

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA
STAVEBNÍ



BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE

2022

VYPRACOVAL: DANIEL KOCOUR

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: ING. HANA HANZLOVÁ, CSC.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: KOCOUR Jméno: Daniel Osobní číslo: 484516
Zadávací katedra: Katedra betonových a zděných konstrukcí
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Konstrukční řešení parkovacího domu, Praha, Černý Most
Název bakalářské práce anglicky: Structural design of parking house, Prague, Černý Most

Pokyny pro vypracování:
Předběžný návrh nosných prvků objektu.
Schématické výkresy tvaru jednotlivých podlaží.
Podrobný návrh vybraného nosného prvku.
Výkres výztuže vybraného podrobně řešeného prvku.
Stručná technická zpráva ke statické části.

Seznam doporučené literatury:
běžná skripta a normy k řešené problematice,
články v odborných časopisech případně další literatura související s danou problematikou

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Hana Hanzlová, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 17.2.2022

Termín odevzdání BP v IS KOS: 15.5.2022

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

[Redacted]
Podpis vedoucího práce

[Redacted]
Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

17.2.2022
Datum převzetí zadání

[Redacted]
Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Konstrukční řešení parkovacího domu, Černý Most“ vypracoval samostatně a veškeré informační zdroje jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů a literatury.

V Praze dne 16. 5. 2022

.....
Daniel Kocour

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí bakalářské práce paní Ing. Haně Hanzlové, CSc. za její ochotu, trpělivost, cenné připomínky, pravidelné konzultace a rady při řešení bakalářské práce.

Konstrukční řešení parkovacího domu, Praha, Černý Most

Structural design of parking house, Prague, Černý Most

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na technologii bílé vany s následným podrobným návrhem podzemního podlaží bytového domu. V první části práce je proveden předběžný statický výpočet nosných konstrukcí objektu. Druhá část bakalářské práce je věnována problematice bílých van s popisem postupu při návrhu dle jednotlivých evropských směrnic a jejich porovnání, další témata kterými se práce zabývá jsou výpočet a omezení šířky trhlin, těsnění spár a prostupů a sanace těchto konstrukcí. Dále je ve druhé části proveden podrobný návrh spodní stavby. Nedílnou součástí práce je přiložená výkresová dokumentace.

Klíčová slova

Bílá vana, vodonepropustný beton, šířka trhlin, těsnění spár

Abstract

The bachelor's thesis is focused on the technology of a white tank with the subsequent detailed design of the underground floor of an apartment building. In the first part of the work, a preliminary static calculation of the load-bearing structures of the building is performed. The second part of the bachelor's thesis is devoted to the issue of white tanks with a description of the process of designing according to individual European directives and their comparison. Furthermore, a detailed design of the substructure is made in the second part. An integral part of the work is the attached drawing documentation.

Keywords

White tank, waterproof concrete, crack width, joint sealing

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Statická část

Parkovací dům

Obsah:

1. Úvod a zadání	1
1.1. Vizualizace a popis objektu.....	1
1.2. Půdorysy	2
1.3. Konstrukční schémata	4
1.4. Použité materiály	6
2. Přehled zatížení	6
2.1. Stálé zatížení.....	6
2.1.1. Nosné konstrukce.....	6
2.1.2. Podlahy	6
2.1.3. Střešní plášť	6
2.1.4. Obvodový plášť	7
2.1.5. Příčky	7
2.1.6. Schodišťové stupně.....	7
2.2. Proměnné zatížení.....	8
2.2.1. Užité zatížení	8
2.2.2. Zatížení sněhem	8
2.2.3. Zatížení větrem	8
3. Předběžný návrh a posouzení nosných prvků	9
3.1. Stropní desky.....	9
3.3. Svislé nosné kce.....	13
3.3.1. ŽB stěny.....	13
3.3.2. Vnitřní ŽB sloupy	14
3.3.3. Suterénní ŽB stěny.....	15
3.4. Schodiště.....	16
3.4.1. Dvouramenné schodiště.....	16
3.4.2. Tříramenné schodiště.....	17
3.5. Základové konstrukce	18
3.5.1. Geologické a hydrogeologické poměry.....	18
3.5.2. Založení objektu	18
4. Podrobný návrh a posouzení vybraných prvků.....	19
4.1. Bílá vana.....	19
4.1.1. Úvod	19
4.1.2. Charakteristika bílé vany	19
4.1.3. Podklady pro návrh a provádění BV	19
4.1.4. Návrh konstrukce dle TP ČBS 02.....	20
4.1.5. Návrh konstrukce dle TP ČBS 04.....	22
4.1.6. Omezení šířky trhlín	25

4.1.7.	Návrh bílé vany pro řešenou konstrukci	26
4.1.7.1.	Dle TP ČBS 02	26
4.1.7.2.	Dle TP ČBS 04	28
4.1.8.	Těsnění spár a prostupů	29
4.1.8.1.	Druhy spár a jejich těsnění	29
4.1.8.2.	Těsnění spár dle TP ČBS 02	30
4.1.8.3.	Těsnění spár dle TP ČBS 04	32
4.2.	Parametrická studie	36
4.3.	Návrh a posouzení základové desky (bílá vana)	39
4.4.	Návrh a posouzení suterénní stěny (bílá vana)	40
4.4.1.	Výpočet vnitřních sil pomocí tabulek	43
4.4.2.	Výpočet vnitřních sil pomocí programu SCIA Engineer	51
4.4.3.	Posouzení suterénní stěny - trhliny	62
4.4.4.	Posouzení navržené výztuže suterénní stěny	64
4.4.5.	Návrh a posouzení výztuže podpůrné stěny – žebro	66
5.	Technická zpráva	68
5.1.	Základní údaje o projektu	68
5.1.1.	Obecný popis stavby	68
5.1.2.	Podklady pro zhotovení projektu	68
5.1.3.	Použitý software	68
5.2.	Základní charakteristika konstrukčního řešení	68
5.2.1.	Urbanistické, architektonické a dispoziční řešení stavby	68
5.2.2.	Technické řešení stavby	69
5.2.3.	Materiálové řešení stavby	69
5.3.	Zatížení	69
5.3.1.	Stálá zatížení	69
5.3.2.	Zatížení příčkami	69
5.3.3.	Užitná zatížení	70
5.3.4.	Zatížení sněhem	70
5.3.5.	Zatížení větrem	70
5.3.6.	Zatížení během výstavby	70
5.3.7.	Další zatížení	70
5.4.	Základové konstrukce	70
5.4.1.	Výsledky inženýrsko-geologického průzkumu	70
5.4.2.	Zemní práce	70
5.4.3.	Základové konstrukce	71
5.5.	Nosný systém	71
5.5.1.	Svislé nosné konstrukce	71
5.5.2.	Vodorovné nosné konstrukce	71
5.5.3.	Svislé komunikační prvky	71

5.5.4. Zajištění vodorovného ztužení	71
5.6. Ochrana nosných konstrukcí proti nepříznivým vlivům	72
5.6.1. Ochrana proti požáru	72
5.6.2. Ochrana proti korozi.....	72
5.7. Technologie a provádění stavby.....	72
5.8. Bezpečnost práce a ochrana zdraví	72
6. Přílohy.....	73
7. Seznam literatury	73

1. Úvod a zadání

1.1. Vizualizace a popis objektu



Převzato od firmy Metrostav a.s. [25]

Popis objektu:

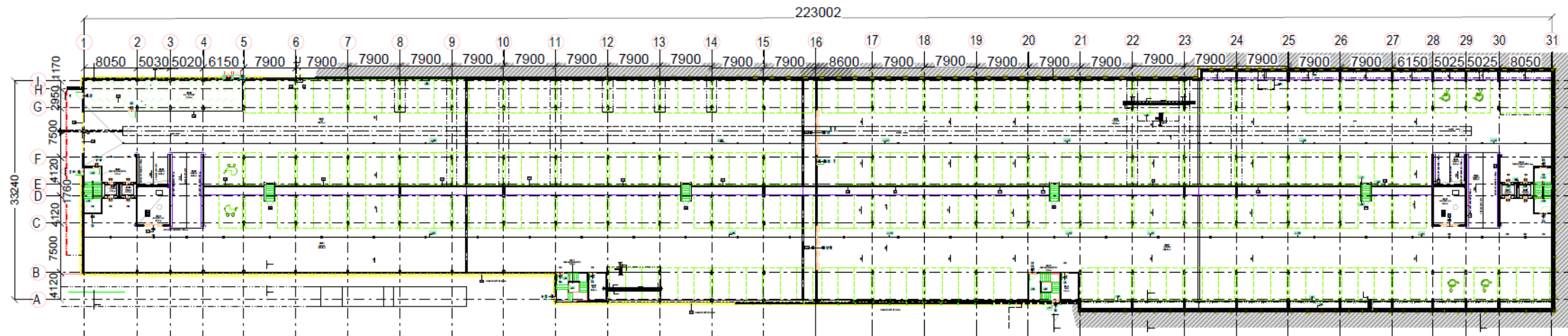
Předmětem bakalářské práce je parkovací dům v Praze na Černém Mostě. Půdorysně se jedná o obdélník s plochou střechou a z důvodu optimalizace velikosti domu byl použit systém poloramp determinujících podlaží vůči sobě vertikálně posunutými o polovinu konstrukční výšky. Parkovací dům má celkem 4 podlaží (8 polopater). Celkové půdorysné rozměry objektu jsou 223,5 m x 34 m, nejvyšší bod nosné konstrukce se nachází 9,5 m nad úrovní okolního terénu. Konstrukční výška podlaží je 2,9m. Parkovací dům je přibližně pro 850 aut.

Konstrukční systém:

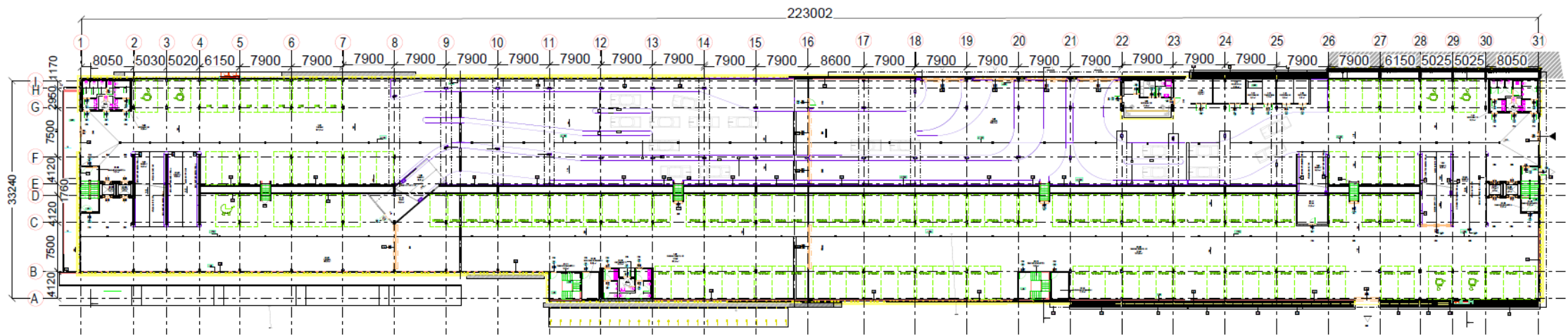
Nosná konstrukce je navržena jako bílá vana s krystalizační přísadou v suterénní části. V nadzemní části přechází do železobetonového skeletu se ztužujícími stěnami. Všechny stropy jsou tvořeny bez hlavicovými deskami. Objekt je rozdělen na čtyři dilatace po cca 50 metrech. Dilatace jsou tvořeny překonzolovanými deskami, vzájemně propojenými kluznými smykovými trny. Nosné konstrukce objektu jsou monolitické železobetonové. Objekt obsahuje zděné vestavby.

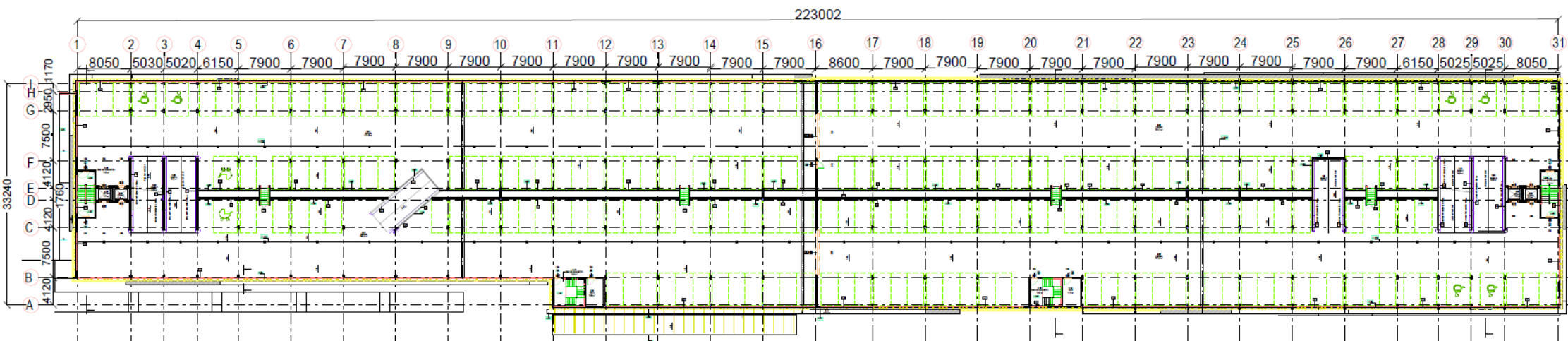
1.2. Půdorysy

3.PP – 2.PP

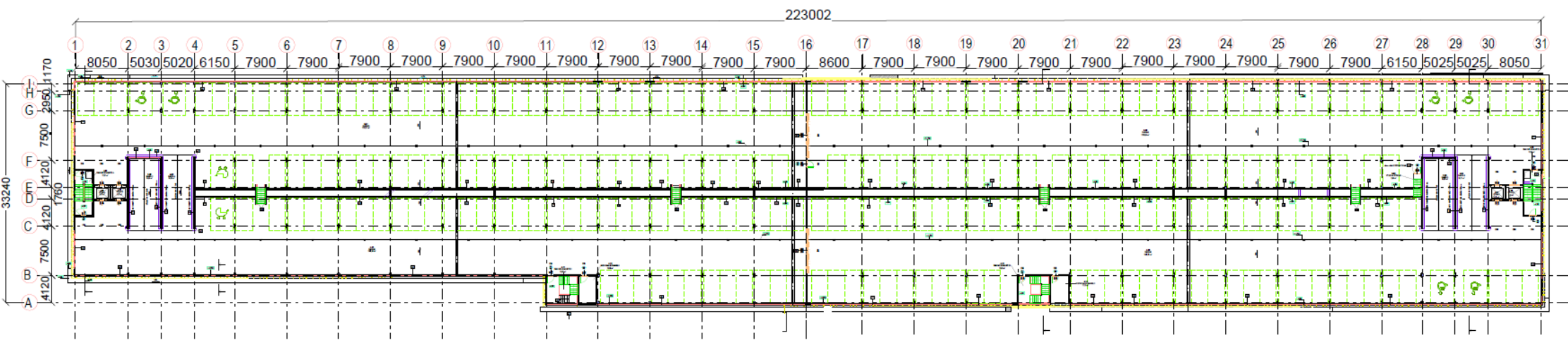


1.PP – 1.NP

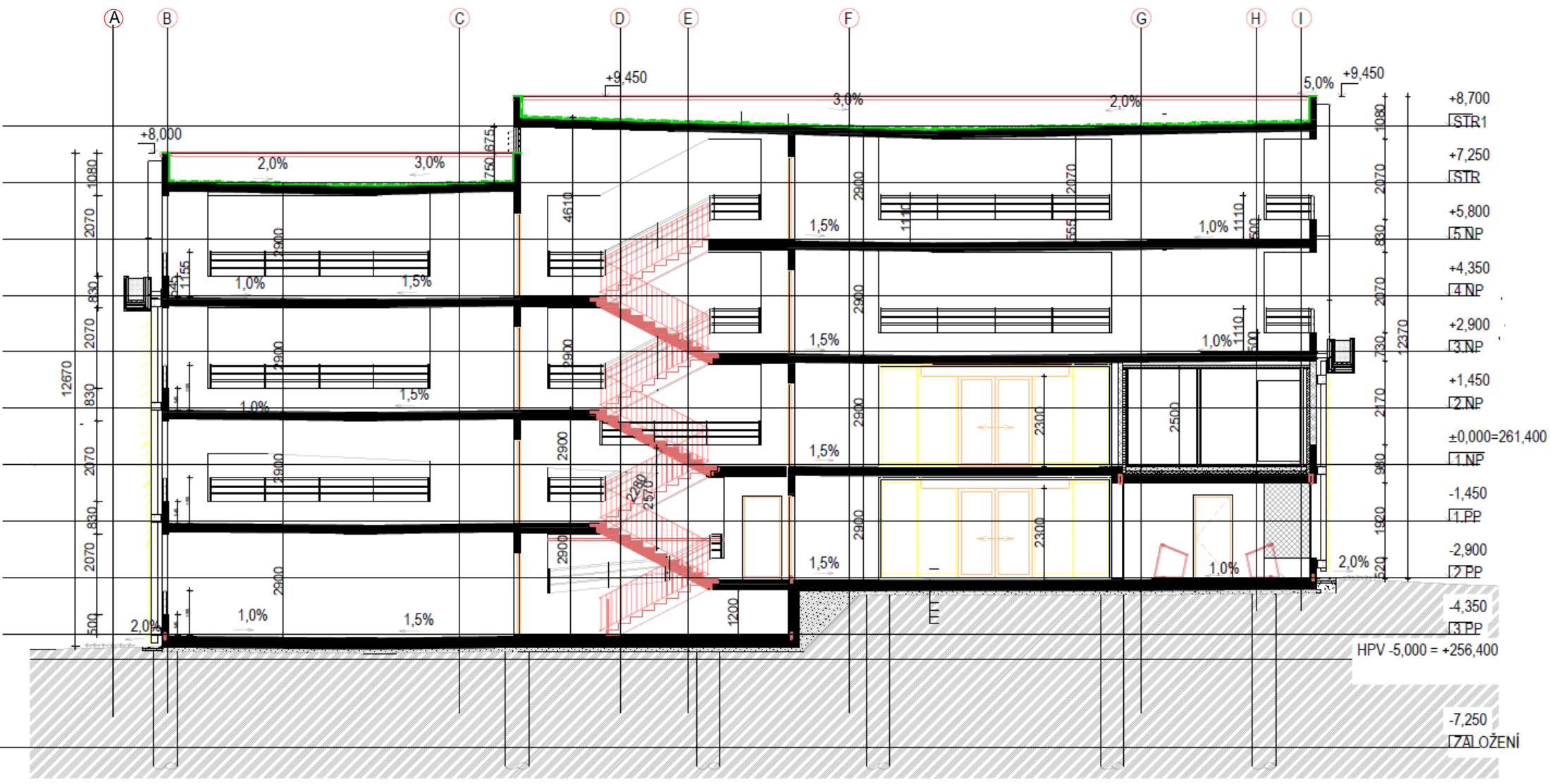




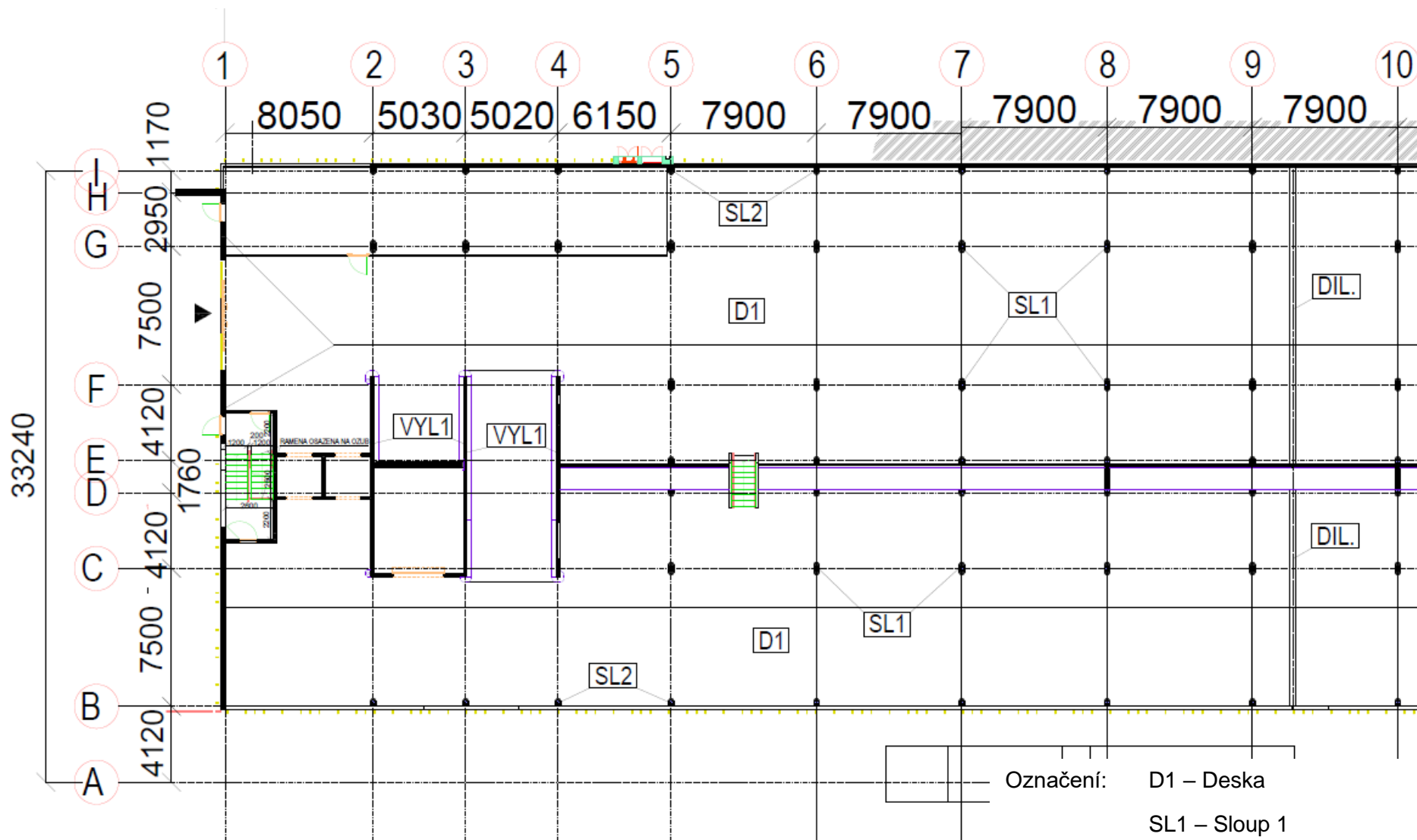
4.NP – 5.NP



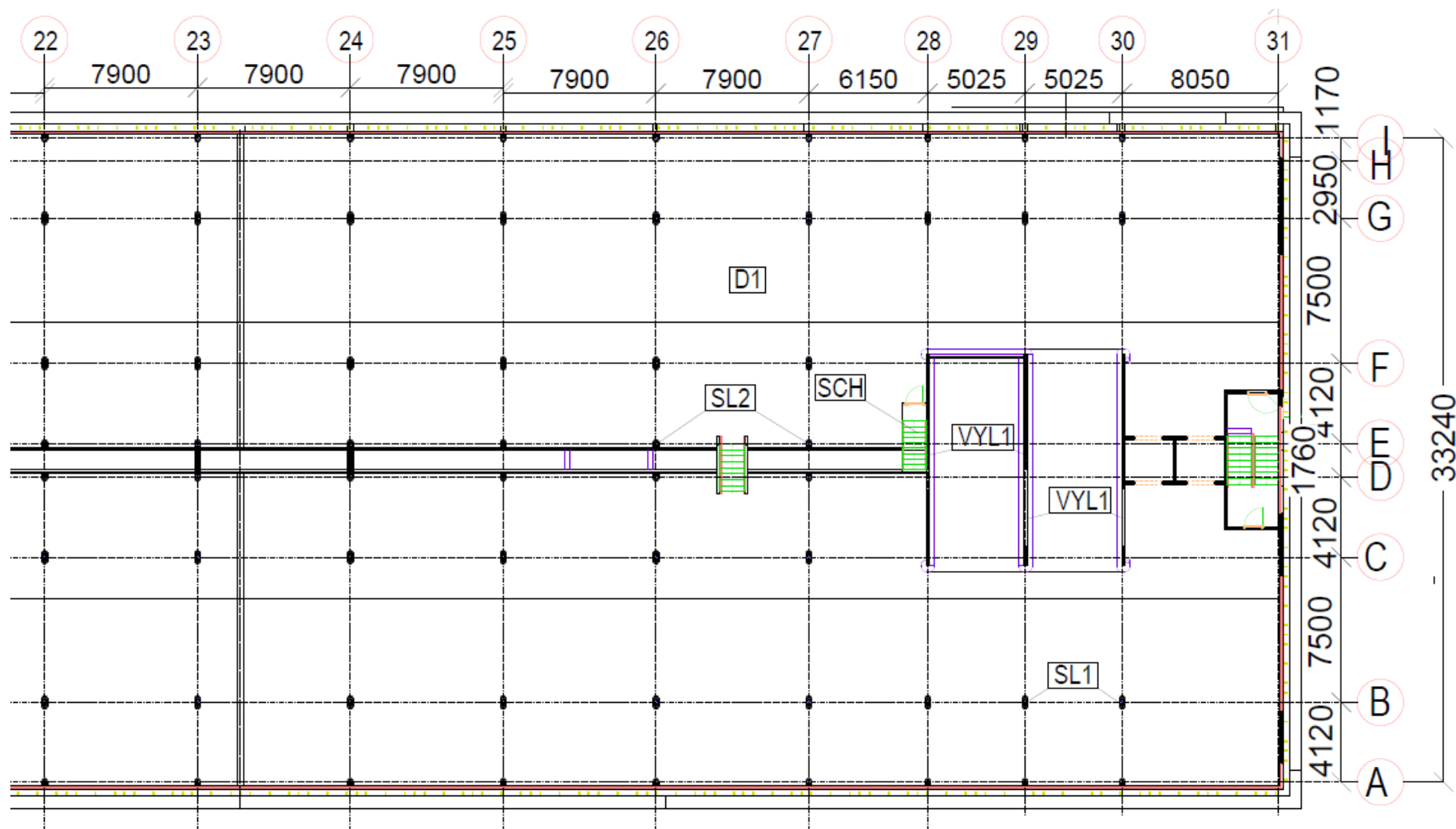
Řez A-A'



Deska 1.PP – 1.NP – výřez



Deska STŘECHA – výřez



Označení: D1 – Deska
 SL1 – Sloup 1
 SL2 – Sloup 2
 VYL1 – Vylamovací výztuž
 DIL - Dilatace

- Schodiště: Pro přístup na střechu je použito ocelové schodiště označené SCH.

1.4. Použité materiály

Použité betony specifikovány dle ČSN EN 206+A2 a ČSN P 73 2404

- Beton: Základová deska (bílá vana): C25/30 XC3, XF1, XA1 – C10,4 – Dmax 22 – S3
Suterénní stěna (bílá vana): C25/30 XC4, XD1, XF2 – C10,4 – Dmax 22 – S3
Ostatní nosné vnitřní kce: C30/37 XC4, XF1 – C10,2 – Dmax 22 – S3
Ostatní nosné obvodové kce (nechráněné): C30/37 XC4, XF1 – C10,2 – Dmax 22 – S3
- Ocel: B500B

2. Přehled zatížení

2.1. Stálé zatížení

2.1.1. Nosné konstrukce

- Vlastní tíha nosných prvků – viz předběžný návrh prvků – kapitola 3. **Předběžný návrh a posouzení nosných prvků**

2.1.2. Podlahy

- Podlaha A – Epoxidová stěrka - parkovací plochy

Skladba	tl. [mm]	Objem. Hmotnost [kg/m ³]	g_k [kN/m ²]
Protiskluzná epoxidová stěrka	4	1500	0,06

- Podlaha B – Keramická dlažba – vestavby
 - Podkladní beton 10 cm se provedl kvůli vyrovnání výškových rozdílů mezi vestavbou a obrubníkem před vestavbou
 - Zatížení od této podlahy bude započítáno pouze lokálně v místě vestaveb

Skladba	tl. [mm]	Objem. Hmotnost [kg/m ³]	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba + lepení	10	2800	0,28
Podkladní beton	100	2400	2,4
Tepelná izolace - EPS	100	35	0,035
			2,715

$$g_k = 0,06 \text{ kN/m}^2$$

2.1.3. Střešní plášť

Skladba	tl. [mm]	Objem. Hmotnost [kg/m ³]	g_k [kN/m ²]
PVC fólie	1,5		0,019
Geotextílie 300 g/m ²	2		0,003
			0,022

- Na desce střechy se nachází jednotky vzduchotechniky -> lze předpokládat větší zatížení

$$g_{k, \text{stř}} = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

2.1.4. Obvodový plášť

- Nosnou vrstvu obvodového pláště tvoří ŽB stěny nebo ŽB sloupy -> zatížení – viz předběžný návrh prvků – kapitola 3. **Předběžný návrh a posouzení nosných prvků**

2.1.5. Příčky

Vestavby v 1.NP jsou odděleny pórobetonovými tvárnicemi YTONG P2 – 500 – tl. 150 mm

- Objemová hmotnost stěny: 600 kg/m³
- Výška příček: 2,65 m
- Šířka příček: 0,15 m
- Vlastní tíha stěny: $g_k = 6 \cdot 2,65 \cdot 0,15 = 2,39 \text{ kN/m}$

Náhradní zatížení:

Podlaží 1.NP:

- 75,3 m příčky na 3568 m² desky

Zatížení od příček (které jsou v malém množství) na celé ploše desky je zanedbatelné. Proto bylo použito zatížení od příček pouze lokálně v místech kde jsou umístěny.

→ Náhradní zatížení od příček $g_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$

2.1.6. Schodišťové stupně

Jedná se o prefabrikované schodiště, v objektu se nachází tříramenné, dvouramenné schodiště a dále ještě vyrovnávací schodiště. Konstrukční řešení viz. Předběžný návrh schodiště – 3.4.

