24 < \xi_{lim} = 0,45 \dots \textit{vyhovuje}$$

Minimální plocha vyztužení se vypočte dle rovnice (5.8).

$$A_{s,min} = \max ( 3,69 \cdot 10^{-4}; 3,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 ) = 3,69 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_s = 1,41 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 > A_{s,min} = 3,69 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \dots \textit{vyhovuje}$$

Maximální plocha vyztužení se vypočte dle rovnice (5.9).

$$A_{s,max} = 0,0104 \text{ m}^2$$

$$A_s = 1,41 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 > A_{s,max} = 0,0104 \text{ m}^2 \dots \textit{vyhovuje}$$

Minimální světla vzdálenost prutů se vypočte dle rovnice (5.10). Frakce kameniva byla zvolena 4/8 a 8/16, proto maximální velikost zrna  $d_g$  je 16 mm.

$$s_{min} = \max ( 19,2; 21; 20 \text{ mm} ) = 21 \text{ mm}$$

$$s = (b - n \cdot \phi - 2 \cdot c_{nom}) / (n - 1) = (400 - 7 \cdot 16 - 2 \cdot 26) / (7 - 1) = 39,33 \text{ mm}$$

$$s = 39,33 \text{ mm} > s_{min} = 21 \text{ mm} \dots \textit{vyhovuje}$$

Kotevní délka

Základní kotevní délka se vypočte dle rovnice (5.12).

$$l_{b,rqd} = 579,71 \text{ mm}$$

**Návrh:  $l_{b,rqd} = 580 \text{ mm}$**

Mezní stav napětí v soudržnosti žebírkové výztuže a betonu je stejný viz rovnice (5.13).

Návrhová kotevní délka se vypočte dle rovnice (5.14) se součiniteli.

$\alpha_1 = 1$  pro jiné než přímé pruty

$\alpha_2 = 1 - 0,15(cd - 3\phi) / \phi = 1 - 0,15(19,65 - 3 * 16) / 16 = 1,266 > 1$  proto vybírám  $\alpha_2 = 1$

$\alpha_3 = 1$  není zde ovinutí příčnou výztuží

$\alpha_4 = 1$  nejsou zde příčně přivařené pruty

$\alpha_5 = 1$  není zde účinek ovinutí příčným tlakem.

$$l_{bd} = 580 \text{ mm}$$

Minimální kotevní délka se vypočte podle rovnice (5.15).

$$l_{b,min} = \max(174; 160; 100 \text{ mm}) = 174 \text{ mm}$$

**Návrh:  $l_{bd} = 580 \text{ mm}$**

$$l_{bd} = 580 \text{ mm} > l_{b,min} = 174 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$$

Návrh smykové výztuže

1) Ověření únosnosti průvzlaku ve smyku bez smykové výztuže.

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{612}} = 1,572 < 2 \dots k = 1,572 \quad (5.28)$$

Stupeň vyztužení v podpoře

$$\rho = \frac{A_s}{b_w * d} = 1,41 * \frac{10^{-3}}{0,4 * 0,612} = 0,00575 < 0,02 \dots \rho = 0,00575 \quad (5.29)$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12 \text{ MPa} \quad (5.30)$$

Návrhová hodnota únosnosti ve smyku bez smykové výztuže

$$\begin{aligned} V_{Rd,c} &= [C_{Rd,c} k^3 \sqrt{100 \rho f_{ck}} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d \\ &= [0,12 * 1,572^3 \sqrt{100 * 0,00575 * 30} + 0] * 0,4 * 0,612 \\ &= 119,29 \text{ kN} \end{aligned} \quad (5.31)$$

Kde:  $k_1 * \sigma_{cp} = 0$  je zde nulové normálové napětí

Minimální smykové napětí

$$v_{min} = 0,035 * k^{\frac{3}{2}} * f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 * 1,572^{\frac{3}{2}} * 30^{\frac{1}{2}} = 0,378 \text{ MPa} \quad (5.32)$$

$$V_{Rd,c} = 119,29 \text{ kN} > (v_{min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d = (0,378 * 10^3 + 0) * 0,4 * 0,616 = 93,07 \text{ kN}$$

Posouzení na minimální přenesení smykového napětí vyhoví.

$$V_{Ed} = 273,81 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 119,29 \text{ kN} \dots \text{Nevyhovuje, musí se navrhnout smyková výztuž.}$$

- 2) Návrh smykové výztuže a výpočet únosnosti průvlaku se smykovou výztuží pomocí příhradové analogie.

**Návrh:  $\phi = 8 \text{ mm}$ ;  $s = 120 \text{ mm}$ ; třístržný třmínek –  $t_t = 3$**

Průřezová plocha smykové výztuže

$$A_{sw} = t_t \pi \left( \frac{\phi^2}{4} \right) = 3 * \pi * \left( \frac{0,008^2}{4} \right) = 1,51 * 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (5.33)$$

$$f_{ywd} = f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Rameno vnitřních sil

$$z = 0,9 * d = 0,9 * 0,612 = 0,5508 \text{ m}$$

$$\cotg \theta = 1$$

$$\begin{aligned} V_{Rd,s} &= \frac{A_{sw} (z f_{ywd} \cotg \theta)}{s} = 1,51 * 10^{-4} * 0,5508 * 434780 * \frac{1}{0,12} \\ &= 300,94 \text{ kN} \end{aligned} \quad (5.34)$$

Redukční součinitel pevnosti betonu

$$v_1 = 0,6 * \left[ 1 - \left( \frac{f_{ck}}{250} \right) \right] = 0,6 * \left[ 1 - \left( \frac{30}{250} \right) \right] = 0,528$$

$$\alpha_{cw} = 1$$

$$\tan \theta = 1$$

Maximální návrhová hodnota posouvající síly, kterou prvek může přenést.

$$\begin{aligned} V_{Rd,max} &= \alpha_{cw} b_w z v_1 \left( \frac{f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} \right) \\ &= 1 * 0,4 * 0,5508 * 0,528 * \left( \frac{20 * 10^3}{1 + 1} \right) = 1\,163 \text{ kN} \end{aligned} \quad (5.35)$$

Vybere se minimální z rovnic (5.34) a (5.35) a porovná s maximální posouvající silou  $V_{ed}$ .

$$V_{Rd,s} = 300,94 \text{ kN} > V_{Ed} = 273,81 \text{ kN} \dots\dots \textit{smyková výztuž a prvek vyhoví}$$

### Konstrukční smyková výztuž

Stanovení vzdálenosti  $x$  od podpory, kde už není smyková výztuž potřebná.

$$x = \frac{l}{2} - \frac{l}{V_{Ed}} * V_{Rd,c} = \frac{7,2}{2} - \frac{7,2}{273,81} * 119,29 = 2,03 \text{ m} \quad (5.36)$$

Návrh:  $\varphi = 8 \text{ mm}$ ;  $s_k = 300 \text{ mm}$ ; tříštížný třmínek –  $t_{t,k} = 3$

Plocha výztuže konstrukční smykové výztuže se vypočítá podle rovnice (5.33).

$$A_{sw,k} = 1,51 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Konstrukční zásady konstrukční smykové výztuže, jako je maximální vzdálenost třmíneků a minimální stupeň vyztužení se spočtou podle rovnic (5.37), (5.38) a (5.40). Následně se posoudí podle těchto rovnic, viz níž.

