

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra betonových a zděných konstrukcí



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Konstrukční návrh bílé vany administrativní budovy

Structural design of white tank of administration building

STATICKÝ VÝPOČET

Bc. LUCIE BĚLOHRADSKÁ

2020

Vedoucí práce: Ing. Josef Novák, Ph.D.



Obsah

1.	Schéma a popis konstrukce	4
1.1.	Zadání.....	4
1.2.	Konstrukční schémata.....	5
2.	Použité materiály	13
2.1.	Beton.....	13
2.2.	Výztuž.....	14
3.	Přehled zatížení.....	15
3.1.	Stálé zatížení	15
3.1.1.	Nosné konstrukce	15
3.1.2.	Podlahy	15
3.1.3.	Střešní pláště.....	17
3.1.4.	Obvodový plášť	18
3.1.5.	Příčky.....	18
3.1.6.	Schodišťové stupně	20
3.1.7.	Zemní tlak.....	20
3.2.	Proměnné zatížení	21
3.2.1.	Užitné zatížení.....	21
3.2.2.	Zatížení sněhem	22
3.2.3.	Zatížení větrem	23
4.	Krycí vrstva	24
4.1.	Vnitřní konstrukce.....	24
4.2.	Spodní stavba.....	25
5.	Předběžný návrh nosných prvků.....	26
5.1.	Stropní desky.....	26
5.2.	Sloupy.....	27
5.2.1.	Sloupy v nadzemních podlažích	27
5.2.2.	Sloupy v podzemním podlaží	27
5.3.	ŽB stěny.....	28
5.4.	Základová deska	28
6.	Výpočetní model.....	29



7.	Návrh založení objektu	30
8.	Podrobný návrh základové desky	56
8.1.	Zatřídění konstrukce	56
8.2.	Vnitřní síly na základové desce	57
8.2.1.	Spodní povrch	58
8.2.2.	Horní povrch	62
8.2.3.	Posouvající síla v desce	66
8.2.4.	Vnitřní síly k posouzení protlačení.....	68
8.3.	Návrh výztuže základové desky	70
8.3.1.	Vynucené namáhání v základové desce	70
8.3.2.	Návrh ohybové výztuže.....	71
8.3.3.	Výpočet šířky trhlin od zatížení.....	78
8.3.4.	Konstrukční zásady.....	81
8.3.5.	Posouzení protlačení základové desky	81
8.3.6.	Posouzení smykové únosnosti desky.....	85
9.	Podrobný návrh stěn bílé vany	87
9.1.	Vnitřní síly	88
9.1.1.	Stěna 1	88
9.1.2.	Stěna 2	90
9.1.3.	Stěna 3	92
9.1.4.	Stěna 4	94
9.1.5.	Stěna 5	96
9.1.6.	Stěna 6	98
9.1.7.	Všechny stěny	100
9.2.	Návrh výztuže stěn.....	103
9.2.1.	Návrh vodorovné výztuže stěn	103
9.2.2.	Návrh svislé výztuže stěn	107
9.2.3.	Konstrukční zásady.....	110
10.	Kotevní a přesahové délky	111
10.1.	Kotevní a přesahová délka pro $\varnothing 14$ mm.....	111
10.2.	Kotevní a přesahová délka pro $\varnothing 16$ mm.....	112



11. Závěr.....	114
12. Literatura, software	115
12.1. Normy	115
12.2. Další podklady	115
12.3. Použitý software	116

1. Schéma a popis konstrukce

1.1. Zadání

Druhá část diplomové práce je zaměřena na předběžný návrh jednotlivých prvků nosné konstrukce a podrobný návrh spodní stavby objektu. Nosná konstrukce objektu byla už z části řešena v rámci semestrálního projektu na katedře betonových a zděných konstrukcí.

Jedná se o již existující administrativní budovu Dock in Two, která je postavena v pražské Libni. Má šest nadzemních a jedno podzemní podlaží. Celkové půdorysné rozměry objektu jsou cca 69 x 65 m a severní strana objektu je provedena ve sklonu pod úhlem 33°.

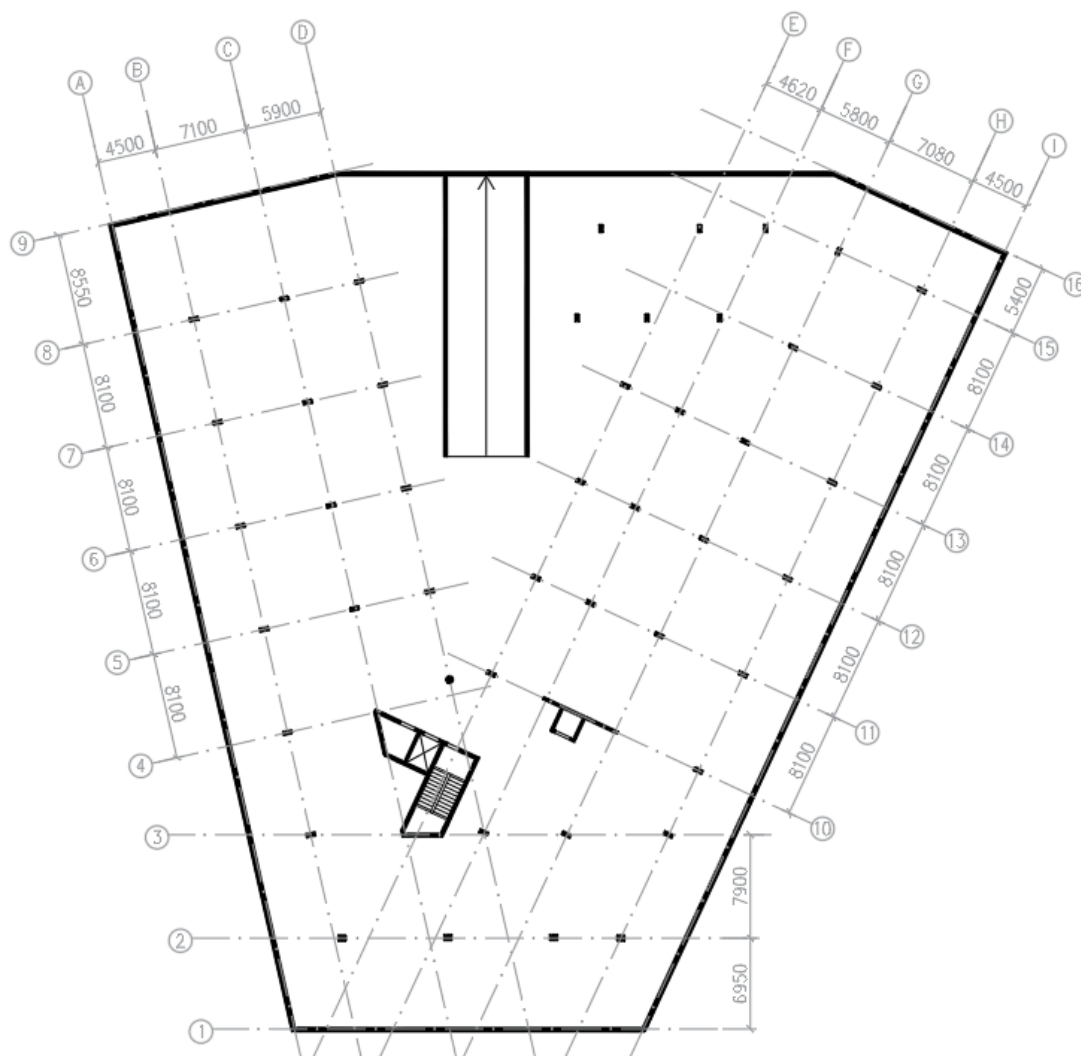


Fotografie objektu [4]



1.2. Konstrukční řešení

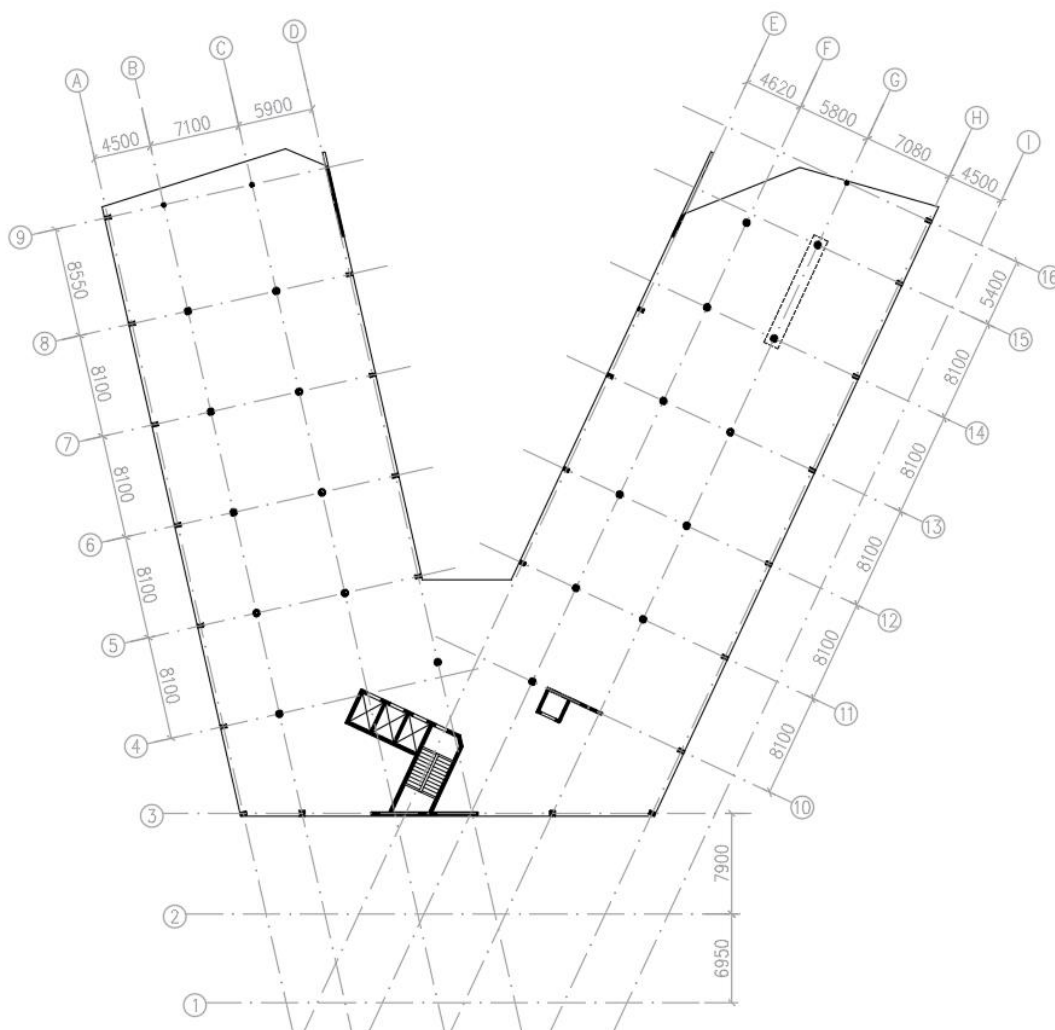
Konstrukční schéma 1. PP



- Konstrukční výška podlaží: 3,5 m
- Účel využití podlaží: parkoviště, technické zázemí objektu, schodiště
- Vodorovné nosné konstrukce: plná ŽB monolitická deska
- Svislé nosné konstrukce: ŽB monolitické stěny (obvodové stěny a ztužující jádro objektu) a sloupy
- Schodiště: dvouramenné, ŽB prefabrikované