Schodiště

- 3 – ramenné schodiště
 - Tloušťka schodišťových desek: 250 mm
 - Konstrukční výška podlaží: 2,9 m
 - Počet stupňů: 18 (9+9)
 - Šířka schodiště: 310 mm
 - Výška schodišťového stupně: $\frac{2900}{18} = 161,1 \text{ mm}$

→ Spojité zatížení od schodišťových stupňů: $g_k = \frac{1}{2} \cdot 0,1611 \cdot 25 = 2,01 \text{ kN/m}^2$
- 2 – ramenné schodiště
 - Tloušťka schodišťových desek: 250 mm
 - Konstrukční výška podlaží: 2,9 m
 - Počet stupňů: 18 (6+6+6)
 - Šířka schodiště: 310 mm
 - Výška schodišťového stupně: $\frac{2900}{18} = 161,1 \text{ mm}$

→ Spojité zatížení od schodišťových stupňů: $g_k = \frac{1}{2} \cdot 0,1611 \cdot 25 = 2,01 \text{ kN/m}^2$

2.1.6. Zemní tlak

- Zásyp podzemní části bude proveden nenamrzavou zeminou:
 - Charakteristická objemová tíha: $\gamma_z = 19,5 \text{ kN/m}^3$
 - Návrhový efektivní úhel vnitřního tření: $\varphi_d = 32^\circ$
 - Užité zatížení na terénu: $g_{0,k} = 10,0 \text{ kN/m}^2$
 - Součinitel zemního tlaku: $K_0 = 1 - \sin \varphi_d = 1 - \sin (32^\circ) = 0,47$
- Charakteristický zemní tlak: $\sigma_{i,k} = K_0 \cdot (g_{0,k} + \gamma_z \cdot h) = 0,47 \cdot (10 + 19,5 \cdot h)$

$$\sigma_{i,k} = 5 + 10 \cdot h \text{ kN/m}^2$$

2.2. Proměnné zatížení

2.2.1. Užité zatížení

- Parkovací plochy – kategorie F
 $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- Nepochozí střecha – kategorie H
 $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

2.2.2. Zatížení sněhem

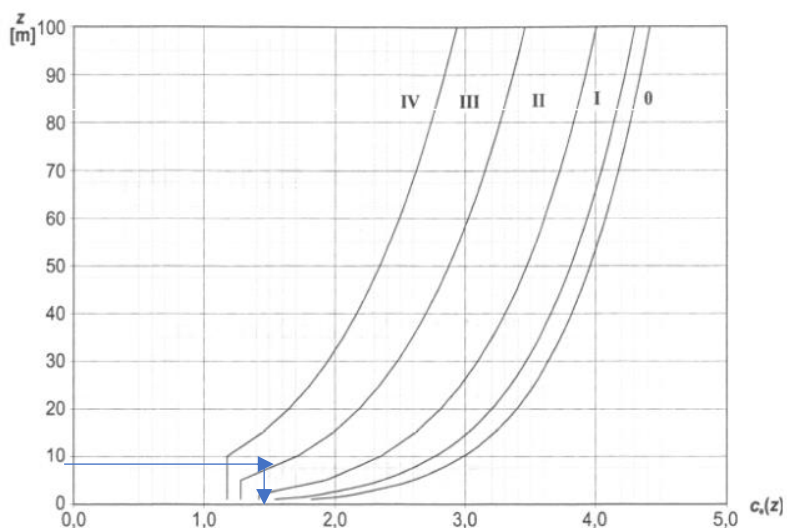
- Plochá střecha: $\alpha = 30^\circ \rightarrow$ tvarový součinitel: $\mu = 0,8$
- Součinitel expozice: $C_e = 1$
- Součinitel tepla: $C_t = 1$
- Praha – sněhové oblast II. $\rightarrow S_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$
- Průměrné zatížení sněhem: $s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$

Hodnota proměnného zatížení střechy:

- Užité zatížení střechy: $0,75 \text{ kN/m}^2$
- Zatížení sněhem: $0,56 \text{ kN/m}^2$
- Proměnné zatížení střechy: $q_{k, stř} = 1,31 \text{ kN/m}^2$

2.2.3. Zatížení větrem

- Praha – větrná oblast I. \rightarrow základní rychlost větru: $v_b = 22,5 \text{ m/s}$
- Základní rychlost větru: $q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 = 0,32 \text{ kN/m}^2$
- Kategorie terénu III. – plocha rovnoměrně pokrytá vegetací, budovami a překážkami
- Výška atiky nad terénem: $h = 9,5 \text{ m} \leq b = 34 \text{ m} \rightarrow z = h = 9,5 \text{ m}$
- Součinitel expozice: $C_e(z) = 1,5$



3. Předběžný návrh a posouzení nosných prvků

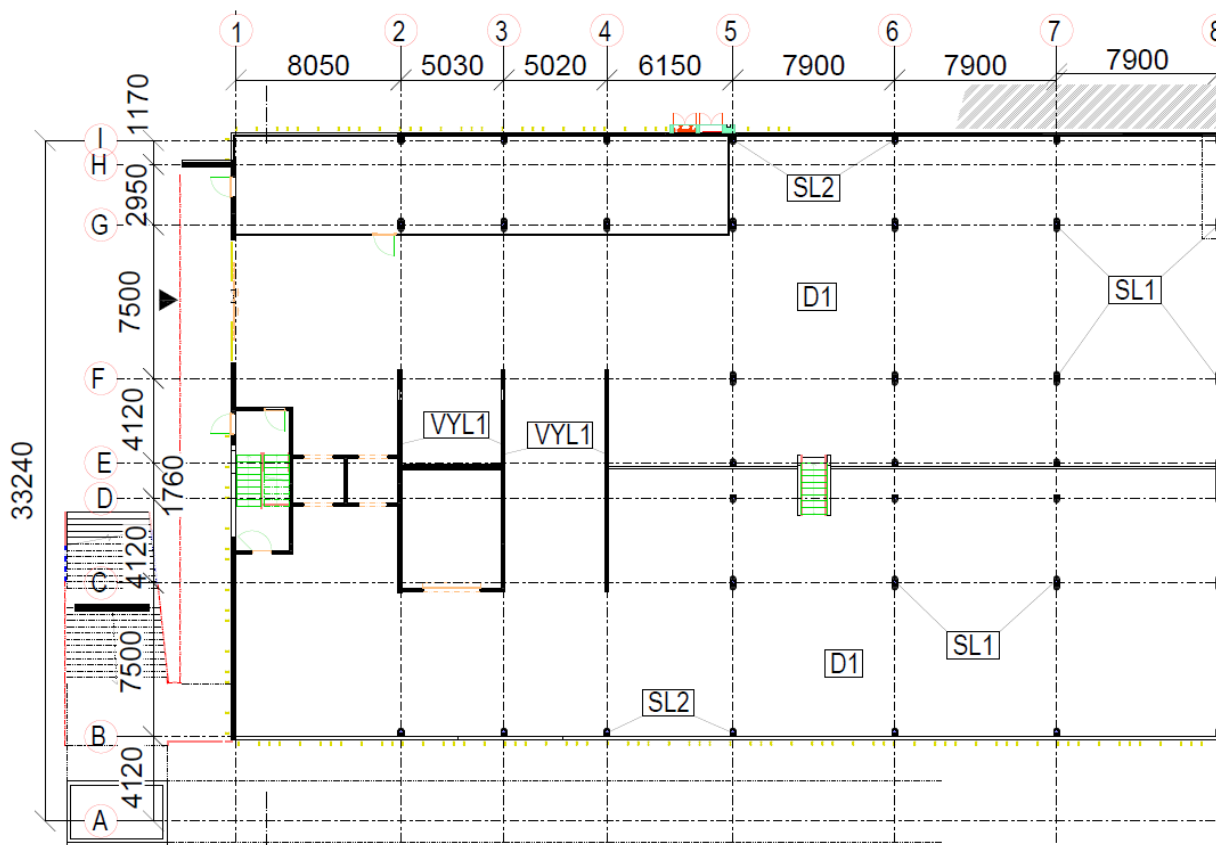
3.1. Stropní desky

Stropní desky budou provedeny v celém objektu jako monolitické, železobetonové. Budou navrženy v jednotné tloušťce.

- Beton C 30/37

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

Schéma konstrukce:



- Návrh na základě splnění podmínky ohybové štíhlosti desky:

$$\lambda = \frac{L}{d} \leq \lambda_d = K_{c1} \cdot K_{c2} \cdot K_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} \quad \rightarrow d \geq \frac{L}{\lambda_d}$$

- $K_{c1} = 1$
- $K_{c2} = \frac{7}{L} = \frac{7}{7,9} = 0,89$
- $K_{c3} = 1,3$
- Předpokládaný stupeň vyztužení: $\rho \leq 0,5\%$
- Předpokládaný profil výztuže: 16 mm
- Prostředí: XC3 – XC4
- Životnost konstrukce: 50 let
- Desková konstrukce
- Třída S4 -> Třída S3
- Předpokládané krytí výztuže: 35 - 40 mm

Typ podepření	L [m]	$\lambda_{d,tab}$	λ_d	d [mm]	h_d [mm]
Lokálně podepřená d. (D1) – všechna podlaží	8,05	24,6*	28,5	277,2	280

*Předpoklad pro lokálně podepřenou desku

- Empirický návrh tloušťky desky:
 - Po obvodě podepřená deska 7,9 x 5,5 m (D1)

$$h_d \geq \frac{1}{30} \cdot L_1 = \frac{1}{30} \cdot 7900 = 263,3 \text{ mm}$$

→ **Návrh:** Deska ve všech podlaží:

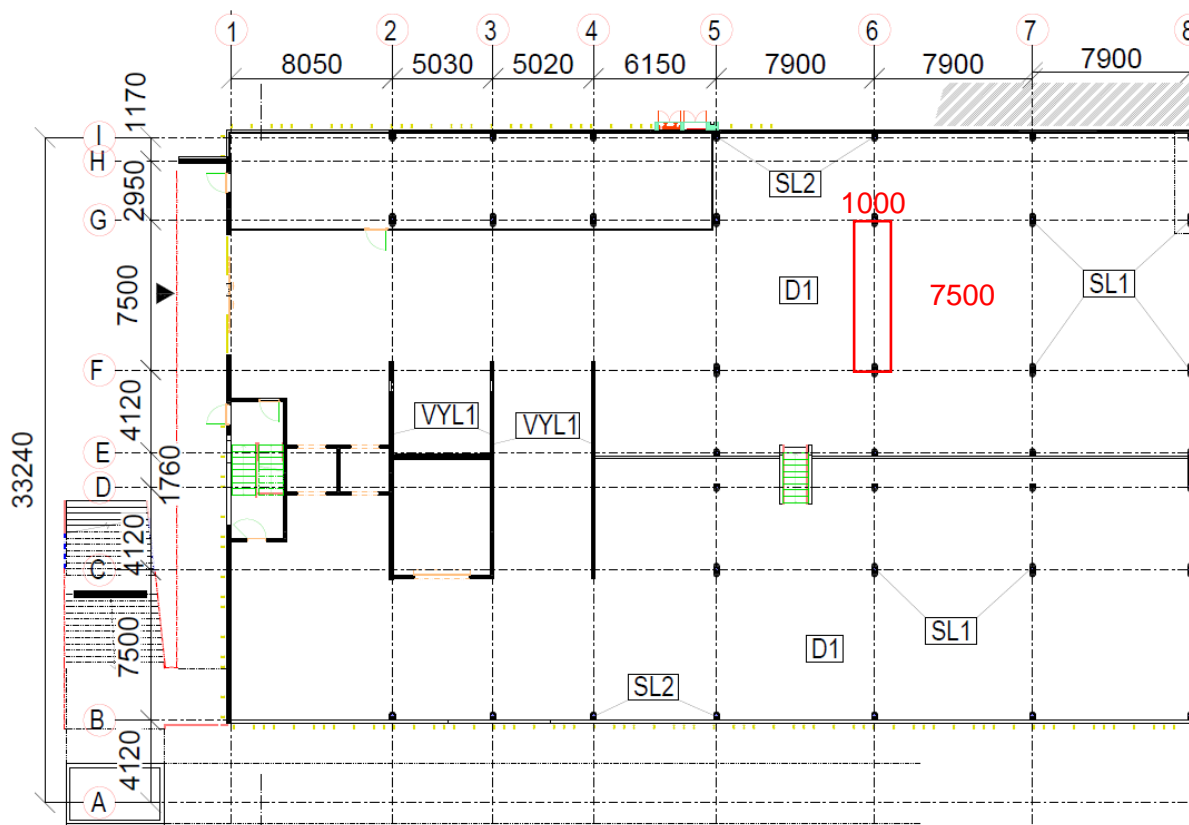
$h_d = 280 \text{ mm}$

Zatížení desky v typickém podlaží

Materiály		f_k [kN/m ²]	γ_F	f_d [kN/m ²]
ŽB deska – tl. 280 mm	0,28 · 25	7,0	1,35	9,45
Podlaha		0,06	1,35	0,08
Užitné zatížení		2,5	1,50	3,75
(g+q)_d =				13,28

Zatížení střešní desky

Materiály		f_k [kN/m ²]	γ_F	f_d [kN/m ²]
ŽB deska – tl. 280 mm	0,28 · 25	7,0	1,35	9,45
Střešní plášť		0,5	1,35	0,68
Užitné zatížení		0,75	1,50	1,13
(g+q)_d =				11,26

Ověření desek z hlediska únosnosti v ohybu:**Část stropní desky D1 – lokálně podepřená deska**

- Moment lokálně podepřené desky – D1:
 - Řešený pruh v příčném směru šířky 7,5 m
 - Sloupový pruh přibližně šířky 3,75 m
 - Šířka sloupového pruhu by byla nejspíš zvolena 3 m nebo 3,5 m

$$M_{tot} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot b \cdot l_n^2 = \frac{1}{8} \cdot 13,28 \cdot 7,5 \cdot (7,9 - 0,3)^2 = 719,11 \text{ kNm}$$

Šířka sloupového pruhu: $b_{sloup} = 3,75 \text{ m}$

$$m_{Ed} = \frac{M_{tot} \cdot \gamma \cdot \omega}{b_{sloup}} = \frac{719,11 \cdot 0,65 \cdot 0,75}{3,75} = 93,48 \text{ kNm/m'}$$

Ověření poměrné výšky tlačené oblasti ξ a stupeň vyztužení ρ :

- Poměrný ohybový moment: $\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot x \cdot f_{cd}} \rightarrow \xi$ z tabulek
- Potřebná plocha výztuže: $a_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot x \cdot f_{yd}}$
- Orientační stupeň vyztužení: $\rho = \frac{a_{s,req}}{b \cdot d}$

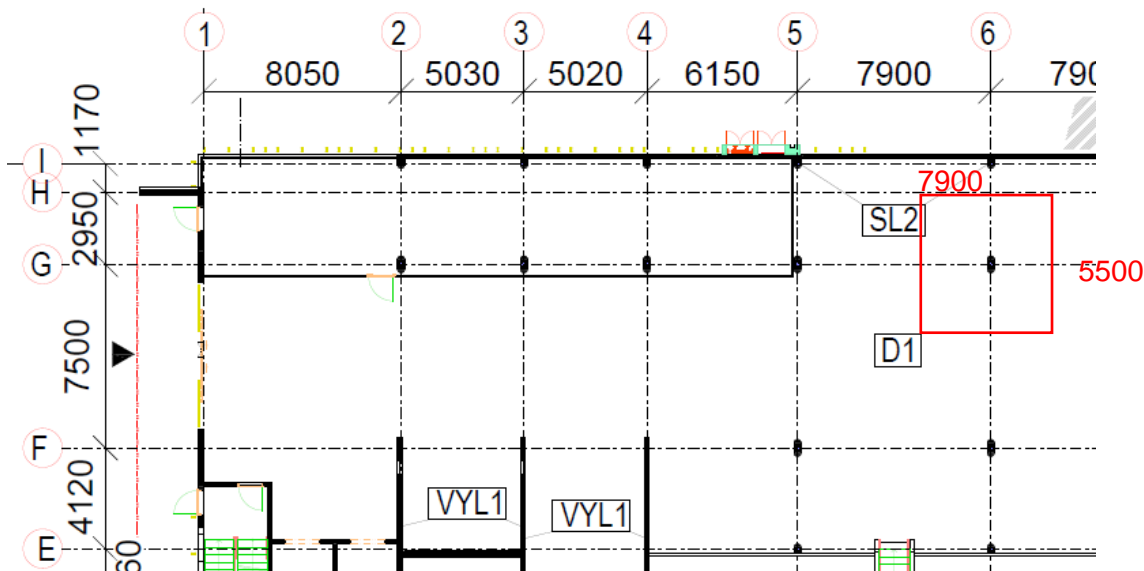
	h_d [mm]	d [mm]	m_{Ed} [kNm]	μ [-]	ζ [-]	$A_{s,req}$ [mm ²]	ξ [-]	ρ [%]
D1	280	242	93,48	0,080	0,958	927	0,104	0,4

→ $\xi < \xi_{opt} = 0,12$ až $0,15$

→ $\rho \leq 0,5\%$... odpovídá předpokladu pro návrh tloušťky desky => lze předpokládat, že průhyb desky při podrobném posouzení vyhoví

Ověření protlačení:

Před ověřením protlačení -> návrh rozměru sloupu – viz. **Kapitola 3.3.2. Sloup**



- Tloušťka desky: $h_d = 280$ mm -> $d = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{242 + 226}{2} = 234$ mm
- Předpokládané rozměry sloupu: 600 x 300 mm (bude zachován po celé výšce objektu)
- Zatěžovací plocha sloupu: $A = 7,9 \cdot 5,5 = 43,45$ m²

$$V_{Ed} = A \cdot f_d = 43,45 \cdot 13,28 = 577,02 \text{ kN}$$

- Kontrolované obvody: $u_0 = 2 \cdot 300 + 2 \cdot 600 = 1800$ mm

$$u_1 = u_0 + 2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot d = 1800 + 2\pi \cdot 2 \cdot 234 = 4741 \text{ mm}$$

$$V_{Ed,0} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,2 \cdot 577,02}{1800 \cdot 234} = 1,64 \text{ MPa} \leq V_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 20 = 4,224 \text{ MPa}$$

$$\underline{V_{Ed,0} = 1,64 \text{ MPa} \leq V_{Rd,max} = 4,224 \text{ MPa}}$$

→ VYHOVUJE

Výpočet únosnosti desky bez výztuže na protlačení

- $C_{Rd,c}$ uvažujeme $0,18/\gamma_c = 0,18/1,5 = 0,12$
- k uvažujeme $\min \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}}, 2,0 \right) = \left(1 + \sqrt{\frac{200}{234}}, 2,0 \right) = (1,9; 2,0) = 1,9$

$$V_{Ed,1} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,2 \cdot 577,02}{4741 \cdot 234} = 0,62 \text{ MPa} \leq V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{100\rho \cdot f_{ck}} = 0,12 \cdot 1,9 \cdot \sqrt[3]{0,5 \cdot 30} = 0,56 \text{ MPa}$$

→ $\underline{V_{Ed,1} = 0,62 \text{ MPa} \not\leq 0,56 \text{ MPa}}$ -> bude potřeba výztuž

Výpočet únosnosti desky s výztuží na protlačení

- k_{\max} uvažujeme 1,5 (klasická svařovaná výztuž)
- $C_{Rd,c}$ uvažujeme $0,18/\gamma_c = 0,18/1,5 = 0,12$
- k uvažujeme $\min z (1 + \sqrt{\frac{200}{d}}, 2,0) = (1 + \sqrt{\frac{200}{234}}, 2,0) = (1,9; 2,0) = 1,9$

$$V_{Ed,1} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,2 \cdot 577,02}{4942 \cdot 234} = 0,62 \text{ MPa} \leq k_{\max} \cdot C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{100\rho \cdot f_{ck}} = 1,5 \cdot 0,12 \cdot 1,9 \cdot \sqrt[3]{0,5 \cdot 30} = 0,84 \text{ MPa}$$

$$\underline{V_{Ed,1} = 0,62 \text{ MPa} \leq 0,84 \text{ MPa}}$$

- **Bude možné navrhnout smykovou výztuž; není třeba navrhovat zesilující desku nebo hlavici**
- **Navržené rozměry desek v kombinaci s rozměrem sloupů předběžném návrhu vyhovují.**

3.3. Svislé nosné kce

Ve 3.PP a 2.PP jsou navrženy vnitřní ŽB sloupy, ŽB suterénní stěny a ŽB stěny schodišťového jádra. Od 1.PP jsou navrženy vnitřní ŽB sloupy a ŽB stěny schodišťová jádra.

3.3.1. ŽB stěny

ŽB nosné stěny (vnitřní, schodišťové) jsou navrženy v tl. 200 mm

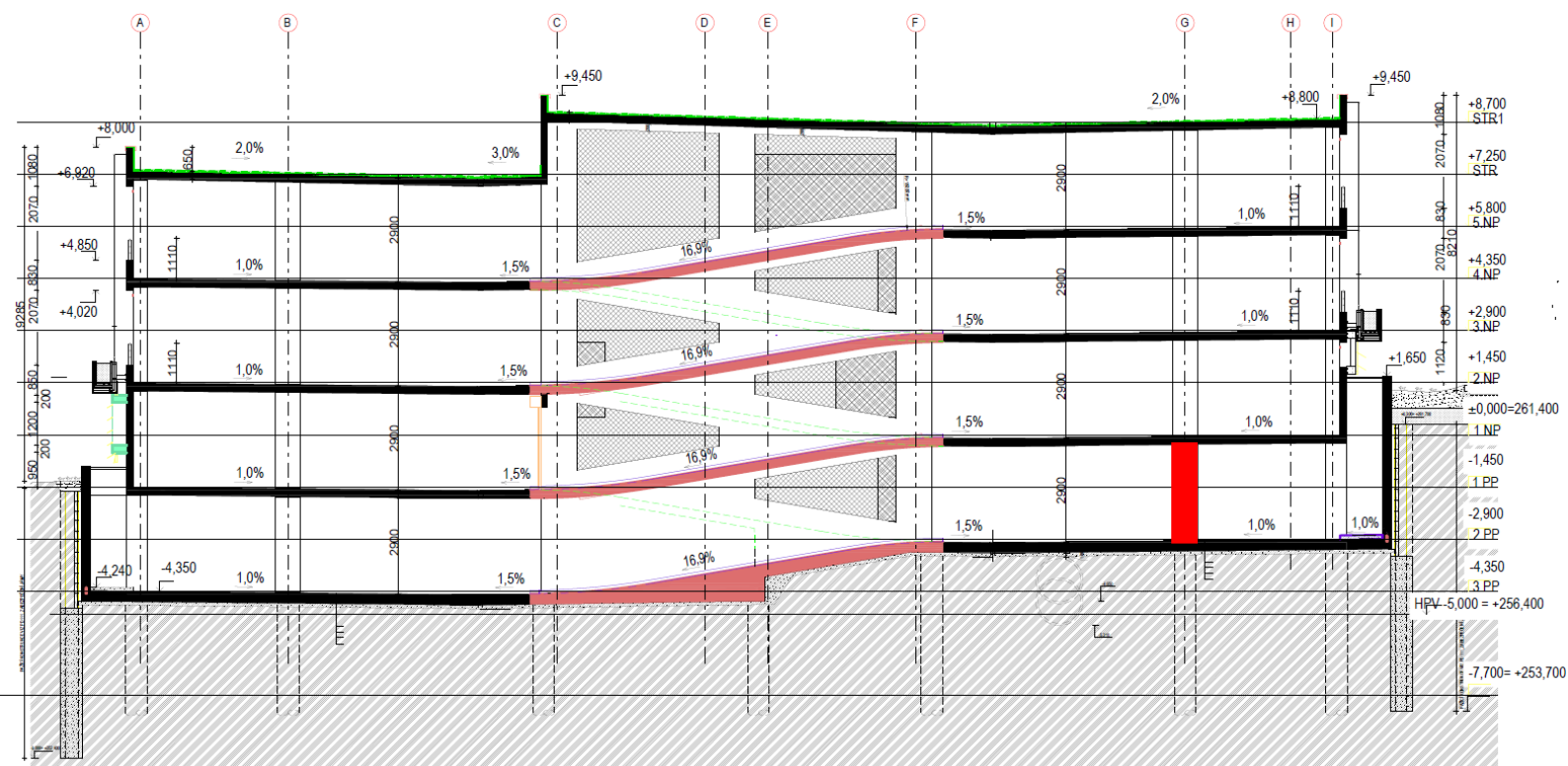
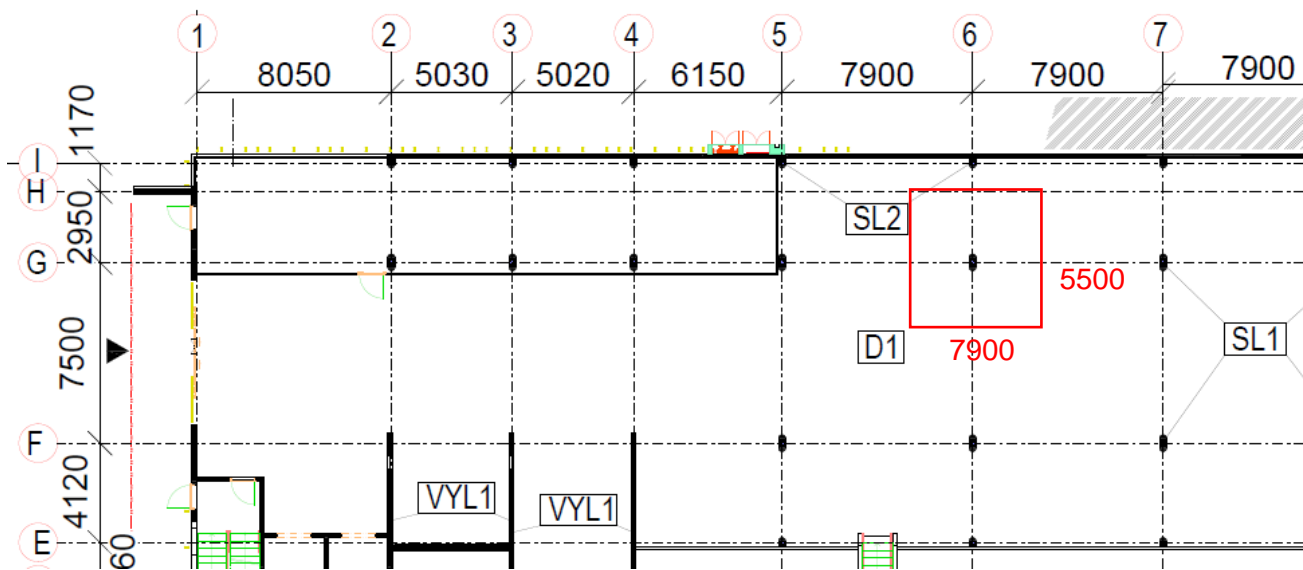
→ **Návrh tloušťky stěny:** **t = 200 mm**

$$g_{0,k} = 0,20 \times 25 = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

3.3.2. Vnitřní ŽB sloupy

→ Návrh rozměrů průřezu sloupu F6:

300x600 mm



- Zatěžovací plocha: $A_{zat} = 7,9 \times 5,5 = 43,45 \text{ m}^2$
- Výška sloupu: $2,9 - 0,28 = 2,62 \text{ m}$

Normálové zatížení paty sloupu:

Materiály	Počet	Výpočet	f_k [kN]	γ_F	f_d [kN]
ŽB deska – tl. 280 mm	4	4 x 25 x 0,28 x 43,45	1216,6	1,35	1642,4
ŽB sloup	4	4 x 25 x 0,3 x 0,6 x 2,62	47,2	1,35	63,7
Podlaha	3	3 x 43,45 x 0,06	7,8	1,35	10,6
Střešní plášť	1	1 x 43,45 x 0,5	21,7	1,35	29,3
Σ					= 1746
Užitné zatížení	3	3 x 43,45 x 2,5	325,9	1,5	488,8
Sníh	1	1 x 43,45 x 1,31	56,9	1,5	76,8
Σ					= 565,6
$N_{ed,max}$					= 2311,6

- Návrhové normálové zatížení v patě sloupu: $N_{ed,max} = 2311,6$ kN

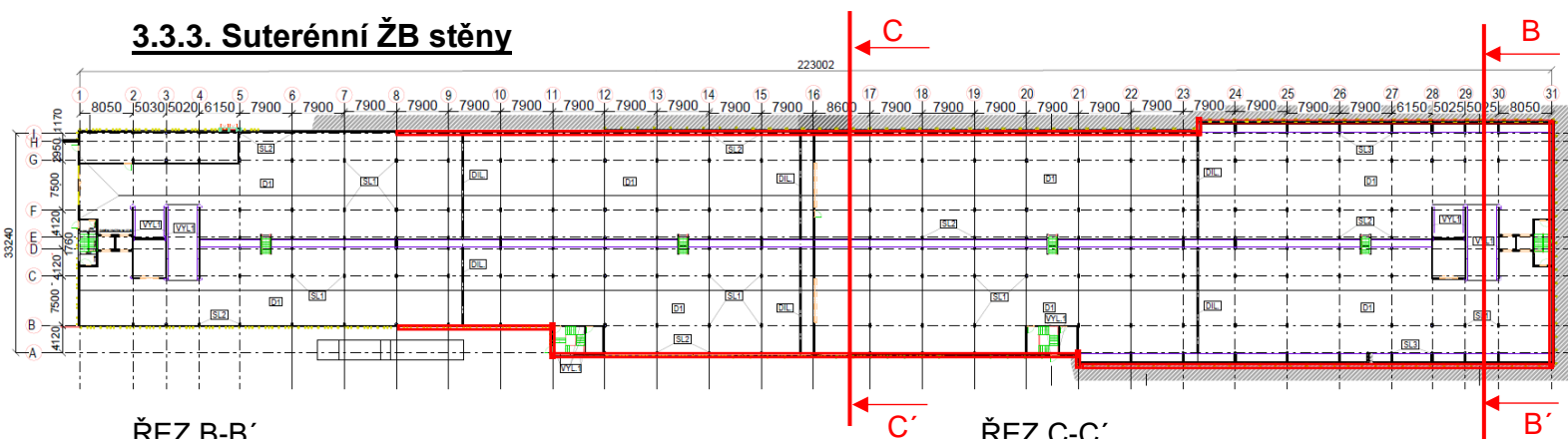
- Normálová únosnost sloupu:

$$N_{Rd} = 0,8 \times A_c \times f_{cd} + A_c \times \rho \times \sigma_s \geq N_{ed,max}$$

$$\rho \geq \frac{2311,6 - (0,8 \times 0,3 \times 0,6 \times 20)}{0,3 \times 0,6 \times 400} = -0,79 \%$$

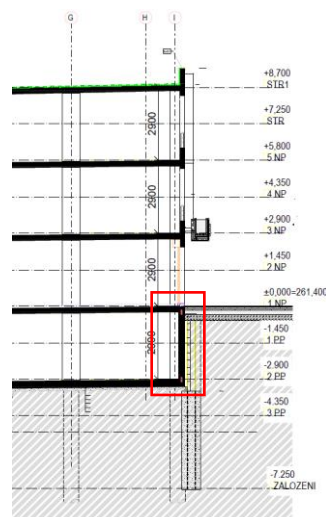
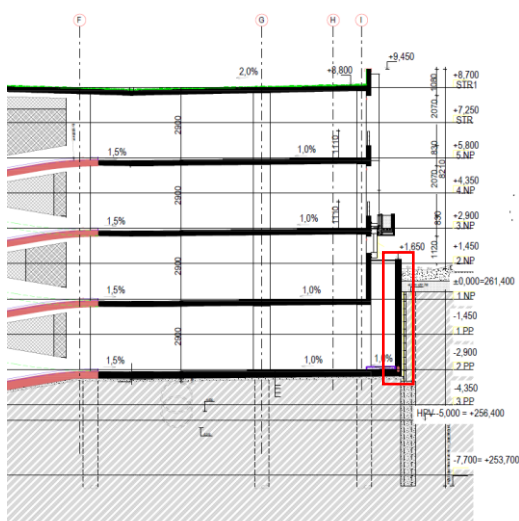
- Předpokladem je, že na vyztužení sloupu stačí pouze konstrukční výztuž, sloup navržených rozměrů v předběžném návrhu vyhoví.
- Rozměr sloupu byl volen s ohledem na parkování a protlačení -> důvod velkého sloupu
- Navržené rozměry průřezu sloupu 300x600 mm lze akceptovat (dostatečná rezerva na vliv ohybového momentu i štíhlosti).