$$\rho_{w,min} = 8,76 * 10^{-4} < \rho_w = 1,257 * 10^{-3} \dots\dots \textit{vyhovuje}$$

$$s_k = 300 \text{ mm} < s_{max} = 462 \text{ mm} \dots\dots \textit{vyhovuje}$$

Konstrukční zásady

Minimální stupeň vyztužení

$$\rho_{w,min} = 0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,08 \frac{\sqrt{30}}{500} = 8,76 * 10^{-4} \quad (5.37)$$

$$\rho_{sw} = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,51 * \frac{10^{-4}}{0,12 * 0,4 * 1} = 0,003142 \quad (5.38)$$

$$\rho_{w,min} = 8,76 * 10^{-4} < \rho_w = 3,142 * 10^{-3} \dots \text{vyhovuje}$$

Maximální příčná vzdálenost větví třmínků

$$\begin{aligned} s_{t,max} &= \min(0,75d; 600 \text{ mm}) = \min(0,75 * 616; 600 \text{ mm}) \\ &= \min(462; 600 \text{ mm}) = 462 \text{ mm} \end{aligned} \quad (5.39)$$

$$s_t = (b - 2c_{nom} - \phi) / 2 = (400 - 2 * 26 - 16) / 2 = 166 \text{ mm}$$

$$s_t = 166 \text{ mm} < s_{t,max} = 459 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$$

Maximální vzdálenost mezi třmínky

$$s_{max} = 0,75d(1 + \cot \theta) = 0,75 * 612 * (1 + 0) = 459 \text{ mm} \quad (5.40)$$

$$s = 120 \text{ mm} < s_{max} = 459 \text{ mm} \dots \text{Vyhovuje}$$

**Mezní stav použitelnosti MSP**Omezení trhlin

1) Ideální průřez bez trhliny (plně působí celý betonový průřez)

$$A_{s1} = 8,04 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s2} = 1,41 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$d_1 = c_{nom} + \phi/2 = 26 + 16/2 = 34 \text{ mm} = 0,034 \text{ m}$$

$$d_2 = c_{nom,desky} + \phi_{deska} + \phi/2 = 20 + 10 + 16/2 = 38 \text{ mm} = 0,038 \text{ m}$$

$$d = 616 \text{ mm} = 0,616 \text{ m}$$

Násobek plochy výztuže se vypočte podle rovnice (5.19).

$$\alpha_c = 6,5625$$



Plocha ideálního průřezu se vypočte podle rovnice (5.20), těžiště podle (5.21) a moment setrvačnosti podle rovnice (5.22). Výsledky jsou uvedeny níže v textu.

$$A_i = 0,275 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = 0,309 \text{ m}$$

$$I_i = 0,00971 \text{ m}^4$$

Charakteristická hodnota ohybového momentu a normálové síly jsou vypočítány pro kvazistálou kombinaci zatížení.

Výpočet napětí v dolních vláknech se vypočítá pomocí rovnice (5.24).

$$M_{Ek} = 163,38 \text{ kNm}; N_{ek} = 0 \text{ kN}$$

$$\sigma_{c1} = 5,81 \text{ MPa} > f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa} \dots \text{Vzniknou trhliny}$$

## 2) Ideální průřez s trhlinou

Kvadratická rovnice pro výpočet tlačené části průřezu

$$x^2 + \frac{2\alpha_c}{b} (A_{s1} + A_{s2})x - \frac{2\alpha_c}{b} (A_{s1}d_1 + A_{s2}d_2) = 0 \quad (5.41)$$

$$x = 0,0267 \text{ m} < h_s = 0,2 \text{ m} \dots \text{Výška tlačené oblasti vychází do desky}$$

Plocha ideálního průřezu s trhlinou

$$\begin{aligned} A_{i2} &= A_{c2} + \alpha_c A_{s1} + \alpha_c A_{s2} \\ &= 0,4 * 0,0267 + 6,5625 * 8,04 * 10^{-4} + 6,5625 * 1,41 \\ &\quad * 10^{-3} = 0,0252 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (5.42)$$

Těžiště ideálního průřezu s trhlinou

$$\begin{aligned} a_{giz} &= \frac{A_{c2}a_c + \alpha_c (A_{s1}d_1 + A_{s2}d_2)}{A_{i2}} \\ &= \frac{0,0252 * 0,0134 + 6,5625(8,04 * 10^{-4} * 0,034 + 1,41 * 10^{-3} * 0,038)}{0,0252} \\ &= 0,159 \text{ m} \end{aligned} \quad (5.43)$$

Moment setrvačnosti pro průřez s trhlinou

$$\begin{aligned}
 I_{i2} &= \frac{1}{3}bx^3 + \alpha_c[A_{s1}(d-x)^2 + A_{s2}(x-d_2)^2] \\
 &= \frac{1}{3}0,4 * 0,0267^3 + 6,5625[8,04 * 10^{-4}(0,616 - 0,0267)^2 \\
 &\quad + 1,41 * 10^{-3}(0,0267 - 0,038)^2] = 0,00184 \text{ m}^4
 \end{aligned} \tag{5.44}$$

Výpočet napětí pro ideální průřez s trhlinou

$$\sigma_c = \frac{M_{Ek}}{I_{i2}} * x = \frac{163,38 * 10^{-3}}{0,00184} * 0,0267 = 2,37 \text{ MPa} \tag{5.45}$$

$$\sigma_{c2} = 2,37 \text{ MPa} < f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

### Posouzení šířky trhlin

Maximální vzdálenost trhlin

$$\begin{aligned}
 s_{r,max} &= k_3c + \frac{k_1k_2k_4\phi}{\rho_{p,eff}} = 3,4 * 0,026 + 0,8 * 0,5 * 0,425 * \frac{0,016}{0,0236} \\
 &= 0,2036 \text{ m}
 \end{aligned} \tag{5.46}$$

Kde:  $k_1 = 0,8$  pro pruty s velkou soudržností

$k_2 = 0,5$  pro prostý ohyb

$k_3 = 3,4$  a  $k_4 = 0,425$

Efektivní stupeň vyztužení

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{8,04 * 10^{-4}}{0,034} = 0,0236$$

Efektivní plocha

$$A_{c,eff} = h_{c,eff} * b_w = 0,085 * 0,4 = 0,034 \text{ m}^2$$

Efektivní výška

$$\begin{aligned}
 h_{c,eff} &= \min\left(2,5(h-d); \frac{h-x}{3}; \frac{h}{2}\right) = \min\left(2,5(0,65 - 0,616); \frac{0,65 - 0,0267}{3}; \frac{0,65}{2}\right) \\
 &= \min(0,085; 0,208; 0,325) = 0,085 \text{ m} > c + \phi = 0,026 + 0,016 \\
 &= 0,042 \text{ m} \dots \text{veškerá vyztuž leží v pásmu } h_{c,eff}
 \end{aligned}$$

Výpočet šířky trhlin

$$w_k = s_{r,max}(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,2036 * 10^3 * 0,001365 = 0,278 \text{ mm} \quad (5.47)$$

Kde:

$$\begin{aligned} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) &= \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{c,eff}} (1 + \alpha_c \rho_{c,eff})}{E_s} = \frac{343,39 - 0,4 \frac{2,9}{0,0236} (1 + 6,5625 * 0,0236)}{210 * 10^3} \\ &= 0,001365 > 0,6 \left( \frac{343,39}{210 * 10^3} \right) = 0,000981 \dots \dots \text{vyhovuje} \end{aligned}$$

Podle stupně vlivu prostředí XC1 a s nepředepjatou výztuží uvažujeme maximální šířku trhlin 0,4 mm.

$$w_{max} = 0,4 \text{ mm} > w_k = 0,278 \text{ mm} \dots \dots \text{šířka trhlin vyhovuje}$$

Ověření maximálního průměru prutu

$$\phi_s = \phi_s^* \left( \frac{f_{ct,eff}}{2,9} \right) \frac{k_c h_{cr}}{2(h-d)} = 40 \left( \frac{2,9}{2,9} \right) \left( \frac{0,4 * ((0,65 - 0,616) * 2)}{2 * (0,65 - 0,616)} \right) = 16 \text{ mm}$$