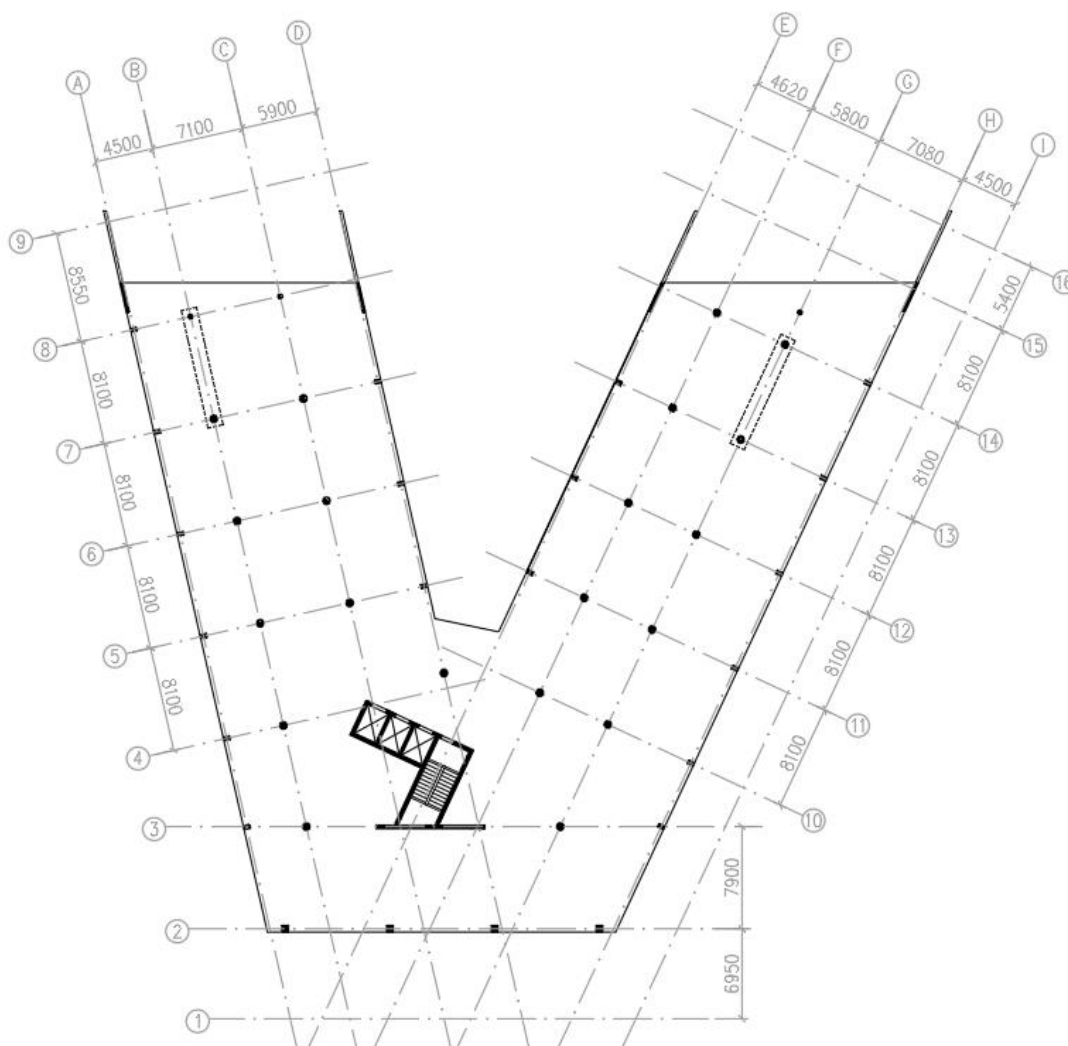
Konstrukční schéma 1. NP



- Konstrukční výška podlaží: 4,3 m
- Účel využití podlaží: vstupní hala, recepce, kanceláře, schodiště
- Vodorovné nosné konstrukce: plná ŽB monolitická deska (lokálně podepřená) a průvlaky
- Svislé nosné konstrukce: ŽB monolitické stěny (ztužující jádro objektu) a sloupy
- Schodiště: dvouramenné, ŽB prefabrikované



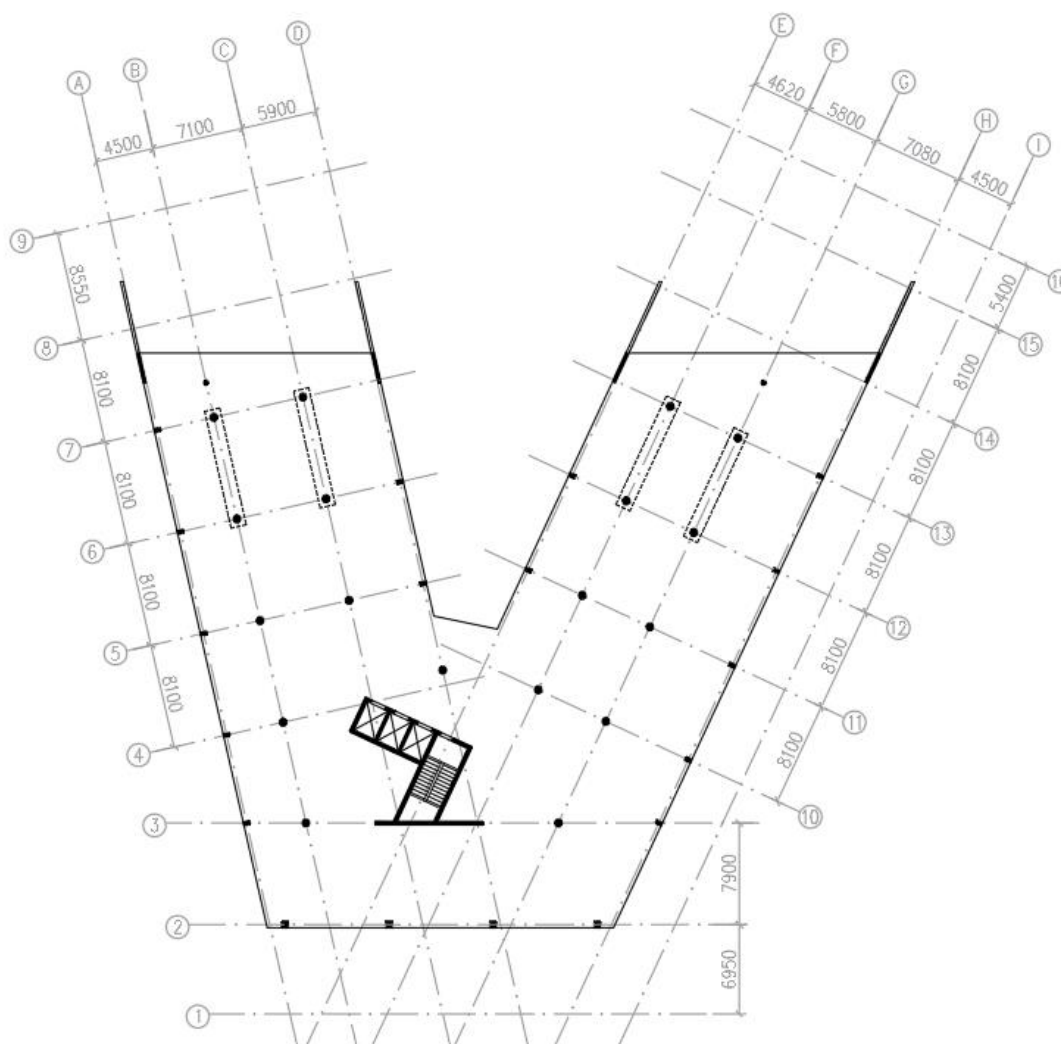
Konstrukční schéma 2. NP



- Konstrukční výška podlaží: 3,6 m
- Účel využití podlaží: kanceláře, terasy, schodiště
- Vodorovné nosné konstrukce: plná ŽB monolitická deska (lokálně podepřená) a průvlaky
- Svislé nosné konstrukce: ŽB monolitické stěny (ztužující jádro objektu) a sloupy
- Schodiště: dvouramenné, ŽB prefabrikované



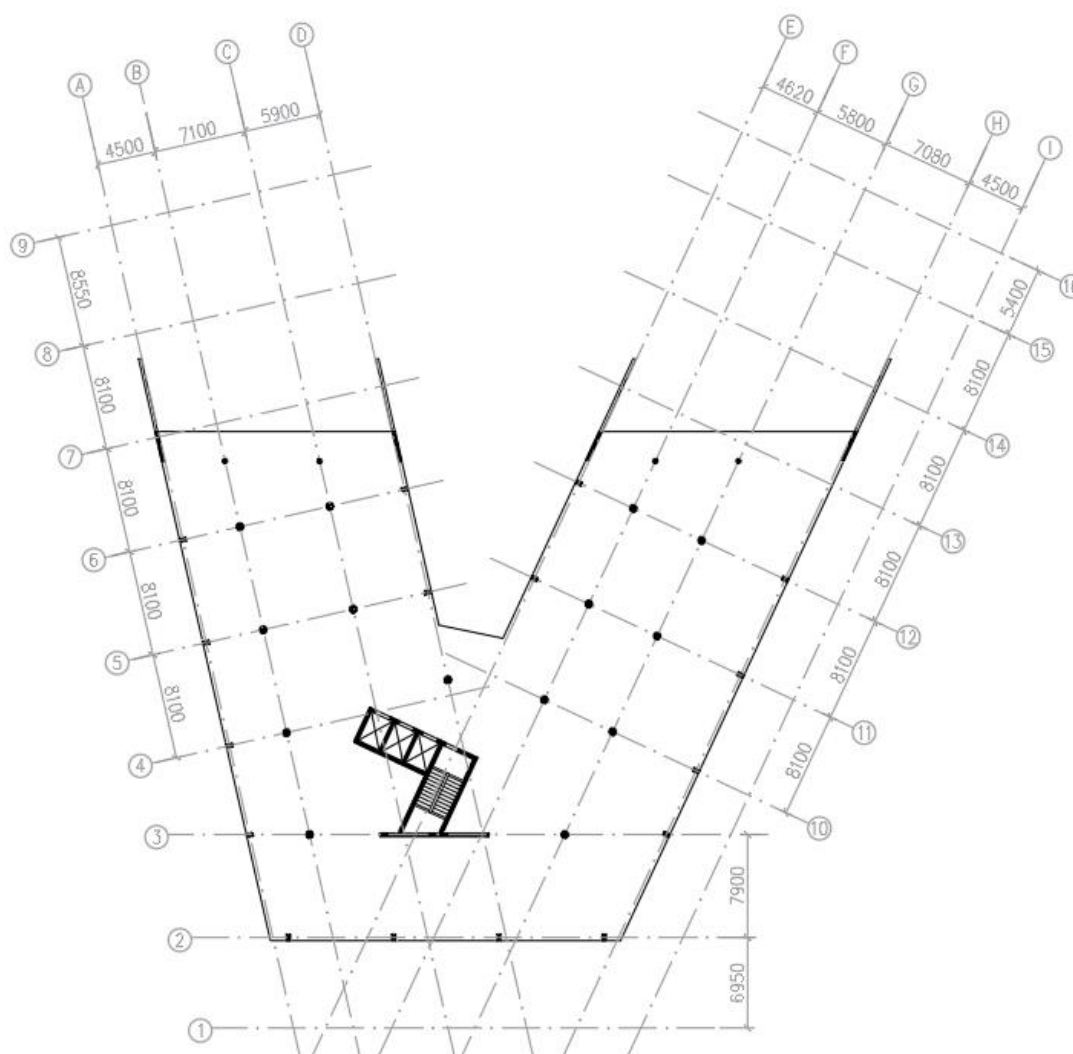
Konstrukční schéma 3. NP



- Konstrukční výška podlaží: 3,6 m
- Účel využití podlaží: kanceláře, terasy, schodiště
- Vodorovné nosné konstrukce: plná ŽB monolitická deska (lokálně podepřená) a průvlaky
- Svislé nosné konstrukce: ŽB monolitické stěny (ztužující jádro objektu) a sloupy
- Schodiště: dvouramenné, ŽB prefabrikované