3.3.3. Suterénní ŽB stěny



ŘEZ B-B'

ŘEZ C-C'

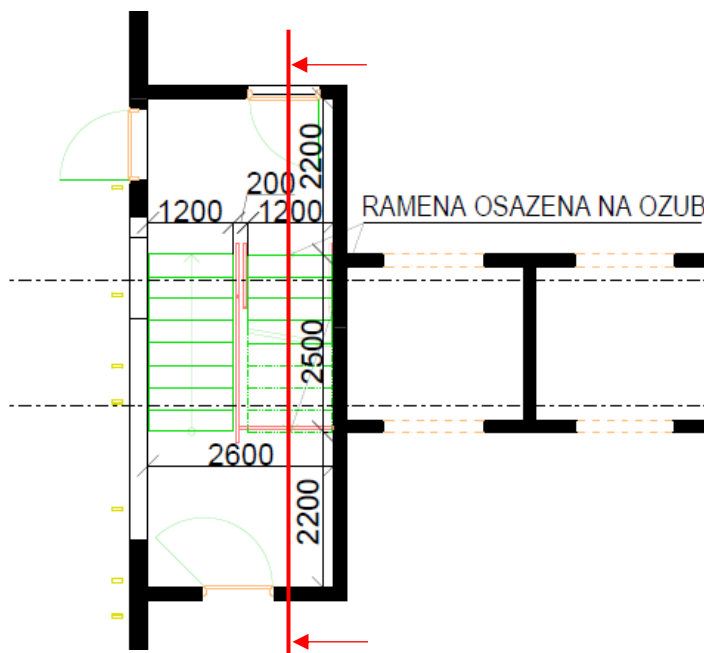
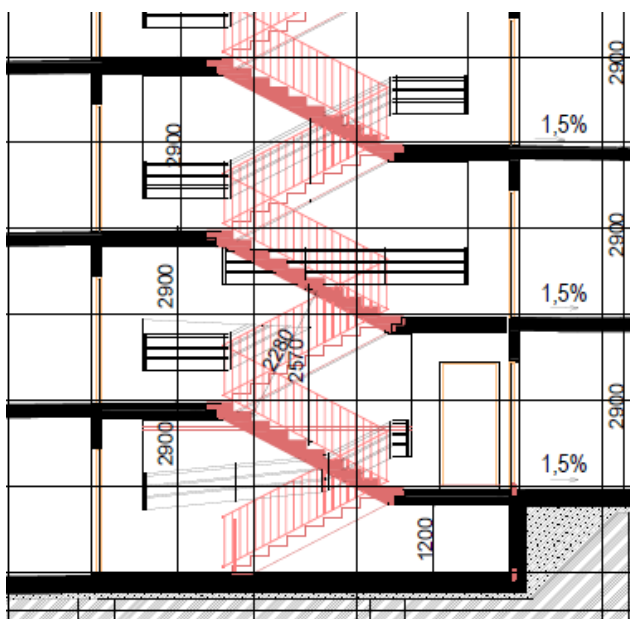


Podzemní část objektu je navržena jako bílá vana. Železobetonové stěny jsou navrženy tloušťky 300 mm. Třída betonu stěn bílé vany C25/30 je volena s ohledem na to, že o návrhu prvku bude rozhodovat šířka trhliny, nikoliv mezní stav únosnosti. Stěny bílé vany budou posouzeny podrobně v rámci **4.4. Návrh a posouzení suterénní stěny (bílá vana)**.

3.4. Schodiště

3.4.1. Dvouramenné schodiště

Schodiště je deskové dvouramenné, železobetonové – monolitické, ramena jsou prefabrikovaná. Schodišťová ramena jsou osazena na ozub na podestu a mezipodestu a jsou oddílatována od schodišťových stěn. Podesty a mezipodesty jsou betonovány jako součást desek.



Parametry schodiště:

- Konstrukční výška podlaží: 2,9 m
- Šířka hlavní podesty: 2200 mm
- Šířka ramene: 1200 mm
- Délka podesty: 2600 mm
- Půdorysná délka ramene 1,2,3: 2500 mm
- Výška schodišťového stupně: 161,3 mm
- Šířka schodišťového stupně: 310 mm
- Úhel stoupání: 27,5°
- Počet stupňů v rameni: 9, 9
- Empirický návrh tloušťky podesty, mezipodesty, ramene:

$h_{\text{pod}} = 280 \text{ mm}$ - podesta součást desky

$$h_{\text{ram}} = \left(\frac{1}{30} - \frac{1}{25} \right) \times L_{\text{ram}} = \left(\frac{1}{30} - \frac{1}{25} \right) \times 2500 = 83 - 100 \text{ mm}$$

→ **Návrh:** Podesta, mezipodesta:

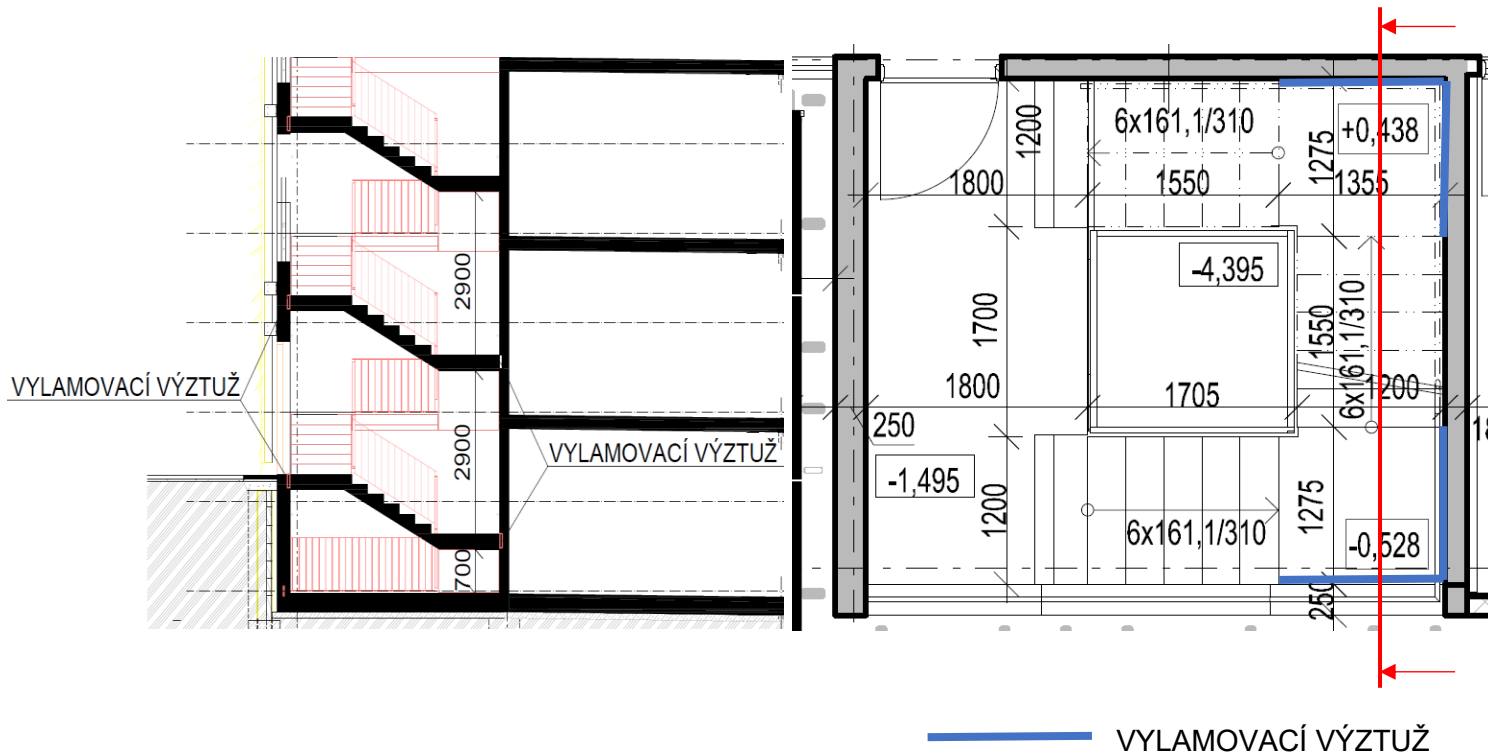
$h_{\text{pod}} = 280 \text{ mm}$

Schodišťové rameno:

$h_{\text{ram}} = 180 \text{ mm}$

3.4.2. Tříramenné schodiště

Schodiště je deskové tříramenné, železobetonové – monolitické, ramena jsou prefabrikovaná. Schodišťová ramena jsou osazena na ozub na podestu a mezipodestu a jsou oddílatována od schodišťových stěn. Mezipodesty jsou pomocí vylamovací výztuže uloženy do schodišťových stěn.



Parametry schodiště:

- Konstrukční výška podlaží: 2,9 m
- Šířka hlavní podesty: 1800 mm
- Šířka mezipodesty, ramene: 1200 mm
- Délka podesty: 4100 mm
- Půdorysná délka ramene 1,2,3: 1860 mm

- Výška schodišťového stupně: 161,3 mm
- Šířka schodišťového stupně: 310 mm
- Úhel stoupání: 27,5°
- Počet stupňů v rameni: 6, 6, 6
- Empirický návrh tloušťky podesty, mezipodesty, ramene:

$$h_{\text{pod}} = h_{\text{m-pod}} = \left(\frac{1}{30} - \frac{1}{25}\right) \times L_{\text{pod}} = \left(\frac{1}{30} - \frac{1}{25}\right) \times 4100 = 137 - 164 \text{ mm}$$

$$h_{\text{ram}} = \left(\frac{1}{30} - \frac{1}{25}\right) \times L_{\text{ram}} = \left(\frac{1}{30} - \frac{1}{25}\right) \times 2000 = 67 - 80 \text{ mm}$$

→ **Návrh:** Podesta, mezipodesta:

$$h_{\text{pod}} = 280 \text{ mm}$$

Schodišťové rameno:

$$h_{\text{ram}} = 180 \text{ mm}$$

3.5. Základové konstrukce

3.5.1. Geologické a hydrogeologické poměry

Geologické a hydrogeologické průzkumy byly převzaty od firmy Metrostav a.s.

- Dle orientačního průzkumu je skalní podloží tvořeno drobnými, prachovci a jílovitými břidlicemi letenského souvrství. Ve svrchních polohách jsou zvětrale na jílovotopisčité zeminy s úlomky hornin. Navětralé horniny lze očekávat v hloubce 3,5 - 6,5 m pod terénem.
- Navážky dosahují mocnosti okolo 1 m.
- Podzemní voda je zakleslá ve větších hloubkách okolo 5 m, kde vytváří puklinovou zvědeň. Je vysoce agresivní na betonové konstrukce a vykazuje uhličitánovou a síranovou agresivitu XA3.
- Pod základovou spárou lze očekávat zeminy klasifikované jako jílo písčité (F4-CS) tuhé-pevné konzistence. Při hloubce založení 1,0–1,5 m lze uvažovat s únosností 150–200 kPa.
- Dle orientačního průzkumu se doporučuje hlubinný způsob založení na pilotách vetknuty do navětralých hornin třídy R4 (ČSN 73 6133) s únosností cca 300 kPa.
- Základová spára objektu je vzhledem ke svažitému terénu na jednom konci v úrovni stávajícího terénu, kde je podloží tvořeno navážkami a na druhém konci mírně zvětralým skalním podložím.

3.5.2. Založení objektu

Návrh pilot byl převzat od firmy Metrostav a.s.

- Objekt je založen na pilotách se základovou deskou. Piloty jsou navrženy průměru 620 a 750 mm.
- Piloty nebudou propojeny se základovou deskou svislou vyztuží. Piloty budou navrženy na veškeré svislé zatížení bez uvažování spolupůsobení desky.
- Základovou spáru je nutno co nejdříve ochránit před vlivem povětrnosti podkladním betonem.
- Jelikož je spodní stavba navržena jako bílá vana, je nutno na podkladní beton položit separační a kluznou vrstvu ve složení geotextilie/folie/geotextilie pro snížení napětí od smršťování vlivem hydratace betonu.
- Betonáž základové desky je navržena po částech s těsněním v pracovních spárách.
- Tloušťka základové desky je 300mm.
- Objekt je založen na pilotách se základovou deskou.
- Piloty nebudou propojeny se základovou deskou svislou vyztuží. Piloty budou navrženy na veškeré svislé zatížení bez uvažování spolupůsobení desky.
- Jelikož je spodní stavba navržena jako bílá vana, je nutno na podkladní beton položit separační a kluznou vrstvu ve složení geotextilie/folie/geotextilie pro snížení napětí od smršťování vlivem hydratace betonu.
- Betonáž základové desky je navržena po částech s těsněním v pracovních spárách.
- Bílá vana bude posouzena podrobně v rámci **4.3. Návrh a posouzení základové desky (bílá vana)**.
- Beton: Základová deska (bílá vana): C25/30 XC3, XF1, XA1 – Cl0,4 – Dmax 22 – S3

4. Podrobný návrh a posouzení vybraných prvků

4.1. Bílá vana

4.1.1. Úvod

Konstrukce bílé vany je jeden z nejvíce využívaných způsobů založení spodní stavby a její ochrany proti prostupu vody. Její správné fungování je podmíněno jednak rozumným návrhem konstrukce – jejího vyztužení a řešení detailů, a jednak také dodržěním navrženého technologického postupu při realizaci. V České republice, ani jinde v Evropě, nejsou vydány platné normy pro návrh konstrukce bílé vany, užívají se tedy různé směrnice a doporučení podle zkušeností v jednotlivých státech.

4.1.2. Charakteristika bílé vany

„Bílé vany“ jsou označovány za vodonepropustné betonové konstrukce, tato konstrukce plní jak nosnou funkci, tak i těsnící (bez použití hydroizolace). Technologie BV je využívána u staveb, jejichž vnitřní prostory chráníme před vodou či vlhkostí z vnějšího okolí. Například se jedná o objekty s podzemními podlažními, které jsou využívány jako garáže, sklady či prostory pro domovní techniku. Dále jsou to průmyslové stavby a dopravní. U některých konstrukcí může být za určitých podmínek dovolen průsak.

U této konstrukce se při návrhu musí řešit kromě MSÚ – zemní tlak, případně tlak vody, také MSP - vznik a šířka přípustných trhlin v betonu. Velmi důležité jsou i detaily (kvůli vodonepropustnosti konstrukce) - jako jsou těsnění pracovních a dilatačních spar, a další. Následně je také velmi důležitá samotná realizace – dodržení správného postupu provádění.



Obr. 1 Černá vana (povlaková HI) odkazy u obrázků [2]



Obr. 2 Bílá vana (vodonepropustná kce) [2]

4.1.3. Podklady pro návrh a provádění BV

Česká republika dosud nemá (a její vznik se ani neplánuje) normu pro návrh a provádění bílé vany. Pro návrh se používají různé evropské směrnice. Jedná se o překlad německé směrnice pod označením TP ČBS 04 – Vodonepropustné betonové konstrukce a překlad rakouské směrnice pod označením TP ČBS 02 – Bílé vany – Vodonepropustné betonové konstrukce. Principem těchto směrnic, které budou blíže představeny v dalších kapitolách, je zařazení konstrukce do tříd zohledňujících druh konstrukce, účel stavby a parametry vnějšího prostředí.

4.1.4. Návrh konstrukce dle TP ČBS 02

Aplikací českého překladu rakouské směrnice pro řešení bílé vany je kladen důraz na hospodárnost návrhu, který zohledňuje předklad vzniku závad na vodonepropustnosti betonové konstrukce. Ty se mohou projevit jako vlhká místa na povrchu konstrukce, nebo jako trhliny, jimiž prosakuje voda.

Výhodou směrnice je její jednoduchost. Díky tomu je projektant po dohodě s investorem schopen na základě účelu objektu stanovit třídu požadavků, která je svázána se specifikací vzhledu vnitřního povrchu betonu v závislosti na průsaku vody z vnějšího prostředí a užití vnitřního prostoru konstrukce – viz následující tabulka.

Třída požadavků	Zkrácené označení	Popis povrchu betonu	Posouzení vlhkých míst	Připustná vadná místa (vlhká místa, trhliny atd.) na povrchu betonu	Dodatečná opatření	Příklady použití	Konstrukce
A ₀ Zvláštní třída	Zcela suché	Žádná vizuálně patrná vlhká místa (tmavé zbarvení)			Stavebně fyzikální vyšetření a temperování/klimatizování prostoru je bezpodmínečně nutné	Sklady zboží, které je zvlášť citlivé na vlhkost	2)
A ₁	Z větší části suché	Vizuálně patrná jednotlivá vlhká místa (max. tmavé zbarvení)	Po plošném dotyku suchou rukou nejsou patrné žádné stopy po vodě	Na 1 % povrchu sledované konstrukce mohou být vlhká místa. Proužky vody vysychají po max. 20 cm	Je nutné stavebně fyzikální vyšetření, v jehož důsledku může být potřebné temperování/klimatizace prostoru (např. při dlouhodobém pobytu lidí)	Dopravní stavby s vysokými požadavky, místnosti pobytu, sklady, domovní sklepy (skladovací prostory), domovní technické prostory se zvláštními požadavky	2), 3)
A ₂	Lehce vlhké	Vizuálně a dotykem patrná jednotlivá lesklá (vlhká) místa na povrchu	Není možné změřit množství odtékající vody. Po dotyku ruky jsou rozeznatelné stopy vody.	Je přípustné 1 % vlhkých míst na celém povrchu betonového dílu. Jednotlivé proužky vody, které na povrchu betonu vysychají.	Ve zvláštních případech může být potřebné temperování/klimatizování	Garáže, prostory s domovní technikou (např. kotelny, kolektory), dopravní stavby	2), 3)
A ₃	Vlhké	Kapkový výskyt vody s tvorbou proužků vody	Množství odtékající vody lze měřit v zachytných nádobách	Pro stěny, podlahové desky a podzemní stěny platí: max. množství vody na jedno chybné místo, resp. běžný m pracovní spáry podzemní stěny nesmí překročit 0,2 l/h, přičemž průnik vody na 1 m ² stěny smí být v průměru max. 0,01 l/h ¹⁾	Uvažovat s odvodňovacími opatřeními	Garáže (s dodatečnými opatřeními, např. odvodňovací žlaby) atd.	2), 3)
A ₄	Mokré	Jednotlivá mokvající místa s výskytem vody, pro podlahové desky, stěny a podzemní stěny	Množství odtékající vody lze měřit v zachytných nádobách	Maximální množství vody na jedno vadné místo nesmí překročit 2 l/h, přičemž průnik vody na 1 m ² stěny nesmí v průměru překročit 1 l/h. ¹⁾	Uvažovat s odvodňovacími opatřeními	Vnější skořepina dvouplášťových konstrukcí	3)

Tab. 1 Třídy požadavků na vodotěsnost podle [1]

K určení tlaku podzemní vody slouží pět tříd (w_0 až w_4), které jednotlivě vymezují výšku vodního sloupce podzemní vody. V případě návrhu základové desky je vodní sloupec uvažován od spodního líce betonové konstrukce, u svislých stěn pak od její paty. Maximální hodnotu hladiny podzemní vody, která je definována jako výška vodního sloupce působící na konstrukci v době minimálně několika desítek dnů, stanovíme na základě vyhotoveného inženýrskogeologického průzkumu.

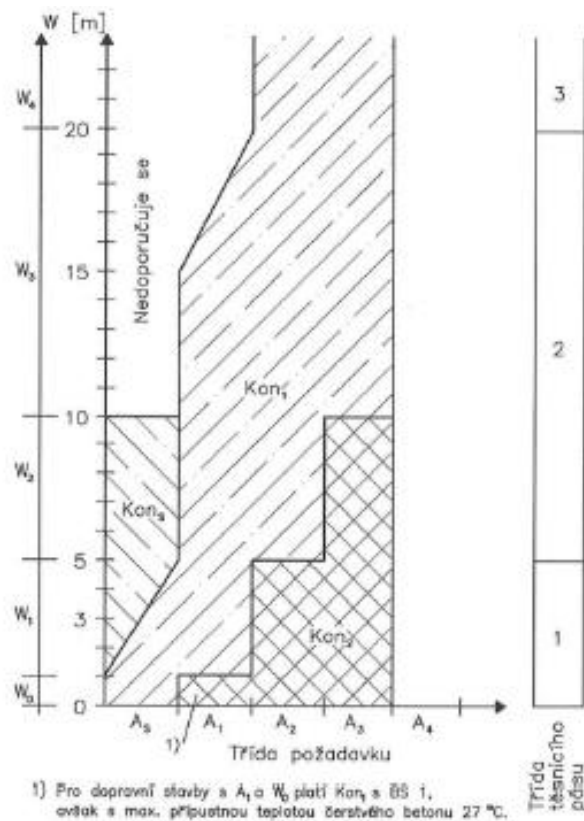
Třída tlaku vody ¹⁾	Popis
w_0	Tlak vody 0,0 až 1,0 m
w_1	Tlak vody > 1,0 až 5,0 m
w_2	Tlak vody > 5,0 až 10,0 m
w_3	Tlak vody > 10,0 až 20,0 m
w_4	Tlak vody > 20,0 m

Tab. 2 Třída tlaku vody podle [1]

Konečnou fází klasifikace konstrukce je stanovení konstrukční třídy (Kons, Kon1 a Kon2), jež nám specifikuje požadavky na vodonepropustnost železobetonových prvků. Ty jsou zřejmé z uvedené směrnice a obsahují informace o betonu pro danou konstrukční třídu, či další konstrukční požadavky (např. délky dilatačních a pracovních spár, těsnění těchto spár, doporučení pro návrh konstrukce a jiné). Určení této třídy se provádí pomocí grafu v závislosti na příslušné třídě požadavků a tlaku vody konstrukce. Z grafu je též možné vyčíst potřebnou třídu těsnícího pásu.

Konstrukční třída	Min. tloušťka stavebního dílu ¹⁾²⁾ [m]	Dimenzování na vynucenou namáhání	Dimenzování na zatížení	Normalizovaný beton	Další konstrukční požadavky
Kon ₃ zvláštní třída	≥ 0,45 ≥ 0,60 pro w2	viz Obr. 4/5	omezení šířky trhlin na ≤ 0,15 mm	BS 1	Max. délky konstrukčních částí ³⁾ : <ul style="list-style-type: none"> vzdál. dilatačních/dělicích spár: ≤ 15 m vzdál. pracovních spár ve stěnách: ≤ 10 m Je nezbytné zabudovat kluzné fólie pro separaci vnějšího a vnitřního pláště, eventuálně uvažovat o: <ul style="list-style-type: none"> předepnutí zdvojení těsnících pásů eliminaci skokových změn tloušťky/výšky konstrukce eliminaci překážek, které brání v pohybu konstrukce vůči okolnímu prostředí
Kon ₁	≥ 0,35 ≥ 0,60 pro w4	viz Obr. 4/6	omezení šířky trhlin na ≤ 0,20 mm	BS 1	Doporučené délky konstrukčních částí ³⁾ : <ul style="list-style-type: none"> vzdál. dilatačních/dělicích spár: 15 až 30 m vzdál. pracovních spár ve stěnách: ≤ 15 m Skokové změny tloušťky/výšky konstrukce nahradit náběhy se sklonem cca 30°. Doporučuje se vložení separačních fólií. Doporučuje se určit teplotní pole. Pokud je konstrukční část provedena jako součást spřaženého systému (s těsným zabudováním do vnější stěny), má být max. délka konstrukční části ≤ 40 m.
Kon ₂	≥ 0,30	viz Obr. 4/7	omezení šířky trhlin na ≤ 0,25 mm ⁴⁾	BS 2	Doporučené délky konstrukčních částí ³⁾ : <ul style="list-style-type: none"> vzdál. dilatačních/dělicích spár: 30 až 60 m vzdál. pracovních spár ve stěnách: ≤ 15 m Těsný kontakt s okolním prostředím je přípustný, při změnách tvaru průřezu nebo tuhosti konstrukce je ale vhodné uvážit možnost jejího rozdělení na menší části. Skokové změny tloušťky/výšky konstrukce je vhodné eliminovat (náběhy se sklonem cca 30°, separací atd.). Doporučuje se určit teplotní pole.

Tab. 3 Konstrukční třídy pro bedněné železobetonové stavební díly podle [1]



Obr. 3 Souvislost mezi třídou požadavků, tlakem vody a třídou těsnících pásů [1]

Dimenzování

Jak již bylo zmíněno, koncepce bílé vany, přesněji její hydroizolační vlastnosti, závisí na vodonepropustnosti betonu a na přítomnosti trhlin, popř. jejich druhu a šířce. V současné době je i při sebelepším návrhu konstrukce obtížné dosáhnout úplné nepřítomnosti trhlin, avšak vhodným uspořádáním výztuže můžeme jejich vznik, charakter a šířku alespoň příznivě ovlivnit.

Množství příslušné výztuže se během dimenzování stanoví prokázáním tří kritérií:

- Prokázáním únosnosti (MSÚ)
- Prokázáním použitelnosti (MSP) – omezením šířky trhlin „při převažujícím vlivu zatížení“
- Prokázáním použitelnosti (MSP) – omezením šířky trhlin „při převažujícím vynuceném namáhání“

S pomocí aktuálně platných norem, u nás ČSN EN 1992-1-1, je pro výpočet mezního stavu únosnosti třeba určit vnitřní síly od zatížení s uvážením možných kombinací - uvažujeme vždy tu nejnepříznivější. Základním požadavkem pro splnění mezního stavu použitelnosti konstrukce u bílých van je omezení šířek trhlin.

4.1.5. Návrh konstrukce dle TP ČBS 04

Český překlad německé směrnice představuje komplexnější a efektivnější přístup k problematice vodonepropustných konstrukcí, jež klade důraz na koordinovanou spolupráci mezi investorem, projektantem a zhotovitelem. Jejím výsledkem je pak spolehlivě fungující konstrukce, pro jejíž realizaci (a případné opravy) bylo použito minimum nákladů. Nedílnou součástí směrnice je popis jednotlivých úloh projektové přípravy.

V rané fázi projektové přípravy dochází ke kroku, kdy je nutné provést zařazení řešeného stavebního objektu typů tříd. První z nich, třídu namáhání, určujeme na základě vlastností podloží. Dle směrnice rozlišujeme pouze dvě třídy namáhání (1 a 2), které se od sebe liší z hlediska způsobu působení vody nebo vlhkosti na řešenou konstrukci nezávisle na vodním tlaku. Může tak nastat situace, kdy jsou různé části jednoho objektu zařazeny do obou tříd namáhání.

Třída namáhání 1	Třída namáhání 1
1	2
Trvalý kontakt konstrukce s vodou dle 3.6 a 3.18: <ul style="list-style-type: none"> - podzemní voda, záplava, dočasná tlaková voda (viz kap. 3.6.2), - dočasně vzdutá prosakující voda (viz kap. 3.6.1), - netlaková voda, výhradně na vodorovných a ukloněných plochách (viz kap. 3.18). 	Kontakt konstrukce s vlhkostí nebo prosakující vodou: <ul style="list-style-type: none"> - vlhká zemina, - nevzdutá prosakující voda (viz kap. 3.19), jen u silně propustné zeminy nebo u trvale průtočné drenáže dle DIN 4095.

Tab. 4 Porovnání tříd namáhání [3]

S ohledem na funkci a způsob užívání objektu stanovujeme požadavky konstrukce na její vodonepropustnost. Díky nim jsme schopni konstrukci přiřadit příslušnou třídu užívání, u níž je rozhodujícím faktorem přípustnost průsaku vody. Dojde-li k situaci, kdy je např. z ekonomických důvodů povolen větší průsak vody, než povoluje směrnice, můžeme hovořit o zvláštní smluvní třídě, jejíž požadavky jsou specifikovány odborníky ve smlouvě či investorském zadání.

Třída užívání A	Třída užívání B
1	2
Průsak kapalné vody nepřipustný: <ul style="list-style-type: none"> - žádné vlhké skvrny vlivem průsaku vody^{1), 2), 3)}, - žádné – ani dočasné – zavodněné trhliny a spáry. 	Omezený průsak vody přípustný: <ul style="list-style-type: none"> - vlhké skvrny přípustné, - do nástupu samotěsnicí schopnosti dočasně zavodněné trhliny⁴⁾, - dlouhodobě vlhká povrchová kresba trhlín, avšak bez hromadění vody na volné (vnitřní) straně konstrukce¹⁾.
Příklady použití: <ul style="list-style-type: none"> - standard pro bytové objekty, - sklady s vysokými užitnými požadavky. 	Příklady použití: <ul style="list-style-type: none"> - samostatné a hromadné garáže, - instalační a zásobovací šachty a kolektory, - sklady s nižšími užitnými požadavky.
¹⁾ V případě vodních kapek na povrchu dílců je třeba zjistit, zda se nejedná o kondenzát (viz níže).	
²⁾ Pod instalovanou vnitřní parozábranou se může vytvořit vlivem tlakových poměrů páry vysoká vyrovnávací vlhkost betonu, která se po odstranění parozábrany projeví tmavým zabarvením povrchu. Důvodem je zamezený odvod vlhkosti a nesouvisí se zvoleným způsobem těsnění konstrukce.	
³⁾ Pomocí „pijákového testu“ lze spolehlivě zjistit, zda se jedná u tmavých skvrn o pronikající vlhkost: volně položený sací papír nebo savý novinový papír na povrchu betonu se nesmí v důsledku svého zvlhčení zabarvit tmavě.	
⁴⁾ Čas ukončení procesu samotěsnění musí být v souladu s užitnými požadavky na konstrukci.	