$\phi_s^* = 40 \text{ mm}$  maximální průměr prutu výztuže

$$\phi_s = 16 \text{ mm} = \phi = 16 \text{ mm} \dots \dots \text{vyhovuje}$$

### Omezení napětí

Zmenšující součinitelé pevnostních charakteristik podle národní přílohy ČSN EN 1992-1-1.

$$k_1 = 0,6$$

$$k_3 = 0,8$$

Omezení napětí v betonu

$$\sigma_{c2} = 2,37 \text{ MPa} < f_{ck} * k_1 = 30 * 0,6 = 18 \text{ MPa} \dots \dots \text{vyhovuje}$$

Omezení napětí ve výztuži

$$\begin{aligned} \sigma_s &= \frac{M_{ek}}{I_{i2}} \alpha_c (d - x) = \frac{163,38 * 10^{-3}}{0,00184} * 6,5625 (0,616 - 0,0267) = \\ &= 343,39 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (5.48)$$

$$\sigma_s = 343,39 \text{ MPa} < k_3 * f_{yk} = 0,8 * 500 = 400 \text{ MPa} \dots \dots \text{vyhovuje}$$

Omezení průhybu

Součinitel zohledňující nosný systém  $K = 1,3$

Referenční stupeň vyztužení  $\rho_0 = 10^{-3} \sqrt{f_{ck}} = 10^{-3} \sqrt{30} = 0,00548$

Požadovaný stupeň vyztužení

$$\rho = \frac{A_{s1}}{b_w * d} = \frac{0,000804}{0,4 * 0,612} = 0,00328$$

Protože  $\rho_0 > \rho$  použije se rovnice (5.25).

$$\left(\frac{l}{d}\right)_{mezní} = 1,3 \left[ 11 + 1,5 \sqrt{30} \frac{0,00548}{0,00328} + 3,2 \sqrt{30} \left( \frac{0,00548}{0,00328} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] = 44,66$$

$$\frac{l}{d} = \frac{7\,200}{612} = 11,76$$

$$\frac{l}{d} = 11,76 < \left(\frac{l}{d}\right)_{mezní} = 44,66 \dots \text{vyhovuje, od výpočtu lze upustit}$$

**T2, T3, T4, T5, T6**

**Viz příloha č. 3**

## 5.6. Sloup

**S1**

Geometrie prvku:  $h = 0,4 \text{ m}$

$b = 0,4 \text{ m}$

$l = 4,72 \text{ m}$

Maximální účinky od zatížení:

Maximální ohybový moment a příslušná normálová síla

$$M_{Ed,max}(N_{Ed}) = -83,2 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed}(M_{Ed,max}) = -497,16 \text{ kN}$$

Maximální normálová síla a příslušný ohybový moment

$$M_{Ed} (N_{Ed,max}) = 37,61 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed,max} (M_{Ed}) = -580,06 \text{ kN}$$

**Návrh výztuže:  $\phi = 12 \text{ mm}$ ;  $n = 4 \text{ ks}$**

Krytí výztuže

$$c_{min} = \max (10 \text{ mm}, \phi, 10 \text{ mm}) = \max (10, 12, 10) = 12 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

Krytí výztuže  $c_{nom}$  se vypočítá pomocí rovnice (5.1).

$$c_{nom} = 22 \text{ mm}$$

Plocha průřezu

$$A_c = b * h = 0,4 * 0,4 = 0,16 \text{ m}^2$$

Plocha výztuže

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{n}{2} \pi \left( \frac{\phi^2}{4} \right) = \frac{4}{2} \pi \left( \frac{0,012^2}{4} \right) = 2,26 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Díky symetrii vyztužení průřezu jsou plochy výztuže stejné.

Vzdálenost od středu průřezu k výztuži.

$$z_{s1} = z_{s2} = \frac{h}{2} - c - \frac{\phi}{2} = \frac{0,4}{2} - 0,022 - \frac{0,012}{2} = 0,172 \text{ m}$$

Účinná výška průřezu

$$d = h - c - \frac{\phi}{2} = 0,4 - 0,022 - \frac{0,012}{2} = 0,372 \text{ m}$$

Vzdálenost výztuže od kraje průřezu

$$d_1 = d_2 = c + \frac{\phi}{2} = 0,022 + \frac{0,012}{2} = 0,028 \text{ m}$$

Síla ve výztuži

$$F_{s1} = F_{s2} = A_s f_{yd} = 2,26 * 10^{-4} * 434,78 * 10^3 = 98,35 \text{ kN}$$

Interakční diagram

BOD 0 – celý průřez je tlačенý,  $M_{ed} = 0$  kNm a  $N_{ed}$  je maximální,  $x = h$

$$F_{c,0} = \lambda b h f_{cd} = 0,8 * 0,4 * 0,4 * 20 * 10^3 = 2\,560 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,0} = F_c + F_{s1} + F_{s2} = 2\,560 + 98,35 + 98,35 = 2\,756,7 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,0} = F_{s1}z_{s1} - F_{s2}z_{s2} = 98,35 * 0,172 - 98,35 * 0,172 = 0 \text{ kNm}$$

BOD 1 – tlačená oblast  $x = d$  a v těžišti plochy výztuže  $A_{s1}$  prochází neutrálná osa,

$$N_{ed} > M_{ed}$$

$$F_{c,1} = \lambda b d f_{cd} = 0,8 * 0,4 * 0,372 * 20 * 10^3 = 2\,380,8 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,1} = F_{c,1} + F_{s1} + F_{s2} = 2\,380,8 + 98,35 + 98,35 = 2\,577,49 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_{Rd,1} &= F_{c,1} \left( \frac{h}{2} - \frac{\lambda * d}{2} \right) + F_{s1}z_{s1} - F_{s2}z_{s2} \\ &= 2\,577,49 * \left( \frac{0,4}{2} - \frac{0,8 * 0,372}{2} \right) + 98,35 * 0,172 - 98,35 * 0,172 \\ &= 138,81 \text{ kNm} \end{aligned}$$

BOD 2 – zvyšuje se excentricita tak, aby síla ve výztuži  $F_{s1}$  byla na mezi kluzu

$$x = \frac{700}{700 + f_{yd}} * d = \frac{700}{700 + 434,78 * 10^3} * 0,372 = 0,229 \text{ m}$$

$$F_{c,2} = \lambda b x f_{cd} = 0,8 * 0,4 * 0,229 * 20 * 10^3 = 1\,468,62 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,2} = F_{c,2} + F_{s1} - F_{s2} = 1\,468,62 + 98,35 - 98,35 = 1\,468,62 \text{ kN}$$

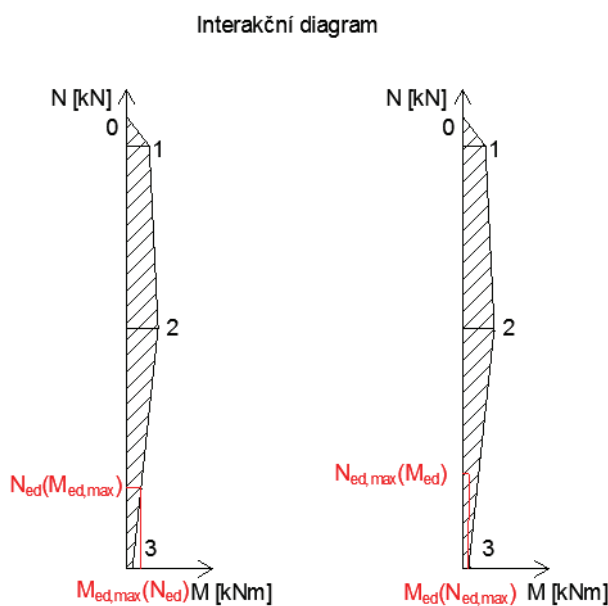
$$\begin{aligned} M_{Rd,2} &= F_{c,2} \left( \frac{h}{2} - \frac{\lambda * x}{2} \right) + F_{s1}z_{s1} + F_{s2}z_{s2} \\ &= 2\,577,49 * \left( \frac{0,4}{2} - \frac{0,8 * 0,229}{2} \right) + 98,35 * 0,172 + 98,35 * 0,172 \\ &= 192,75 \text{ kNm} \end{aligned}$$