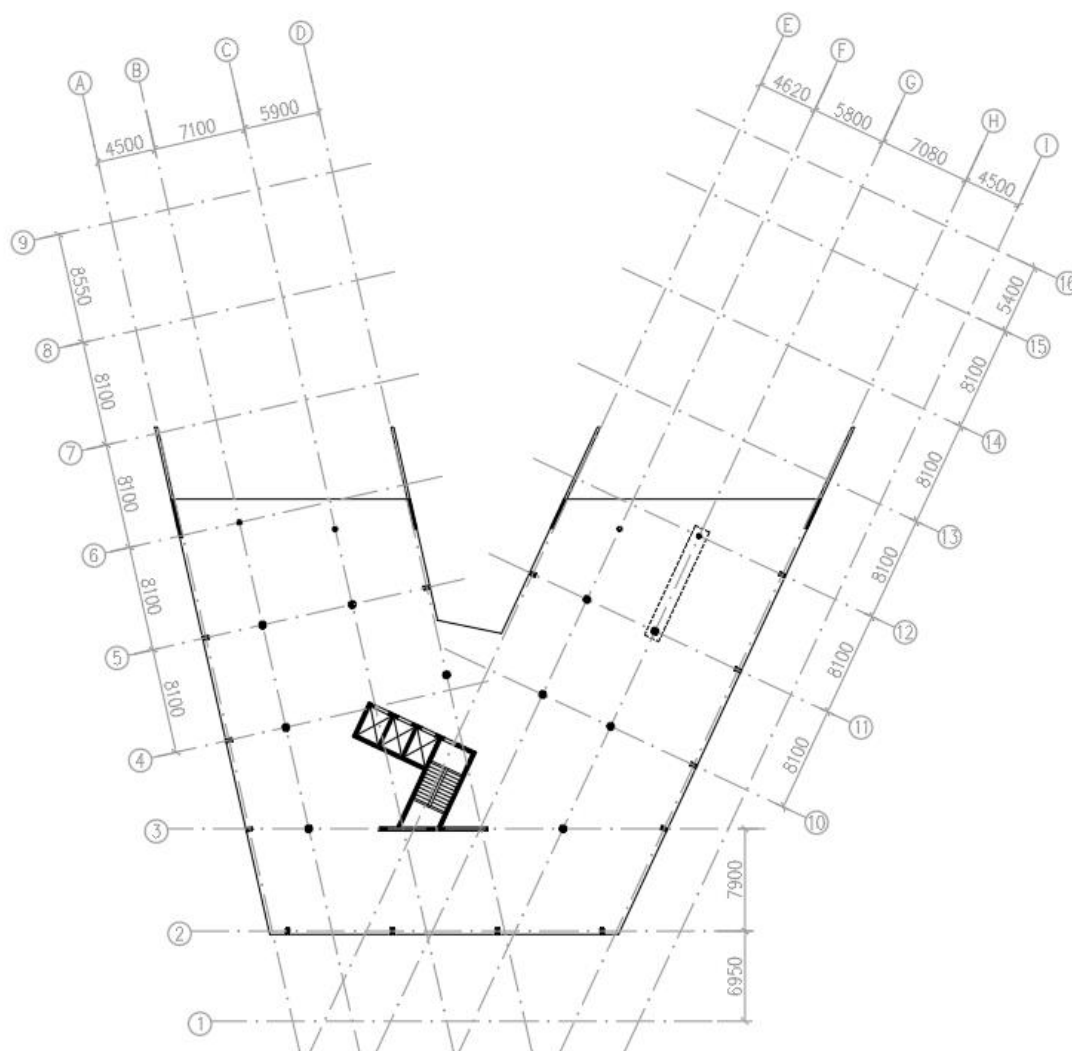
Konstrukční schéma 4. NP



- Konstrukční výška podlaží: 3,6 m
- Účel využití podlaží: kanceláře, terasy, schodiště
- Vodorovné nosné konstrukce: plná ŽB monolitická deska (lokálně podepřená)
- Svislé nosné konstrukce: ŽB monolitické stěny (ztužující jádro objektu) a sloupy
- Schodiště: dvouramenné, ŽB prefabrikované



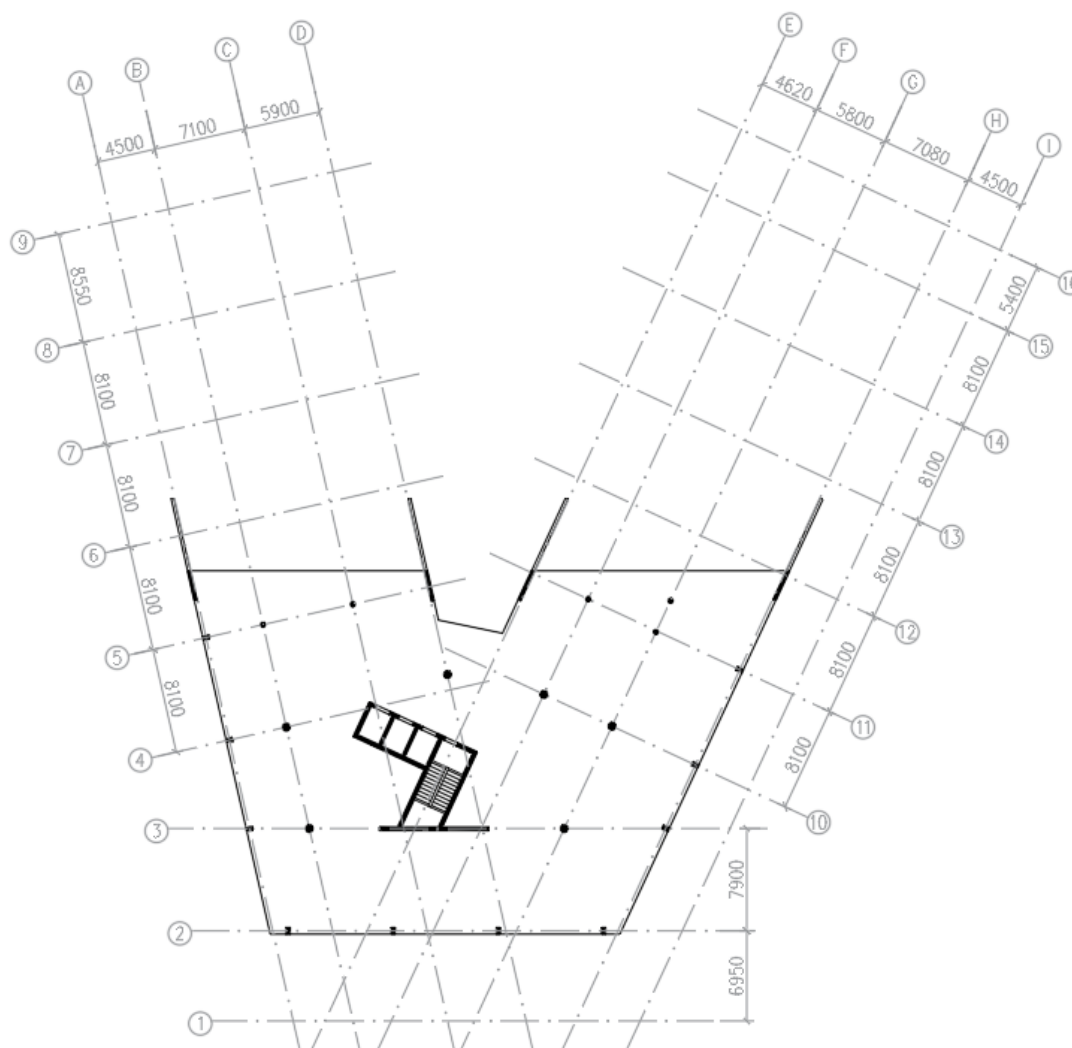
Konstrukční schéma 5. NP



- Konstrukční výška podlaží: 3,6 m
- Účel využití podlaží: kanceláře, terasy, schodiště
- Vodorovné nosné konstrukce: plná ŽB monolitická deska (lokálně podepřená) a průvlaky
- Svislé nosné konstrukce: ŽB monolitické stěny (ztužující jádro objektu) a sloupy
- Schodiště: dvouramenné, ŽB prefabrikované



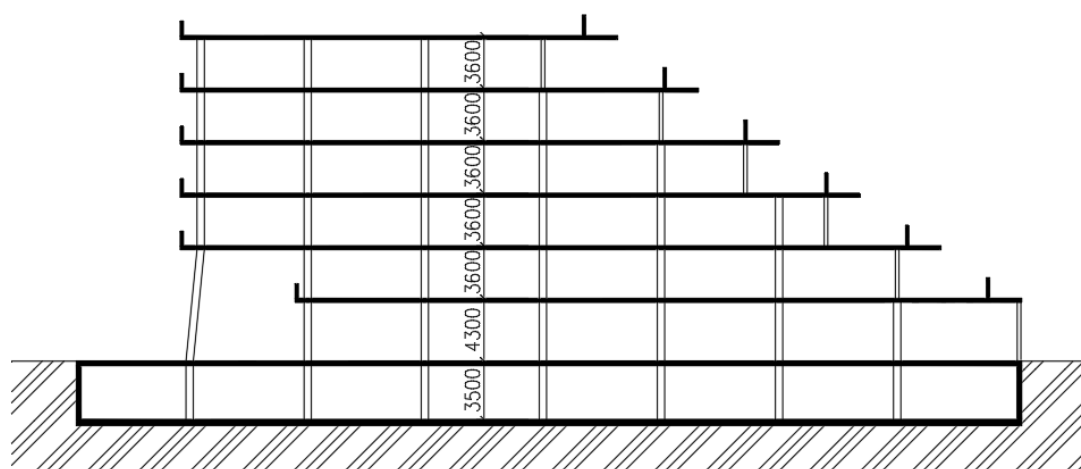
Konstrukční schéma 6. NP



- Konstrukční výška podlaží: 3,6 m
- Účel využití podlaží: kanceláře, terasy, schodiště
- Vodorovné nosné konstrukce: plná ŽB monolitická deska (lokálně podepřená)
- Svislé nosné konstrukce: ŽB monolitické stěny (ztužující jádro objektu) a sloupy
- Schodiště: dvouramenné, ŽB prefabrikované



Konstrukční schéma – řez





2. Použité materiály

2.1. Beton

Betony spodní stavby

- Piloty – C25/30 - XC4, XA1 - D_{\max} 22 - Cl 0,40
 - Charakteristická pevnost v tlaku $f_{ck} = 25$ MPa
 - Návrhová pevnost v tlaku $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 25/1,5 = 16,7$ MPa
 - Stř. hodnota pevnosti v tahu za ohybu $f_{ctm} = 2,6$ MPa
- Základová deska – C30/37 – XC2, XD1, XA1 - D_{\max} 16 - Cl 0,40
 - Průsak 30 mm dle ČSN EN 12390-8
 - Charakteristická pevnost v tlaku $f_{ck} = 30$ MPa
 - Návrhová pevnost v tlaku $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30/1,5 = 20$ MPa
 - Stř. hodnota pevnosti v tahu za ohybu $f_{ctm} = 2,9$ MPa
- Obvodové stěny 1PP – C30/37 – XC2, XA1 - D_{\max} 16 - Cl 0,40
 - Průsak 30 mm dle ČSN EN 12390-8
 - Charakteristická pevnost v tlaku $f_{ck} = 30$ MPa
 - Návrhová pevnost v tlaku $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30/1,5 = 20$ MPa
 - Stř. hodnota pevnosti v tahu za ohybu $f_{ctm} = 2,9$ MPa

Betony horní stavby

- Stropní desky a průvlaky – C30/37 – XC1 - D_{\max} 22 - Cl 0,40
 - Charakteristická pevnost v tlaku $f_{ck} = 30$ MPa
 - Návrhová pevnost v tlaku $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30/1,5 = 20$ MPa
 - Stř. hodnota pevnosti v tahu za ohybu $f_{ctm} = 2,9$ MPa
- Sloupy 1PP – C35/45 – XC1 - D_{\max} 22 - Cl 0,40
 - Charakteristická pevnost v tlaku $f_{ck} = 35$ MPa
 - Návrhová pevnost v tlaku $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30/1,5 = 23,3$ MPa
 - Stř. hodnota pevnosti v tahu za ohybu $f_{ctm} = 3,2$ MPa



- Sloupy a stěny 1NP – 6NP – C30/37 – XC1 - D_{max} 22 - CI 0,40
 - Charakteristická pevnost v tlaku $f_{ck} = 30$ MPa
 - Návrhová pevnost v tlaku $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30/1,5 = 20$ MPa
 - Stř. hodnota pevnosti v tahu za ohybu $f_{ctm} = 2,9$ MPa
- Stěny 1PP – C30/37 – XC1 - D_{max} 22 - CI 0,40
 - Charakteristická pevnost v tlaku $f_{ck} = 30$ MPa
 - Návrhová pevnost v tlaku $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30/1,5 = 20$ MPa
 - Stř. hodnota pevnosti v tahu za ohybu $f_{ctm} = 2,9$ MPa
- Prefabrikovaná schodišťová ramena – C30/37 – XC1 - D_{max} 22 - CI 0,40
 - Charakteristická pevnost v tlaku $f_{ck} = 30$ MPa
 - Návrhová pevnost v tlaku $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30/1,5 = 20$ MPa
 - Stř. hodnota pevnosti v tahu za ohybu $f_{ctm} = 2,9$ MPa

2.2. Výztuž

Betonářská výztuž B500B

Charakteristická mez kluzu	$f_{yk} = 500$ MPa
Návrhová pevnost výztuže	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500/1,15 = 435$ MPa
Modul pružnosti	$E_s = 200$ GPa



3. Přehled zatížení

3.1. Stálé zatížení

3.1.1. Nosné konstrukce

Vlastní tíha nosných prvků viz předběžný návrh prvků

3.1.2. Podlahy

Podlaha 1PP – parkovací plochy, technické zázemí

Popis vrstvy	Tloušťka [mm]	Zatížení [kN/m ²]
Epoxidový protiskluzný nátěr	1	0,02
CELKEM		0,02

Podlaha 1NP – vstupní hala

Popis vrstvy	Tloušťka [mm]	Zatížení [kN/m ²]
Lité teraco	30	0,70
Separáčnické skelné rouno	-	-
Betonová mazanina s kari sítí	70	1,68
Separáčnické PE fólie	-	-
Pěnový polystyren	50	0,03
Podhled	-	0,20
Technologie v podhledu	-	0,30
CELKEM		3,00



Podlaha nadzemních podlaží – kanceláře, chodby

Popis vrstvy	Tloušťka [mm]	Zatížení [kN/m ²]
Antistatický koberec	5	0,04
Dřevotřísková deska	38	0,27
Rošt podlahy	-	0,15
Podhled	-	0,20
Technologie v podhledu	-	0,30
CELKEM		0,96