Tab. 5 Porovnání tříd užívání [3]

Na základě třídy namáhání a způsobu provádění je nutné v závěru klasifikace stanovit doporučené minimální tloušťky stěn a základových desek. Tyto hodnoty zmíněné viz. následující tabulka nám – s ohledem na krytí a potřebné vrstvy výztuže či těsnění spár – zajišťují kvalitní probetonování prvků a s tím související nosnou a těsnící funkci konstrukce.

	Konstrukční část	Třída namáhání	1	2	3
			Způsob provádění		
			monolit	filigránové stěny	prefabrikáty
1	stěny	1 ¹	240	240	200
2		2 ²	200	240 ³⁾	100
3	základové desky	1 ¹	250	X	200
4		2 ²	150		100
1 třída namáhání 1:			tlaková a netlaková voda, dočasně vzdutá prosakující voda		
2 třída namáhání 2:			zemní vlhkost a nevzdutá prosakující voda		
3 za zvláštních technologických a prováděcích podmínek je možné snížení na 200 mm					

Tab. 6 Doporučené minimální tloušťky konstrukcí [3]

Dimenzování

Pro splnění požadavků tříd užívání, a s tím spojenou zárukou vodonepropustnosti konstrukce, postupujeme podle směrnicí definovaných návrhových zásad, které se vztahují na vznik průběžných trhlin, popř. na omezení jejich šířek. Přesněji se jedná o tři návrhové principy:

- a) Vyloučení průběžných trhlin
- b) Omezení šířky průběžných trhlin s využitím samotěsnící schopnosti trhlin
- c) Omezení šířky průběžných trhlin dle požadavků normy ČSN EN 1992-1-1

První zmíněný – návrhový princip a) – je složitý proces, kterého lze docílit s pomocí mnohačetných opatření (technologická, konstrukční a prováděcí). Z důvodu své náročnosti z hlediska projektové přípravy a provádění je pro uplatnění principu zapotřebí důkladná znalost problematiky a s ní související zkušenosti s návrhem a realizací dané koncepce.

V případě návrhového principu b) se šířky vzniklých průběžných trhlin omezují na maximální možnou hodnotu (danou tlakovým spádem) odpovídající výztuží. Díky tomu lze počítat s jejich samotěsníci účinky.

V rámci třetího návrhového principu c) uvažujeme předpoklad, že se veškeré průběžné trhliny utěsní až dodatečně. V průběhu dimenzování je nutné ve fázi omezení šířky trhlin dbát na několik zásad. Jedná-li se o vznik ohybových trhlin vlivem vnějšího zatížení a vynucených přetvoření, musí být pro třídu užívání A, a současně třídu namáhání 1, splněna podmínka výšky tlačené oblasti

$$x \geq \max(1,5 \cdot D_{\max}; 30 \text{ mm})$$

D_{\max} je maximální průměr kameniva. Tento posudek může být nahrazen omezením šířky trhlin na hodnoty z tabulky. V případě, kdy je pro třídu namáhání 1 přípustný dočasný průsak vody, omezuje se šířka trhlin podle tlakového spádu. Minimální požadovaná šířka trhliny pro třídu namáhání 2 je $w \leq 0,2 \text{ mm}$.

	1	2
	Tlakový spád h_v/h_b ¹	Dovolená šířka trhliny w v mm (návrhová hodnota) ²
1	≤ 10	0.20
2	> 10 až ≤ 15	0.15
3	> 15 až ≤ 25	0.10

¹ h_v = výška vodního sloupce v m; h_b = tloušťka konstrukce v m
² Pro agresivní vodu s koncentrací > 40 mg/l CO_2 (odvápňující kyselina uhličitá) a $\text{pH} < 5,5$ se nesmí uvažovat samotěsnicí schopnost trhlín.

Tab. 7 Návrhové šířky průběžných trhlín v závislosti na tlakovém spádu [3]

4.1.6. Omezení šířky trhlín

I při splnění veškerých požadavků pro správný návrh a realizaci bílých van vznikají v jednotlivých částech konstrukce trhliny. K tomuto stavu dochází v situaci, kdy napětí vyvozené zatížením nebo omezeným tahovým přetvořením (nejčastěji od smršťování) překročí tahovou pevnost betonu v daný okamžik. První (rané) trhliny vznikají již cca 10 až 48 hodin po betonáži v důsledku překročení narůstající tahové pevnosti betonu napětím vyvolaným od omezení vynuceného tahového přetvoření.

Při návrhu konstrukcí bílých van je z tohoto důvodu nejvíce kladen důraz na omezení šířky vzniklých trhlín. Příslušné limitní hodnoty šířek závisí na zvoleném návrhovém přístupu, resp. na výběru pro návrh konstrukce použitého doporučení.

Výpočet šířky trhlín

Šířku trhliny nejběžněji posuzujeme pro dva případy. Prvním je stanovení šířky trhlín od účinků hydratace bezprostředně po betonáži konstrukce, druhým pak šířka trhlín vyvozená návrhovou kombinací zatížení.

Níže popsaný postup pro výpočet šířky trhlín je stanoven v ČSN EN 1992-1-1.

Šířka trhlíny:

$$w_k = s_{r,\max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

- $s_{r,\max}$ – maximální vzdálenost prvku
- $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$ – rozdíl poměrných přetvoření betonu a výztuže v okolí trhlíny
- ε_{sm} – průměrná hodnota poměrného přetvoření výztuže při příslušné kombinaci zatížení
- ε_{cm} – průměrná hodnota poměrného přetvoření betonu mezi trhlínami

Rozdíl poměrného přetvoření výztuže a betonu mezi trhlínami:

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s}{E_s} - k_t \cdot \varepsilon_{sr} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left(1 - k_t \cdot \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right) = \frac{1}{E_s} (\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff}))$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

- σ_s - tahové napětí výztuže v průřezu porušeném trhlínou
- σ_{sr} - tahové napětí v průřezu při vzniku primární trhlíny
- k_t - součinitel závisející na době trvání zatížení ($k_t = 0,6$ - krátkodobé zatížení
 $k_t = 0,4$ - dlouhodobé zatížení)

- $f_{ct,eff}$ - pevnost betonu v tahu v okamžiku prvního očekávaného vzniku trhlin
- α_e - poměr modulů pružnosti výztuže a betonu, $\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}}$
- $\rho_{p,eff}$ - účinný stupeň vyztužení, pro železobeton vyjádřen vztahem $\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$;
- $A_{c,eff}$ - účinná plocha taženého betonu obklopující výztuž, uvažuje se oblast $h_{c,eff}$ jako minimální hodnota ze vztahů $h_{c,eff} = \min\{2,5(h - d); \frac{h-x}{3}; \frac{h}{2}\}$.

Maximální vzdálenost trhlin:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + \frac{k_4 \cdot k_4 \cdot k_4 \cdot \emptyset}{\rho_{p,eff}}$$

- c – tloušťka betonové krycí vrstvy podélné výztuže
- k_1 – součinitel vystihující vlastnosti soudržné výztuže ($k_1 = 0,8$ – žebříková výztuž, $k_1 = 1,6$ – výztuž s hladkým povrchem)
- k_2 – součinitel zohledňující rozdělení poměrného přetvoření ($k_2 = 1$ – prostý tah, $k_2 = 0,5$ – prostý ohyb)
- k_3 – součinitel s doporučenou hodnotou $k_3 = 3,4$, pro $c > 25$ mm $k_3 = 3,4(25c)^{2/3}$
- k_4 – součinitel s doporučenou hodnotou $k_4 = 0,425$
- \emptyset – průměr výztuže

Je-li osová vzdálenost prutů výztuže větší než $5(c + \emptyset/2)$, je hodnota maximální vzdálenosti trhlin určena na základě vztahu:

$$s_{r,max} = 1,3 (h - x)$$

- h – výška průřezu
- x – výška tlačené oblasti

4.1.7. Návrh bílé vany pro řešenou konstrukci

4.1.7.1. Dle TP ČBS 02

- Třída požadavků na vodotěsnost

Objekt slouží jako hromadné garáže, proto lze připustit vlhká místa v konstrukci. Zařazení konstrukce je do **třídy požadavků A₂**.

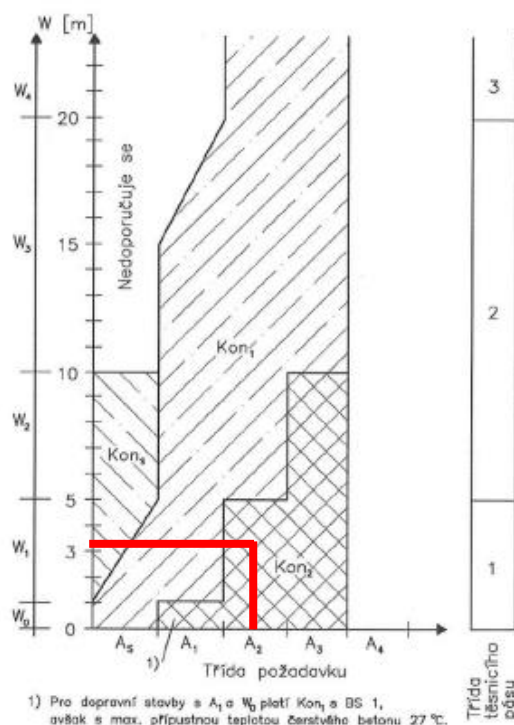
Třída požadavků	Zkrácené označení	Popis povrchu betonu	Posouzení vlhkých míst	Připustná vadná místa (vlhká místa, trhliny atd.) na povrchu betonu	Dodatečná opatření	Příklady použití	Konstrukce
A ₂	Lehce vlhké	Vizuálně a dotykem patrná jednotlivá lesklá (vlhká) místa na povrchu	není možné změřit množství odtékající vody. Po dotyku ruky jsou rozeznatelné stopy vody.	Je připustné 1 % vlhkých míst na celém povrchu betonového dílu. Jednotlivé proužky vody, které na povrchu betonu vysychají.	Ve zvláštních případech může být potřebné temperování/klimatizování	Garáže, prostory s domovní technikou (např. kotelny, kolektory), dopravní stavby	2), 3)

- Třída tlaku vody

Třída tlaku vody ¹⁾	Popis
w ₁	Tlak vody > 1,0 až 5,0 m

- Konstrukční třída

Podle třídy požadavků a třídy tlaku vody se určila **konstrukční třída Kon₂**, podle které je omezení šířky trhlin na **w ≤ 0,25 mm**.



Konstrukční třída	Min. tloušťka stavebního dílu ¹⁾²⁾ [m]	Dimenzování na vynucenou namáhání	Dimenzování na zatížení	Normalizovaný beton	Další konstrukční požadavky
Kon ₂	≥ 0,30	viz Obr. 4/7	omezení šířky trhlin na ≤ 0,25 mm ⁴⁾	BS 2	Doporučené délky konstrukčních částí ³⁾ : <ul style="list-style-type: none"> • vzdál. dilatačních/dělicích spár: 30 až 60 m • vzdál. pracovních spár ve stěnách: ≤ 15 m Těsný kontakt s okolním prostředím je přípustný, při změnách tvaru průřezu nebo tuhosti konstrukce je ale vhodné uvážit možnost jejího rozdělení na menší části. Skokové změny tloušťky/výšky konstrukce je vhodné eliminovat (náběhy se sklonem cca 30°, separací atd.). Doporučuje se určit teplotní pole.

4.1.7.2. Dle TP ČBS 04

- Třída namáhání

Konstrukce bílé vany není v trvalém kontaktu s vodou, proto byla zařazena do **třídy namáhání 2**.

Třída namáhání 1	Třída namáhání 1
1	2
Trvalý kontakt konstrukce s vodou dle 3.6 a 3.18: <ul style="list-style-type: none"> - podzemní voda, záplava, dočasná tlaková voda (viz kap. 3.6.2), - dočasně vzdutá prosakující voda (viz kap. 3.6.1), - netlaková voda, výhradně na vodorovných a ukloněných plochách (viz kap. 3.18). 	Kontakt konstrukce s vlhkostí nebo prosakující vodou: <ul style="list-style-type: none"> - vlhká zemina, - nevzdutá prosakující voda (viz kap. 3.19), jen u silně propustné zeminy nebo u trvale průtočné drenáže dle DIN 4095.

- Třída užívání

Objekt slouží jako hromadné garáže, proto lze připustit vlhká místa v konstrukci. Zařazení konstrukce je do **třídy užívání B**.

Třída užívání A	Třída užívání B
1	2
Průsak kapalně vody nepřipustný: <ul style="list-style-type: none"> - žádné vlhké skvrny vlivem průsaku vody^{1), 2), 3)}, - žádné – ani dočasné – zavodněné trhliny a spáry. 	Omezený průsak vody připustný: <ul style="list-style-type: none"> - vlhké skvrny přípustné, - do nástupu samotěsnicí schopnosti dočasně zavodněné trhliny⁴⁾, - dlouhodobě vlhká povrchová kresba trhlín, avšak bez hromadění vody na volně (vnitřní) straně konstrukce¹⁾.
Příklady použití: <ul style="list-style-type: none"> - standard pro bytové objekty, - sklady s vysokými užitnými požadavky. 	Příklady použití: <ul style="list-style-type: none"> - samostatné a hromadné garáže, - instalační a zásobovací šachty a kolektory, - sklady s nižšími užitnými požadavky.
¹⁾ V případě vodních kapek na povrchu dílců je třeba zjistit, zda se nejedná o kondenzát (viz níže). ²⁾ Pod instalovanou vnitřní parozábranou se může vytvořit vlivem tlakových poměrů páry vysoká vyrovnávací vlhkost betonu, která se po odstranění parozábrany projeví tmavým zabarvením povrchu. Důvodem je zamezený odvod vlhkosti a nesouvisí se zvoleným způsobem těsnění konstrukce. ³⁾ Pomocí „píjákového testu“ lze spolehlivě zjistit, zda se jedná u tmavých skvrn o pronikající vlhkost: volně položený sací papír nebo savý novinový papír na povrchu betonu se nesmí v důsledku svého zvlhčení zabarvit tmavě. ⁴⁾ Čas ukončení procesu samotěsnění musí být v souladu s užitnými požadavky na konstrukci.	

- Doporučené minimální tloušťky

Minimální tloušťky u stěn jsou 200 mm a u základové desky 150 mm.

Konstrukční část	Třída namáhání	1	2	3
		Způsob provádění		
		monolit	filigránové stěny	prefabrikáty
1 stěny	1 ¹	240	240	200
2	2 ²	200	240 ³⁾	100
3 základové desky	1 ¹	250	X	200
4	2 ²	150		100

¹ třída namáhání 1: tlaková a netlaková voda, dočasně vzdutá prosakující voda
² třída namáhání 2: zemní vlhkost a nevzdutá prosakující voda
³ za zvláštních technologických a prováděcích podmínek je možné snížení na 200 mm

- Návrhové šířky průběžných trhlín

Minimální požadovaná šířka trhliny pro třídu namáhání 2 je $w \leq 0,2 \text{ mm}$.

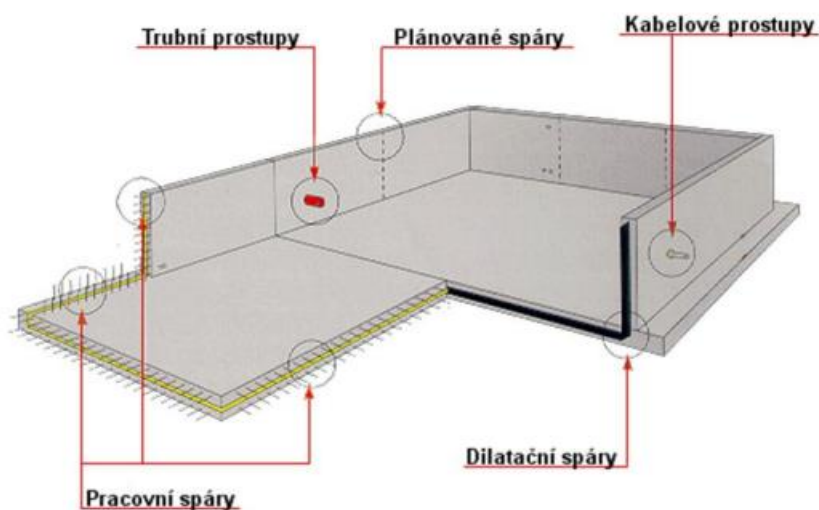
4.1.8. Těsnění spár a prostupů

K dosažení spolehlivě fungujících vodonepropustných železobetonových konstrukcí je také potřeba správný návrh těsnění veškerých spár a prostupů – těsnost těchto prvků musí splňovat požadovanou vodonepropustnost, která má stejné parametry jako samotný beton konstrukce.

4.1.8.1. Druhy spár a jejich těsnění

U vodonepropustných železobetonových konstrukcí rozlišujeme:

- dilatační spáry;
- pracovní spáry (plánované a neplánované);
- řízené (těž nepravé či jalové) spáry;
- kontaktní spáry.



Obr. 4 Druhy spár v konstrukci bílé vany [19]

Dilatační spára je úmyslně vytvořená průběžná spára umožňující volné objemové změny jednotlivých dilatačních celků, popř. jejich rozdílné sedání v důsledku odlišného zatížení. Příčinou aplikace zmíněných spár je překročení doporučených nebo maximálních rozměrů konstrukce, jejichž hodnoty lze uvažovat v rozmezí 15 až 60 m. Zároveň je však nutné přihlídnout k maximálním povoleným délkám stanovených ČSN 73 1201. Abychom docílili volného pohybu dilatačních celků, musí být jednotlivé části konstrukce nespojené (bez probíhající výztuže).

Plánované pracovní spáry jsou vytvořeny z důvodu nutných technologických postupů provádění. Spárami prochází výztuž a musí být v těchto místech zabráněno jakémukoliv pohybu konstrukce, konstrukce se tedy musí v místě pracovní spáry chovat jako celistvá.

Neplánované pracovní spáry jsou nežádoucí a vznikají především v důsledku nekázně při technologickém postupu výroby konstrukce. Mezi faktory vzniku těchto spár patří například poruchy čerpadel, betonárek, nedostatečný přísun betonové směsi, porucha výroby betonové směsi apod.

Užitím řízených spár (též jalových či nepravých spár) omezujeme vynucená namáhání, v jejichž důsledku vznikají průběžné trhliny, na vznik jedné trhliny v předem stanoveném místě. Díky tomu lze následně zvětšit délky pracovních úseků stěn a dosáhnout snížení množství vodorovné výztuže stěn. TP ČBS 02 - Český překlad rakouské směrnice nepovoluje užívání výše zmíněných spár z důvodu nezaručené protikorozní ochrany průběžné výztuže.

Kontaktní spárou označujeme styk zatvrdlých betonových konstrukcí nebo úseků betonáže (přesněji prefabrikovaných, popř. prefamonolitických prvků), jejichž hodnotu vzájemné deformace lze zanedbat.

4.1.8.2. Těsnění spár dle TP ČBS 02

Zajištění správné funkce, tedy vodonepropustnosti těsnících pásů závisí na níže zmíněných principech:

- labyrintový princip – prvek těsnění spočívá v prodloužení cesty pronikající vody častou změnou směru;
- princip ukotvení – jedná se o řádné ukotvení těsnícího prvku, který v případě těsnícího plechu využívá následné přilnavosti k betonu;
- princip přitlačení – těsnost je zajištěna přitlačením bobtnajícího a rozpínavého materiálu k bokům spáry;
- princip vyplnění – spočívá v dodatečném utěsnění spáry pomocí injektáže vhodným materiálem (cementová malta, epoxidová pryskyřice apod.), kterým se spára vyplní

Materiály a principy těsnění společně s možnostmi napojení či použití pro určitý druh spár jsou zřejmé z následující tabulky.

Materiál	Princip utěsnění	Možnost spojení	Způsobnost pro druh spáry	Požadavky
PVC-P termoplasty	Labyrintový princip	Tepelně svařit	Dilatační spáry Pracovní spáry	Pevnost v tahu: podle EN ISO 527 část 1-3 > 8 N/mm ²
Elastomery (přírodní/syntetický kaučuk)	Labyrintový princip	Vulkanizovat	Dilatační spáry Pracovní spáry	Tažnost: podle EN ISO 527 část 1-3 > 300 %
PVC/NBR Kombinační polymerizáty	Labyrintový princip	Tepelně svařit	Dilatační spáry Pracovní spáry	Další pevnost v tahu: podle DIN 53507 > 8 N/mm ² Tažnost (-20 °C): podle EN ISO 527 část 1-3 > 200 % Odolnost trvalá: proti vodě, komunálním splaškovým vodám, solným roztokům na tání námrazy Odolnost dočasná: proti zředěným kyselinám a anorganickým alkáliím, bitumenu, topným olejům, pohonným hmotám
Plech bez potažení	Princip ukotvení	Svařit	Pracovní spáry	Jakost oceli S 235 JO
Bobtnavý těsnicí pás	Princip přitlačení	Srazit natupo, nebo stranově překrýt	Pracovní spáry	Bobtnavost: min. 200 % Chování při bobtnání: vratné chování při bobtnání, zpoždění prvního nabobtnání Vlastnosti materiálu: nelze vyplavit a nekřehne
Injektážní hadička	Princip zaplnění	Stranově překrýt	Dodatečně pro dilatační spáry a pracovní spáry; pro spáry mezi podzemní stěnou a podlahovou deskou	DBV-list „Stlačené injektážní hadičky pro pracovní spáry“

Tab. 8 Materiály těsnících pásů spár a principy utěsnění dle [1]

Překlad rakouské směrnice doporučuje pro zajištění vodonepropustnosti konstrukce používat především vnitřní těsnění. Na základě grafu z kapitoly 4.1.4. se v závislosti na působícím tlaku vody na konstrukci určí třída těsnících pásů, podle které lze s pomocí tabulek stanovit jejich potřebnou minimální tloušťku a šířku.

Profily pro vnitřní pásy dilatačních spár				
Třída tlaku vody	Třída těsnícího pásu	Materiál	Minimální šířka [mm]	Minimální tloušťka [mm]
W ₀	1	PVC; PVC/NBR	240	4
		Elastomer	240	9
W ₁ / W ₂ / W ₃	2	PVC; PVC/NBR	320	5
		Elastomer	320	12
		Elastomer/ těsnicí plech	320	10/1
W ₄	3	PVC; PVC/NBR	500	6
		Elastomer	500	13
		Elastomer/ těsnicí plech	500	12/1

Tab. 9 Třídy těsnících pásů dilatačních spár dle [1]

Profily pro vnitřní pásy pracovních spár				
Třída tlaku vody	Třída těsnícího pásu	Materiál	Minimální šířka [mm]	Minimální tloušťka [mm]
W ₀ /W ₁	1	PVC; PVC/NBR	240	3,5
		Elastomer	240	8
		Těsnicí plech ¹⁾	300	2
		Bobtnavý profil	20	7
W ₂ / W ₃	2	PVC; PVC/NBR	320	4,5
		Elastomer	320	8
		Těsnicí plech	350	2
W ₄	3	PVC; PVC/NBR	500	6
		Elastomer	500	10
		Těsnicí plech	500	2

Tab. 10 Třídy těsnících pásů pracovních spár dle [1]

4.1.8.3. Těsnění spár dle TP ČBS 04

Základní podmínky pro návrh těsnících prvků jsou stanoveny v kap. 10 TP ČBS 04 - Českého překladu německé směrnice. Jejich podrobná specifikace je následně publikována v jednotlivých listech odborných spolků a výrobců. S pomocí německých norem se navrhují těsnící pásy z termoplastu (měkčené PVC, popř. PVC-P) a elastomeru. Veškeré zbylé prvky vyrobené z jiných než zmíněných materiálů (bobtnavé pásy, těsnící plechy apod.) musí na základě náročných zkoušek získat příslušná osvědčení, s nimiž lze následně navrhnout jednotlivé těsnící systémy.

Těsnící prvky

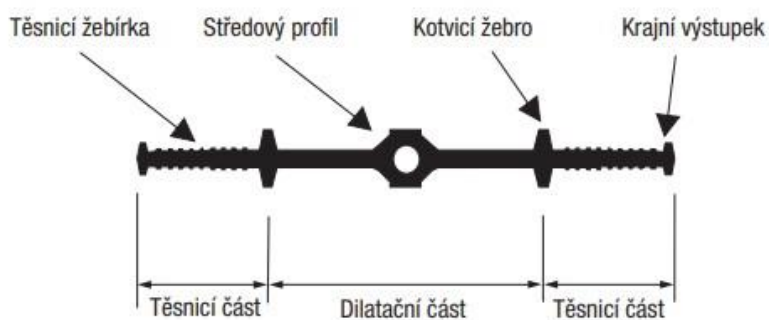
Vhodná volba systému těsnění spár, jeho materiálu a způsobu uložení je ovlivněna konkrétními požadavky (technologie provádění, odolnost proti chemickým látkám a jiné) řešené stavby. S ohledem na tuto skutečnost rozlišujeme tyto druhy těsnících prvků:

- Těsnící pásy;
- Těsnící plechy (s povrchovou a bez povrchové úpravy);
- Bobtnavé těsnící pásy;
- Kombinované těsnící pásy KAB;
- Injektážní těsnění.

Důležitou rolí v průběhu provádění těsnění je zaručení těsnosti spojů v místech napojení, křížení nebo T styků. Zvláště velkou pozornost je nutné věnovat situaci, kdy se jedná o místo se změnou systému. Následná poloha a vedení veškerých těsnících prvků společně s označením jejich druhu musí být součástí realizační dokumentace.

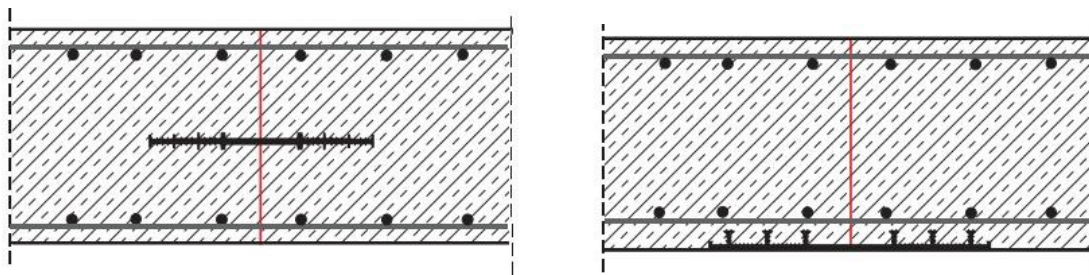
- Těsnící pásy

Těsnící pásy z PVC, PVC-P a elastomerů lze použít do všech druhů spár. Používají se jako vnitřní i vnější těsnění spár. Existují různé druhy pásů, které jsou jinak profilované. Pásy jsou tvořeny těsníci žebírky, kotvicími žebry a popřípadě krajními výstupky. U dilatačních těsnících profilů se vyskytují ještě středové profily, které umožňují právě pohyb v dilatačních spárách.



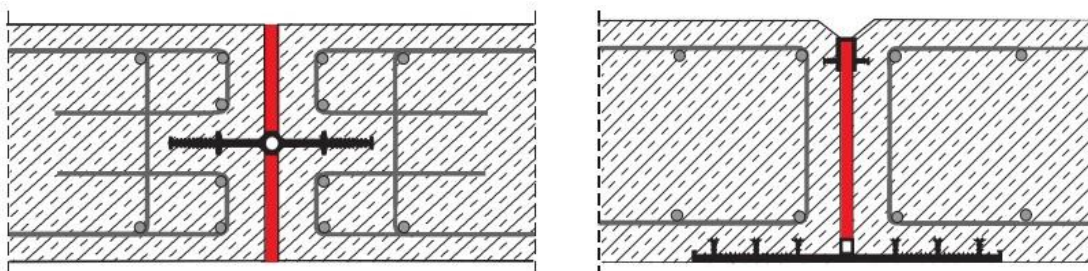
Obr. 11 Vnitřní těsnící pás dilatační spáry [19]

Jak už bylo v předchozí kapitole řečeno, konstrukce se v pracovní spáře musí chovat spojitě a prochází jí výztuž.



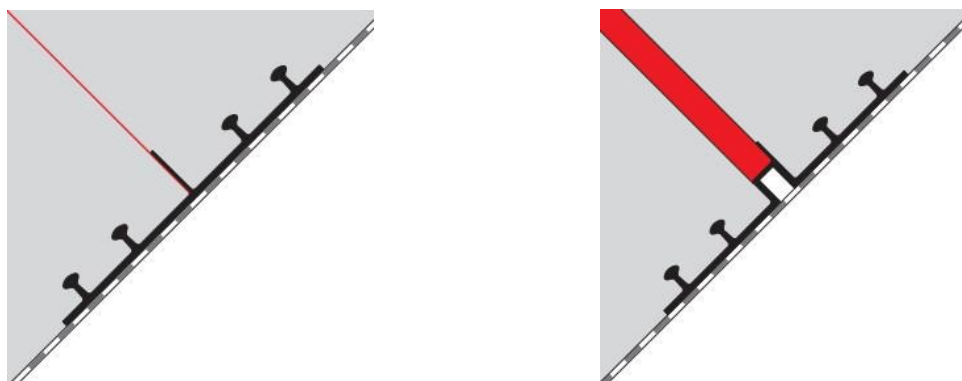
Obr. 12 Příklad těsnících pásů v pracovní spáře [19]

Dilatačními spárami nesmí výztuž procházet vůbec z důvodu možnosti pohybu konstrukce ve spáře.



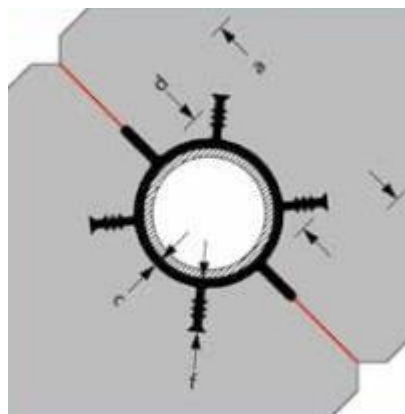
Obr. 13 Příklad těsnících pásů v dilatační spáře [19]

Vnější těsnící pásy lze také kombinovat s fóliemi. Pokud jsou těsnící pásy a fólie na stejné bázi, tak je zaručená úplná kompatibilita mezi materiály fólií a pásů.