BOD 3 –  $N_{ed} = 0$  a  $M_{ed}$  je maximální, prostý ohyb

$$x = \frac{F_{s1}}{\lambda b f_{cd}} = \frac{98,35}{0,8 * 0,4 * 20 * 10^3} = 0,015 \text{ m}$$

$$N_{Rd,3} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,3} = F_{s1} \left( d - \frac{\lambda x}{2} \right) = 98,35 * \left( 0,372 - \frac{0,8 * 0,015}{2} \right) = 35,98 \text{ kNm}$$

Grafické posouzení

Obrázek 20 Interakční diagram pro sloup SI

První diagram v (obrázek 24) znázorňuje grafické posouzení kombinace maximálního ohybového momentu s příslušnou normálovou silou a druhý diagram kombinaci maximální normálové síly s příslušným ohybovým momentem. Obě tyto kombinace jsou na ploše interakčního diagramu, což je vyhovující.

Výpočetní posouzení

- 1) Pro tlak s malou excentricitou

Maximální normálová síla a příslušný ohybový moment

$$M_{Ed}(N_{Ed,max}) = 37,61 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed,max}(M_{Ed}) = -580,06 \text{ kN}$$

Pomocí interpolace mezi hodnotami, které vyznačují body v interakčním diagramu se vypočítá mezní ohybový moment únosnosti. Jelikož jsou obě kombinace pod bodem 2, použije se interpolace mezi body 2 a 3 viz (**tab. 8**).

tab. 8

	$N_{rd}$ [kN]	$M_{rd}$ [kNm]
BOD 3	0,00	35,98
BOD 2	1468,62	192,75
BOD x	580,06	?
	580,06	97,9

$M_{Rd,x} = 97,9 \text{ kNm} > M_{Ed}(N_{Ed,max}) = 37,61 \text{ kNm} \dots$  **Únosnost vyhovuje**

2) Pro tlak s velkou excentricitou

Maximální ohybový moment a příslušná normálová síla

$$M_{Ed,max}(N_{Ed}) = -83,2 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed}(M_{Ed,max}) = -497,16 \text{ kN}$$

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{N_{ed}}{b \lambda f_{cd}} = \frac{497,16}{0,4 * 0,8 * 20 * 10^3} = 0,0777 \text{ m}$$

Síla v tlačené části betonu

$$F_c = \lambda x b f_{cd} = 0,8 * 0,0777 * 0,4 * 20 * 10^3 = 497,16 \text{ kN}$$

Únosnost

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= F_c \left( \frac{h}{2} - \frac{\lambda * x}{2} \right) + F_{s1} z_{s1} + F_{s2} z_{s2} \\ &= 497,16 * \left( \frac{0,4}{2} - \frac{0,8 * 0,0777}{2} \right) + 98,35 * 0,172 + 98,35 * 0,172 \\ &= 133,232 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$M_{Rd} = 133,232 \text{ kNm} > M_{Ed} = 83,2 \text{ kNm} \dots$  **únosnost vyhoví**

Konstrukční zásady

Maximální plocha výztuže

$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * 0,16 = 0,0064 \text{ m}^2$$



Minimální plocha výztuže

$$A_{s,\min} = (0,1 * N_{ed}) / F_{yd} = (0,1 * 580,06) / 434,78 * 10^3 = 1,33 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,\max} = 0,0064 \text{ m}^2 > A_s = 2 A_{s1} = 2 * 2,25 * 10^{-4} = 4,52 * 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,\min} = 1,33 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

**vyhovuje**

**vyhovuje**

Kontrola využití tlačené výztuže

$$x_{lim} = \frac{700}{700 - f_{yd}} d_2 = \frac{700}{700 - 434,78} 0,028 = 0,0739 \text{ m}$$

$$x = 0,0777 \text{ m} > x_{lim} = 0,0739 \text{ m} \dots \dots \text{ **Vyhovuje**}$$

Kontrola využití tažené výztuže

$$x_{lim2} = \frac{700}{700 + f_{yd}} d = \frac{700}{700 + 434,78} 0,372 = 0,229 \text{ m}$$

$$x = 0,0777 \text{ m} < x_{lim2} = 0,229 \text{ m} \dots \dots \text{ **Vyhovuje**}$$

Posouzení na vzpěr

$$N_{Ed} = 580,06 \text{ kN}$$

Účinný součinitel dotvarování

$$\varphi_{ef} = \varphi_{(\infty,28)} \left( \frac{M_{0Eqp}}{M_{0Ed}} \right) = 1,7 * \left( \frac{52,4}{83,2} \right) = 1,0706$$

Kde:  $\varphi_{(\infty,28)} = 1,7$  součinitel dotvarování ve 28 dnech získaný z grafu

$M_{0Eqp} = 52,4 \text{ kNm}$  ohybový moment prvního řádu od kvazistálé kombinace zatížení

$M_{0Ed} = 83,2 \text{ kNm}$  ohybový moment prvního řádu od návrhové kombinace zatížení

Mechanický stupeň vyztužení

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}} = \frac{4,52 * 10^{-4} * 434,78}{0,16 * 20} = 0,0615$$

Limitní štíhlost

$$\lambda_{lim} = \frac{20 A B C}{\sqrt{n}} = \frac{20 * 0,7 * 1,06 * 0,824}{\sqrt{0,181}} = 26 \quad (5.49)$$

Kde:  $A = 1/(1+0,2*\phi_{ef}) = 1/(1+0,2*1,0706) = 0,824$

$$B = \sqrt{1 + 2 \omega} = \sqrt{1 + 2 * 0,0615} = 1,06$$

$$C = 0,7$$

$$n = N_{Ed}/(A_c*f_{cd}) = 580,06/(0,16*20*103) = 0,181 \text{ poměrová normálová síla}$$

Štíhlost

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{2,135}{0,116} = 18,49 \quad (5.50)$$

Kde:  $l_0 = \beta*1 = 0,5*4,27 = 2,135$  m účinná délka

$$i = \sqrt{I_y / A_c} = \sqrt{(1/12*0,4*0,4^3) / 0,16} = 0,116 \text{ m poloměr setrvačnosti průřezu bez trhlin}$$

$\lambda_{lim} = 26 > \lambda = 18,49$  ..... **Lze upustit od posouzení podle II. řádu.**

### Příčná výztuž

**Návrh:  $\phi = 6$  mm**

$$s_s = 180 \text{ mm}$$

Minimální průměr výztuže

$$\phi_{min} = \max(\phi/4; 6 \text{ mm}) = \max(12/4; 6 \text{ mm}) = \max(3; 6 \text{ mm}) = 6 \text{ mm}$$

$$\phi_{min} = 6 \text{ mm} = \phi = 6 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$$

Maximální vzdálenost příčné výztuže

$$s_{s,max} = \min(15 \phi; \min(b, h); 300 \text{ mm}) = \min(15*12; \min(400, 400); 300 \text{ mm}) =$$

$$= \min(180; 400; 300 \text{ mm}) = 180 \text{ mm}$$

$$s_{s,max} = 180 \text{ mm} = s_s = 180 \text{ mm} \dots \dots \text{vyhovuje}$$

---

### Kotevní délka

Základní kotevní délka se vypočte dle rovnice (5.12).

$$l_{b,rqd} = 434,78 \text{ mm}$$

**Návrh:  $l_{b,rqd} = 435 \text{ mm}$**

Mezní stav napětí v soudržnosti žebírkové výztuže a betonu je stejný viz rovnice (5.13).