Podlaha nadzemních podlaží – hygienické místnosti, kuchyňky

Popis vrstvy	Tloušťka [mm]	Zatížení [kN/m ²]
Keramická dlažba + lepidlo	15	0,32
Dřevotřísková deska	38	0,27
Rošt podlahy	-	0,15
Podhled	-	0,20
Technologie v podhledu	-	0,30
CELKEM		1,24

Podlaha schodišťová ramena

Popis vrstvy	Tloušťka [mm]	Zatížení [kN/m ²]
Keramická dlažba + lepidlo	15	0,32
CELKEM		0,32



Podlaha – terasy

Popis vrstvy	Tloušťka [mm]	Zatížení [kN/m ²]
Dřevoplastová prkna	28	0,20
Rošt podlahy + rektifikační podložky	-	0,20
Fóliové vrstvy	-	0,15
Extrudovaný polystyren	350	0,35
Podhled	-	0,20
Technologie v podhledu	-	0,30
CELKEM		1,40

Zatížení podlahami – souhrn

- Podlaha v 1PP je tvořena pouze epoxidovým nátěrem (0,02 kN/m²) – lze zanedbat
- V 1NP je počítáno se zatížením od podlahy **3,00 kN/m²** na celém podlaží (z důvodu možné budoucí změny dispozice)
- V 2NP až 6NP bude počítáno se zatížením od podlahy **1,24 kN/m²** (z důvodu možné budoucí změny dispozice)
- Na terasách 2NP až 6NP se uvažuje zatížení od podlahy **1,40 kN/m²**

3.1.3. Střešní pláště

Plochá střecha nad 6NP

Popis vrstvy	Tloušťka [mm]	Zatížení [kN/m ²]
Intenzivní zeleň + substrát	400	7,20
Fóliové vrstvy	-	0,15
Extrudovaný polystyren	300	0,30
Podhled	-	0,20
Technologie v podhledu	-	0,30
CELKEM		8,15



Střecha nad 1PP

Popis vrstvy	Tloušťka [mm]	Zatížení [kN/m ²]
Betonová pojízdná plocha	100	2,50
Fóliové vrstvy	-	0,15
Extrudovaný polystyren	300	0,30
Podhled	-	0,20
Technologie v podhledu	-	0,30
CELKEM		3,45

3.1.4. Obvodový plášť

Popis vrstvy	Tloušťka [mm]	Zatížení [kN/m ²]
Plechový obklad	-	0,20
Rošt obkladu	-	0,15
Tepelná izolace z minerálních vláken	300	0,30
Rezerva	-	0,35
CELKEM		1,00

3.1.5. Příčky

Příčky 1PP

V podzemním podlaží jsou navrženy pórobetonové příčky tl. 250 mm.

Popis vrstvy	Tloušťka [mm]	Zatížení [kN/m ²]
Pórobetonová příčka Ytong	250	1,50
2x omítka	2x 10	0,40
CELKEM		1,90

Plošná tíha příčky: 1,90 kN/m²

Světlá výška místnosti: 3,22 m

Vlastní tíha příčky: $g_k = 1,90 \cdot 3,22 = 6,12 \text{ kN/m'}$



SDK příčky v nadzemních podlažích

V nadzemních podlažích jsou mezi kanceláři navrženy SDK příčky tl. 100 mm.

Popis vrstvy	Tloušťka [mm]	Zatížení [kN/m ²]
2x SDK deska	2x 12,5	0,19
Rošt příčky	-	0,10
Akustická izolace	75	0,04
CELKEM		0,33

Plošná tíha příčky: 0,33 kN/m²

Světlá výška místnosti: 3,32 m

Vlastní tíha příčky: $g_k = 0,33 \cdot 4,22 = 1,39 \text{ kN/m'}$

Pórobetonové příčky v nadzemních podlažích

Kolem hygienických místností a kuchyněk jsou navrženy pórobetonové příčky tl. 100 mm.

Popis vrstvy	Tloušťka [mm]	Zatížení [kN/m ²]
Pórobetonová příčka Ytong	100	0,6
2x omítka	15	0,30
CELKEM		0,90

Plošná tíha příčky: 0,90 kN/m²

Světlá výška místnosti: 3,32 m

Vlastní tíha příčky: $g_k = 0,90 \cdot 3,32 = 2,99 \text{ kN/m'}$

Z důvodu možné budoucí změny dispozice je uvažováno s náhradním rovnoměrným zatížením od přemístitelných příček (vlastní tíha $\leq 3,0 \text{ kN/m'}$):

$$g_k = 1,20 \text{ kN/m}^2$$



3.1.6. Schodišťové stupně

Schody 1PP

- Konstrukční výška podlaží: 3,5 m
- Počet stupňů v podlaží: 2x 11
- Šířka schodišťového stupně: 300 mm
- Výška schodišťového stupně: 159,09 mm
- Náhradní spojité zatížení od schodišťových stupňů:

$$g_k = \frac{1}{2} \cdot 0,15909 \cdot 24 = \mathbf{1,91 \text{ kN/m}^2}$$

Schody 1NP

- Konstrukční výška podlaží: 4,3 m
- Počet stupňů v podlaží: 2x 13
- Šířka schodišťového stupně: 300 mm
- Výška schodišťového stupně: 165,38 mm
- Náhradní spojité zatížení od schodišťových stupňů:

$$g_k = \frac{1}{2} \cdot 0,16538 \cdot 24 = \mathbf{1,98 \text{ kN/m}^2}$$

Schody 2NP-6NP

- Konstrukční výška podlaží: 3,6 m
- Počet stupňů v podlaží: 2x 11
- Šířka schodišťového stupně: 300 mm
- Výška schodišťového stupně: 163,64 mm
- Náhradní spojité zatížení od schodišťových stupňů:

$$g_k = \frac{1}{2} \cdot 0,16364 \cdot 24 = \mathbf{1,96 \text{ kN/m}^2}$$

3.1.7. Zemní tlak

- Charakteristická objemová tíha zeminy: $\gamma_k = 18 \text{ kN/m}^3$
- Návrhový efektivní úhel vnitřního tření: $\phi_{ef} = 29^\circ$



- Užité zátížení terénu: $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$
- Součinitel zemního tlaku v klidu: $K_0 = 1 - \sin \varphi_{ef} = 1 - \sin 29^\circ = 0,5$
- Charakteristický zemní tlak:
$$\sigma_{i,k} = K_i \cdot (q_k + \gamma_k \cdot h_i) = 0,5 \cdot (5 + 20 \cdot h_i)$$
- Hladina podzemní vody: Dle mapy hydrogeologických poměrů se hladina podzemní vody nachází v hloubce 3 m pod původním terénem.

3.2. Proměnné zatížení

3.2.1. Užité zátížení

Dle ČSN EN 1991-1-1

1PP

- Kategorie F – Dopravní a parkovací plochy pro lehká vozidla (do 3 t)

$$q_k = 2,50 \text{ kN/m}^2$$

- Kategorie A – Schodiště

$$q_k = 3,00 \text{ kN/m}^2$$

1NP

- Kategorie B – Kancelářské plochy

$$q_k = 2,50 \text{ kN/m}^2$$

- Kategorie C3 – Plochy, kde dochází ke shromažďování lidí

$$q_k = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

- Kategorie A – Schodiště,

$$q_k = 3,00 \text{ kN/m}^2$$

2NP – 6NP

- Kategorie B – Kancelářské plochy

$$q_k = 2,50 \text{ kN/m}^2$$

- Kategorie A – Schodiště

$$q_k = 3,00 \text{ kN/m}^2$$



- Kategorie A – Terasy

$$q_k = 3,00 \text{ kN/m}^2$$

Střecha nad 6NP

- Kategorie H – Nepřístupné střechy s výjimkou běžné údržby a oprav

$$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

Střecha nad 1PP

- Kategorie G – Dopravní a parkovací plochy pro středně těžká vozidla (do 16 t)

$$q_k = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

3.2.2. Zatížení sněhem

Dle ČSN EN 1991-1-3

- Místo: Praha
- Sněhová oblast: I.
- Charakteristické zatížení sněhem: $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$
- Součinitel expozice: $C_e = 1$
- Součinitel tepla: $C_t = 1$
- Tvarový součinitel: $\mu = 0,8$ (plochá střecha)
- 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 střech bude uvažována jako větší hodnota z užitného zatížení na dané střeše a zatížení sněhem:
 - Užitné zatížení střechy nad 6NP: $0,75 \text{ kN/m}^2$
 - Užitné zatížení střechy nad 1PP: $5,00 \text{ kN/m}^2$
 - Zatížení sněhem: $0,56 \text{ kN/m}^2$
- Proměnné zatížení střech (zatížení sněhem lze zanedbat):
 - Střecha nad 6NP: $q_{stř,k} = 0,75 \text{ kN/m}^2$
 - Střecha nad 1PP: $q_{stř,k} = 5,00 \text{ kN/m}^2$



3.2.3. Zatížení větrem

Dle ČSN EN 1991-1-4

- Místo: Praha
- Větrná oblast: I.
- Základní rychlost větru: $v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$
- Kategorie terénu: IV.
- Referenční výška objektu: 23,5 m

Zatížení větrem bude dále počítáno softwarem SCIA Engineer.



4. Krycí vrstva

4.1. Vnitřní konstrukce

Vstupní parametry konstrukce:

Předpokládaná výztuž:	$\varnothing_d = 14 \text{ mm}$ (odhad)
Stupeň vlivu prostředí:	XC1
Třída konstrukce:	S3
Životnost:	50 let

Minimální krycí vrstva:

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$$

$$c_{min,b} = \varnothing_d = 14 \text{ mm} \quad \textit{minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti}$$

$$c_{min,dur} = 15 \text{ mm} \quad \textit{min. krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí}$$

$$\Delta c_{dur,\gamma} = 0 \text{ mm} \quad \textit{přídavná bezpečnostní složka}$$

$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm} \quad \textit{redukce při použití nerezové oceli}$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm} \quad \textit{redukce při použití přídavné ochrany}$$

$$c_{min} = \max(14; 15 + 0 - 0 - 0; 10 \text{ mm}) = 14 \text{ mm}$$

Návrhová odchylka:

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

Nominální krycí vrstva:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 14 + 10 = 24 \text{ mm}$$

Návrh: Krycí vrstva výztuže 25 mm



4.2. Spodní stavba

Vstupní parametry konstrukce:

Předpokládaná výztuž:	$\emptyset_d = 20 \text{ mm}$ (odhad)
Stupeň vlivu prostředí:	XD1, XC2, XA1
Třída konstrukce:	S3
Životnost:	50 let

Minimální krycí vrstva:

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$$

$$c_{min,b} = \emptyset_d = 20 \text{ mm} \quad \textit{minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti}$$

$$c_{min,dur} = 30 \text{ mm} \quad \textit{min. krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí}$$

$$\Delta c_{dur,\gamma} = 0 \text{ mm} \quad \textit{přídavná bezpečnostní složka}$$

$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm} \quad \textit{redukce při použití nerezové oceli}$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm} \quad \textit{redukce při použití přídavné ochrany}$$

$$c_{min} = \max(20; 30 + 0 - 0 - 0; 10 \text{ mm}) = 30 \text{ mm}$$

Návrhová odchylka:

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

Nominální krycí vrstva:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = 40 \text{ mm}$$

Návrh: Krycí vrstva výztuže 40 mm



5. Předběžný návrh nosných prvků

5.1. Stropní desky

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

Maximální rozpětí stropní desky $l_{max} = 8,1$ m.

Návrh dle empirických vztahů:

$$h_d = \frac{1}{33} \cdot l_{max} = \frac{1}{33} \cdot 8100 = 245 \text{ mm}$$

Návrh dle ohybové štíhlosti:

$$\lambda = \frac{l}{d} \leq \lambda_{lim} = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}$$

$$\kappa_{c1} = 1$$

součinitel tvaru průřezu

$$\kappa_{c2} = 7/l_{max} = 7/8,1 = 0,86$$

součinitel rozpětí

$$\kappa_{c3} = 1,3$$

součinitel napětí tahové výztuže

$$\lambda_{d,tab} = 24,6$$

pro lokálně podepřené desky, stupeň

vyztužení 0,5 %, beton C30/37

$$d \geq \frac{l_{max}}{\kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}} = \frac{8100}{1 \cdot 0,86 \cdot 1,3 \cdot 26} = 293 \text{ mm}$$

$$h_d = d + \frac{\emptyset}{2} + c_{nom} = 293 + \frac{16}{2} + 25 = 326 \text{ mm}$$

Návrh tloušťky desky: $h_d = 300$ mm

Podrobnější ověření stropní desky na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti bylo provedeno při zpracování projektu během předchozího předmětu.

V určitých místech (viz konstrukční řešení) byly stropní konstrukce lokálně zesíleny plochými průvlaky (průřez 1200 x 540 mm).