Obr. 14 Řešení pracovní spáry a dilatační spáry s vnějším těsnícím pásem a fólií [19]

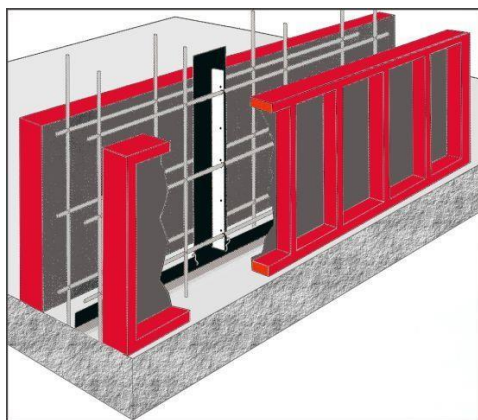
Pro řízené spáry se používají těsnící prvky ve tvaru kružnice s profilovanými žebry. Tyto prvky se nazývají tzv. sluníčka.



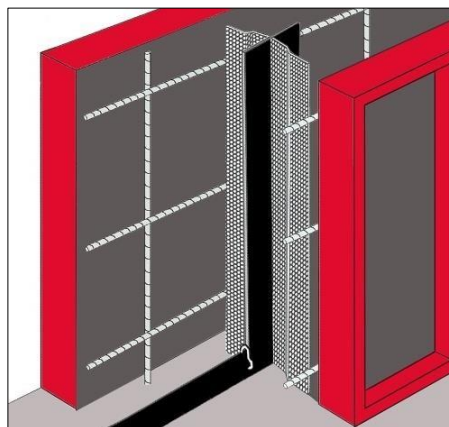
Obr. 15 Těsnící trubka pro řízené spáry [19]

- Těsnící plechy

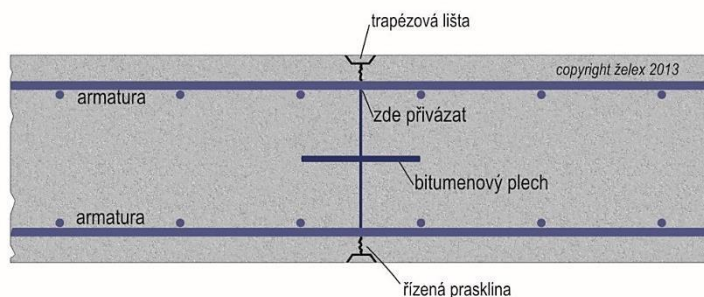
Těsnící plechy se používají pro pracovní a řízené spáry. Pro dilatační spáry se nepoužívají z důvodu malé pružnosti materiálu a „bránily“ by pohybu konstrukce. Plechy mohou být bez povrstvení, které lze doplnit injektáží, nebo s povrstvením, kde má plech na sobě bitumenovou vrstvu a spáru utěsní.



Obr. 16 Řízená spára – trhací lišta [19]



Obr. 17 Pracovní spára – bednicí a těsnící křížový plech do stěny [19]



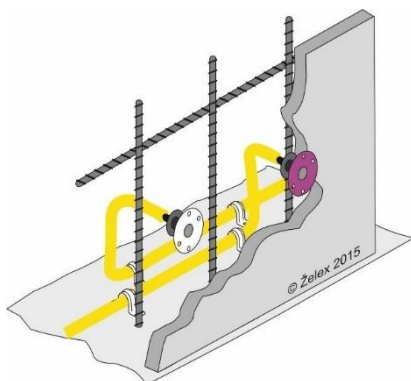
Obr. 18 Řízená spára – křížový těsnící plech (trhací lišta) [19]

- Bobtnající pásy

Bobtnající pásy fungují na principu přitlačení a používají se pouze do pracovních spár. Musí být provedeny z dostatečně bobtnavých materiálů, jejichž bobtnavost je minimálně 150% lépe však 200%. Pásy bobtnají za přítomnosti vlhkosti. Z hlediska materiálů jsou to bentonitové pásy, pásy na bázi modifikovaných akrylátů a pásy na bázi kaučuků.

- Injektážní systémy

Injektáž se používá pouze pro pracovní spáry. Injektáží se dodatečně zaplní pracovní spáry, trhliny, dutiny, ... Jedná se o systém hadiček (na bázi PVC) a kanálků, do kterých se pod tlakem vhání těsnící směs. Jako injektážní materiály se používají např. jemná cementová směs, epoxidová pryskyřice, nebo vícesložkové polymery, které po styku s vodou bobtnají.



Obr. 19 Injektážní hadička [20]

4.2. Parametrická studie

Výpočet byl proveden pomocí programu Excel, Tab. 1,2,3 je pro rané trhliny – tahové namáhání

Návrh proveden pro betony různých pevnostních tříd, různé průměry a vzdálenosti výztužných prutů tak, aby byla dodržena šířka trhlin 0,2 mm.

Tab. 1: Porovnání potřebné plochy výztuže pro šířku raných trhlin (tahové namáhání) 0,2 mm – různé pevnostní třídy, různé průměry výztuže a různé vzdálenosti výztuže

Rané trhliny - základová deska		6	7	8	9	1	2	3	4	5	10	11	12
Výška	h [m]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Šířka	b [m]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	h _{cr} [m]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Krytí	c [m]	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Průměr výztuže	Ø [m]	0,012	0,014	0,016	0,018	0,012	0,014	0,016	0,018	0,020	0,014	0,016	0,018
Beton		C20/25	C20/25	C20/25	C20/25	C25/30	C25/30	C25/30	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37
	f _{ctm} [Mpa]	2,2	2,2	2,2	2,2	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,9	2,9	2,9
	f _{c,eff} [Mpa]	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,45	1,45	1,45
	E _{cm} [Gpa]	29	29	29	29	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5	32	32	32
Alfa e	α _e [-]	6,897	6,897	6,897	6,897	6,557	6,557	6,557	6,557	6,557	6,250	6,250	6,250
k	k [-]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
k _c	k _c [-]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Součinitel:	k ₁ [-]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	k ₂ [-]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	k ₃ [-]	2,485	2,485	2,485	2,485	2,485	2,485	2,485	2,485	2,485	2,485	2,485	2,485
	k ₄ [-]	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425
	k _t [-]	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
A _{ct}	A _{ct} [m ²]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Účinná výška	d [m]	0,254	0,253	0,252	0,251	0,254	0,253	0,252	0,251	0,25	0,253	0,252	0,251
Vzdálenosti výztuže	[m]	0,120	0,150	0,190	0,230	0,105	0,140	0,170	0,200	0,240	0,130	0,160	0,195
Plocha výztuže	A _s [m ²]	0,000942	0,001026	0,001058	0,001106	0,001077	0,001100	0,001183	0,001272	0,001309	0,001184	0,001257	0,001305
	A _s [mm ²]	942	1026	1058	1106	1077	1100	1183	1272	1309	1184	1257	1305
Hmotnost 1m prutu	m [kg/m]	7,4	8,1	8,3	8,7	8,5	8,6	9,3	10,0	10,3	9,3	9,9	10,2
Poloha NO x(stav I)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h _{c,eff}	h _{c,eff} [m]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
A _{c,eff}	A _{c,eff} [m]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Stupeň vyztužení	ρ	0,00942477	0,010262527	0,010582198	0,01106386	0,010771166	0,010995565	0,011827162	0,01272344	0,013089958	0,011841378	0,01256636	0,013049682
Napětí ve výztuži	σ _s [Mpa]	175,1	160,8	155,9	149,1	181,0	177,3	164,9	153,3	149,0	183,7	173,1	166,7
Vzdálenost	s _{r,max} [m]	0,31586754	0,331328319	0,356452084	0,375992791	0,288811177	0,31586754	0,329395721	0,33991764	0,359157721	0,300406761	0,31586754	0,333905115
Rozdíl přetvoření		0,000626753	0,000574351	0,000556542	0,000531653	0,00064676	0,000633213	0,000587491	0,000544906	0,000529171	0,000655361	0,000616506	0,000593001
Omezení		0,000626753	0,000574351	0,000556542	0,000531653	0,00064676	0,000633213	0,000587491	0,000544906	0,000529171	0,000655361	0,000616506	0,000593001
Šířka trhlin	Wk [m]	0,000198	0,000190	0,000198	0,000200	0,000187	0,000200	0,000194	0,000185	0,000190	0,000197	0,000195	0,000198
Šířka trhlin	Wk [mm]	0,20	0,19	0,20	0,20	0,19	0,20	0,19	0,19	0,19	0,20	0,19	0,20

Použité vzorce a legenda:

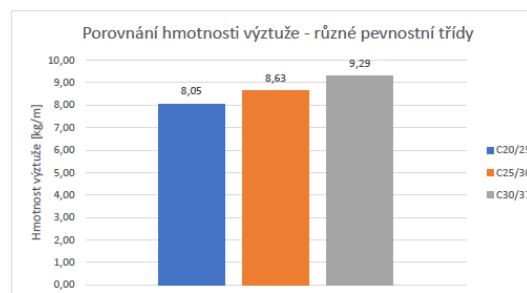
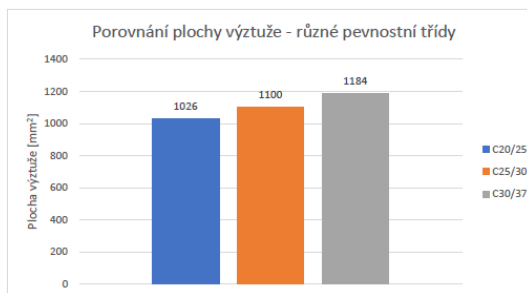
- h_{cr} – výška tažené části před vznikem trhlin (stav I)
- σ_s - tahové napětí výztuže v průřezu porušeném trhlinou
- f_{ct,eff} - pevnost betonu v tahu v okamžiku prvního očekávaného vzniku trhlin, $f_{ct,eff} = 0,5 \cdot f_{ctm}$
- α_e - poměr modulů pružnosti výztuže a betonu, $\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}}$
- ρ - účinný stupeň vyztužení, pro železobeton vyjádřen vztahem $\rho = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$
- h_{c,eff} – výška tažené části betonu obklopující taženou výztuž ve stavu dokončeného rozvoje trhlin (stav II)
- A_{c,eff} - účinná plocha taženého betonu obklopující výztuž, uvažuje se oblast h_{c,eff} jako minimální hodnota ze vztahů $h_{c,eff} = \min\{2,5(h - d); \frac{h-x}{3}; \frac{h}{2}\}$
- k₁ – součinitel vystihující vlastnosti soudržné výztuže (k₁ = 0,8 – žebříková výztuž, k₁ = 1,6 – výztuž s hladkým povrchem)
- k₂ – součinitel zohledňující rozdělení poměrného přetvoření (k₂ = 1 – prostý tah, k₂ = 0,5 – prostý ohyb)
- k₃ – součinitel s doporučenou hodnotou k₃ = 3,4, pro c > 25 mm k₃ = 3,4(25c)^{2/3}
- k₄ – součinitel s doporučenou hodnotou k₄ = 0,425

Pro rané trhliny u tažených prvků	$A_{s,\min} = \frac{s_3 \cdot f_{ct,ef} \cdot (k \cdot A_{ct} - 0,4 \cdot A_{c,eff})}{2 \cdot E_s \cdot w_k} \pm$ $\pm \sqrt{\left(\frac{s_3 \cdot f_{ct,ef} \cdot (k \cdot A_{ct} - 0,4 \cdot A_{c,eff})}{2 \cdot E_s \cdot w_k} \right)^2 + \frac{0,17 \cdot \phi \cdot A_{c,eff} \cdot f_{ct,ef} \cdot (k \cdot A_{ct} - 0,4 \cdot A_{c,eff})}{E_s \cdot w_k}}$
Maximální hodnota z obou vztahů	$A_{s,\min} = \frac{0,3 \cdot s_3 \cdot f_{ct,ef} \cdot k \cdot A_{ct}}{E_s \cdot w_k} \pm \sqrt{\left(\frac{0,3 \cdot s_3 \cdot f_{ct,ef} \cdot k \cdot A_{ct}}{E_s \cdot w_k} \right)^2 + \frac{0,204 \cdot \phi \cdot A_{c,eff} \cdot f_{ct,ef} \cdot k \cdot A_{ct}}{E_s \cdot w_k}}$
Pro rané trhliny u ohýbaných prvků	$A_{s,\min} = \frac{0,2 \cdot s_3 \cdot f_{ct,ef} \cdot (k \cdot A_{ct} - A_{c,eff})}{E_s \cdot w_k} \pm$ $\pm \sqrt{\left(\frac{0,2 \cdot s_3 \cdot f_{ct,ef} \cdot (k \cdot A_{ct} - A_{c,eff})}{E_s \cdot w_k} \right)^2 + \frac{0,068 \cdot \phi \cdot A_{c,eff} \cdot f_{ct,ef} \cdot (k \cdot A_{ct} - A_{c,eff})}{E_s \cdot w_k}}$
Maximální hodnota z obou vztahů	$A_{s,\min} = \frac{0,12 \cdot k \cdot s_3 \cdot f_{ct,ef} \cdot A_{ct}}{E_s \cdot w_k} \pm$ $\pm \sqrt{\left(\frac{0,12 \cdot k \cdot s_3 \cdot f_{ct,ef} \cdot A_{ct}}{E_s \cdot w_k} \right)^2 + \frac{0,041 \cdot \phi \cdot A_{c,eff} \cdot f_{ct,ef} \cdot k \cdot A_{ct}}{E_s \cdot w_k}}$
Geometrické veličiny průřezu s trhlinou pro výpočet šířky trhlin	$x_{ir} = \left[\sqrt{(\alpha_e A_{s1} + A_{s2}(\alpha_e - 1))^2 + 2b \cdot (\alpha_e A_{s1}d + A_{s2}d_2(\alpha_e - 1))} - (\alpha_e A_{s1} + A_{s2}(\alpha_e - 1)) \right] / b$ $A_{ir} = b \cdot x_{ir} + \alpha_e \cdot (A_{s1} + A_{s2});$ $I_{ir} = \frac{b \cdot x_{ir}^3}{3} + \alpha_e A_{s1} (d - x_{ir})^2 + (\alpha_e - 1) \cdot A_{s2} (d_2 - x_{ir})^2$ $\sigma_{s1} = \left[\frac{N_{kd}}{A_{ir}} + N_{kd} (x_{ir} - e) \frac{x_{ir} - d}{I_{ir}} \right] \alpha_e; \text{ respektive pro ohyb } \sigma_s = \alpha_e \frac{M_{kd}}{I_{ir}} (d - x_{ir})$
Ověření šířky trhlin od zatížení	$w_k = \left(s_3 + \frac{0,34 \cdot k_2 \cdot \phi \cdot A_{c,eff}}{A_{s1}} \right) \cdot \frac{I}{E_s} \cdot \left(\sigma_s - 0,4 \cdot \frac{f_{ct,eff} \cdot A_{c,eff}}{A_{s1}} - 0,4 \cdot \alpha_e \cdot f_{ct,eff} \right)$ <p>S podmínkou $\left(\sigma_s - 0,4 \cdot \frac{f_{ct,eff} \cdot A_{c,eff}}{A_{s1}} - 0,4 \cdot \alpha_e \cdot f_{ct,eff} \right) \geq 0,6 \cdot \sigma_s$</p>

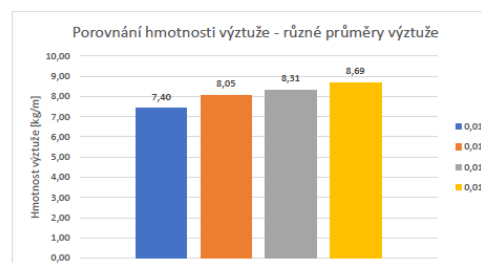
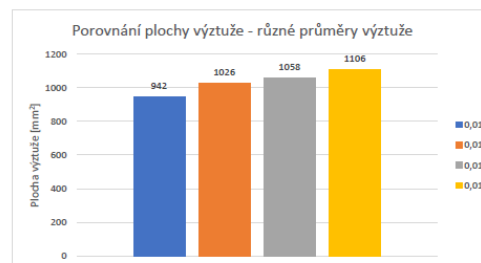
Tab. 11 Výpočet raných trhlin dle [9]

Tab. 2: Porovnání potřebné plochy výztuže pro šířku trhliny 0,2 m – různé pevnostní třídy a průměr výztuže 14 mm

Rané trhliny - základová deska		7	2	10
Výška	h [m]	0,3	0,3	0,3
Šířka	b [m]	1	1	1
	h_cr [m]	0,15	0,15	0,15
Krytí	c [m]	0,04	0,04	0,04
Průměr výztuže	Ø [mm]	0,014	0,014	0,014
Beton		C20/25	C25/30	C30/37
	f _{ctm} [Mpa]	2,2	2,6	2,9
	f _{o,eff} [Mpa]	1,1	1,3	1,45
	E _{cm} [Gpa]	29	30,5	32
Alfa e	α _e [-]	6,897	6,557	6,250
k	k [-]	1	1	1
k_c	k_c [-]	1	1	1
Součinitel:	k ₁ [-]	0,8	0,8	0,8
	k ₂ [-]	0,5	0,5	0,5
	k ₃ [-]	2,485	2,485	2,485
	k ₄ [-]	0,425	0,425	0,425
	k _t [-]	0,4	0,4	0,4
A _{ct}	A _{ct} [m ²]	0,15	0,15	0,15
Účinná výška	d [m]	0,253	0,253	0,253
Vzdálenosti výztuže	[m]	0,150	0,140	0,130
Plocha výztuže	A _s [m ²]	0,001026	0,001100	0,001184
	A _s [mm ²]	1026	1100	1184
Hmotnost 1m prutu	m [kg/m]	8,05	8,63	9,29
Poloha NO x(stav I)		0	0	0
h _{c,ef}	h _{c,ef} [m]	0,1	0,1	0,1
A _{c,eff}	A _{c,eff} [m]	0,1	0,1	0,1
Stupeň vyztžení	ρ	0,010262527	0,010995565	0,011841378
Napětí ve výztuži	σ _s [Mpa]	160,8	177,3	183,7
Vzdálenost	s _{r,max} [m]	0,331328319	0,31586754	0,300406761
Rozdíl přetvoření		0,000574351	0,000633213	0,000655361
Omezení		0,000574351	0,000633213	0,000655361
Šířka trhlin	W _k [m]	0,000190	0,000200	0,000197
Šířka trhlin	W _k [mm]	0,19	0,20	0,20

Tab. 3: Porovnání potřebné plochy výztuže pro šířku trhliny 0,2 m – různé průměry výztuže a pevnostní třída C20/25

Rané trhliny - základová deska		6	7	8	9
Výška	h [m]	0,3	0,3	0,3	0,3
Šířka	b [m]	1	1	1	1
	h_cr [m]	0,15	0,15	0,15	0,15
Krytí	c [m]	0,04	0,04	0,04	0,04
Průměr výztuže	Ø [mm]	0,012	0,014	0,016	0,018
Beton		C20/25	C20/25	C20/25	C20/25
	f _{ctm} [Mpa]	2,2	2,2	2,2	2,2
	f _{o,eff} [Mpa]	1,1	1,1	1,1	1,1
	E _{cm} [Gpa]	29	29	29	29
Alfa e	α _e [-]	6,897	6,897	6,897	6,897
k	k [-]	1	1	1	1
k_c	k_c [-]	1	1	1	1
Součinitel:	k ₁ [-]	0,8	0,8	0,8	0,8
	k ₂ [-]	0,5	0,5	0,5	0,5
	k ₃ [-]	2,485	2,485	2,485	2,485
	k ₄ [-]	0,425	0,425	0,425	0,425
	k _t [-]	0,4	0,4	0,4	0,4
A _{ct}	A _{ct} [m ²]	0,15	0,15	0,15	0,15
Účinná výška	d [m]	0,254	0,253	0,252	0,251
Vzdálenosti výztuže	[m]	0,120	0,150	0,190	0,230
A _s	A _s [m ²]	0,000942	0,001026	0,001058	0,001106
	A _s [mm ²]	942	1026	1058	1106
Hmotnost 1m prutu	m [kg/m]	7,40	8,05	8,31	8,69
Poloha NO x(stav I)		0	0	0	0
h _{c,ef}	h _{c,ef} [m]	0,1	0,1	0,1	0,1
A _{c,eff}	A _{c,eff} [m]	0,1	0,1	0,1	0,1
Stupeň vyztžení	ρ	0,00942477	0,010262527	0,010582198	0,01106386
Napětí ve výztuži	σ _s [Mpa]	175,1	160,8	155,9	149,1
Vzdálenost	s _{r,max} [m]	0,31586754	0,331328319	0,356452084	0,375992791
Rozdíl přetvoření		0,000626753	0,000574351	0,000556542	0,000531653
Omezení		0,000626753	0,000574351	0,000556542	0,000531653
Šířka trhlin	W _k [m]	0,000198	0,000190	0,000198	0,000200
Šířka trhlin	W _k [mm]	0,20	0,19	0,20	0,20



Závěr: Z tabulky 1 a zároveň z tabulky 2 je patrné, že při použití betonu vyšších pevnostních tříd rostou nároky na plochu výztuže. Dále z tabulky 1 a z tabulky 3 je vidět, že při použití menších profilů po kratších vzdálenostech plocha potřebné výztuže trochu klesá. Tedy obecně lze učinit závěr, že pro konstrukce tohoto typu - konstrukce, kde nerozhodují mezní stavy únosnosti, ale rozhodují mezní stavy použitelnosti, resp. mezní stav šířky trhliny - je výhodnější volit nižší pevnostní třídy betonu a výztužné profily menších průměrů.

4.3. Návrh a posouzení základové desky (bílá vana)

Jak bylo zmíněno v kapitole - 3.5.2. Založení objektu, veškeré svislé zatížení budou přebírat piloty bez spolupůsobení základové desky, proto bude základová deska navržena a posouzena pouze na vznik raných trhlin (smršťování, objemové změny, atd.).

Návrh bude proveden dle TP ČBS 04 - český překlad německé směrnice a beton je specifikován dle ČSN EN 206+A2 a ČSN P 73 2404 :

- Minimální tloušťka základové desky: 150 mm
- Maximální přípustná šířka trhlin: 0,2 mm
- Beton: C25/30 XC3, XA1 – Cl0,4 – Dmax 22 – S3

→ **Návrh tloušťky desky:** $t = 300 \text{ mm}$

Výpočet byl proveden pomocí programu Excel.

Tab. 4: Návrh a posouzení základové desky pro šířku raných trhlin 0,2 m

Rané trhliny - základová deska		1	2	3	4	5
Výška	h [m]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Šířka	b [m]	1	1	1	1	1
	h_cr [m]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Krytí	c [m]	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Průměr výztuže	Ø [m]	0,012	0,014	0,016	0,018	0,020
Beton		C25/30	C25/30	C25/30	C25/30	C25/30
	f _{ctm} [Mpa]	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
	f _{c,eff} [Mpa]	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	E _{cm} [Gpa]	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5
Alfa e	α _e [-]	6,557	6,557	6,557	6,557	6,557
k	k [-]	1	1	1	1	1
k_c	k_c [-]	1	1	1	1	1
Součinitel:	k ₁ [-]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	k ₂ [-]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	k ₃ [-]	2,485	2,485	2,485	2,485	2,485
	k ₄ [-]	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425
	k _t [-]	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
A_ct	A_ct [m ²]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Účinná výška	d [m]	0,254	0,253	0,252	0,251	0,25
Vzdálenosti výztuže	[m]	0,105	0,140	0,170	0,200	0,240
Plocha výztuže	A_s [m ²]	0,001077117	0,001099557	0,001182716	0,001272344	0,001308996
	A_s [mm ²]	1077	1100	1183	1272	1309
Hmotnost 1m prutu	m [kg/m]	0,888	1,208	1,578	1,998	2,466
Poloha NO x(stav I)		0	0	0	0	0
h_c,ef	h _{c,eff} [m]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
A_c,eff	A _{c,eff} [m]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Stupeň vyztžení	ρ	0,010771166	0,010995565	0,011827162	0,01272344	0,013089958
Napětí ve výztuži	σ _s [Mpa]	181,0	177,3	164,9	153,3	149,0
Vzdálenost	s _{r,max} [m]	0,288811177	0,31586754	0,329395721	0,33991764	0,359157721
Rozdíl přetvoření		0,00064676	0,000633213	0,000587491	0,000544906	0,000529171
Omezení		0,00064676	0,000633213	0,000587491	0,000544906	0,000529171
Šířka trhlin	W _k [m]	0,000187	0,000200	0,000194	0,000185	0,000190
Šířka trhlin	W _k [mm]	0,19	0,20	0,19	0,19	0,19

→ **Navrhují desku tloušťky 300 mm, průměr výztuže 12 mm á 100 mm (1131mm²). (Dobrá manipulace, levnější.)**

4.4. Návrh a posouzení suterénní stěny (bílá vana)

Návrh bude proveden dle TP ČBS 04 - český překlad německé směrnice a beton je specifikován dle ČSN EN 206+A2 a ČSN P 73 2404 :

- Minimální tloušťka stěny: 200 mm
- Maximální přípustná šířka trhlin: 0,2 mm
- Beton: C25/30 XC4, XD1, XF2 – C10,4 – Dmax 22 – S3
- Charakteristická objemová tíha zeminy: $\gamma_z = 19,5 \text{ kN/m}^3$
- Návrhový efektivní úhel vnitřního tření: $\varphi_d = 32^\circ$

→ **Návrh tloušťky stěny:** **t = 300 mm**

Pro MSÚ – trvalá návrhová kombinace GEO (1,35 pro stálé a 1,5 pro jedno proměnné):

- Zatížení vlastní tíhou suterénní stěny:

$$g_{0,d} = \gamma_G \cdot t \cdot b \cdot h \cdot 25 = 1,35 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot h \cdot 25 = 10,13 \cdot h \text{ kN/m'}$$

- Zatížení zemním tlakem:

- Užité zatížení na terénu: $q_{0,k} = 10,0 \text{ kN/m}^2$
- Součinitel zemního tlaku v klidu: $K_0 = 0,47$
- Návrhový zemní tlak v úrovni terénu:

$$\sigma_{1,d} = K_i \cdot \gamma_Q \cdot q_{0,k} = 0,47 \cdot 1,5 \cdot 10 = 7,05 \text{ kN/m}^2$$

- Návrhový zemní tlak v patě suterénní stěny:

$$\sigma_{2,d} = K_i \cdot (\gamma_Q \cdot q_{0,k} + \gamma_G \cdot \gamma_z \cdot h) = 0,47 \cdot (1,5 \cdot 10 + 1,35 \cdot 19,5 \cdot 4,55) = 63,35 \text{ kN/m}^2$$

- Zatěžovací délka stěny: $L_{\text{zat}} = 1 \text{ m}$

$$\sigma_1 = \sigma_{1,d} \cdot L_{\text{zat}} = 7,05 \cdot 1 = 7,05 \text{ kN/m}$$

$$\sigma_2 = \sigma_{2,d} \cdot L_{\text{zat}} = 63,35 \cdot 1 = 63,35 \text{ kN/m}$$

pro MSP – pro danou konstrukci je veškeré proměnné zatížení považováno za dlouhodobě působící (součinitel spolehlivosti pro stálé zatížení 1,0 a $\psi_2 = 1,0$)

Kvazistálé (= charakteristické) zatížení:

- Zatížení vlastní tíhou suterénní stěny:

$$g_{0,d} = \gamma_G \cdot t \cdot b \cdot h \cdot 25 = 1,0 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot h \cdot 25 = 7,5 \cdot h \text{ kN/m'}$$

- Zatížení zemním tlakem:

- Užité zatížení na terénu: $q_{0,k} = 10,0 \text{ kN/m}^2$
- Součinitel zemního tlaku v klidu: $K_0 = 0,47$
- Návrhový zemní tlak v úrovni terénu:

$$\sigma_{1,d} = K_i \cdot \gamma_Q \cdot q_{0,k} = 0,47 \cdot 1,0 \cdot 10 = 4,7 \text{ kN/m}^2$$

- Návrhový zemní tlak v patě suterénní stěny:

$$\sigma_{2,d} = K_i \cdot (\gamma_Q \cdot q_{0,k} + \gamma_G \cdot \gamma_z \cdot h) = 0,47 \cdot (1,0 \cdot 10 + 1,0 \cdot 19,5 \cdot 4,55) = 46,4 \text{ kN/m}^2$$

- Zatěžovací délka stěny: $L_{\text{zat}} = 1 \text{ m}$

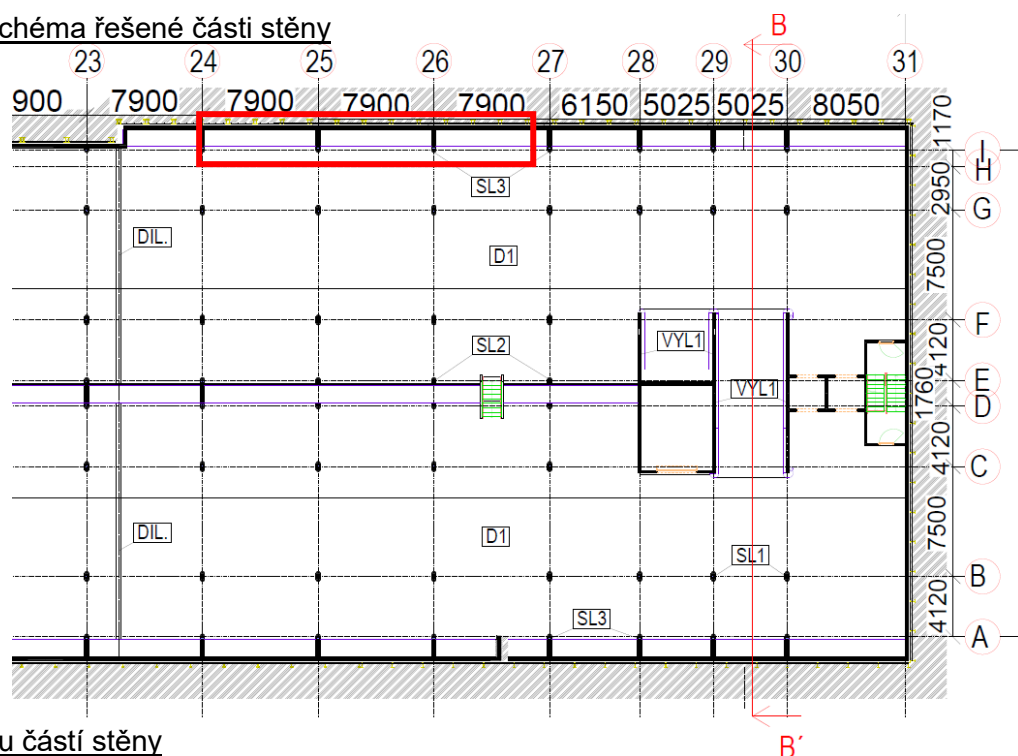
$$\sigma_1 = \sigma_{1,d} \cdot L_{\text{zat}} = 4,7 \cdot 1 = 4,7 \text{ kN/m}$$

$$\sigma_2 = \sigma_{2,d} \cdot L_{\text{zat}} = 46,4 \cdot 1 = 46,4 \text{ kN/m}$$

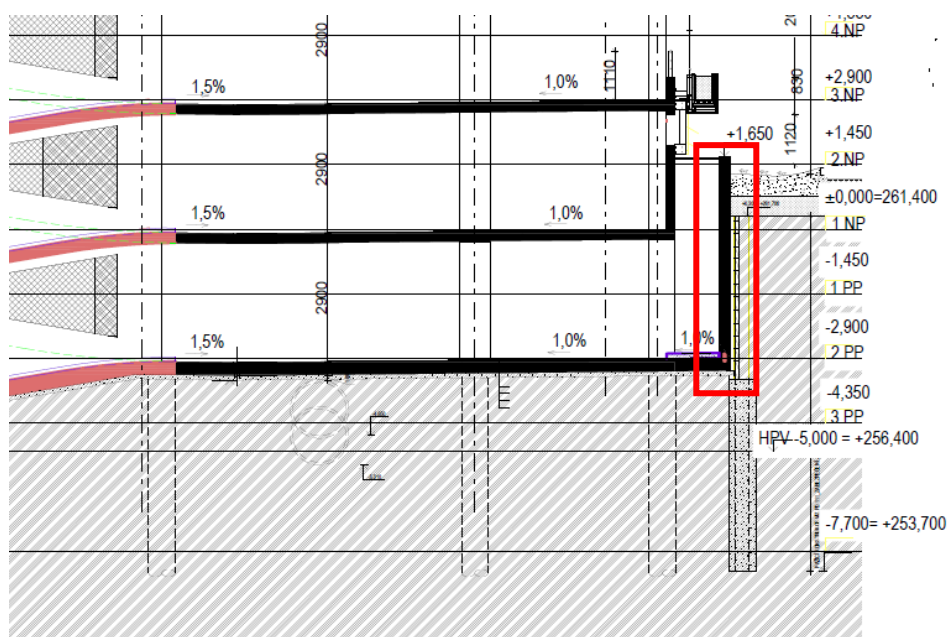
Suterénní stěny

- svislé přitížení bylo zanedbáno -> účinky zatížení byly uvažovány jako prostý ohyb od zemního tlaku.
- suterénní stěny budou navrženy a posouzeny na vznik trhlin od přímého zatížení a na vznik raných trhlin (smršťování, objemové změny, atd.).