Návrhová kotevní délka se vypočte dle rovnice (5.14) se součiniteli.

$\alpha_1 = 1$  pro přímé pruty

$\alpha_2 = 1 - 0,15(cd - \phi) / \phi = 1 - 0,15(22 - 12) / 12 = 0,875$  pro přímé pruty

$\alpha_3 = 1$  není zde ovinutí příčnou výztuží

$\alpha_4 = 1$  nejsou zde příčně přivařené pruty

$\alpha_5 = 1$  není zde účinek ovinutí příčným tlakem.

$$l_{bd} = 380,625 \text{ mm}$$

Minimální kotevní délka se vypočte podle rovnice (5.15).

$$l_{b,min} = \max(130,5; 120; 100 \text{ mm}) = 130,5 \text{ mm}$$

**Návrh:  $l_{bd} = 385 \text{ mm}$**

$$l_{bd} = 385 \text{ mm} > l_{b,min} = 130,5 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$$

**S2, S3, S4**

**Viz příloha č. 3.**

## 5.7. Patky

Patky jakožto základová konstrukce, má třídu prostředí XC2 (mokré, občas suché). Proto se bude volit jiná minimální krycí vrstva betonářské výztuže.

### Účinky zatížení do patky

$$M_{Ed,y} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,x} = 14,81 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 1\,173 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 8,63 \text{ kN}$$

Ohybový moment  $M_{Ed,y}$  má velikost pouze od imperfekcí konstrukce. Protože objekt je dvoupatrový, budou imperfekce natolik malé, že tento ohybový moment může být zanedbán.

### Geometrie prvku

$$\text{Patka: } b_x = 1,5 \text{ m} \qquad \text{sloup: } c_x = 0,4 \text{ m}$$

$$b_y = 1,5 \text{ m} \qquad c_y = 0,4 \text{ m}$$

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$a = 0,55 \text{ m}$$

### Krytí výztuže

$$c_{\min} = 40 \text{ mm betonáž na upraveném povrchu podloží}$$

$$\Delta_{c,\text{dev}} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta_{c,\text{dev}} = 40 + 10 = 50 \text{ mm}$$

### Efektivní plocha patky

$$A = b_x * b_y = 1,5 * 1,5 = 2,25 \text{ m}^2$$

$$e_x = M_{Ed,x} / N_{Ed} = 14,81 / 1\,173 = 0,01 \text{ m}$$

$$e_y = M_{Ed,y} / N_{Ed} = 0 / 1\,173 = 0 \text{ m}$$

$$b_{x,ef} = b_x - 2e_x = 1,5 - 2 \cdot 0,01 = 1,47 \text{ m}$$

$$b_{y,ef} = b_y - 2e_y = 1,5 - 2 \cdot 0 = 1,5 \text{ m}$$

$$A_{ef} = b_{x,ef} \cdot b_{y,ef} = 1,47 \cdot 1,5 = 2,21 \text{ m}^2$$

### Napětí v základové spáře

$$\sigma_{gd} = N_{Ed} / A_{ef} = 1\,173 / 2,21 = 530,26 \text{ kPa}$$

### Výpočet únosnosti ve směru osy x

**Návrh:  $\phi_x = 12 \text{ mm}$ ;  $n = 11 \text{ ks}$**

Idealizace základové patky pomocí obrácené konzoly.

$$\text{Délka konzoly} \quad a_k = a + 0,15 \cdot c_x = 0,55 + 0,15 \cdot 0,4 = 0,61 \text{ m}$$

$$\text{Zatížení na konzolu} \quad P = \sigma_{gd} \cdot b_y = 530,26 \cdot 1,5 = 795,39 \text{ kN/m}$$

Ohybový moment ve vetknutí

$$M_{Ed,x} = 0,5 \cdot P \cdot a_k^2 = 0,5 \cdot 795,26 \cdot 0,61 = 147,98 \text{ kNm}$$

Plocha výztuže se vypočítá podle rovnice (5.26).

$$A_s = 1,24 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Účinná výška průřezu se vypočte dle rovnice (5.3).

$$d_x = 0,544 \text{ m}$$

Síla ve výztuži se vypočte dle rovnice (5.4).

$$F_{s,x} = 540,9 \text{ kN}$$

Výška tlačené oblasti

$$x_x = \frac{F_s}{\lambda b_y f_{cd}} = \frac{540,9}{0,8 \cdot 1,5 \cdot 20 \cdot 10^3} = 0,0225 \text{ m} \quad (5.51)$$

Únosnost

$$M_{Rd,x} = F_{s,x} \left( d_x - \frac{\lambda x_x}{2} \right) = 540,9 \left( 0,544 - \frac{0,8 * 0,0225}{2} \right) = 289,37 \text{ kNm} \quad (5.52)$$

$M_{Rd,x} = 289,37 \text{ kNm} > M_{Ed,x} = 147,98 \text{ kNm} \dots \text{ Vyhovuje}$

Výpočet únosnosti ve směru osy y

**Návrh:  $\phi_y = 12 \text{ mm}$ ;  $n = 11 \text{ ks}$**

Idealizace základové patky pomocí obrácené konzoly.

Délka konzoly  $a_k = a + 0,15 * c_y = 0,55 + 0,15 * 0,4 = 0,61 \text{ m}$

Zatížení na konzolu  $P = \sigma_{gd} * b_x = 530,26 * 1,5 = 795,39 \text{ kN/m}$

Ohybový moment ve vetknutí

$M_{Ed,y} = 0,5 * P * a_k^2 = 0,5 * 795,26 * 0,61 = 147,98 \text{ kNm}$

Plocha výztuže se vypočítá podle rovnice (5.26).

$A_s = 1,24 * 10^{-3} \text{ m}^2$

Účinná výška průřezu

$d_y = h - c_{nom} - \phi_x - \phi_y/2 = 0,532 \text{ m}$

Síla ve výztuži se vypočte dle rovnice (5.4).

$F_{s,y} = 540,9 \text{ kN}$

Výška tlačené oblasti

$$x_y = \frac{F_s}{\lambda b_x f_{cd}} = \frac{540,9}{0,8 * 1,5 * 20 * 10^3} = 0,0225 \text{ m} \quad (5.53)$$

Únosnost

$$M_{Rd,x} = F_{s,y} \left( d_y - \frac{\lambda x_y}{2} \right) = 540,9 \left( 0,532 - \frac{0,8 * 0,0225}{2} \right) = 282,88 \text{ kNm} \quad (5.54)$$

$M_{Rd,x} = 282,88 \text{ kNm} > M_{Ed,x} = 147,98 \text{ kNm} \dots \text{ Vyhovuje}$

Konstrukční zásady

Kontrola výšky tlačené oblasti se vypočte dle rovnice (5.7).

$$\xi_x = 0,0414 < \xi_{\text{lim}} = 0,45 \dots \text{vyhovuje}$$

$$\xi_y = 0,042 < \xi_{\text{lim}} = 0,45 \dots \text{vyhovuje}$$

Minimální plocha vyztužení se vypočte dle rovnice (5.8).