5.2. Sloupy

5.2.1. Sloupy v nadzemních podlažích

Návrh je proveden na centrický tlak v patě nejvíce zatíženého sloupu v 1NP.

- Průřez sloupu: **Ø 600 mm** ($A_c = 0,283 \text{ m}^2$)
- Zatěžovací plocha: $8,1 \times 6,44 = 52,16 \text{ m}^2$
- Výška sloupu: **4 m**
- Normálové zatížení v patě sloupu:

TYP	ZATÍŽENÍ	ZATÍŽENÍ	ZAT. ŠÍŘKA	ZAT. DÉLKA	POČET	CHAR. ZATÍŽENÍ	SOUČINITEL	NÁVRH. ZATÍŽENÍ
		(kN/m ²)	(m)	(m)	(-)	(kN)	(-)	(kN)
STÁLÉ	Stropní deska	7,50	8,1	6,44	6	2 347,4	1,35	3 169,0
	Skladba střechy	8,15	8,1	6,44	1	425,1	1,35	573,9
	Podlaha - 2NP-6NP	1,24	8,1	6,44	5	323,4	1,35	436,6
	Vl. tíha sloupu	-	-	-	6	169,6	1,35	229,0
	CELKEM					$g_k = 3 265,6$	$g_d = 4 408,5$	
PROMĚNNÉ	Užitné - 2NP-6NP	2,50	8,1	6,44	5	652,1	1,5	978,1
	Užitné - střecha	0,75	8,1	6,44	1	39,1	1,5	58,7
	Přemístitelné příčky	1,20	8,1	6,44	5	313,0	1,5	469,5
	CELKEM					$q_k = 1 004,2$	$q_d = 1 506,2$	
CELKEM					$(g+q)_k = 4 269,7$	$(g+q)_d = 5 914,8$		

- Návrhové normálové zatížení v patě sloupu:

$$N_{Ed,max} = 5 915 \text{ kN}$$

- Normálová únosnost sloupu:

$$N_{Rd} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + \rho_s \cdot A_c \cdot \sigma_s = 0,8 \cdot 0,283 \cdot 20 + 0,02 \cdot 0,283 \cdot 400 =$$

$$= 6 785 \text{ kN} \geq N_{Ed,max} = 5 915 \text{ kN} \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

5.2.2. Sloupy v podzemním podlaží

Návrh je proveden na centrický tlak v patě nejvíce zatíženého sloupu v 1PP.

- Průřez sloupu: **350 x 750 mm** ($A_c = 0,26 \text{ m}^2$)
- Zatěžovací plocha: $8,1 \times 6,44 = 52,16 \text{ m}^2$
- Výška sloupu: **3,2 m**



- Normálové zatížení v patě sloupu:

TYP	ZATÍŽENÍ	ZATÍŽENÍ	ZAT. ŠÍŘKA	ZAT. DÉLKA	POČET	CHAR. ZATÍŽENÍ	SOUČINITELE	NÁVRH. ZATÍŽENÍ
		(kN/m ²)	(m)	(m)	(-)	(kN)	(-)	(kN)
STÁLE	Stropní deska	7,50	8,1	6,44	7	2 738,6	1,35	3 697,1
	Skladba střechy	8,15	8,1	6,44	1	425,1	1,35	573,9
	Podlaha - 2NP-6NP	1,24	8,1	6,44	5	323,4	1,35	436,6
	Podlaha - 1NP	3,00	8,1	6,44	1	156,5	1,35	211,3
	VI. tíha sloupu - 1PP	-	-	-	1	21,0	1,35	28,4
	VI. tíha sloupu - 1NP-6NP	-	-	-	6	169,6	1,35	229,0
CELKEM						$g_k = 3 834,3$	$g_d = 5 176,3$	
PROMĚNNÉ	Užitné - 1NP	5,00	8,1	6,44	1	260,8	1,5	391,2
	Užitné - 2NP-6NP	2,50	8,1	6,44	4	521,6	1,5	782,5
	Užitné - střecha	0,75	8,1	6,44	1	39,1	1,5	58,7
	Přemístitelné příčky	1,20	8,1	6,44	6	375,6	1,5	563,4
	CELKEM							$q_k = 1 197,2$
CELKEM						$(g+q)_k = 5 031,5$	$(g+q)_d = 6 972,1$	

- Návrhové normálové zatížení v patě sloupu:

$$N_{Ed,max} = 6 792 \text{ kN}$$

- Normálová únosnost sloupu:

$$N_{Rd} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + \rho_s \cdot A_c \cdot \sigma_s = 0,8 \cdot 0,26 \cdot 23,3 + 0,02 \cdot 0,26 \cdot 400 = 6 993 \text{ kN} \geq N_{Ed,max} = 6 792 \text{ kN} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

5.3. ŽB stěny

Obvodové stěny podzemních podlaží jsou navrženy v tloušťce 300 mm. Tato hodnota vychází z minimálních požadavků na bílou vanu.

Železobetonové monolitické stěny jádra objektu jsou navrženy v tloušťkách 200 mm až 250 mm.

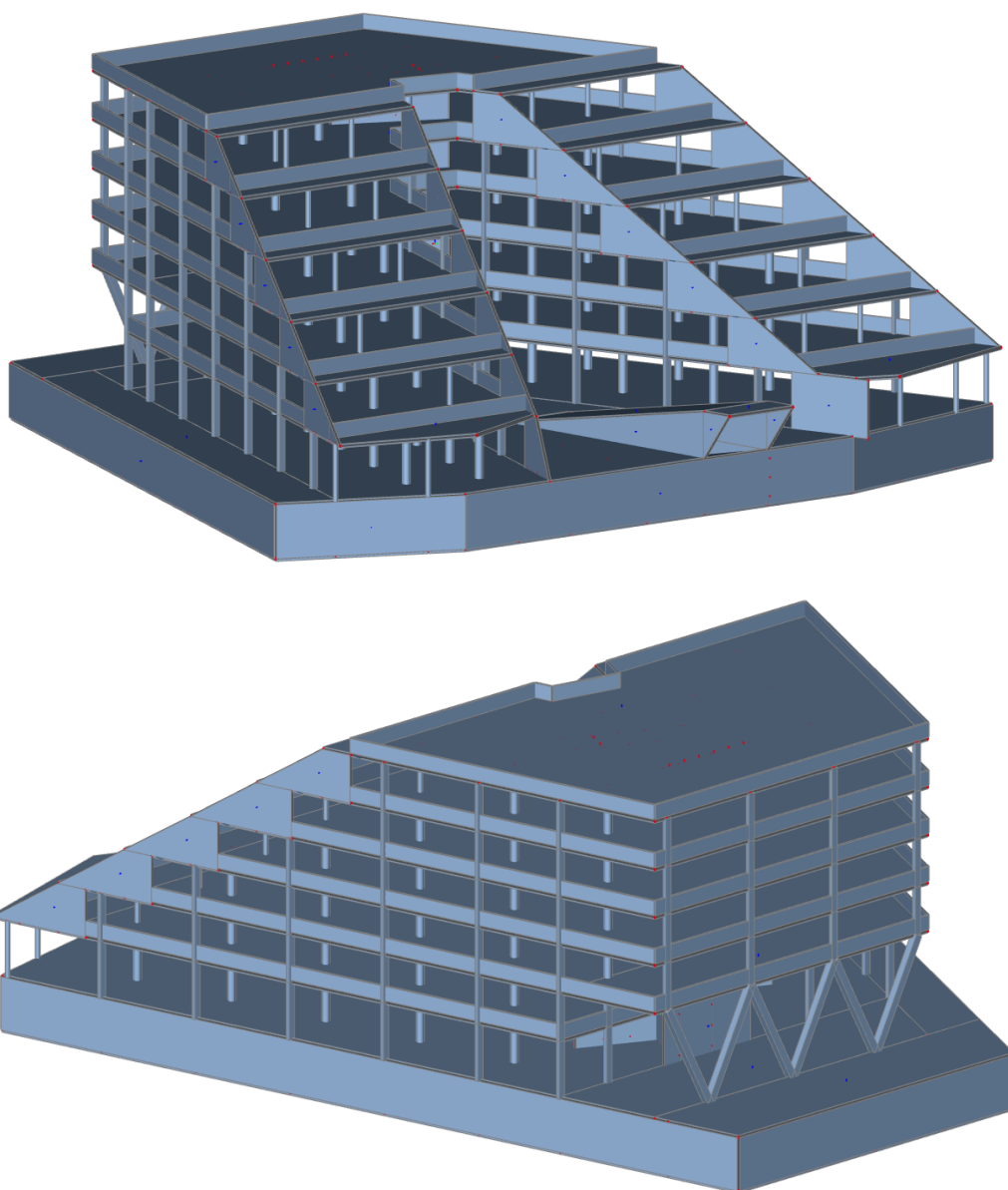
5.4. Základová deska

Tloušťka základové desky byla odhadnuta – 500 mm. Deska bude přesněji posouzena v podrobném návrhu základové desky.



6. Výpočetní model

Pro výpočet vnitřních sil na jednotlivých prvcích nosné konstrukce byl vytvořen výpočetní 3D model objektu v programu Scia Engineer. Pro účel konstrukčního návrhu pilot byla konstrukce nejdříve podepřena bodovými podporami (tuhé podpory ve všech směrech) v místech plánovaných pilot, aby bylo možné jednoduše určit síly v pilotách. Na získané síly byly následně navrženy piloty. Skutečné chování pilot bylo nakonec zohledněno v modelu pružnými podporami, které nahradily tuhé podpory.



Model konstrukce ve Scia Engineer



7. Návrh založení objektu

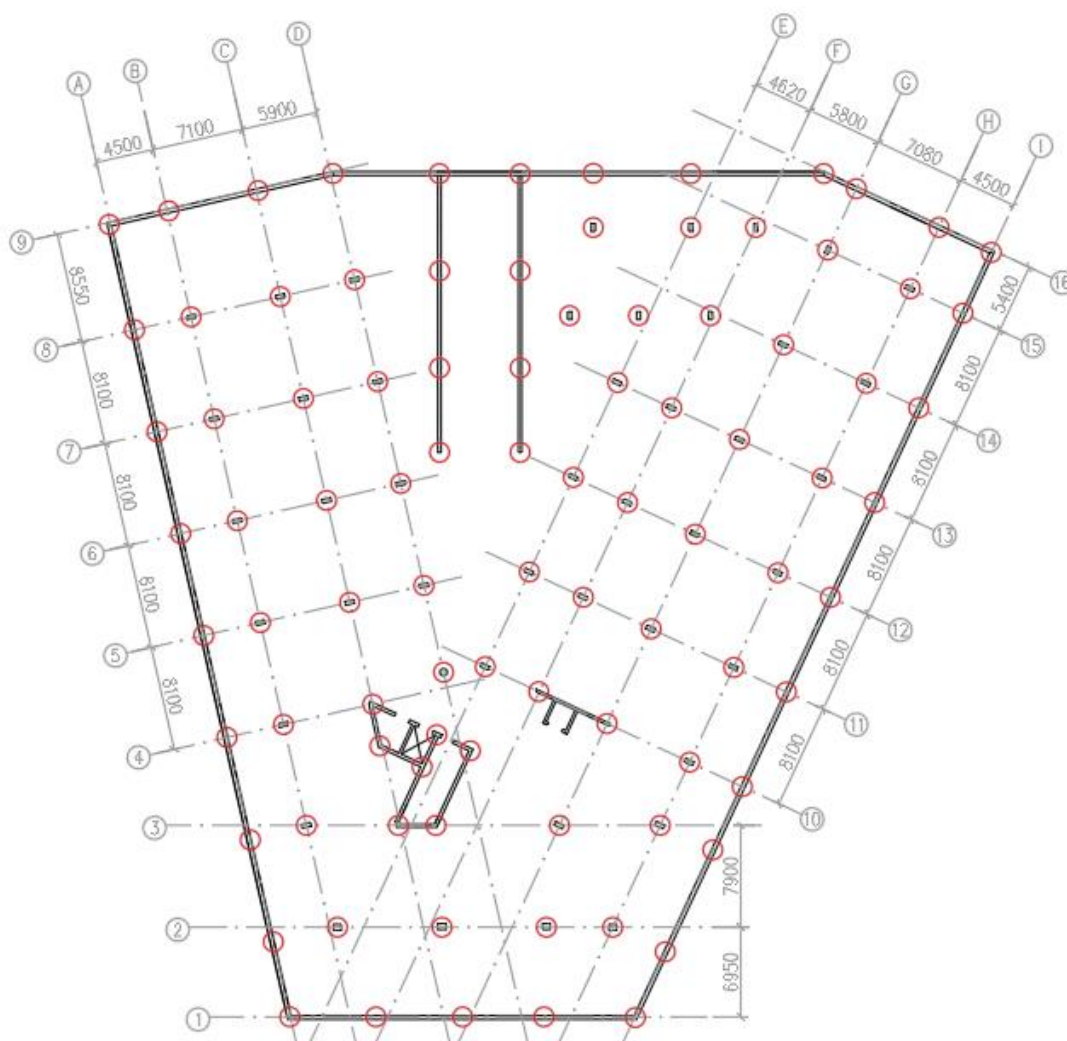
Objekt bude založen na vrtaných pilotách z důvodu nízké únosnosti podloží a vyšší hladiny podzemní vody. Hlubinné zakládání přenáší zatížení z konstrukce do hlubších a únosnějších vrstev podloží.