Půdorysné schéma řešené části stěny

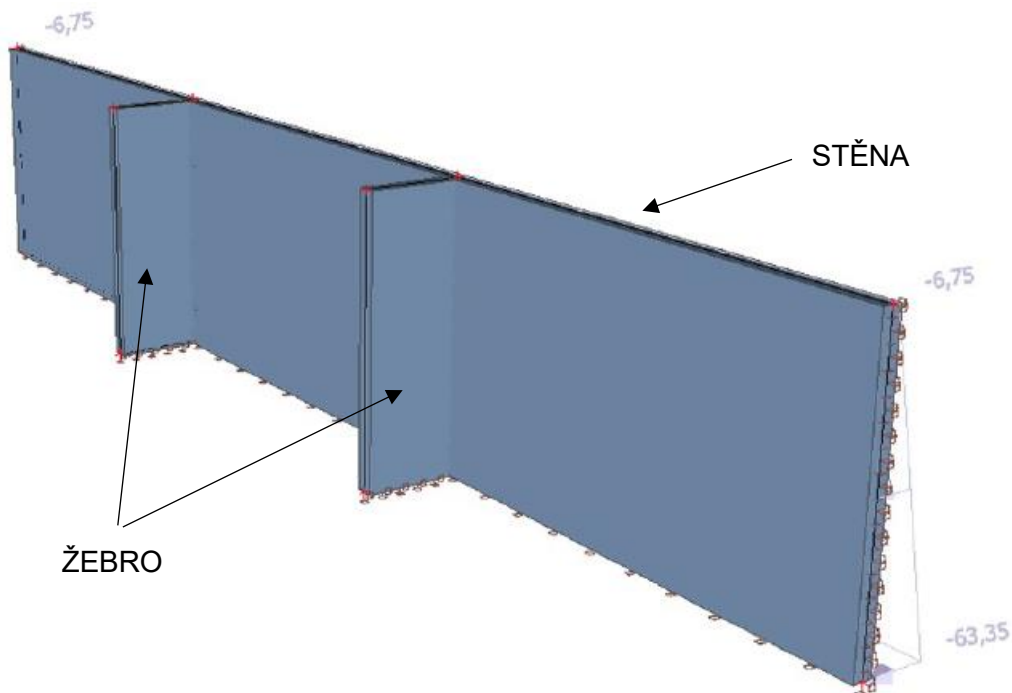


Řez řešenou částí stěny



Axonometrie řešené části stěny

V rámci BP byl řešen jen vybraný úsek konstrukce – viz. schémata. Navazující části byly pro model nahrazeny s ohledem na spojitost prvků vetknutím.



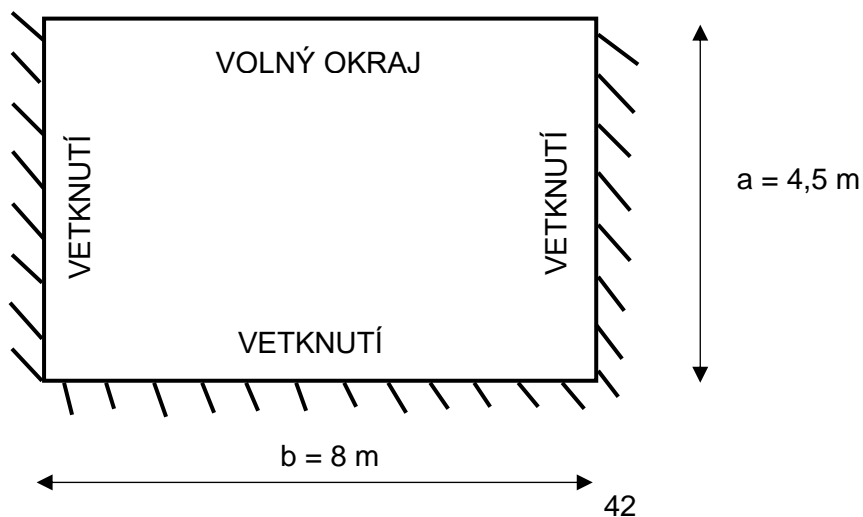
Účinky zatížení zemním tlakem byly pro srovnání stanoveny dvěma způsoby:

1. Ručně s využitím statických tabulek [5] pro střední deskové pole podepřené po třech stranách svého obvodu a lichoběžníkové zatížení zemním tlakem
okrajové podmínky - vetknutí do podélných stěn s ohledem na spojitost konstrukce, dole vetknutí do základové desky a nahoře volný okraj
2. Metodou konečných prvků s využitím softwaru SCIA Engineer

Nejprve jsou uvedeny výsledky ručního výpočtu, následně pak i výstupy ze softwaru.

A) Stěna

Okrajové podmínky výseku stěny:



4.4.1. Výpočet vnitřních sil pomocí tabulek

MSÚ – návrhová kombinace GEO

Tabuľka 1.90

$\mu = 0,15$

$\gamma = \frac{a}{b}$

$M_{x0a} = M_{x0b} = \mu M_{y0a}$

$M_{x0a} = M_{x0b} = \mu M_{y0a}$

$M_{y0a} = \mu M_{x0a}$

$M_{x1a} = -\mu M_{y0a}$

γ	w_x	w_{0a}	M_{xx}	M_{xys}	M_{yy}	M_{yaa}	M_{y0a}	M_{y0a}
0,3	0,1158	0,2461	-0,0089	-0,1369	0,0007	0,0024	-0,0048	-0,0083
0,4	0,0733	0,1374	0,0025	-0,1147	0,0021	0,0048	-0,0079	-0,0131
0,5	0,0469	0,0825	0,0080	-0,0916	0,0038	0,0068	-0,0117	-0,0158
0,6	0,0353	0,0516	0,0114	-0,0728	0,0059	0,0083	-0,0160	-0,0166
0,7	0,0264	0,0293	0,0122	-0,0565	0,0081	0,0092	-0,0202	-0,0164
0,8	0,0192	0,0169	0,0122	-0,0453	0,0104	0,0099	-0,0241	-0,0156
0,9	0,0132	0,0102	0,0110	-0,0390	0,0119	0,0099	-0,0272	-0,0138
1,0	0,0095	0,0062	0,0091	-0,0345	0,0129	0,0095	-0,0301	-0,0119
1,2	0,0058	0,0026	0,0060	-0,0260	0,0148	0,0082	-0,0347	-0,0100
1,5	0,0027	0,0008	0,0030	-0,0182	0,0169	0,0063	-0,0382	-0,0074
2,0	0,0009	0,0002	0,0012	-0,0112	0,0191	0,0041	-0,0412	-0,0046
N. f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2	qb^2	qb^2

Tab. 12 Výpočet momentů dle [5]

Tabulka 1.32

$$\mu = 0,15$$

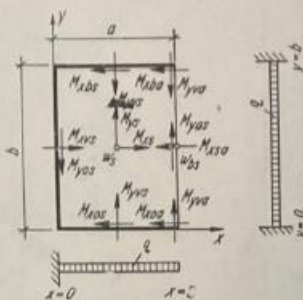
$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$M_{xsa} = -\mu M_{yas}$$

$$M_{xos} = M_{xbs} = \mu M_{yvs}$$

$$M_{xoa} = M_{xba} = \mu M_{yva}$$

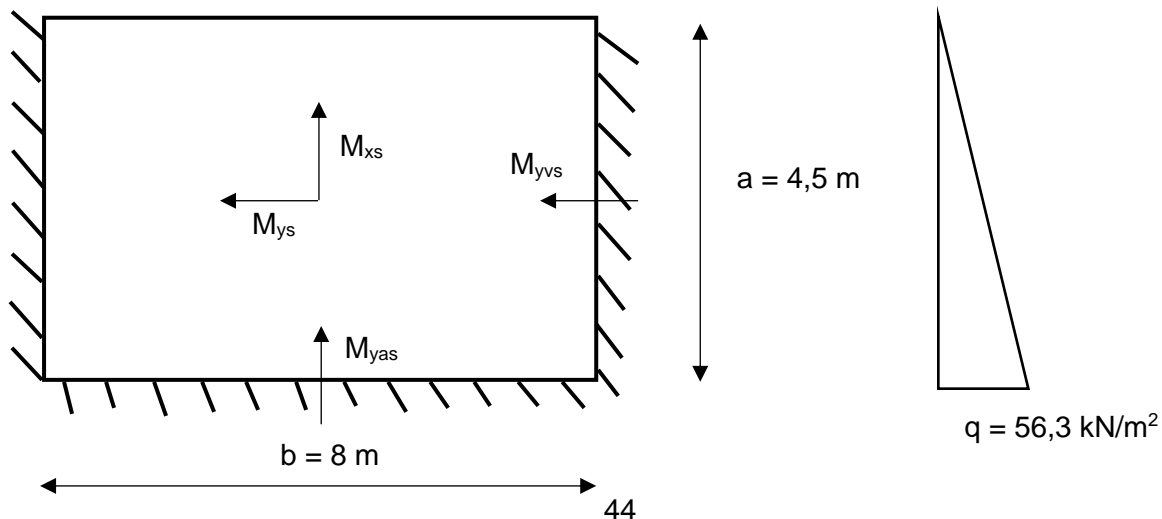
$$M_{yos} = \mu M_{xvs}$$



γ	w_s	w_{bs}	M_{xs}	M_{xvs}	M_{ys}	M_{yas}	M_{yvs}	M_{yva}
0,3	0,3764	0,9700	-0,0489	-0,3833	0,0019	0,0078	-0,0131	-0,0333
0,4	0,2565	0,5909	-0,0025	-0,2783	0,0068	0,0173	-0,0242	-0,0545
0,5	0,1613	0,3433	0,0132	-0,2004	0,0120	0,0268	-0,0335	-0,0709
0,6	0,1031	0,1981	0,0192	-0,1476	0,0177	0,0333	-0,0416	-0,0798
0,7	0,0674	0,1211	0,0190	-0,1106	0,0217	0,0384	-0,0493	-0,0837
0,8	0,0452	0,0753	0,0173	-0,0865	0,0247	0,0413	-0,0561	-0,0848
0,9	0,0315	0,0484	0,0154	-0,0691	0,0270	0,0426	-0,0616	-0,0850
1,0	0,0226	0,0324	0,0125	-0,0559	0,0288	0,0435	-0,0664	-0,0851
1,2	0,0124	0,0159	0,0086	-0,0387	0,0327	0,0443	-0,0734	-0,0848
1,5	0,0055	0,0066	0,0047	-0,0248	0,0370	0,0449	-0,0793	-0,0846
2,0	0,0018	0,0021	0,0021	-0,0139	0,0406	0,0450	-0,0830	-0,0845
N. f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2	qb^2	qb^2

Tab. 13 Výpočet momentů dle [5]

Momenty dle Tab.12:



$$\gamma = \frac{a}{b} = \frac{4,5}{8} = 0,563$$

Interpolace mezi hodnoty 0,5 a 0,6:

M_{xvs} :

$$0,5 = - 0,0916$$

$$\underline{0,6 = - 0,0728}$$

$$0,563 = - 0,0798$$

$$M_{xvs} = - 0,0798 \cdot q \cdot a^2 = - 0,0798 \cdot 56,3 \cdot 4,5^2 = - 90,98 \text{ kNm/m'}$$

M_{yvs} :

$$0,5 = - 0,0117$$

$$\underline{0,6 = - 0,0160}$$

$$0,563 = - 0,0144$$

$$M_{yvs} = - 0,0144 \cdot q \cdot b^2 = - 0,0144 \cdot 56,3 \cdot 8^2 = - 51,89 \text{ kNm/m'}$$

M_{ys} :

$$0,5 = 0,0038$$

$$\underline{0,6 = 0,0059}$$

$$0,563 = 0,0051$$

$$M_{ys} = 0,0051 \cdot q \cdot b^2 = 0,0051 \cdot 56,3 \cdot 8^2 = 18,38 \text{ kNm/m'}$$

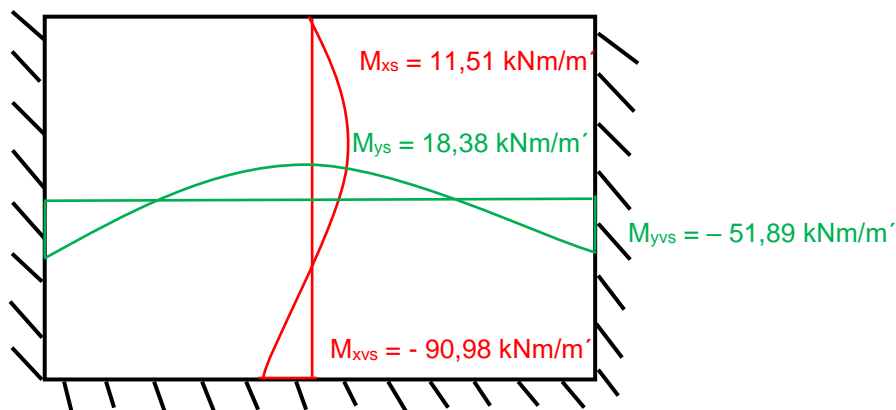
M_{xs} :

$$0,5 = 0,0080$$

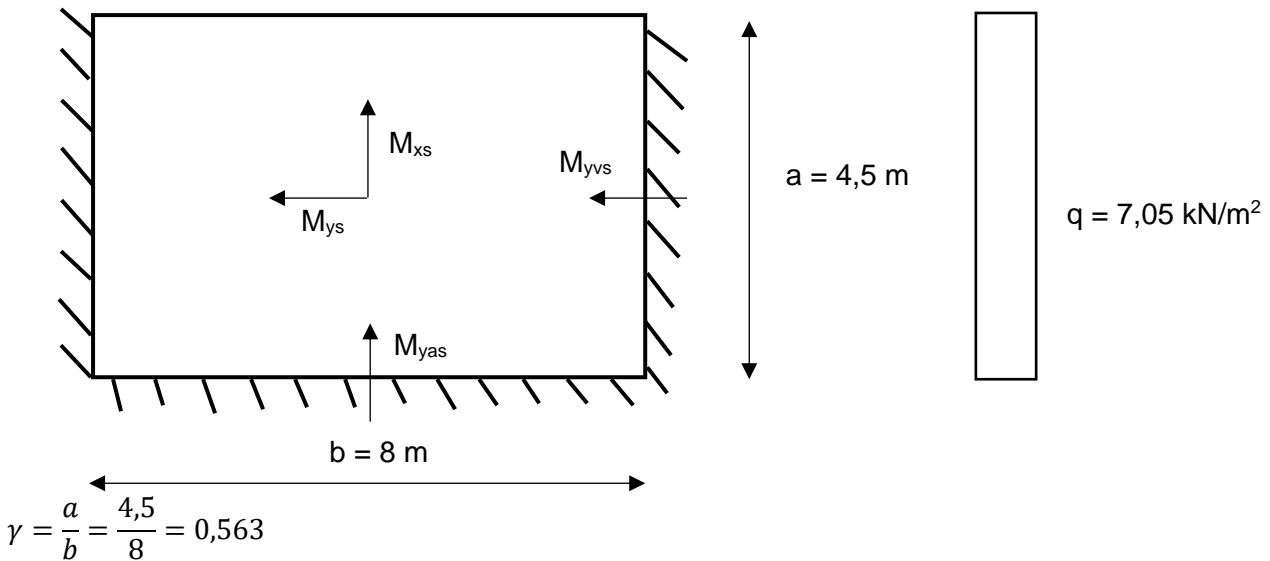
$$\underline{0,6 = 0,0114}$$

$$0,563 = 0,0101$$

$$M_{xs} = 0,0101 \cdot q \cdot a^2 = 0,0101 \cdot 56,3 \cdot 4,5^2 = 11,51 \text{ kNm/m'}$$



Momenty dle Tab.13:



Interpolace mezi hodnoty 0,5 a 0,6:

 M_{xvs} :

$$0,5 = - 0,2004$$

$$\underline{0,6 = - 0,1476}$$

$$0,563 = - 0,1671$$

$$M_{xvs} = - 0,1671 \cdot q \cdot a^2 = - 0,1671 \cdot 7,05 \cdot 4,5^2 = - 23,86 \text{ kNm/m'}$$

 M_{yvs} :

$$0,5 = - 0,0335$$

$$\underline{0,6 = - 0,0416}$$

$$0,563 = - 0,0386$$

$$M_{yvs} = - 0,0386 \cdot q \cdot b^2 = - 0,0386 \cdot 7,05 \cdot 8^2 = - 17,42 \text{ kNm/m'}$$

 M_{ys} :

$$0,5 = 0,0120$$

$$\underline{0,6 = 0,0177}$$

$$0,563 = 0,0156$$

$$M_{ys} = 0,0156 \cdot q \cdot b^2 = 0,0156 \cdot 7,05 \cdot 8^2 = 7,04 \text{ kNm/m'}$$

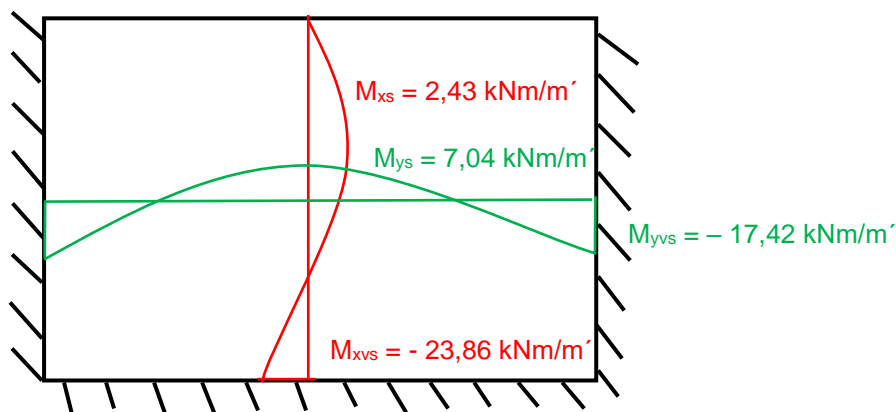
 $M_{x's}$:

$$0,5 = 0,0132$$

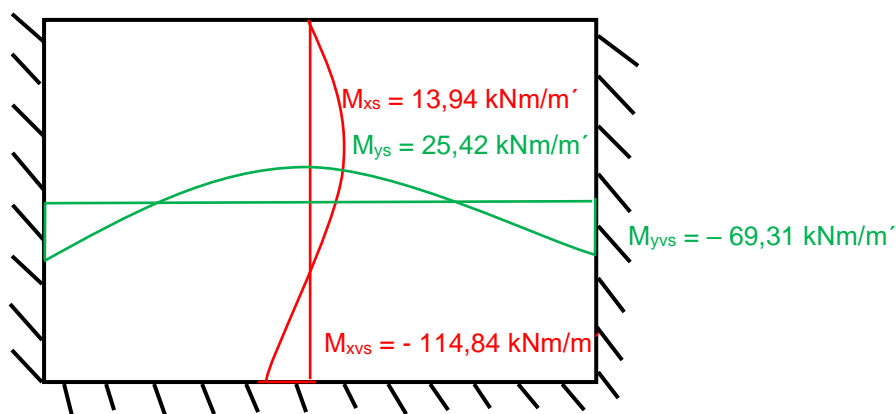
$$\underline{0,6 = 0,0192}$$

$$0,563 = 0,0170$$

$$M_{x's} = 0,0170 \cdot q \cdot a^2 = 0,0170 \cdot 7,05 \cdot 4,5^2 = 2,43 \text{ kNm/m'}$$

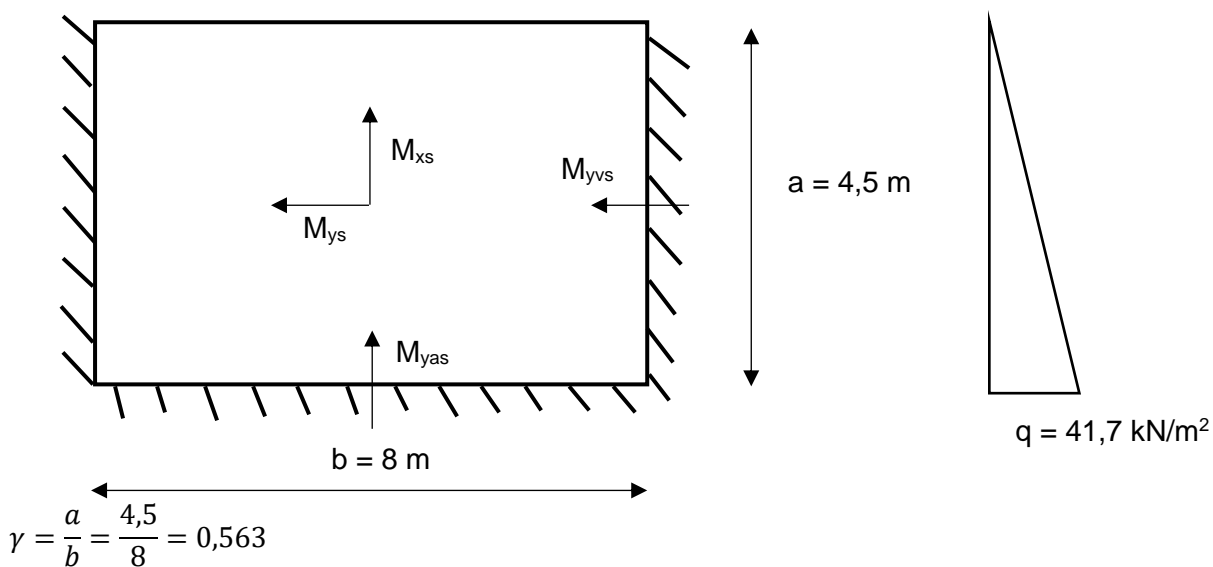


Celkové momenty:



Kvazistálé zatížení = Charakteristické zatížení

Momenty dle Tab.12:



Interpolace mezi hodnoty 0,5 a 0,6:

M_{xvs} :

$$0,5 = - 0,0916$$

$$\underline{0,6 = - 0,0728}$$

$$0,563 = - 0,0798$$

$$M_{xvs} = - 0,0798 \cdot q \cdot a^2 = - 0,0798 \cdot 41,7 \cdot 4,5^2 = - 67,39 \text{ kNm/m'}$$

 M_{yvs} :

$$0,5 = - 0,0117$$

$$\underline{0,6 = - 0,0160}$$

$$0,563 = - 0,0144$$

$$M_{yvs} = - 0,0144 \cdot q \cdot b^2 = - 0,0144 \cdot 41,7 \cdot 8^2 = - 38,43 \text{ kNm/m'}$$

 M_{ys} :

$$0,5 = 0,0038$$

$$\underline{0,6 = 0,0059}$$

$$0,563 = 0,0051$$

$$M_{ys} = 0,0051 \cdot q \cdot b^2 = 0,0051 \cdot 41,7 \cdot 8^2 = 13,61 \text{ kNm/m'}$$

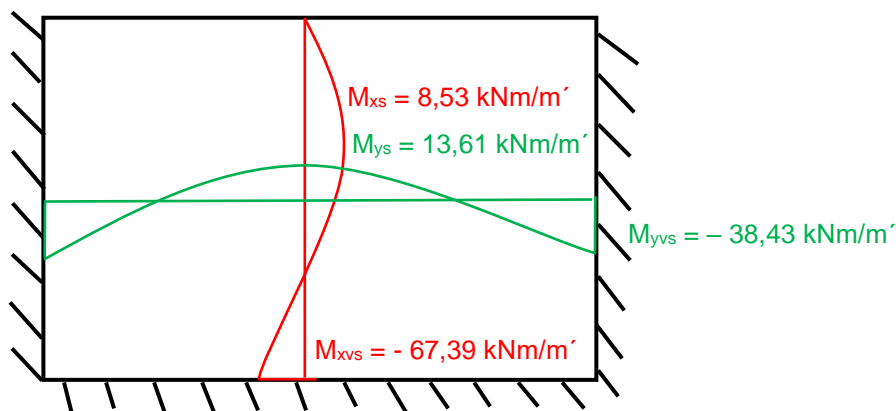
 M_{xs} :

$$0,5 = 0,0080$$

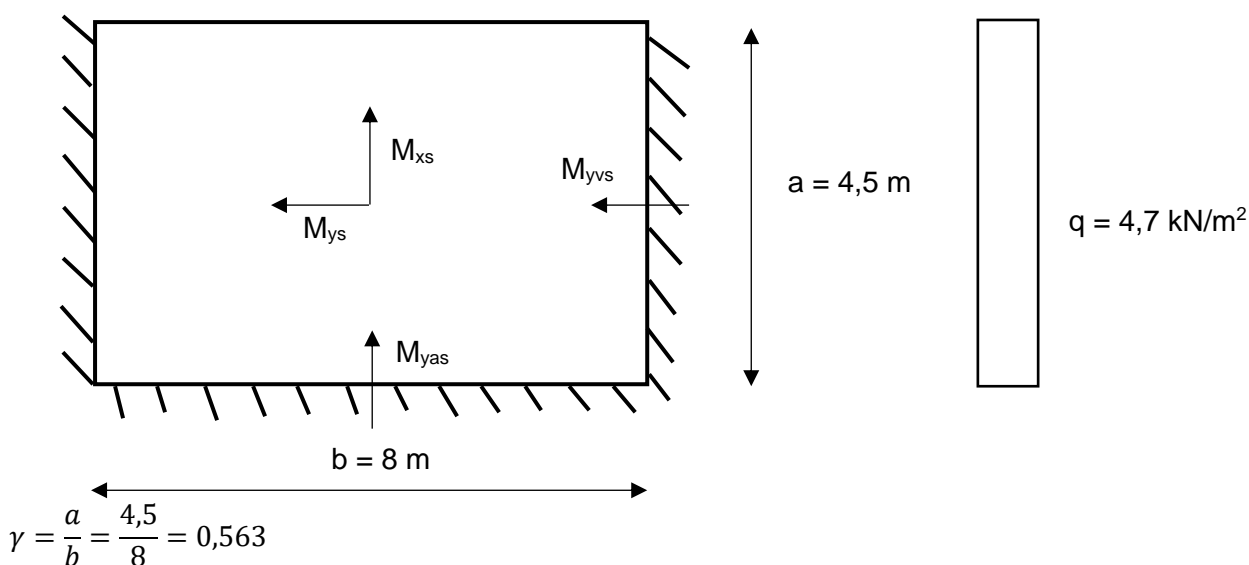
$$\underline{0,6 = 0,0114}$$

$$0,563 = 0,0101$$

$$M_{ys} = 0,0101 \cdot q \cdot a^2 = 0,0101 \cdot 41,7 \cdot 4,5^2 = 8,53 \text{ kNm/m'}$$



Momenty dle Tab.13:



Interpolace mezi hodnoty 0,5 a 0,6:

 M_{xvs} :

$$0,5 = - 0,2004$$

$$\underline{0,6 = - 0,1476}$$

$$0,563 = - 0,1671$$

$$M_{xvs} = - 0,1671 \cdot q \cdot a^2 = - 0,1671 \cdot 4,7 \cdot 4,5^2 = - 15,90 \text{ kNm/m'}$$

 M_{yvs} :

$$0,5 = - 0,0335$$

$$\underline{0,6 = - 0,0416}$$

$$0,563 = - 0,0386$$

$$M_{yvs} = - 0,0386 \cdot q \cdot b^2 = - 0,0386 \cdot 4,7 \cdot 8^2 = - 11,61 \text{ kNm/m'}$$

 M_{ys} :

$$0,5 = 0,0120$$

$$\underline{0,6 = 0,0177}$$

$$0,563 = 0,0156$$

$$M_{ys} = 0,0156 \cdot q \cdot b^2 = 0,0156 \cdot 4,7 \cdot 8^2 = 4,69 \text{ kNm/m'}$$