Jelikož je výztuž v obou směrech stejná, vybere se ta ve směru s větší účinnou výškou průřezu a to je směr x.

$$A_{s,\text{min}} = \max ( 1,23 \cdot 10^{-3}; 1,06 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 ) = 1,23 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_s = 1,24 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 > A_{s,\text{min}} = 1,23 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \dots \text{vyhovuje}$$

Maximální plocha vyztužení se vypočte dle rovnice (5.9).

$$A_{s,\text{max}} = 0,09 \text{ m}^2$$

$$A_s = 1,24 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 > A_{s,\text{max}} = 0,09 \text{ m}^2 \dots \text{vyhovuje}$$

Minimální světlá vzdálenost prutů se vypočte dle rovnice (5.10). Frakce kameniva byla zvolena 4/8 a 8/16, proto maximální velikost zrna  $d_g$  je 16 mm.

$$s_{\text{min}} = \max (14,4; 21; 20 \text{ mm}) = 21 \text{ mm}$$

$$s_x = (b_x - n \cdot \phi_x - 2 \cdot c_{\text{nom}}) / (n-1) = (1\,500 - 11 \cdot 12 - 2 \cdot 50) / (11-1) = 126,8 \text{ mm}$$

$$s_y = (b_x - n \cdot \phi_y - 2 \cdot c_{\text{nom}} - 2 \cdot \phi_x) / (n-1) = (1\,500 - 11 \cdot 12 - 2 \cdot 50 - 2 \cdot 12) / (11-1) = 124,4 \text{ mm}$$

$$s_x = 126,8 \text{ mm} > s_{\text{min}} = 21 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$$

$$s_y = 124,4 \text{ mm} > s_{\text{min}} = 21 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$$

Kotevní délka

Kotevní délka bude pro oba směry stejná.

Základní kotevní délka se vypočte dle rovnice (5.12).

$$l_{b,\text{rqd}} = 434,78 \text{ mm}$$

**Návrh:  $l_{b,\text{rqd}} = 435 \text{ mm}$**

Mezní stav napětí v soudržnosti žebírkové výztuže a betonu je stejný viz rovnice (5.13).

Návrhová kotevní délka se vypočte dle rovnice (5.14) se součiniteli.

$\alpha_1 = 1$  pro jiné než přímé pruty

$\alpha_2 = 1 - 0,15(cd - 3\phi) / \phi = 1 - 0,15(50 - 3 \cdot 12) / 12 = 0,825$

$\alpha_3 = 1$  není zde ovinutí příčnou výztuží

$\alpha_4 = 1$  nejsou zde příčně přivařené pruty

$\alpha_5 = 1$  není zde účinek ovinutí příčným tlakem.

$$l_{bd} = 358,875 \text{ mm}$$

Minimální kotevní délka se vypočte podle rovnice (5.15).

$$l_{b,\min} = \max(130,5; 160; 100 \text{ mm}) = 130,5 \text{ mm}$$

**Návrh:  $l_{bd} = 360 \text{ mm}$**

$$l_{bd} = 360 \text{ mm} > l_{b,\min} = 130,5 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$$

### Posouzení na smyk

Efektivní účinná výška průřezu

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{0,544 + 0,532}{2} = 0,538 \text{ m}$$

Kritický obvod

$$u_1 = 2(c_x + c_y) + 2\pi(2d) = 2(0,4 + 0,4) + 2\pi(2 * 0,538) = 8,361 \text{ m}$$

Kritická plocha

$$A_{cr} = u_1 * d = 8,361 * 0,538 = 4,498 \text{ m}^2$$

Posouvající síla

$$v_{Ed} = \frac{N_{Ed} \beta}{A_{cr}} = \frac{1\,173 * 10^{-3} * 1}{4,498} = 0,261 \text{ MPa}$$

Kde:  $\beta = 1$  pro základové konstrukce



**Ověření únosnosti průvlaku ve smyku bez smykové výztuže.**

Součinitel  $k$ , který zohledňuje účinnou výšku průřezu se vypočte podle rovnice (5.28).

$$k = 1,61$$

Stupeň vyztužení v ose  $x$

$$\rho_x = \frac{A_{sx}}{b_y d_x} = 1,24 * \frac{10^{-3}}{1,5 * 0,544} = 0,0152$$

Stupeň vyztužení v ose  $y$

$$\rho_y = \frac{A_{sy}}{b_x d_y} = 1,24 * \frac{10^{-3}}{1,5 * 0,532} = 0,0156$$

Stupeň vyztužení celkový

$$\rho = \sqrt{\rho_x + \rho_y} = \sqrt{0,0152 + 0,0156} = 0,0154$$

$$C_{Rd,c} = 0,12 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota únosnosti ve smyku bez smykové výztuže se vypočte podle rovnice (5.31)

$$v_{Rd,c} = 0,322 \text{ MPa}$$

Kde:  $k_1 * \sigma_{cp} = 0$  je zde nulové normálové napětí

$v_{Ed} = 0,261 \text{ MPa} < v_{Rd,c} = 0,322 \text{ MPa} \dots \text{ Vyhovuje, nemusí se navrhnout smyková výztuž.}$

**Mezní stav použitelnosti MSP**Omezení trhlin

**Ideální průřez bez trhliny** (plně působí celý betonový průřez)

$$A_{s1} = 1,24 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$d_1 = c_{nom} + \phi/2 = 50 + 12/2 = 56 \text{ mm} = 0,056 \text{ m}$$

$$d = 544 \text{ mm} = 0,544 \text{ m}$$

Násobek plochy výztuže se vypočte podle rovnice (5.19).

$$\alpha_c = 6,25$$

Plocha ideálního průřezu se vypočte podle rovnice (5.20), těžiště podle (5.21) a moment setrvačnosti podle rovnice (5.22). Výsledky jsou uvedeny níže v textu.

$$A_i = 0,91 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = 0,298 \text{ m}$$

$$I_i = 0,0275 \text{ m}^4$$

Charakteristická hodnota ohybového momentu a normálové síly jsou vypočítány pro kvazistálou kombinaci zatížení.

Výpočet napětí v dolních vláknech se vypočítá pomocí rovnice (5.24).

$$M_{EK} = 25,11 \text{ kNm}; N_{EK} = 0 \text{ kN}$$

$$\sigma_{c1} = 0,28 \text{ MPa} < f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa} \dots \text{ Nevzniknou trhliny}$$

### Únosnost základové půdy

Charakteristika zemin

GW Štěrk dobře zrněný, zásypová materiál

GM Štěrk hlinitý, základová půda

Směrné normové charakteristiky zemin viz (tab. 9).

tab. 9

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$h$ [m]	$m$	$E_{def}$ [MPa]	$\beta$	$E_{oed}$ [MPa]
GM	19	32	8	7	0,3	70	0,74	94,59
GW	21	40	0	1,4	0,3	370	0,9	411,11

Kde:  $\gamma$  objemová tíha zeminy

$\varphi_{ef}$  vnitřní úhel tření zeminy

$c_{ef}$  soudržnost zeminy

h	mocnost zeminy
m	součinitel
E <sub>def</sub>	modul přetvárnosti
B	součinitel
E <sub>oed</sub>	Oedometrický modul přetvárnosti

Hladina podzemní vody HPV je v hloubce  $d_w = 2,9$  m.