Pro návrh pilot byly získány informace o vrtu v místě objektu. Popis jednotlivých vrstev podloží je uveden v následující tabulce. (Zdroj: Česká geologická služba – útvar Geofond)

VRT - ZÁKLADNÍ INFORMACE			
Stát	Česká republika	Nadmořská výška - souřadnice Z	184.42
Jazyk	česky	Inklinometrie (Y/N)	Y
Název databáze	GDO	Účel	inženýrskogeologický
ID	659326	Hydrogeologické údaje (Y/N)	N
Původní název	V-4	Hloubka hladiny podzemní vody [m]	5,6
Zkrácený název	V-4	Druh hladiny podzemní vody	ustálená
Rok vzniku objektu	2003	Karotáž (Y/N)	N
Poskytovatel dat	Česká geologická služba - Geofond	Provedené zkoušky	zkoušky zrnitosti, geotechnické rozborů
Hloubka vrtu (m)	13	Hmotná dokumentace (Y/N)	N
Primární dokumentace	GF P106930	Druh objektu	vrt svislý
Souřadnice X - JTSK [m]	1041557.17	Geologický profil (Y/N)	Y
Souřadnice Y - JTSK [m]	739271.25	Organizace provádějící	CHEMCOMEX, a.s.
Způsob zaměření X,Y	zaměřeno	Organizace blokující	
Výškový systém	Balt po vyrovnání	Blokováno do	

ZÁKLADNÍ LITOLOGICKÁ DATA			
Hloubka[m]	Stratigrafie	Popis	
0.00 - 0.20	Kvartér	beton	-
0.20 - 5.20	Kvartér	navážka písčité písčité hlinitý hlinitý, příměs: cihly	
5.20 - 8.80	Kvartér	suť břidlicový navezený max.velikost částic 3 cm hlína jílovitý písčité tuhý pevný	
8.80 - 10.00	Kvartér	náplav jílovitý písčité hlinitý kašovitý, černá	
10.00 - 10.50	Kvartér	šterk hlinitý písčité max.velikost částic 3 cm, rezavá, hnědá	
10.50 - 12.60	Kvartér	šterk hlinitý písčité max.velikost částic 1 dm, hnědá	
12.60 - 13.00	Ordovik	břidlice prachovitý navětralý rozpadavý v ostrohranných úlomcích max.velikost částic 1 dm, šedá, černá	

Schéma rozmístění pilot



Síly do pilot byly získány z programu Scia Engineer. Piloty byly modelovány jako bodové podpory (vetknutí).

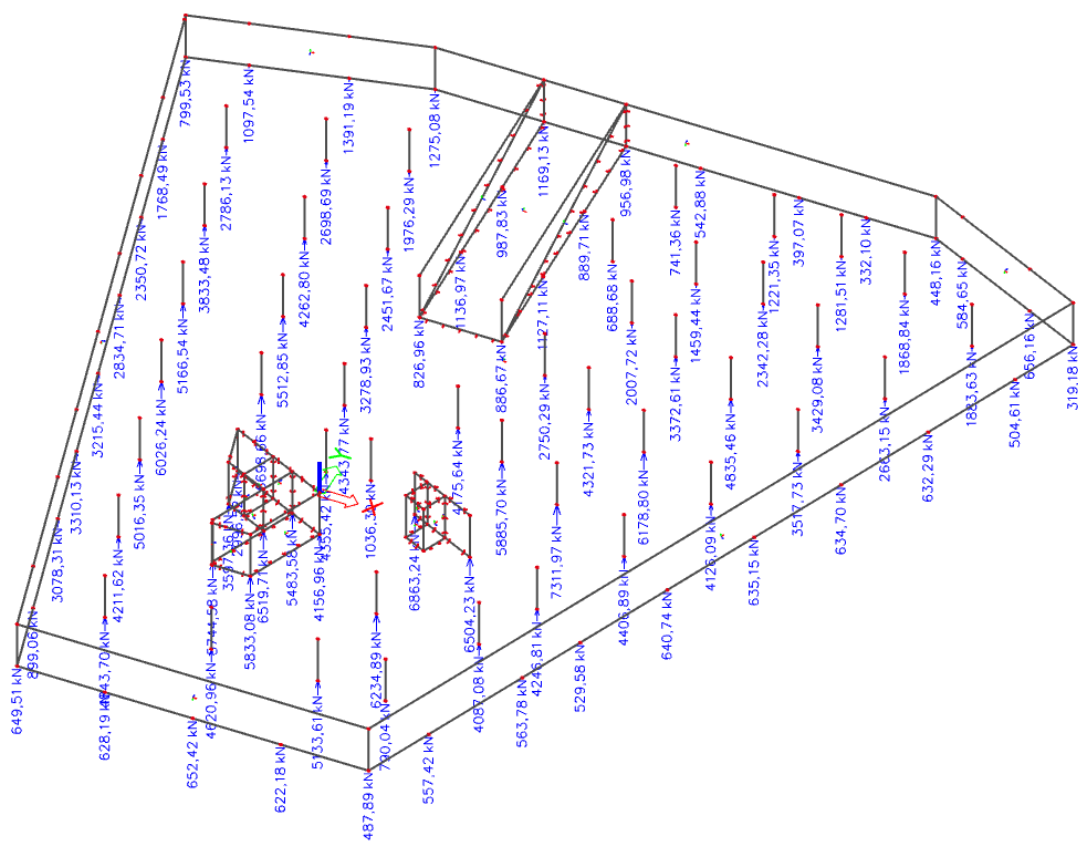
Piloty byly navrženy v programu GEO5 – Pilota.

Rozměry pilot:

- Pilota P1 – průměr 1,2 m, délka 13 m
nejvíce zatížená místa konstrukce
- Pilota P2 – průměr 0,9 m, délka 11,5 m
- Pilota P3 – průměr 0,6 m, délka 10,5 m
piloty převážně pod stěnami

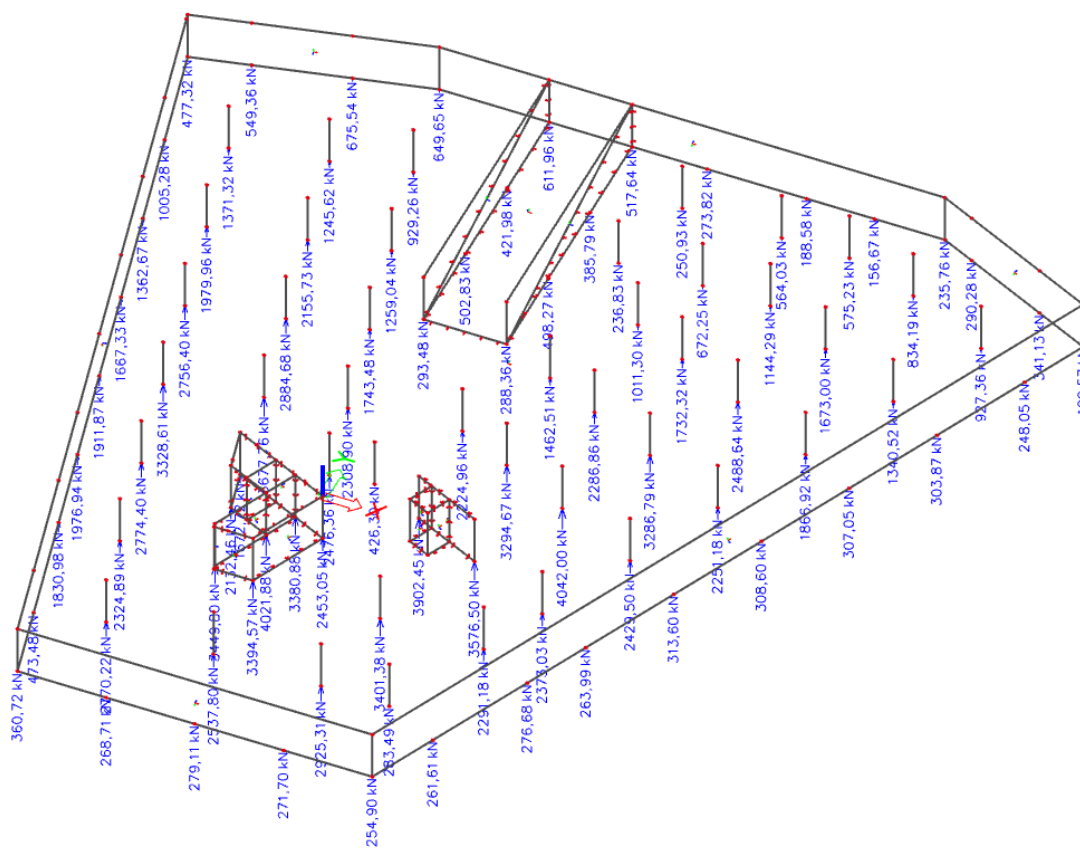


Svislé reakce do pilot – návrhové zatížení



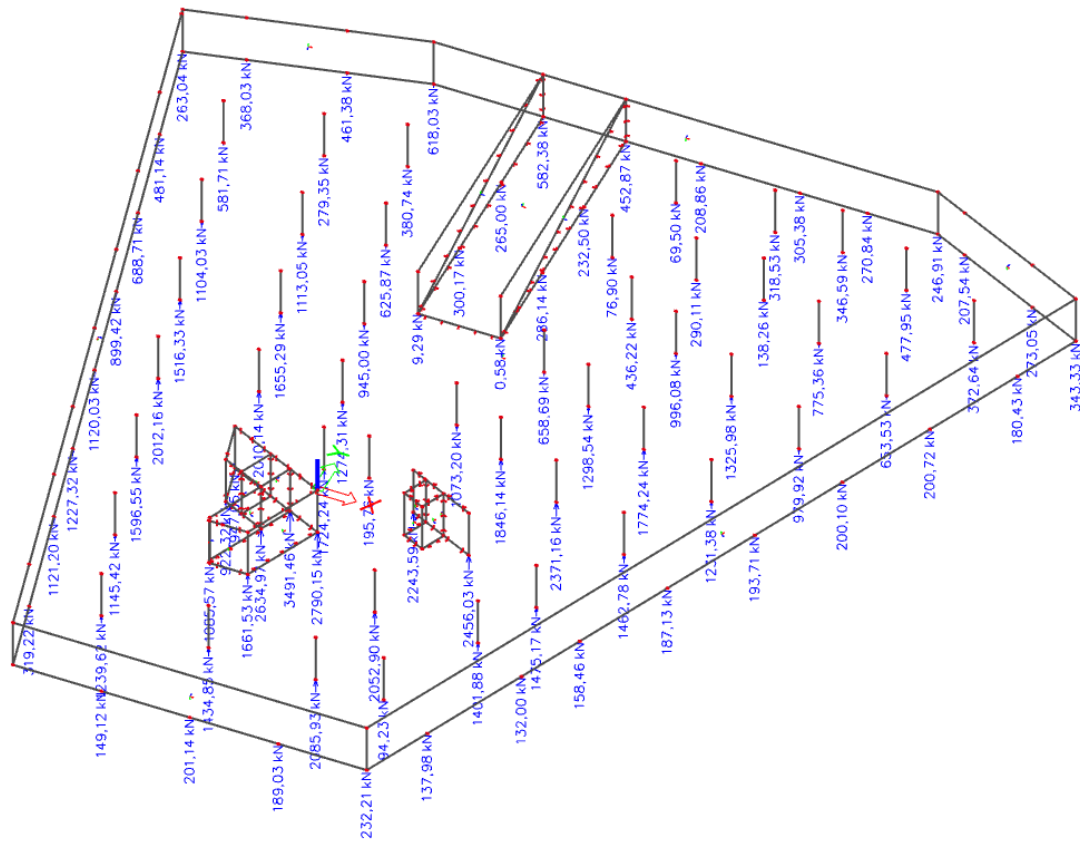


Svislé reakce do pilot – provozní zatížení





Svislé reakce do pilot – Nejmenší svislé reakce



V posledním kroku bylo ověřeno, zda u pilot nedochází k tahovému namáhání při následující kombinaci zatížení:

$$\text{stálé} * 0,9 + \text{ostatní stálé} * 0,5 + \text{voda} * 1,0 + \text{vítr} * 1,5$$

Koeficient 0,5 u ostatního stálého zatížení je menší než jedna z důvodu, že působí ve prospěch svislých reakcí v pilotách a také proto, že toto zatížení může být menší, než bylo pro návrh uvažováno.