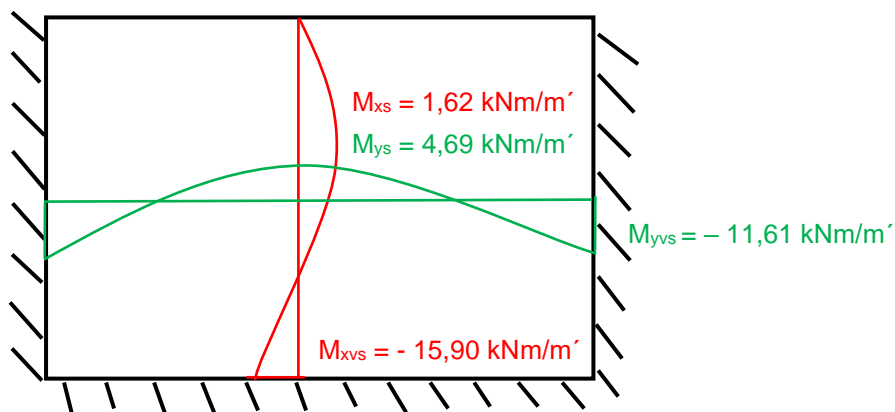
 $M_{x's}$:

$$0,5 = 0,0132$$

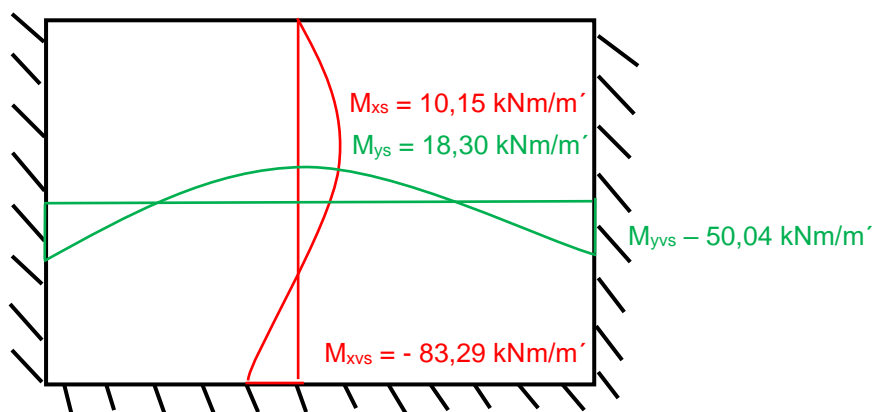
$$\underline{0,6 = 0,0192}$$

$$0,563 = 0,0170$$

$$M_{x's} = 0,0170 \cdot q \cdot a^2 = 0,0170 \cdot 4,7 \cdot 4,5^2 = 1,62 \text{ kNm/m'}$$



Celkové momenty:

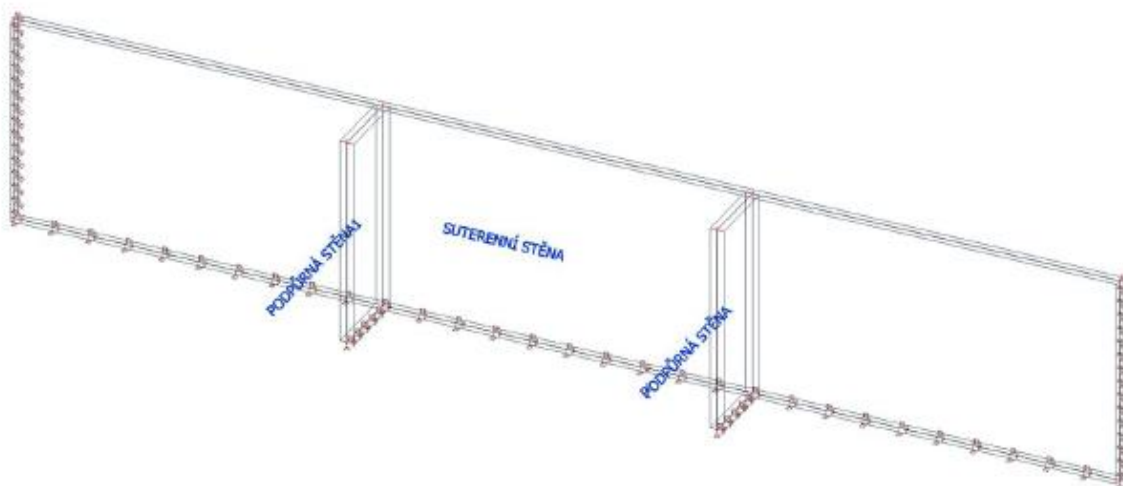


Návrhový moment pro MSÚ - tabulky		Návrhový moment pro MSP (kvazistálé) - tabulky	
Svislý směr (osa x)		Svislý směr (osa x)	
Podporový m.	$m_{Ed,xvs} = -114,84 \text{ kNm/m'}$	Podporový m.	$m_{kvaz,xvs} = -83,29 \text{ kNm/m'}$
Mezipodporový m.	$m_{Ed,xs} = 13,94 \text{ kNm/m'}$	Mezipodporový m.	$m_{kvaz,xs} = 10,15 \text{ kNm/m'}$
Vodorovný směr (osa y)		Vodorovný směr (osa y)	
Podporový m.	$m_{Ed,yvs} = -69,31 \text{ kNm/m'}$	Podporový m.	$m_{kvaz,yvs} = -50,04 \text{ kNm/m'}$
Mezipodporový m.	$m_{Ed,ys} = 25,42 \text{ kNm/m'}$	Mezipodporový m.	$m_{kvaz,ys} = 18,30 \text{ kNm/m'}$

4.4.2. Výpočet vnitřních sil pomocí programu SCIA Engineer

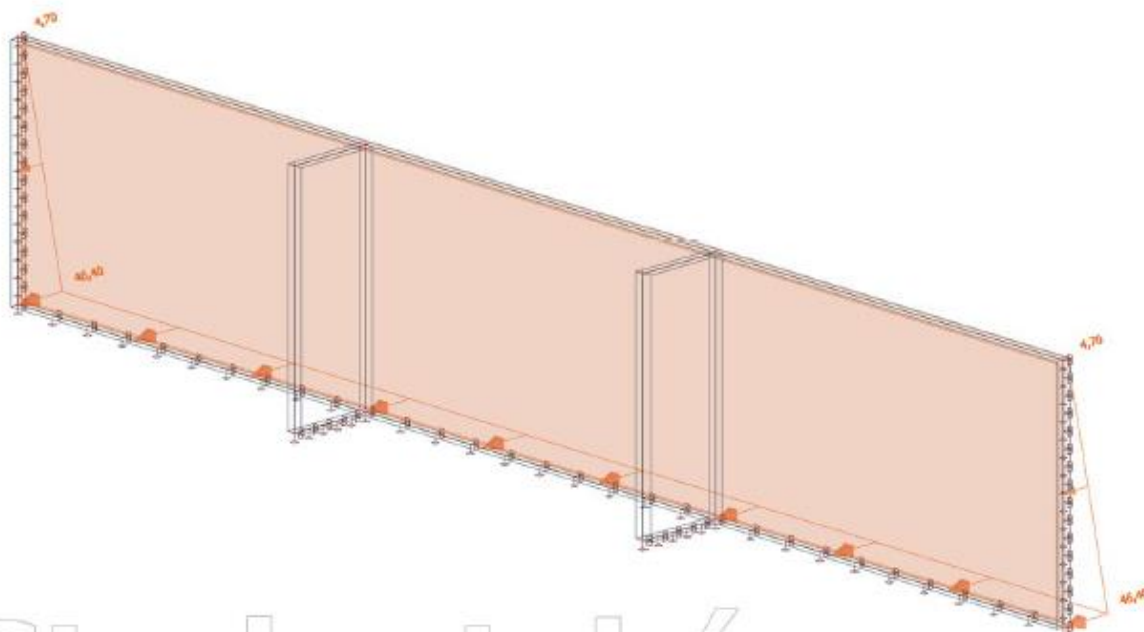
1. Výpočtový model

Studentská verze



Studentská verze

2. ZS2 / Hodnota pro výpočet



Studentská verze

3. Volné plošné zatížení

Jméno	Zatěžovací stav	Směr	Typ	Rozložení	q1 [kN/m ²]	q2 [kN/m ²]	Platnost	Výběr	Systém	Poloha
FF1	ZS2 - Zemina	Z	Síla	Směrem Y	4,70	46,40	Vše	Výběr	LSS zatížení	Délka

4. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis		Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídicí zat. stav
	Spec	Typ zatížení				
ZS1	Vlastní tíha	Stálé Vlastní tíha	SZ1	-Z		
ZS2	Zemina Standard	Proměnné Statické	SZ2		Dlouhodobé	Žádný

5. Kombinace

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
MSU-Sada B (auto)		EN-MSU (STR/GEO) Soubor B	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Zemina	1,000 1,000
MSP-Char (auto)		EN-MSP charakteristická	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Zemina	1,000 1,000
MSP-Kvazi (auto)		EN-MSP kvazistálá	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Zemina	1,000 1,000
MSU		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Zemina	1,350 1,500
MSP-Kvazi (auto)1		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Zemina	1,000 1,000

6. 2D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ

Extrém: Globální

Výběr: Vše

Poloha: V úzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě

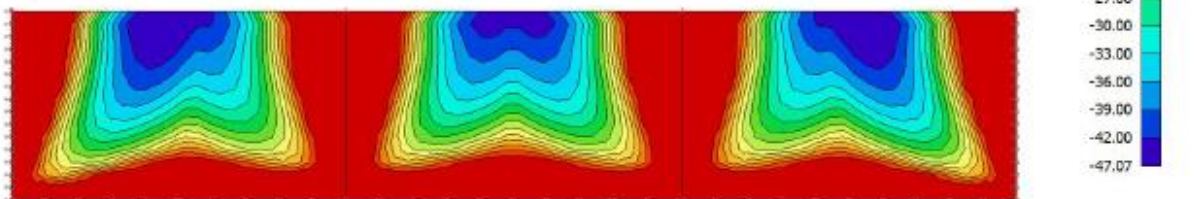
Základní návrhové veličiny

Jméno	Pozice [m]	Stav	m _{x0+}	m _{y0+}
			[kNm/m] m _{x0-}	[kNm/m] m _{y0-}
SUTERENNÍ STĚNA	3,556	MSÚ/1	-47,07	-9,27
	0,000		0,00	0,00
	4,200			
SUTERENNÍ STĚNA	0,000	MSÚ/1	0,00	0,00
	0,000		116,16	22,99
	4,500			
SUTERENNÍ STĚNA	2,667	MSÚ/1	-37,05	-32,79
	0,000		0,00	0,00
	2,400			
SUTERENNÍ STĚNA	11,852	MSÚ/1	0,00	0,00
	0,000		26,22	131,48
	0,000			

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ/1	1.35*ZS1 + 1.50*ZS2

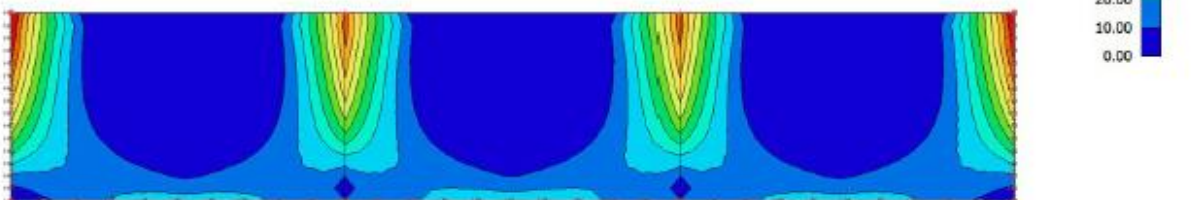
7. 2D vnitřní síly; m_{xD+}

Hodnoty: m_{xD+}
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ
 Extrém: Globální
 Výběr: SUTERENNÍ STĚNA
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



8. 2D vnitřní síly; m_{xD-}

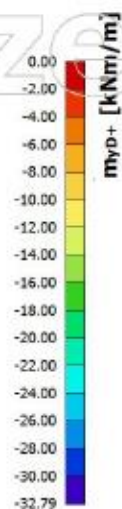
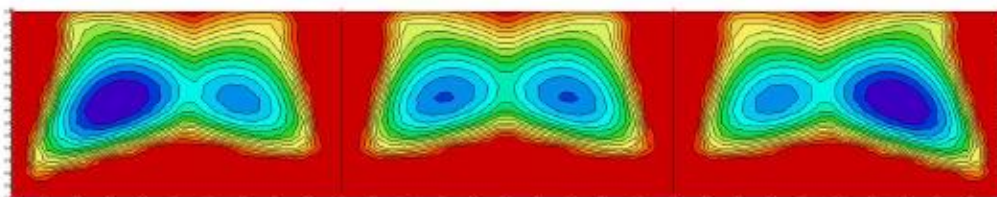
Hodnoty: m_{xD-}
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ
 Extrém: Globální
 Výběr: SUTERENNÍ STĚNA
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Studentská verze

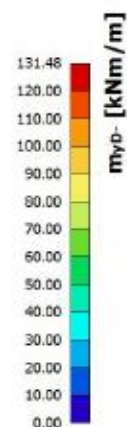
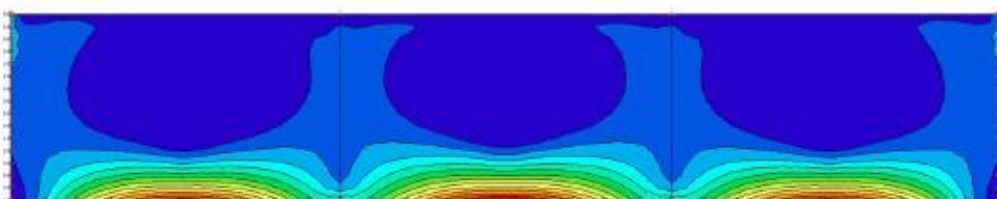
9. 2D vnitřní síly; m_{yD+}

Hodnoty: m_{yD+}
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ
 Extrém: Globální
 Výběr: SUTERENNÍ STĚNA
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



10. 2D vnitřní síly; m_{yD-}

Hodnoty: m_{yD-}
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ
 Extrém: Globální
 Výběr: SUTERENNÍ STĚNA
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Studentská verze

11. 2D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSP-Kvazi (auto)1

Extrém: Globální

Výběr: Vše

Polooha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě

Základní návrhové veličiny

Jméno	Pozice [m]	Stav	m_{xD+}	m_{yD+}
			[kNm/m]	[kNm/m]
			m_{xD-}	m_{yD-}
			[kNm/m]	[kNm/m]
SUTERENNÍ STĚNA	3,556	MSP-Kvazi (auto)1/1	-31,38	-6,18
	0,000		0,00	0,00
	4,200			
SUTERENNÍ STĚNA	0,000	MSP-Kvazi (auto)1/1	0,00	0,00
	0,000		77,44	15,33
	4,500			
SUTERENNÍ STĚNA	2,667	MSP-Kvazi (auto)1/1	-24,70	-21,86
	0,000		0,00	0,00
	2,400			
SUTERENNÍ STĚNA	11,852	MSP-Kvazi (auto)1/1	0,00	0,00
	0,000		17,48	87,65
	0,000			

Jméno	Klíč kombinace
MSP-Kvazi (auto)1/1	ZS1 + ZS2

12. 2D vnitřní síly; m_{xD+}

Hodnoty: m_{xD+}

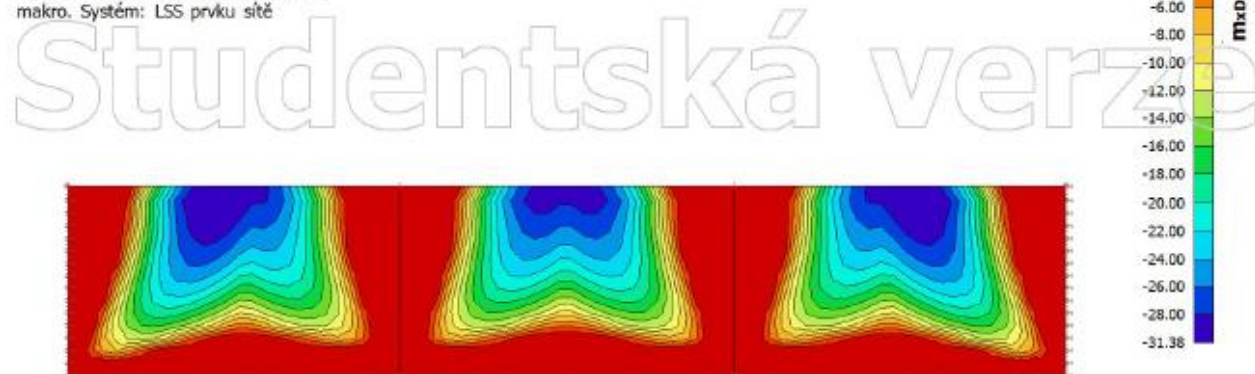
Lineární výpočet

Kombinace: MSP-Kvazi (auto)1

Extrém: Globální

Výběr: SUTERENNÍ STĚNA

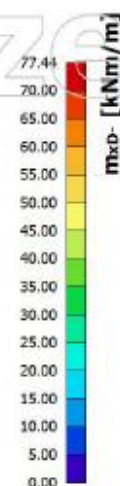
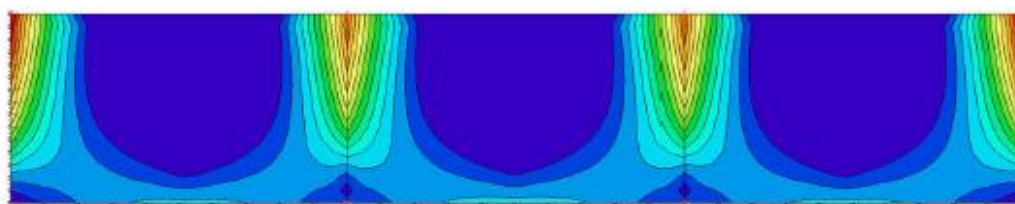
Polooha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Studentská verze

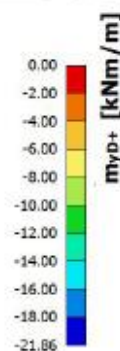
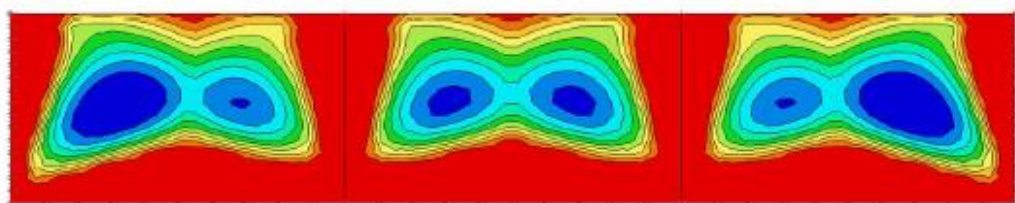
13. 2D vnitřní síly; m_{xD-}

Hodnoty: m_{xD-}
 Lineární výpočet
 Kombinace: M5P-Kvazi (auto)1
 Extrém: Globální
 Výběr: SUTERENNÍ STĚNA
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



14. 2D vnitřní síly; m_{yD+}

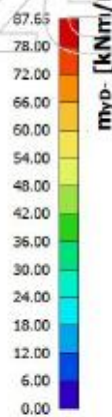
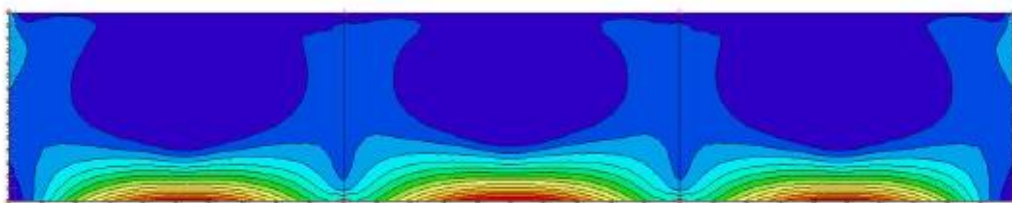
Hodnoty: m_{yD+}
 Lineární výpočet
 Kombinace: M5P-Kvazi (auto)1
 Extrém: Globální
 Výběr: SUTERENNÍ STĚNA
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Studentská verze

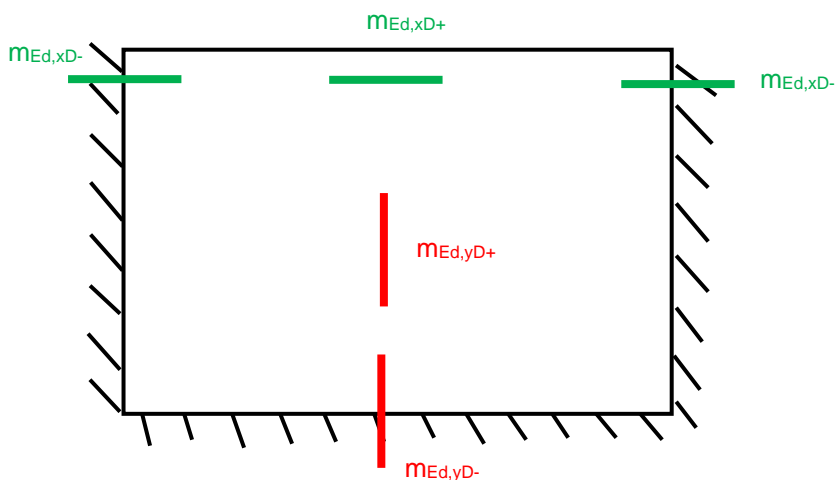
15. 2D vnitřní síly; m_{yD} -

Hodnoty: m_{yD}
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSP-Kvazí (auto)1
 Extrém: Globální
 Výběr: SUTERENNÍ STĚNA
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. System: LSS prvku sítě



Studentská verze

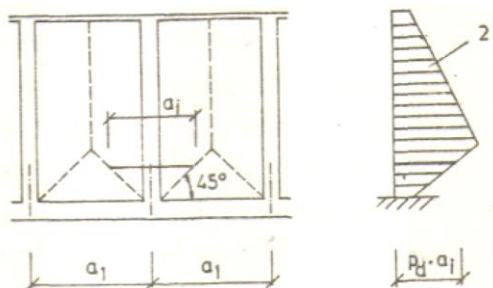
Návrhový moment pro MSÚ - SCIA		Návrhový moment pro MSP (kvazistálé) - SCIA	
Svislý směr (osa y)		Svislý směr (osa x)	
Podporový m.	$m_{Ed,yD-} = 131,48 \text{ kNm/m'}$	Podporový m.	$m_{kvaz,yD-} = 77,44 \text{ kNm/m'}$
Mezipodporový m.	$m_{Ed,yD+} = -32,79 \text{ kNm/m'}$	Mezipodporový m.	$m_{kvaz,yD+} = -31,38 \text{ kNm/m'}$
Vodorovný směr (osa x)		Vodorovný směr (osa y)	
Podporový m.	$m_{Ed,xD-} = 116,16 \text{ kNm/m'}$	Podporový m.	$m_{kvaz,xD-} = 87,65 \text{ kNm/m'}$
Mezipodporový m.	$m_{Ed,xD+} = -47,07 \text{ kNm/m'}$	Mezipodporový m.	$m_{kvaz,xD+} = -21,86 \text{ kNm/m'}$



B) Žebro

Podpůrné stěny (žebro) – ruční výpočet:

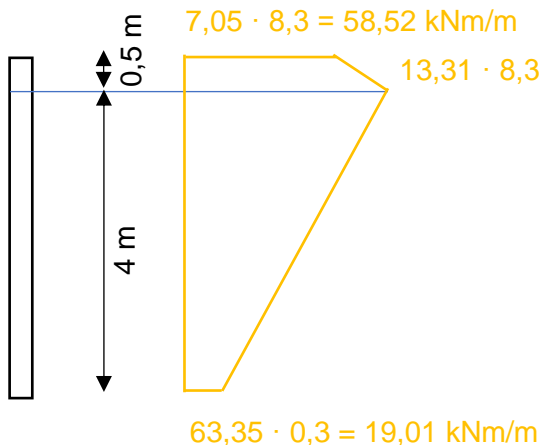
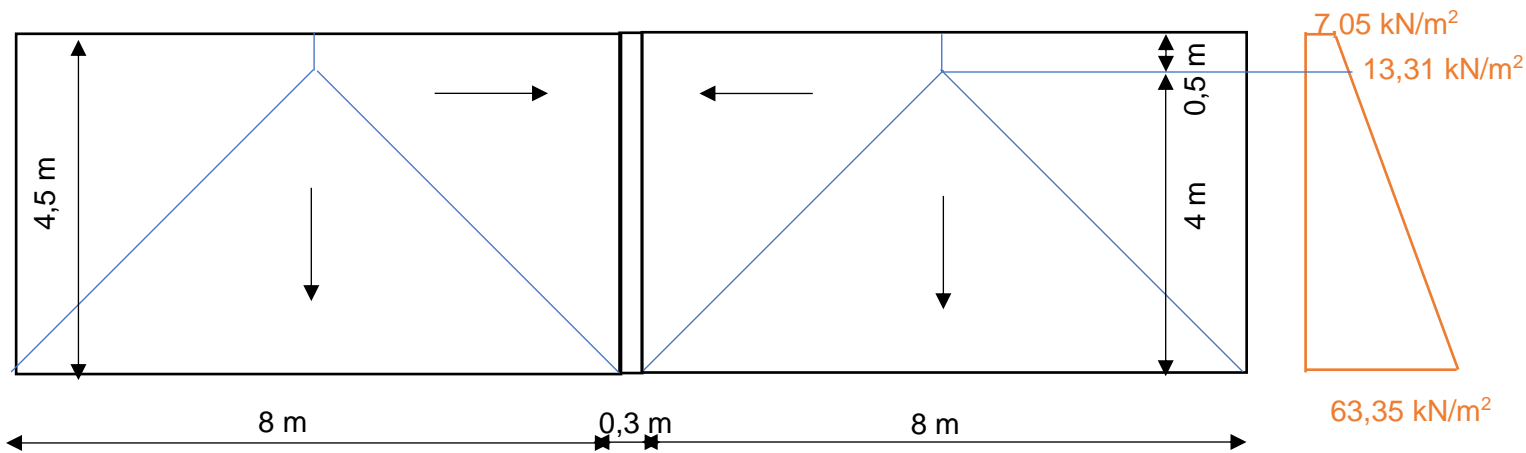
- žebro obecně – schéma roznosu zatížení



Zatížení od zeminy: $\sigma_1 = \sigma_{1,d} \cdot L_{zat} = 7,05 \cdot 1 = 7,05 \text{ kN/m}$

$\sigma_2 = \sigma_{2,d} \cdot L_{zat} = 63,35 \cdot 1 = 63,35 \text{ kN/m}$

Schéma pro řešenou konstrukci:



$$M_{Ed} = 19,01 \cdot 4,5 \cdot \frac{4,5}{2} + \frac{(110,47-19,01) \cdot 4}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 4 + (58,52 - 19,01) \cdot 0,5 \cdot 4,25 + \frac{(110,47-58,52) \cdot 0,5}{2} \cdot 4,17 = 818,38 \text{ kNm}$$

Návrhový moment pro MSÚ - Ruční výpočet:

$M_{Ed} = 818,38 \text{ kNm/m}$

$$V_{Ed} = 19,01 \cdot 4,5 + \frac{(110,47-19,01) \cdot 4}{2} + (58,52 - 19,01) \cdot 0,5 + \frac{(110,47-58,52) \cdot 0,5}{2} = 301,21 \text{ kN}$$

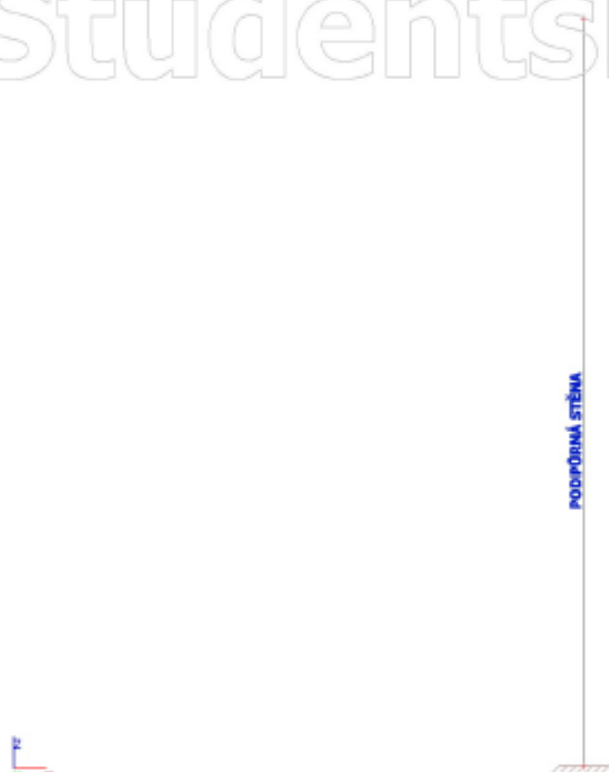
Návrhová posouvací síla pro MSÚ - Ruční výpočet:

$V_{Ed} = 301,21 \text{ kN/m}$

Podpůrné stěny (žebro) – výpočet pomocí SCIA Engineer:

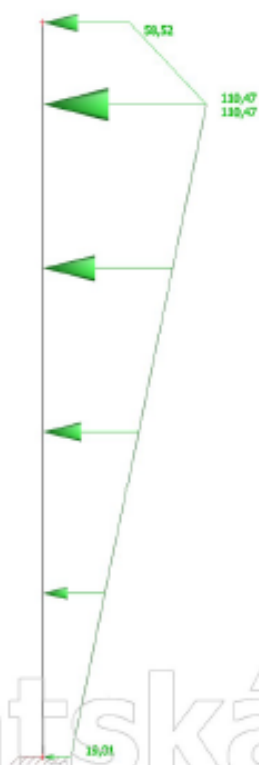
1. Výpočtový model

Studentská verze



2. ZS2 / Hodnota pro výpočet

Studentská verze



Studentská verze

3. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr
	Spec	Typ zatížení		
ZS1	Vlastní tíha	Stálé Vlastní tíha	SZ1	-Z
ZS2	Zatížení od suterenní stěny	Stálé Standard	SZ1	

4. 1D vnitřní síly

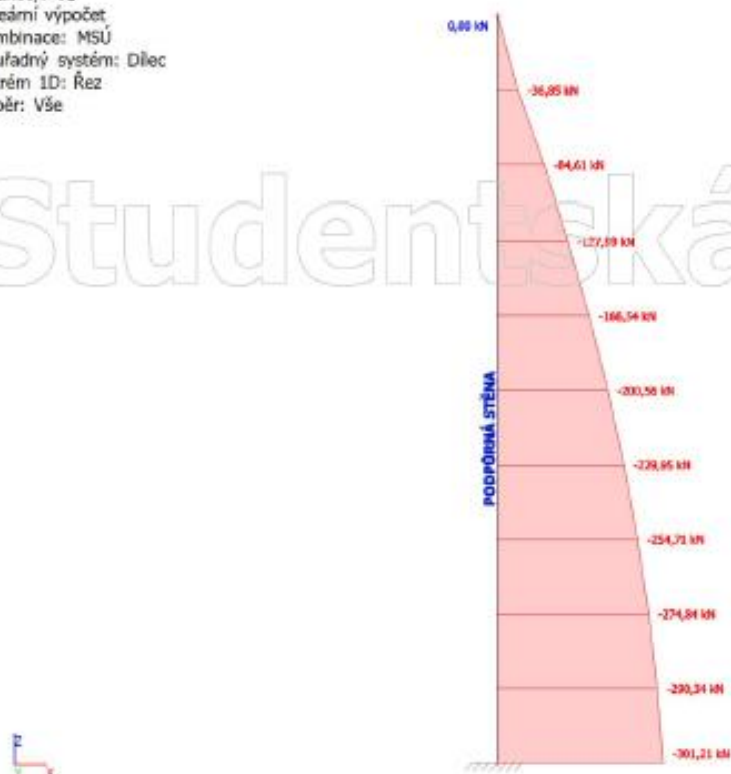
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]
PODPŮRNÁ STĚNA	0,000	MSÚ/1	-33,11	-301,21	818,34
PODPŮRNÁ STĚNA	4,500	MSÚ/1	0,00	0,00	0,00

Jméno	KLÍČ kombinace
MSÚ/1	ZS1 + ZS2

5. 1D vnitřní síly; V_z

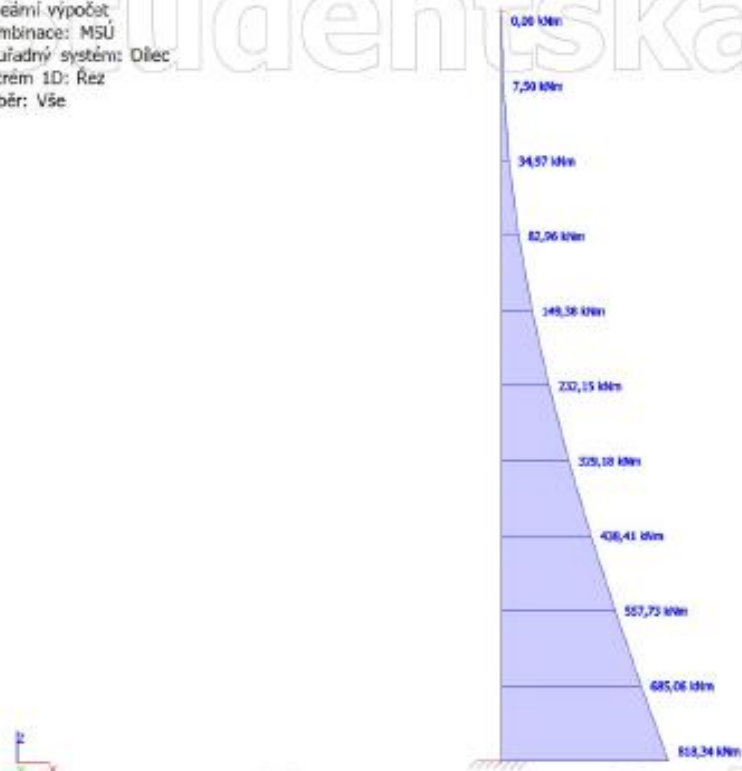
Hodnoty: V_z
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Řez
Výběr: Vše



Studentská verze

6. 1D vnitřní síly; M_y

Hodnoty: M_y
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Řez
 Výběr: Vše



Návrhový moment pro MSÚ - Patní průřez:

$$M_{Ed} = 818,34 \text{ kNm/m}$$

Návrhová posouvající síla pro MSÚ - Patní průřez:

$$V_{Ed} = 301,21 \text{ kN/m}$$

4.4.3. Posouzení suterénní stěny - trhliny

Výpočet byl proveden pomocí programu Excel, ohybový moment od kvazistálého zatížení byl převzat z tabulkových výpočtů.