Hloubka založení základů  $d = 1,4$  m

Návrhové hodnoty směrných normových charakteristik zemin viz (tab. 10)

tab. 10

	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi_d$ [°]	$c_d$ [kPa]	h [m]	m	E,def [MPa]	$\beta$	E,oed [MPa]
GM	19	25,6	6,4	7	0,3	70	0,74	94,59
GW	21	32	0	1,4	0,3	370	0,9	411,11

Kde:  $\gamma_d = \gamma / \gamma_\gamma$ ,  $\gamma_\gamma = 1$

$\varphi_d = \varphi_{ef} / \gamma_\varphi$ ,  $\gamma_\varphi = 1,25$

$c_d = c_{eff} / \gamma_c$ ,  $\gamma_c = 1,25$

Součinitelé pro výpočet únosnosti základové půdy pod patkou P1

1) Součinitelé únosnosti

$$N_c = [e^{\pi \cdot tg \varphi_d} \cdot k_p - 1] \cdot cotg \varphi_d = [e^{\pi \cdot tg 25,6} \cdot 2,522 - 1] \cdot cotg 25,6 = 21,623$$

$$N_d = e^{\pi \cdot tg \varphi_d} \cdot k_p = e^{\pi \cdot tg 25,6} \cdot 2,522 = 11,36$$

$$N_b = 1,5 \cdot [e^{\pi \cdot tg \varphi_d} \cdot k_p - 1] \cdot tg \varphi_d = 1,5 \cdot [e^{\pi \cdot tg 25,6} \cdot 2,522 - 1] \cdot tg 25,6 = 7,446$$

$$k_p = tg^2(45 + 0,5 \cdot \varphi_d) = tg^2(45 + 0,5 \cdot 25,6) = 2,522$$

## 2) Součinitelé tvaru základu

$$s_d = 1 + \left(\frac{b_{ef}}{l_{ef}}\right) * \sin \varphi_d = 1 + \left(\frac{1,5}{1,47}\right) * \sin 25,6 = 1,44$$

$$s_b = 1 - 0,3 * \left(\frac{b_{ef}}{l_{ef}}\right) = 1 - 0,3 * \left(\frac{1,5}{1,47}\right) = 0,695$$

$$s_c = 1 + 0,2 * \left(\frac{b_{ef}}{l_{ef}}\right) = 1 + 0,2 * \left(\frac{1,5}{1,47}\right) = 1,203$$

## 3) Součinitelé vlivu hloubky založení

$$d_b = 1$$

$$d_c = 1 + 0,1 * \sqrt{\frac{d}{b_{ef}}} = 1 + 0,1 * \sqrt{\frac{0,538}{1,5}} = 1,097$$

$$d_d = 1 + 0,1 * \sqrt{\frac{d}{b_{ef}} * \sin 2\varphi_d} = 1 + 0,1 * \sqrt{\frac{0,538}{1,5} * \sin 2 * 25,6} = 1,0853$$

Terén i základová spára jsou vodorovné  $\beta = 0^\circ$  a  $\alpha = 0^\circ$ , proto jsou součinitelé vlivu šikmosti terénu i vlivu šikmosti základové spáry rovny 1.

$$g_c = g_d = g_b = 1$$

$$b_c = b_d = b_b = 1$$

## 4) Součinitelé vlivu šikmosti zatížení

$$i_c = i_d = i_b = (1 - tg \delta)^2 = (1 - 0,00736)^2 = 0,985$$

$$tg \delta = \frac{H_{xd}}{V_d} = \frac{8,63}{1\ 173} = 0,985$$

Vliv HPV na velikost objemové tíhy pod základovou spárou

$$\begin{aligned} z_s &= \frac{b_{ef}}{2} * \frac{\cos \varphi_d}{\cos(45 + \frac{\varphi_d}{2})} * e^{\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\arccos \varphi_d}{2}\right) * tg \varphi_d} \\ &= 1,5/2 * \frac{\cos 25,6}{\cos(45 + (\frac{25,6}{2}))} * e^{\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\arccos 25,6}{2}\right) * tg 25,6} = 2,252 \text{ m} \end{aligned}$$

$z_s = 2,252 \text{ m} < d_w = 2,9 \text{ m}$  ..... vliv HPV se zanedbává

Únosnost základové půdy

$$R_d = c_d N_c s_c d_c i_c g_c b_c + \gamma_1 d N_d s_d d_d i_d g_d b_b + \gamma_2 \frac{b_{ef}}{2} N_b s_b d_b i_b g_b b_b = 6,4 * 21,623 * 1,203 * 1,097 * 0,985 * 1 * 1 + 19 * 1,4 * 11,36 * 1,44 * 1,09 * 0,985 * 1 * 1 + 19 * \left(\frac{1,5}{2}\right) * 7,446 * 0,695 * 1 * 0,985 * 1 * 1 = 725,1 \text{ kPa}$$

Zatížení základové půdy

Vlastní tíha patky

$$G_d = b_x b_y h \gamma_G \gamma_c = 1,5 * 1,5 * 0,6 * 1,35 * 25 = 45,56 \text{ kN}$$

Kde:  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$  objemová tíha betonu

Zatížení

$$\sigma_d = \frac{N_{ed} + G_d + \left( (2ab_x + 2a(b_y - 2a)) * (d - h) * \gamma_{GW} * \gamma_G \right)}{A_{ef}}$$

$$= \frac{1\,173 + 45,56 + \left( (2 * 0,55 * 1,5 + 2 * 0,55(1,5 - 2 * 0,55)) * (1,4 - 0,6) * 21 * 1,35 \right)}{2,21}$$

$$= 588,343 \text{ kPa}$$

$R_d = 725,1 \text{ kPa} > \sigma_d = 588,343 \text{ kPa}$  ..... **Únosnost základové půdy vyhoví**

Sednutí základové patky P1

Výpočet Sednutí základové patky uprostřed patky je vidět v tabulce (tab. 11) a pro kraj patky (tab. 12).

tab. 11

PRO STŘED ZÁKLADU																
i	h [m]	z [m]	y [kN]	E <sub>oed</sub> [MPa]	m	σ <sub>o<sub>i</sub></sub> [MPa]	σ <sub>o<sub>i</sub></sub> [MPa]	m*σ <sub>o<sub>i</sub></sub> [M]	l/b	z/b	lr	lr*4	σ <sub>k</sub> [MPa]	σ <sub>i,z</sub> [MPa]	σ <sub>i,z</sub> (m*σ <sub>o<sub>i</sub></sub> )	
															[Mpa]	s <sub>i</sub> [mm]
1	1	0,5	19	94,59	0,3	38,9	38,9	11,67	1	0,67	0,32	1,28	588,65	715,844	7,444	7,444
2	1	1	19	94,59	0,3	48,4	48,4	14,52	1	1,33	0,16	0,64	σ <sub>or</sub>	357,922	3,630	3,630
3	1	1,5	19	94,59	0,3	57,9	57,9	17,37	1	2,00	0,08	0,32	29,4	178,961	1,708	1,708
4	1	2	19	94,59	0,3	67,4	67,4	20,22	1	2,67	0,049	0,196	σ <sub>ol</sub>	109,614	0,945	0,945
5	0,5	2,25	19	94,59	0,3	72,15	72,15	21,645	1	3,00	0,04	0,16	559,25	89,480	0,717	0,359
6	0,5	2,5	19	94,59	0,3	76,9	76,9	23,07	1	3,33	0,026	0,104		58,162	0,371	0,185
7	0,5	2,75	19	94,59	0,3	81,65	81,65	24,495	1	3,67	0,02	0,08		44,740	0,214	0,107
8	0,5	3	19	94,59	0,3	86,4	86,4	25,92	1	4,00	0,018	0,072		40,266	0,152	0,076
9	0,5	3,25	19	94,59	0,3	91,15	91,15	27,345	1	4,33	0,013	0,052		29,081	0,018	0,009
10	0,5	3,5	19	94,59	0,3	95,9	95,9	28,77	1	4,67	0,01	0,04		22,370	-0,068	-0,034