Z obrázku je patrné, že u rozhodující kombinace zatížení nedochází k tahovému namáhání pilot a veškeré piloty jsou tlačeny.



Návrh piloty P1

Dock in Two
 Pilota P1

Posouzení piloty

Vstupní data

Projekt

Akce : Dock in Two
 Část : Pilota P1
 Datum : 02.12.2019

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
 Součinitele EN 1992-1-1 : standardní
 Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1 (EC3)
 Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu : $\gamma_{M0} = 1,00$
 Dřevěné konstrukce : EN 1995-1-1 (EC5)
 Dílčí součinitel vlastností dřeva : $\gamma_M = 1,30$
 Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti (dřevo) : $k_{mod} = 0,50$
 Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo) : $k_{cr} = 0,67$

Piloty

Výpočet pro odvozené podmínky : ČSN 73 1002
 Zatěžovací křivka : nelineární (Masopust)
 Vodorovná únosnost : pružný poloprostor
 Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
 Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$\gamma_s =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce odporu na patě :	$\gamma_b =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty :	$\gamma_{st} =$	1,15 [-]	

Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	ν [-]
1	Třída S4		29,00	5,00	18,00	0,30
2	Hlína, suť		21,00	12,00	20,00	0,40
3	Třída F4, konzistence tuhá		24,50	14,00	18,50	0,35
4	Třída G3, ulehlá		35,50	0,00	19,00	0,25
5	Břidlice		30,00	60,00	21,00	0,20

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

! Pouze pro nekomerční využití **!**



Číslo	Název	Vzorek	E_{oed} [MPa]	E_{def} [MPa]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	Třída S4		-	10,00	18,00	-	-
2	Hlína, suť		-	5,00	21,00	-	-
3	Třída F4, konzistence tuhá		-	6,00	18,50	-	-
4	Třída G3, ulehlá		-	100,00	21,00	-	-
5	Břidlice		-	300,00	22,00	-	-

Parametry zemín pro výpočet modulu reakce podloží

Číslo	Název	Vzorek	Typ zeminy	n_h [MN/m ³]
1	Třída S4		soudržná	-
2	Hlína, suť		soudržná	-
3	Třída F4, konzistence tuhá		soudržná	-
4	Třída G3, ulehlá		soudržná	-
5	Břidlice		soudržná	-

Parametry zemín

Třída S4

Objemová tíha : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 29,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,30$
 Modul přetvárnosti : $E_{def} = 10,00 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 18,00 \text{ kN/m}^3$
 Typ zeminy : soudržná

Hlína, suť

Objemová tíha : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 21,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,40$
 Modul přetvárnosti : $E_{def} = 5,00 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Typ zeminy : soudržná

Třída F4, konzistence tuhá

Objemová tíha : $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 24,50^\circ$



Pouze pro nekomerční využití





Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 14,00$ kPa
Poissonovo číslo : $\nu = 0,35$
Modul přetvárnosti : $E_{def} = 6,00$ MPa
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 18,50$ kN/m³
Typ zeminy : soudržná

Třída G3, ulehlá

Objemová tíha : $\gamma = 19,00$ kN/m³
Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 35,50^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00$ kPa
Poissonovo číslo : $\nu = 0,25$
Modul přetvárnosti : $E_{def} = 100,00$ MPa
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00$ kN/m³
Typ zeminy : soudržná

Břidlice

Objemová tíha : $\gamma = 21,00$ kN/m³
Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 30,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 60,00$ kPa
Poissonovo číslo : $\nu = 0,20$
Modul přetvárnosti : $E_{def} = 300,00$ MPa
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 22,00$ kN/m³
Typ zeminy : soudržná

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr $d = 1,20$ m

Délka $l = 13,00$ m

Spočtené průřezové charakteristiky

Plocha $A = 1,13E+00$ m²

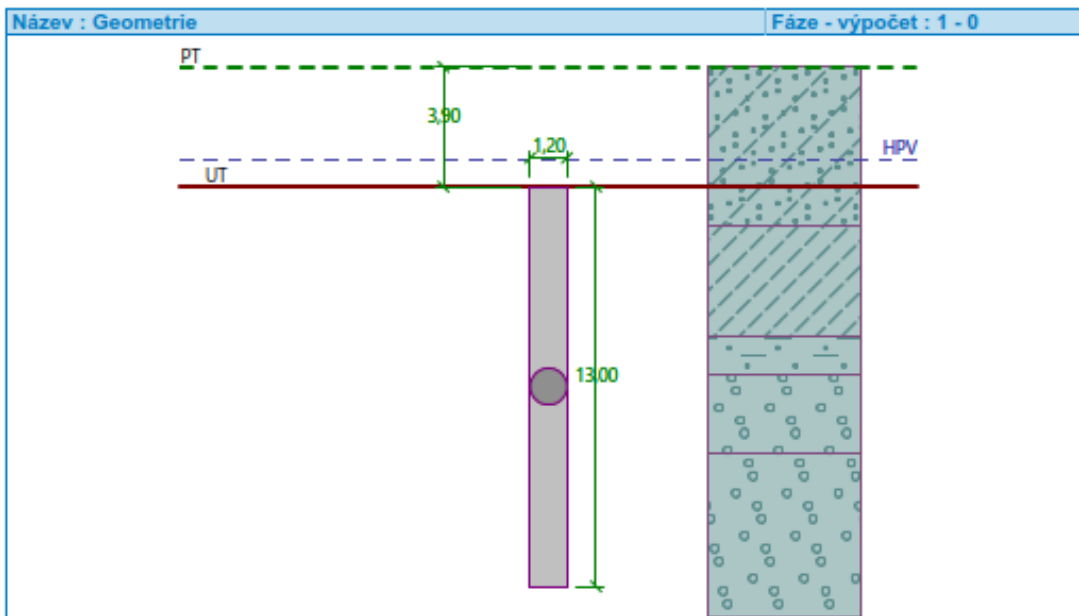
Moment setrvačnosti $I = 1,02E-01$ m⁴

Umístění

Vysazení $h = 0,00$ m

Hloubka upraveného terénu $h_z = 3,90$ m

Typ technologie: Vrtané piloty



Modul reakce podloží uvažován podle ČSN 731004.

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton : C 25/30

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 25,00 \text{ MPa}$
 Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,60 \text{ MPa}$
 Modul pružnosti $E_{cm} = 31000,00 \text{ MPa}$
 Modul pružnosti ve smyku $G = 12917,00 \text{ MPa}$

Ocel podélná : B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

Ocel příčná: B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	5,20	0,00 .. 5,20	Třída S4	
2	3,60	5,20 .. 8,80	Hlína, suť	
3	1,20	8,80 .. 10,00	Třída F4, konzistence tuhá	
4	2,60	10,00 .. 12,60	Třída G3, ulehlá	



Pouze pro nekomerční využití



4



Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přifazená zemina	Vzorek
5	-	12,60 .. ∞	Břidlice	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		MSÚ	Návrhové	7312,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Ano		MSP	Užitné	4042,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 3,00 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení
 Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá
 Metodika posouzení : bez redukce vstupních dat

Posouzení čís. 1

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:
 Součinitel únosnosti $N_c = 30,14$
 Součinitel únosnosti $N_d = 18,40$
 Součinitel únosnosti $N_b = 15,07$
 Součinitel únosnosti $K_1 = 1,00$
 Výpočtová únosnost na patě piloty $R_{bd} = 6121,28 \text{ kPa}$
 Plocha příčného řezu piloty $A_p = 1,13E+00 \text{ m}^2$

Únosnost na plášti piloty:
 Zkrácení účinné délky piloty $L_p = 2,09 \text{ m}$

Hloubka [m]	Mocnost [m]	φ_d [°]	c_{ud} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{R2} [-]	f_s [kPa]	R_{si} [kN]
1,30	1,30	29,00	5,00	8,00	1,00	7,88	35,12
4,90	3,60	21,00	12,00	11,00	1,00	23,59	291,08
6,10	1,20	24,50	14,00	8,50	1,00	39,11	160,85
8,70	2,60	35,50	0,00	11,00	1,00	53,14	473,52
10,91	2,21	30,00	60,00	12,00	1,00	118,92	900,32

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - výsledky

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnejpříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení tlačené piloty:
 Nejnejpříznivější zatěžovací stav číslo 1. (MSÚ)

Únosnost piloty na plášti $R_s = 1860,88 \text{ kN}$
 Únosnost piloty v patě $R_b = 6293,64 \text{ kN}$



Únosnost piloty $R_c = 8154,53 \text{ kN}$
 Extrémní svislá síla $V_d = 7312,00 \text{ kN}$

$R_c = 8154,53 \text{ kN} > 7312,00 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Posouzení čís. 1

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_s [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0,00	1,30	1,30	13,00	62,00	16,00
2	1,30	4,90	3,60	23,00	97,00	108,00
3	4,90	6,10	1,20	20,00	91,00	48,00
4	6,10	8,70	2,60	70,00	154,00	115,00
5	8,70	13,00	4,30	121,00	169,00	139,00

Uvažovat zatížení : užité
 Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1,00$
 Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25,0 \text{ mm}$
 Regresní součinitel $e = 1616,00$
 Regresní součinitel $f = 1155,00$

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Mezní síla na plášti piloty $R_{sy} = 3562,67 \text{ kN}$
 Velikost napětí na patě při R_{sy} $q_0 = 1509,38 \text{ kPa}$
 Průměrné plášťové tření $q_s = 103,85 \text{ kPa}$
 Průměrný sečnový modul deformace $E_s = 63,54 \text{ MPa}$
 Součinitel přenosu zatížení do paty $\beta = 0,25$

Příčinkové součinitele sedání :
 Základní - závislý na poměru l/d $I_0 = 0,14$
 Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,17$
 Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Body zatěžovací křivky

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0,0	0,00
2,5	2342,64
5,0	3312,99
7,5	4057,57
10,0	4685,27
12,5	5011,28
15,0	5301,00
17,5	5590,72
20,0	5880,44
22,5	6170,16
25,0	6459,88



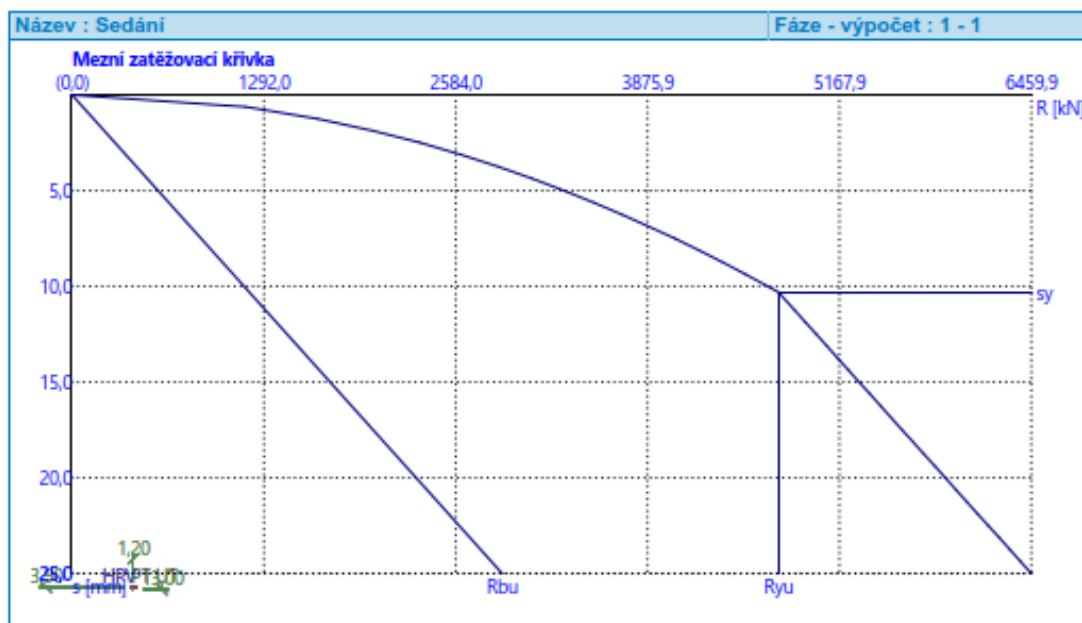


Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace pláště.tření $R_{yu} = 4757,62 \text{ kN}$
 Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 10,3 \text{ mm}$

Únosnosti odpovídající sednutí 25,0 mm :
 Únosnost paty $R_{bu} = 2897,22 \text{ kN}$
 Celková únosnost $R_c = 6459,88 \text{ kN}$

Pro zatížení $Q = 4042,00 \text{ kN}$ je sednutí piloty 7,4 mm





Návrh piloty P 2

Dock in Two
 Pilota P2

Posouzení piloty

Vstupní data

Projekt

Akce : Dock in Two
 Část : Pilota P2
 Datum : 02.12.2019

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
 Součinitele EN 1992-1-1 : standardní
 Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1 (EC3)
 Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu : $\gamma_{M0} = 1,00$
 Dřevěné konstrukce : EN 1995-1-1 (EC5)
 Dílčí součinitel vlastností dřeva : $\gamma_M = 1,30$
 Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti (dřevo) : $k_{mod} = 0,50$
 Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo) : $k_{cr} = 0,67$