Tab. 5: Návrh a posouzení suterénní stěny na trhliny od zatížení pro šířku trhliny 0,2 m

Trhliny od zatížení		1	2	3	4	5
Výška	h [m]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Šířka	b [m]	1	1	1	1	1
Krytí	c ₁ [m]	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	c ₂ [m]	0,052	0,054	0,056	0,058	0,060
Průměr výztuže	Ø [m]	0,012	0,014	0,016	0,018	0,020
Beton		C25/30	C25/30	C25/30	C25/30	C25/30
	f _{ck} [Mpa]	25	25	25	25	25
	f _{ctm} [Mpa]	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
	f _{c,eff} [Mpa]	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	E _{cm} [Gpa]	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5
	E _s [Gpa]	200	200	200	200	200
Tažená výztuž		0,070	0,080	0,100	0,120	0,145
Tlačená výztuž		0,070	0,080	0,100	0,120	0,145
Plocha tažené výztuže	A _{s1} [mm ²]	1616	1924	2011	2121	2167
Plocha tlačené výztuže	A _{s2} [mm ²]	1616	1924	2011	2121	2167
Plocha betonu	A _c [m ²]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Účinná výška	d ₁ [m]	0,254	0,253	0,252	0,251	0,250
	d ₂ [m]	0,058	0,061	0,064	0,067	0,070
Alfa e	α _e	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
Ohybový moment:						
Kvazistálá	M _{kvaz} [kNm]	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3
PRŮŘEZ S TRHLINOU						
Výška tlačené oblasti	X _{ir} [m]	0,059	0,063	0,065	0,066	0,067
Moment setrvačnosti trhlinou oslabeného místa	I _{ir} [m ⁴]	4,10E-04	4,69E-04	4,82E-04	4,99E-04	5,04E-04
Napětí v betonu	σ _c [MPa]	-11,993	-11,232	-11,158	-11,038	-11,072
Napětí ve výztuži	σ _s [Mpa]	259,805	220,704	212,217	202,243	198,529
Součinitele:	k ₁ [-]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	k ₂ [-]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	k ₃ [-]	2,485	2,485	2,485	2,485	2,485
	k ₄ [-]	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425
Výška betonu	h _{c,eff} [m]	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	ρ _{p,eff}	0,020	0,024	0,026	0,027	0,028
Šířka trhlin	W _k [m]	0,000232	0,000193	0,000194	0,000190	0,000195
Šířka trhlin	W _k [mm]	0,23	0,19	0,19	0,19	0,20

Tab. 6: Návrh a posouzení suterénní stěny od raných trhlin pro šířku trhliny 0,2 m

Rané trhliny		1	2	3	4	5
Výška	h [m]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Šířka	b [m]	1	1	1	1	1
	h_{cr} [m]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Krytí	c [m]	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Průměr výztuže	\varnothing [m]	0,012	0,014	0,016	0,018	0,020
Beton		C25/30	C25/30	C25/30	C25/30	C25/30
	f_{ctm} [Mpa]	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
	$f_{c,eff}$ [Mpa]	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	E_{cm} [Gpa]	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5
Alfa e	α_e [-]	6,557	6,557	6,557	6,557	6,557
k	k [-]	1	1	1	1	1
k_c	k_c [-]	1	1	1	1	1
Součinitel:	k_1 [-]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	k_2 [-]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	k_3 [-]	2,485	2,485	2,485	2,485	2,485
	k_4 [-]	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425
	k_t [-]	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
A_{ct}	A_{ct} [m ²]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Účinná výška	d [m]	0,254	0,253	0,252	0,251	0,25
Vzdálenosti výztuže	[m]	0,070	0,080	0,100	0,120	0,145
A_s	A_s [m ²]	0,001615675	0,001924224	0,002010618	0,002120573	0,002166614
Poloha NO x(stav I)		0	0	0	0	0
$h_{c,ef}$	$h_{c,eff}$ [m]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$A_{c,eff}$	$A_{c,eff}$ [m]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Stupeň vyztžení	ρ	0,016156749	0,019242239	0,020106176	0,021205733	0,021666138
Napětí ve výztuži	σ_s [Mpa]	120,7	101,3	97,0	92,0	90,0
Vzdálenost	$s_{r,max}$ [m]	0,225679662	0,223102866	0,23469845	0,243717238	0,256343541
Rozdíl přetvoření		0,00042549	0,000354529	0,000338563	0,000320124	0,000312959
Omezení		0,00042549	0,000354529	0,000338563	0,000320124	0,000312959
Šířka trhlin	W_k [m]	0,000096	0,000079	0,000079	0,000078	0,000080
Šířka trhlin	W_k [mm]	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08

- Návrh průměru a vzdálenosti výztuže rozhoduje zatížení od zeminy. Výztuž navržená na účinky přímého zatížení vyhoví s velkou rezervou i na kritérium pro rané trhliny. Minimální výztuž od raných trhlin je průměr výztuže 12 mm á 100 mm (1131mm²).
- Navrhuji suterénní stěnu tloušťky 300 mm, průměr výztuže 16 mm á 100 mm (2011 mm²).

4.4.4. Posouzení navržené výztuže suterenní stěny

a) Výztuž – rané trhliny

→ Návrh: Ø12 mm á 100 mm (1131mm²) -> viz. Tab. 4

Konstrukční zásady

C25/30 ($f_{ctm}=2,6$ MPa; $f_{ck} = 25$ MPa; $f_{cd} = 16,67$ MPa)

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min} = \max\left(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot \frac{d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b \cdot d\right)$$

$$A_{s,min} = \max\left(0,26 \cdot 2,6 \cdot 1000 \cdot \frac{253}{500}; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 253\right) = (342,1; 328,9) = \underline{342,1 \text{ mm}^2}$$

$$\underline{A_{s,prov} = 1131 \text{ mm}^2 \geq A_{s,min} = 342,1 \text{ mm}^2}$$

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1000 \cdot 300 = \underline{12000 \text{ mm}^2}$$

$$\underline{A_{s,prov} = 1131 \text{ mm}^2 \leq A_{s,max} = 12000 \text{ mm}^2}$$

Posouzení:

$$d = h - c - \varnothing_1 - \frac{\varnothing_2}{2} = 300 - 40 - 12 - \frac{12}{2} = 242 \text{ mm}$$

$$x = A_{s,prov} \cdot \frac{f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = 1131 \cdot \frac{435}{0,8 \cdot 1000 \cdot 16,67} = 36,9 \text{ mm}$$

$$z = d - 0,4 \cdot x = 242 - 0,4 \cdot 36,9 = 227,23 \text{ mm}$$

$$M_{RD} = A_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 1131 \cdot 435 \cdot 227,3 = 111,83 \text{ kNm}$$

M_{RD} = 111,83 kNm

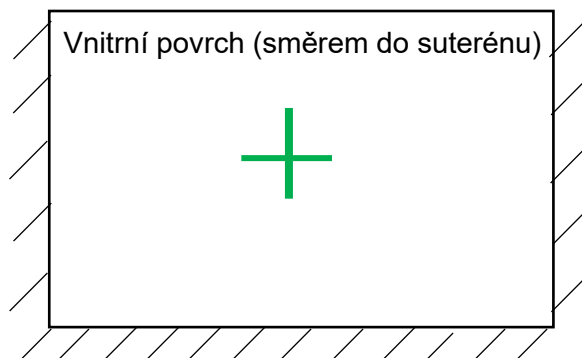
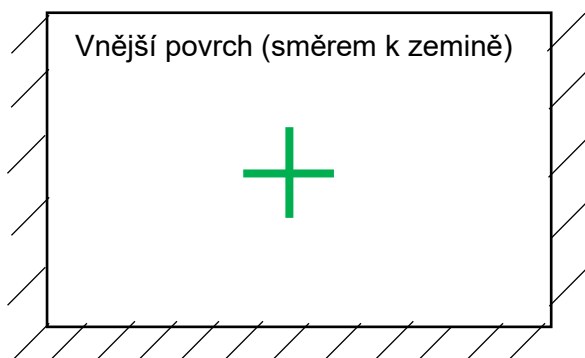
- Tato výztuž bude použita všude tam, kde postačuje i s ohledem na MSÚ, v ostatních průřezích bude podle namáhání výztuž zesílena.

Ověření poměrné výšky tlačené oblasti

$$\xi = x/d = 36,9/242 = 0,15 \leq 0,45$$

- **Vyhovuje**

Oblasti, kde vyhoví minimální výztuž



b) Výztuž – trhliny od zatížení**→ Návrh: Ø16 á 100 mm (2011 mm²) -> viz. Tab. 5**Konstrukční zásadyC25/30 ($f_{ctm}=2,6$ MPa; $f_{ck} = 25$ MPa; $f_{cd} = 16,67$ MPa)

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min} = \max\left(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot \frac{d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b \cdot d\right)$$

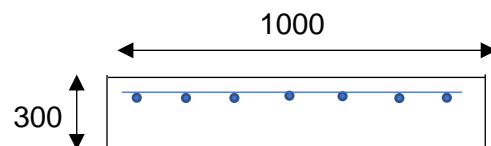
$$A_{s,min} = \max\left(0,26 \cdot 2,6 \cdot 1000 \cdot \frac{253}{500}; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 253\right) = (342,1; 328,9) = \underline{342,1 \text{ mm}^2}$$

$$\underline{A_{s,prov} = 2011 \text{ mm}^2 \geq A_{s,min} = 342,1 \text{ mm}^2}$$

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1000 \cdot 300 = \underline{12000 \text{ mm}^2}$$

$$\underline{A_{s,prov} = 2011 \text{ mm}^2 \leq A_{s,max} = 12000 \text{ mm}^2}$$

Posouzení:

bude provedeno na hodnoty ohybových momentů spočtených na str. 50

- $m_{časté} = 131,48$ kNm
- $m_{kvaz} = 131,48$ kNm

$$d = h - c - \frac{\varnothing_2}{2} = 300 - 40 - 12 - \frac{16}{2} = 240 \text{ mm}$$

$$x = A_{s,prov} \cdot \frac{f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = 2011 \cdot \frac{435}{0,8 \cdot 1000 \cdot 16,67} = 65,6 \text{ mm}$$

$$z = d - 0,4 \cdot x = 240 - 0,4 \cdot 65,6 = 213,76 \text{ mm}$$

$$M_{RD} = A_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 2011 \cdot 435 \cdot 213,76 = 186,99 \text{ kNm}$$

$$\underline{m_{RD} = 186,99 \text{ kNm} > m_{kvaz} = 114,84 \text{ kNm (využití 61%)}}$$

$$\underline{> m_{časté} = 131,48 \text{ kNm (využití 71%)}}$$

➤ **Výztuž Ø16 á 100 mm vyhoví na šířku trhlin 0,2 mm a také na MSÚ.**

Ověření poměrné výšky tlačené oblasti

$$\xi = x/d = 65,6/240 = 0,27 \leq 0,45$$

➤ **Vyhovuje**



b) Výztuž – návrh a posouzení smykové výztužeÚnosnost tlačené diagonály:

$$V_{Rd,max} = v \cdot f_{cd} \cdot b \cdot z \cdot \frac{\cotg \theta}{1 + \cotg^2 \theta} = 0,54 \cdot 16,67 \cdot 300 \cdot 830,7 \cdot \frac{1,5}{1 + 1,5^2} = 1035,39 \text{ kN}$$

- $v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{25}{250}\right) = 0,54$
- $\cotg \theta = 1,5$

Návrh: $V_{Ed} = 301,21 \text{ kN}$, $\emptyset_{sw} = 10 \text{ mm}$ – 2 střižné ($A_{sw} = 157 \text{ mm}^2$)

$$s_1 \leq \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{V_{Ed}} \cdot z \cdot \cotg \theta = \frac{157 \cdot 435}{546,06} \cdot 907,21 \cdot 1,5 = 170,2 \text{ mm}$$

→ **Návrh: $\emptyset_{sw} = 10 \text{ mm}$, 2 - střižné ($A_{sw} = 157 \text{ mm}^2$) á 150 mm**Konstrukční zásady

$$s \leq \min(0,75 \cdot d; 400) = (0,75 \cdot 940; 400) = (705; 400) = \underline{400 \text{ mm}}$$

$$\underline{150 \text{ mm} \leq 400 \text{ mm}}$$

Posouzení:

$$V_{Rd} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s_1} \cdot z \cdot \cotg \theta = \frac{157 \cdot 435}{150} \cdot 830,7 \cdot 1,5 = 567,3 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 567,3 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 301,21 \text{ kN}$$

➤ **Vyhovuje**

$$\rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{b \cdot s_1} = \frac{157}{300 \cdot 150} = 3,49 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{25}}{500} = 8 \cdot 10^{-4}$$

$$\rho_{sw,max} = \frac{0,5 \cdot v \cdot f_{cd}}{f_{ywd}} = \frac{0,5 \cdot 0,54 \cdot 16,67}{435} = 0,01$$

$$\rho_{sw,min} = 8 \cdot 10^{-4} \leq \rho_{sw} = 3,49 \cdot 10^{-3} \leq \rho_{sw,max} = 0,01$$

➤ **Vyhovuje**

5. Technická zpráva

5.1. Základní údaje o projektu

5.1.1. Obecný popis stavby

Předmětem dokumentace je návrh nosných konstrukcí novostavby parkovacího domu. Parkovací dům se nachází na místě stávajícího pozemního parkoviště P+R v blízkosti stanice metra Černý most. Objekt má jeden částečný suterén a tři nadzemní podlaží. Střecha je nepojížděná. Založení objektu je na pilotách přes subtilní základovou desku.

5.1.2. Podklady pro zhotovení projektu

- Projektová dokumentace stavebně architektonického řešení objektu
- ČSN ISO 2394 Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí
- ČSN EN 206+A2 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- ČSN P 73 2404 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda - Doplnující informace
- ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí
- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1996-1-1 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce
- ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla
- ČSN EN 13670 Provádění betonových konstrukcí
- ČSN EN 10080 Ocel pro výztuž do betonu – Svařitelná betonářská ocel – všeobecně
- ČSN 73 0202 Geometrická přesnost ve výstavbě. Základní ustanovení
- ČSN 73 0210-1 Geometrická přesnost ve výstavbě. Podmínky provádění. Část 1: Přesnost osazení
- ČSN 73 0212-3 Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 3: Pozemní stavební objekty

5.1.3. Použitý software

- AutoCAD 2022
- Scia Engineer 21

5.2. Základní charakteristika konstrukčního řešení

5.2.1. Urbanistické, architektonické a dispoziční řešení stavby

Předmětem projektu je parkovací dům v Praze na Černém Mostě. Půdorysně se jedná o obdélník s plochou střechou a z důvodu optimalizace velikosti domu byl použit systém poloramp determinujícími podlaží vůči sobě vertikálně posunutými o polovinu konstrukční výšky. Parkovací dům má celkem 4 podlaží (8 polopater). Celkové půdorysné rozměry objektu jsou 223,5 m x 34 m, nejvyšší bod nosné konstrukce se nachází 9,5 m nad úrovní okolního terénu. Konstrukční výška podlaží je 2,9m. Parkovací dům je přibližně pro 850 aut.

5.2.2. Technické řešení stavby

Nosná konstrukce je navržena jako bílá vana s krystalizační přísadou v suterénní části. V nadzemní části přechází do železobetonového skeletu se ztužujícími stěnami. Všechny stropy jsou tvořeny bez hlavicovými deskami. Objekt je rozdělen na čtyři dilatace po cca 50 metrech. Dilatace jsou tvořeny překonzolovanými deskami, vzájemně propojenými kluznými smykovými trny. Nosné konstrukce objektu jsou monolitické železobetonové. Objekt obsahuje zděné vestavby.

5.2.3. Materiálové řešení stavby

Konstrukce je navržena ze železobetonu. Použité betony specifikovány dle ČSN EN 206+A2 a ČSN P 73 2404

- Beton: Základová deska (bílá vana): C25/30 XC3, XF1, XA1 – Cl0,4 – Dmax 22 – S3
Suterénní stěna (bílá vana): C25/30 XC4, XD1, XF2 – Cl0,4 – Dmax 22 – S3
Ostatní nosné vnitřní kce: C30/37 XC4, XF1 – Cl0,2 – Dmax 22 – S3
Ostatní nosné obvodové kce (nechráněné): C30/37 XC4, XF1 – Cl0,2 – Dmax 22 – S3
- Ocel: B500B

5.3. Zatížení

5.3.1. Stálá zatížení

Vlastní tíha železobetonových konstrukcí je uvažována hodnotou 25 kN/m³.

Vlastní tíhy jednotlivých podlah jsou rozepsány ve statickém výpočtu, kapitola 2.1.2. Pro výpočet byla zjednodušeně a bezpečně uvažována konstantní hodnota 0,06 kN/m² na celé ploše nadzemních podlaží, tíha protiskluzného epoxidového nátěru v suterénu byla zanedbána. Tíha střešního pláště je 0,5 kN/m².

Suterénní stěny budou zatíženy zemním tlakem od zásypu provedeného z nenamrzavé zeminy o objemové hmotnosti 19,5 kN/m³, úhel vnitřního tření byl uvažován hodnotou 32°, byl uvažován součinitel zemního tlaku v klidu hodnotou 0,47.

5.3.2. Zatížení příčkami

Vestavby v 1.NP jsou odděleny pórobetonovými tvárnici YTONG P2 – 500 – tl. 150 mm. Zatížení od těchto příček (které jsou v malém množství) na celé ploše desky je zanedbatelné. Proto bylo použito zatížení od příček pouze lokálně tam, kde jsou umístěny. Náhradní zatížení od příček je uvažováno hodnotou 0,5 kN/m².

5.3.3. Užitná zatížení

Na parkovacích plochách je uvažováno zatížení $2,5 \text{ kN/m}^2$ (kategorie F dle ČSN EN 1991-1-1).

Střecha je nepochozí s výjimkou běžné údržby a oprav. Uvažováno zatížení $0,75 \text{ kN/m}^2$ (kategorie H dle ČSN EN 1991-1-1).

5.3.4. Zatížení sněhem

Budova se nachází v Praze (sněhová oblast II), má plochou střechu a je situována v terénu s normální topografií, kde nebude docházet k významným přesunům sněhu vlivem větru.

Stanoveno bylo průměrné zatížení sněhem $0,56 \text{ kN/m}^2$. Celkové zatížení střechy je součet hodnoty zatížení sněhem a hodnoty užitého zatížení.

5.3.5. Zatížení větrem

Budova se nachází v Praze (větrná oblast I), v předměstské oblasti rovnoměrně pokryté budovami a vegetací (kategorie terénu III). Na této stavbě je zatížení od větru zanedbatelné.

5.3.6. Zatížení během výstavby

Stropní desky budou zatíženy při betonáži stropu vyššího podlaží bedněním a stojkami a montážním zatížením. Přitom budou podstojkovány, takže účinky montážního zatížení budou menší, než účinky provozního zatížení.

5.3.7. Další zatížení

Pro danou konstrukci nebyly uvažovány žádné další druhy zatížení.

5.4. Základové konstrukce

5.4.1. Výsledky inženýrsko-geologického průzkumu

Dle IG průzkumu (K+K, 2017) je podloží tvořeno skalním masivem písčitých břidlic. Břidlice jsou od úrovně cca 6 m pod stávajícím terénem slabě zvětralé až zdravé, směrem vzhůru přecházejí do mírně zvětralých až zcela zvětralých.

Ustálená hladina spodní vody byla zastižena v hloubce 5 m pod terénem, tj. cca 1 m pod uvažovanou základovou spárou. Spodní voda je slabě agresivní podle ČSN EN 206-1, stupeň XA1.

5.4.2. Zemní práce

Není předmětem tohoto projektu.

5.4.3. Základové konstrukce

Objekt je založen na pilotách se základovou deskou.

Piloty nebudou propojeny se základovou deskou svislou výztuží. Piloty budou navrženy na veškeré svislé zatížení bez uvažování spolupůsobení desky.

Základovou spáru je nutno co nejdříve ochránit před vlivem povětrnosti podkladním betonem.

Jelikož je spodní stavba navržena jako bílá vana, je nutno na podkladní beton položit separační a kluznou vrstvu ve složení geotextilie/folie/geotextilie pro snížení napětí od smršťování vlivem hydratace betonu. Do výškových zlomů je navržena měkká vrstva polystyrenu.

Betonáž základové desky je navržena po částech s těsněním v pracovních spárách.

Tloušťka základové desky je 300 mm. Výtahová šachta je tuze vetknuta do základové desky.

5.5. Nosný systém

5.5.1. Svislé nosné konstrukce

Svislé konstrukce tvoří zaoblené sloupy rozměru 600 x 300 a stěny tloušťky 300 mm na obvodu a styku se zemínou, 200 mm ve většině ostatních případů v nadzemních patrech.

V podzemní části je obvodová stěna součástí bílé vany s těsněnými pracovními a smršťovacími spárami. Stěna bude na vnějším líci ve styku se zajištěním jámy oddělena vloženou folií s geotextilií, případně s doplněným polystyrenem pro vyrovnání povrchu.

5.5.2. Vodorovné nosné konstrukce

Vodorovné konstrukce jsou tvořeny bezhlavicovými stropy tloušťky 280mm. Všechny stropní desky mají oboustranný příčný spád hodnoty 1-1,5 %.

Stropní desky jsou navrženy s omezenou šířkou trhlin a musí být překryty hydroizolační stěrkou určenou pro pojezd vozidel.

5.5.3. Svislé komunikační prvky

Všechna vnitřní a vnější schodišťová ramena jsou prefabrikovaná, usazená na ozub. Vnitřní pojížděné rampy jsou monolitické, uloženy na vylamovací výztuž do stěn. V rampách bude uvažováno s indukčními smyčkami pro kontrolu pohybu vozidel.

5.5.4. Zajištění vodorovného ztužení

Tuhost objektu je zajištěna schodišťovými a stěnovými jádry, ve střední části vloženými stěnami. Ve středních dilatacích se na ztužení v příčném směru podílejí i podélné sloupy.

5.6. Ochrana nosných konstrukcí proti nepříznivým vlivům

5.6.1. Ochrana proti požáru

Požární odolnost železobetonových konstrukcí je v objektu zajištěna dostatečnými rozměry konstrukčních prvků a dále dostatečným krytím výztuže betonovou krycí vrstvou (min. 25 mm).

5.6.2. Ochrana proti korozi

Protikorozní odolnost železobetonových konstrukcí je zajištěna dostatečným krytím výztuže betonovou krycí vrstvou (min. 25 mm).

5.7. Technologie a provádění stavby

Není předmětem tohoto projektu.

5.8. Bezpečnost práce a ochrana zdraví

Není předmětem tohoto projektu.

6. Přílohy

1. VÝKRES TVARU – ZÁKLADOVÁ DESKA
2. VÝKRES TVARU DESKY – 3PP (-4,350) – 2PP (-2,900)
3. VÝKRES TVARU DESKY – 1PP (-1,450) – 1NP ($\pm 0,000$)
4. VÝKRES TVARU DESKY – 2NP (+1,450) – 3NP (+2,900)
5. VÝKRES TVARU DESKY – 4NP (+4,350) – 5NP (+5,800)
6. VÝKRES VÝZTUŽE – SUTERÉNNÍ STĚNA

7. Seznam literatury

- [1] *Bílé vany: vodotěsné betonové konstrukce*. 1., vyd. Praha: ČBS Servis, 2006. Technická pravidla ČBS 02. ISBN 80-903807.
- [2] *Bílé vany: vodonepropustné betonové konstrukce: sbírka přednášek, příkladů a prezentací ke školení*. Praha: ČBS Servis, 2007. ISBN 978-80-903807-6-9.
- [3] *Směrnice pro vodonepropustné betonové konstrukce: DAfStb-Richtlinie wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)*. Praha: Česká betonářská společnost ČSSI, 2015. Technická pravidla ČBS 04. ISBN 978-80-903806-9-1.
- [4] *Směrnice pro vodonepropustné betonové konstrukce: Dodatek č. 1 (2020) Komentář k aktualizované německé směrnici vydané v roce 2017*. Praha: Česká betonářská společnost ČSSI, 2020. Technická pravidla ČBS 04. ISBN 978-80-907611-4-8.
- [5] R. BAREŠ: *Tabulky pro výpočet desek a stěn: Druhé, doplněné vydání*. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha 1979.
- [6] ŠMEJKAL, Jiří a Jaroslav PROCHÁZKA. *Výpočet šířky trhlin*. Beton TKS. 2014, roč. 4, č. 4, str. 68-76.
- [7] ŠMEJKAL, Jiří a Jaroslav PROCHÁZKA. *Výpočet šířky trhlin - 2. část*. Beton TKS. 2015, roč. 15, č. 1, str. 72-78.
- [8] ŠMEJKAL, Jiří a Jaroslav PROCHÁZKA. *Výpočet šířky trhlin - 3. část*. Beton TKS. 2015, roč. 15, č. 3, str. 36-40.
- [9] Hana HANZLOVÁ a Jiří ŠMEJKAL: *Betonové a zděné konstrukce 1: Základy navrhování betonových konstrukcí*. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05323-2.
- [10] ČSN EN 12390-8: *Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 8: Hloubka průsaku tlakovou vodou*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019, 12 s. Třídící znak 73 1302.
- [11] ČSN EN 1992-3: *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 3: Nádrže na kapaliny a zásobníky*. Praha: Český normalizační institut, 2007, 24 s. Třídící znak 73 1201.
- [12] ČSN EN 1990: *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2004, 76 s. Třídící znak 73 0002.
- [13] ČSN EN 1997-1: *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 128 s. Třídící znak 73 1000

- [14] ČSN EN 1991-4: *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží*. Praha: Český normalizační institut, 2008, 98 s. Třídící znak 73 0035
- [15] ČSN EN 1991-1-5: *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou*. Praha: Český normalizační institut, 2005, 44 s. Třídící znak 73 0035
- [16] ČSN EN 1992-1-1: *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 210 s. Třídící znak 73 1201
- [17] ČSN 73 1201: *Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010, 64 s. Třídící znak 73 1201
- [18] *Prostupy bílou vanou*. In: PROSTUPY.CZ [online]. Dostupné z: <http://www.prostupy.cz/vodotesne-plynotesne-prostupy-pro-kabely-a-potrubi>
- [19] *Těsnící pásy Sika a Tricosal: pro těsnění dilatačních a pracovních spár* [online]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/8066481-Tesnici-pasy-sika-a-tricosal-pro-tesneni-dilatacnich-a-pracovnich-spar-innovation-consistency-since-1910.html>
- [20] *Injektážní hadička*. In: ŽELEX [online]. Dostupné z: https://www.kotaca.cz/fotogalerie.php?clanek_id=82&foto_id=1168&podrubrika_id=17
- [21] *Injektáž trhlin v betonu*. In: STADO [online]. Dostupné z: <http://www.stado.cz/injektaz-trhlin-v-betonu>
- [22] *Technologie stavby bílé vany*. In: STADO [online]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/16968282-Technologie-stavby-bile-vany.html>
- [23] *Vzor TZ* [online]. Dostupné z: <https://concrete.fsv.cvut.cz/projekty/rpmt2015>
- [24] *Vzor předběžného SV* [online]. Dostupné z: <https://concrete.fsv.cvut.cz/projekty/rpmt2015>
- [25] *Firma Metrostav a.s.*