tab. 12

PRO KRAJ ZÁKLADU																
i	h [m]	z [m]	y [kN]	E <sub>oed</sub> [MPa]	m	σ <sub>o<sub>i</sub></sub> [MPa]	σ <sub>o<sub>i</sub></sub> [MPa]	m*σ <sub>o<sub>i</sub></sub> [M]	l/b	z/b	lr	lr*4	σ <sub>k</sub> [MPa]	σ <sub>i,z</sub> [MPa]	σ <sub>i,z</sub> (m*σ <sub>o<sub>i</sub></sub> )	
															[Mpa]	s <sub>i</sub> [mm]
1	1	0,5	19	94,59	0,3	38,9	38,9	11,67	2	0,67	0,4	0,8	588,65	447,402	4,606	4,606
2	1	1	19	94,59	0,3	48,4	48,4	14,52	2	1,33	0,23	0,46	σ <sub>or</sub>	257,256	2,566	2,566
3	1	1,5	19	94,59	0,3	57,9	57,9	17,37	2	2,00	0,145	0,29	29,4	162,183	1,531	1,531
4	1	2	19	94,59	0,3	67,4	67,4	20,22	2	2,67	0,095	0,19	σ <sub>ol</sub>	106,258	0,910	0,910
5	1	2,5	19	94,59	0,3	76,9	76,9	23,07	2	3,33	0,072	0,144	559,25	80,532	0,607	0,607
6	1	3	19	94,59	0,3	86,4	86,4	25,92	2	4,00	0,049	0,098		54,807	0,305	0,305
7	1	3,5	19	94,59	0,3	95,9	95,9	28,77	2	4,67	0,04	0,08		44,740	0,169	0,169
8	1	4	19	94,59	0,3	105,4	105,4	31,62	2	5,33	0,037	0,074		41,385	0,103	0,103
9	0,5	4,25	19	94,59	0,3	110,15	110,15	33,045	2	5,67	0,03	0,06		33,555	0,005	0,003
10	0,5	4,5	19	94,59	0,3	114,9	114,9	34,47	2	6,00	0,025	0,05		27,963	-0,069	-0,034

Sednutí uprostřed patky

$$s_{\text{střed}} = 15 \text{ mm}$$

Sednutí na kraji patky

$$s_{\text{kraj}} = 11 \text{ mm}$$

Konečné celkové průměrné sednutí

Protože je tato konstrukce železobetonová a staticky neurčitá, volím limitní sednutí 50 mm.

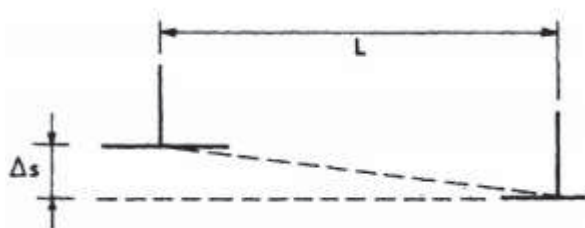
$$s_{m,\text{lim}} = 50 \text{ mm}$$

Posouzení

$$s_{m,\text{lim}} = 50 \text{ mm} > s_{\text{střed}} = 15 \text{ mm} \dots \text{vyhovuje}$$

Kontrola nerovnoměrného sednutí patek

Druh nerovnoměrného sedání je úhlové přetvoření viz (obrázek 25)



Obrázek 25 Typ nerovnoměrného sedání základů.

Osová vzdálenost patek  $L = 7\,200 \text{ mm}$

Sednutí patky P1 ve středu  $s_{P1} = 15 \text{ mm}$

Sednutí patky P2 ve středu  $s_{P2} = 12 \text{ mm}$

$$\left(\frac{\Delta s}{L}\right)_{\text{lim}} = 0,002 > \frac{\Delta s}{L} = \frac{s_{P1} - s_{P2}}{L} = \frac{15 - 12}{7\,200} = 0,00042 \dots \text{vyhovuje}$$

**Patka P2**

Viz příloha č. 5.





---

## **6. Závěr**

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a posoudit konstrukční nosné prvky rámové dvoupatrové železobetonové konstrukce výstavní síně. K dispozici byla již vypracovaná studie objektu ke statickému posouzení. Úkolem bylo vytvořit stavební výkresy tohoto objektu s konstrukčními prvky, které byly dimenzovány podle zatížení na konstrukci. Dále vypočítat zatížení, které na objekt působí a z něj, pomocí metody konečných prvků v programu SCIA Engineer, vypočítat účinky od zatížení. V tomto programu byl rám namodelován jako 2D konstrukce. V místě základových patek bylo zvoleno uložení pomocí vetknutí. Nakonec posoudit konstrukční systém podle platných norem, a to mezního stavu únosnosti i použitelnosti. Dále pak byla posouzena únosnost základové půdy a sednutí jednotlivých základových patek.

V průběhu statického výpočtu došlo k nutnému zvětšení průřezu sloupů z 300 x 300 mm na 400 x 400 mm a průvlaky z 650 x 300 mm na 650 x 400 mm. Krajní patky byly zmenšeny z 1 500 x 1 500 x 600 mm na 1 250 x 1 250 x 600 mm. Celková hmotnost betonářské výztuže třídy B500 B je 5,75 tun.

Doplněním bakalářské práce by mohlo být posouzení únosnosti zděného pláště. Posouzení základových pásů pod schodištěm a zděným pláštěm, požární odolnost a bezpečnost objektu.



## **7. Poděkování**

Nakonec bych chtěla poděkovat vedoucí bakalářské práce Ing. Pavlíně Matečkové, Ph. D. za rady a nové poznatky ohledně posuzování a navrhování železobetonových prvků a zejména uložení betonářské výztuže podle platných norem.



## 8. Seznam příloh a výkresů

### Seznam příloh:

1. Statické posouzení výstupního ramene schodiště
2. Statické posouzení spojitě stropní desky nad 2. NP
3. Statické posouzení průvlaků T2, T3, T4, T5 a T6
4. Statické posouzení sloupů S2, S3 a S4
5. Statické posouzení základové patky P2, únosnost základové půdy pod patkou P2 a sednutí patky P2

### Seznam výkresů:

01. Půdorys 1. NP
02. Půdorys 2. NP
03. Řez A-A'
04. Základy
05. Návrh schodiště
06. Výkres výztuže schodiště
07. Výkres výztuže stropní desky nad 1. NP
08. Výkres výztuže stropní desky nad 2. NP
09. Výkres výztuže průvlaků T1, T2, T3, T4, T5 a T6
10. Výkres výztuže sloupu S1 a S3 a patky P2



---

## 9. Seznam použité literatury

- [1] ZICH, Miloš: *Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů*. Praha: Dashöfer, 2010
- [2] PROCHÁZKA, Jaroslav a Jiří KRÁTKÝ: *Navrhování betonových konstrukcí podle Eurocode 2: doplňkové skriptum*. Praha: České vysoké učení technické, 1995
- [3] ČSN EN 1990 *Eurokód 0: Zásady navrhování konstrukcí*. Česká technická norma. Český normalizační institut, 2004
- [4] ČSN EN 1991-1-1 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení, objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Česká technická norma. Český normalizační institut, 2004
- [5] ČSN EN 1991-1-3 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení - zatížení sněhem*. Česká technická norma. Český normalizační institut, 2005
- [6] ČSN EN 1991-1-4 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení - zatížení větrem*. Česká technická norma. Český normalizační institut, 2005
- [7] ČSN EN 1992-1-1 *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Česká technická norma. Český normalizační institut, 2006
- [8] ČSN EN 1997-1 *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla*. Česká technická norma. Český normalizační institut, 2006
- [9] ČSN EN ISO 14688-1: *Geotechnický průzkum a zkoušení – pojmenování a zařídování zemin – Část 1: Pojmenování a popis*. Česká technická norma. Český normalizační institut, 2003