Piloty

Výpočet pro odvodněné podmínky : ČSN 73 1002
 Zatěžovací křivka : nelineární (Masopust)
 Vodorovná únosnost : pružný poloprostor
 Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
 Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$\gamma_s =$		1,10 [-]
Součinitel redukce odporu na patě :	$\gamma_b =$		1,10 [-]
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty :	$\gamma_{st} =$		1,15 [-]

Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	ν [-]
1	Třída S4		29,00	5,00	18,00	0,30
2	Hlína, suť		21,00	12,00	20,00	0,40
3	Třída F4, konzistence tuhá		24,50	14,00	18,50	0,35
4	Třída G3, ulehlá		35,50	0,00	19,00	0,25
5	Břidlice		30,00	60,00	21,00	0,20

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

! Pouze pro nekomerční využití **!**

1



Číslo	Název	Vzorek	E_{oed} [MPa]	E_{def} [MPa]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	Třída S4		-	10,00	18,00	-	-
2	Hlína, suť		-	5,00	21,00	-	-
3	Třída F4, konzistence tuhá		-	6,00	18,50	-	-
4	Třída G3, ulehlá		-	100,00	21,00	-	-
5	Břidlice		-	300,00	22,00	-	-

Parametry zemín pro výpočet modulu reakce podloží

Číslo	Název	Vzorek	Typ zeminy	n_h [MN/m ³]
1	Třída S4		soudržná	-
2	Hlína, suť		soudržná	-
3	Třída F4, konzistence tuhá		soudržná	-
4	Třída G3, ulehlá		soudržná	-
5	Břidlice		soudržná	-

Parametry zemín

Třída S4

Objemová tíha : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 29,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,30$
 Modul přetvárnosti : $E_{def} = 10,00 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 18,00 \text{ kN/m}^3$
 Typ zeminy : soudržná

Hlína, suť

Objemová tíha : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 21,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,40$
 Modul přetvárnosti : $E_{def} = 5,00 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Typ zeminy : soudržná

Třída F4, konzistence tuhá

Objemová tíha : $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 24,50^\circ$



Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 14,00$ kPa
Poissonovo číslo : $\nu = 0,35$
Modul přetvárnosti : $E_{def} = 6,00$ MPa
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 18,50$ kN/m³
Typ zeminy : soudržná

Třída G3, ulehlá

Objemová tíha : $\gamma = 19,00$ kN/m³
Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 35,50$ °
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00$ kPa
Poissonovo číslo : $\nu = 0,25$
Modul přetvárnosti : $E_{def} = 100,00$ MPa
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00$ kN/m³
Typ zeminy : soudržná

Břidlice

Objemová tíha : $\gamma = 21,00$ kN/m³
Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 30,00$ °
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 60,00$ kPa
Poissonovo číslo : $\nu = 0,20$
Modul přetvárnosti : $E_{def} = 300,00$ MPa
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 22,00$ kN/m³
Typ zeminy : soudržná

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr $d = 0,90$ m

Délka $l = 11,50$ m

Spočtené průřezové charakteristiky

Plocha $A = 6,36E-01$ m²

Moment setrvačnosti $I = 3,22E-02$ m⁴

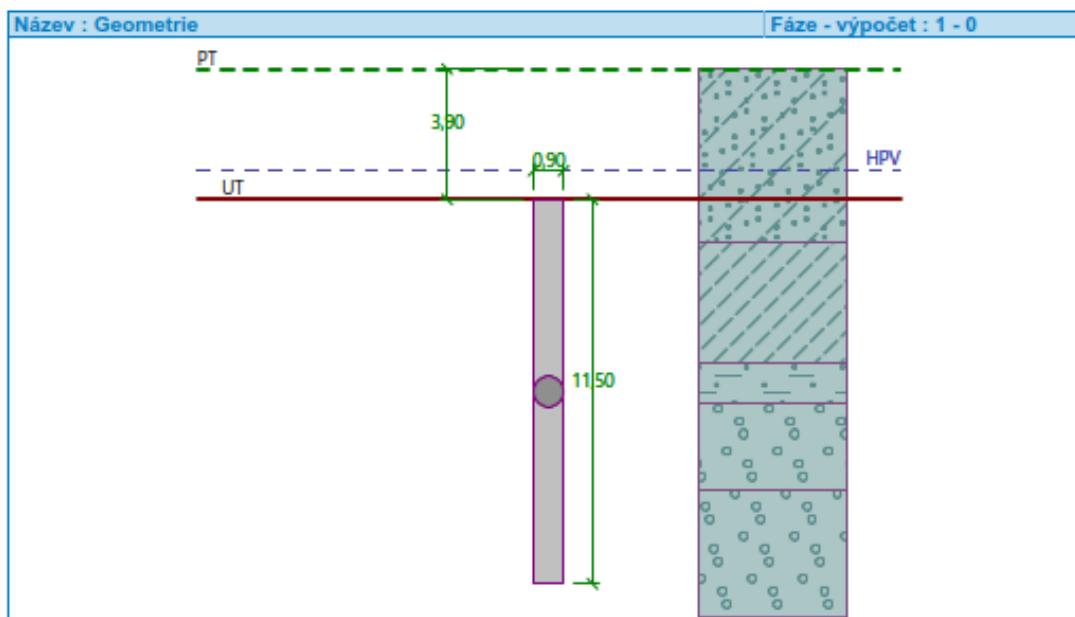
Umístění

Vysazení $h = 0,00$ m

Hloubka upraveného terénu $h_z = 3,90$ m

Typ technologie: Vrtané piloty





Modul reakce podloží uvažován podle ČSN 731004.

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton : C 25/30

Válcová pevnost v tlaku

$$f_{ck} = 25,00 \text{ MPa}$$

Pevnost v tahu

$$f_{ctm} = 2,60 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti

$$E_{cm} = 31000,00 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti ve smyku

$$G = 12917,00 \text{ MPa}$$

Ocel podélná : B500

Mez kluzu

$$f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$$

Ocel příčná : B500

Mez kluzu

$$f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$$

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	5,20	0,00 .. 5,20	Třída S4	
2	3,60	5,20 .. 8,80	Hlína, suť	
3	1,20	8,80 .. 10,00	Třída F4, konzistence tuhá	
4	2,60	10,00 .. 12,60	Třída G3, ulehlá	

Pouze pro nekomerční využití



Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přifazená zemina	Vzorek
5	-	12,60 .. ∞	Břidlice	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		MSÚ	Návrhové	4305,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Ano		MSP	Užitné	2217,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 3,00 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení
 Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá
 Metodika posouzení : bez redukce vstupních dat

Posouzení čís. 1

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - mezivýsledek

Výpočet únosnosti v patě:

Součinitel únosnosti $N_c = 30,14$
 Součinitel únosnosti $N_d = 18,40$
 Součinitel únosnosti $N_b = 15,07$
 Součinitel únosnosti $K_1 = 1,00$
 Výpočtová únosnost na patě piloty $R_{bd} = 5605,46$ kPa
 Plocha příčného řezu piloty $A_p = 6,36E-01$ m²

Únosnost na plášti piloty:
 Zkrácení účinné délky piloty $L_p = 1,57$ m

Hloubka [m]	Mocnost [m]	φ_d [°]	c_{ud} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{R2} [-]	f_s [kPa]	R_{si} [kN]
1,30	1,30	29,00	5,00	8,00	1,00	7,88	26,34
4,90	3,60	21,00	12,00	11,00	1,00	23,59	218,31
6,10	1,20	24,50	14,00	8,50	1,00	39,11	120,64
8,70	2,60	35,50	0,00	11,00	1,00	53,14	355,14
9,93	1,23	30,00	60,00	12,00	1,00	115,54	365,80

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - výsledek

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnejpříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení tlačené piloty:
 Nejnejpříznivější zatěžovací stav číslo 1. (MSÚ)

Únosnost piloty na plášti $R_s = 1086,22$ kN
 Únosnost piloty v patě $R_b = 3241,86$ kN



Únosnost piloty $R_c = 4328,08 \text{ kN}$
 Extrémní svislá síla $V_d = 4305,00 \text{ kN}$

$R_c = 4328,08 \text{ kN} > 4305,00 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Posouzení čís. 1

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_s [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0,00	1,30	1,30	13,00	62,00	16,00
2	1,30	4,90	3,60	20,00	67,00	95,00
3	4,90	6,10	1,20	15,00	81,00	43,00
4	6,10	8,70	2,60	50,00	121,00	98,00
5	8,70	11,50	2,80	110,00	154,00	105,00

Uvažovat zatížení : užité

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1,00$

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25,0 \text{ mm}$

Regresní součinitel $e = 1616,00$

Regresní součinitel $f = 1155,00$

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Mezní síla na plášti piloty $R_{sy} = 1921,96 \text{ kN}$
 Velikost napětí na patě při R_{sy} $q_0 = 1525,61 \text{ kPa}$
 Průměrné plášťové tření $q_s = 84,44 \text{ kPa}$
 Průměrný sečnový modul deformace $E_s = 47,38 \text{ MPa}$
 Součinitel přenosu zatížení do paty $\beta = 0,26$

Příčinkové součinitele sedání :

Základní - závislý na poměru l/d $l_0 = 0,12$

Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,15$

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Body zatěžovací křivky

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0,0	0,00
2,5	1402,03
5,0	1982,77
7,5	2428,39
10,0	2711,36
12,5	2908,70
15,0	3106,05
17,5	3303,40
20,0	3500,75
22,5	3698,10
25,0	3895,45



Pouze pro nekomerční využití



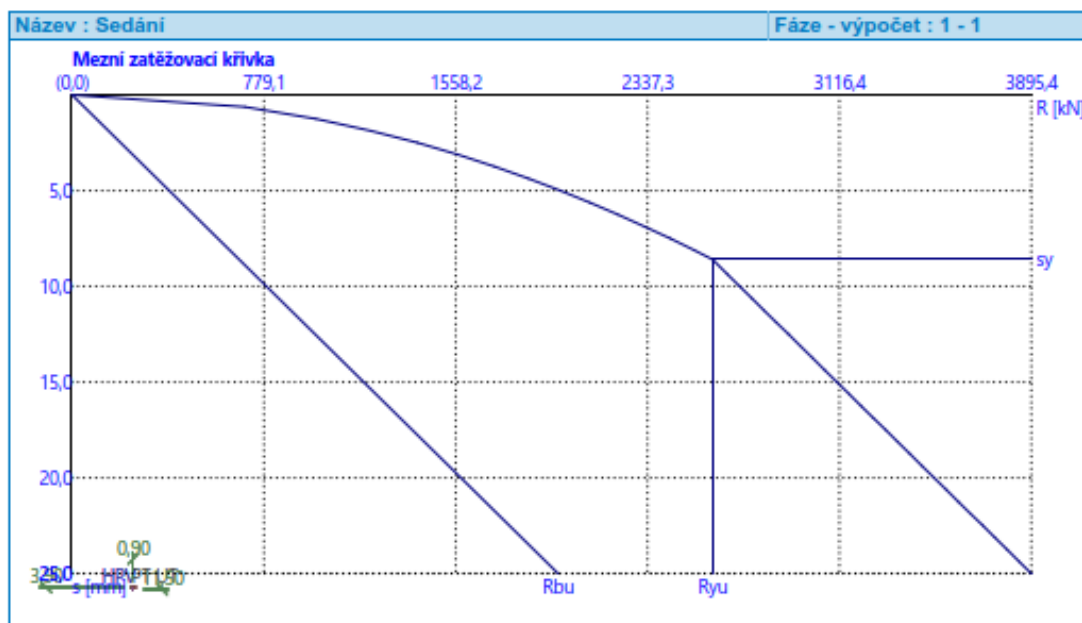


Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace pláště.tření $R_{yu} = 2601,35 \text{ kN}$
 Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 8,6 \text{ mm}$

Únosnosti odpovídající sednutí 25,0 mm :
 Únosnost paty $R_{bu} = 1973,48 \text{ kN}$
 Celková únosnost $R_c = 3895,45 \text{ kN}$

Pro zatížení $Q = 2217,00 \text{ kN}$ je sednutí piloty 6,3 mm





Návrh piloty P3

Dock in Two
 Pilota P3

Posouzení piloty

Vstupní data

Projekt

Akce : Dock in Two
 Část : Pilota P3
 Datum : 02.12.2019

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
 Součinitele EN 1992-1-1 : standardní
 Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1 (EC3)
 Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu : $\gamma_{M0} = 1,00$
 Dřevěné konstrukce : EN 1995-1-1 (EC5)
 Dílčí součinitel vlastností dřeva : $\gamma_M = 1,30$
 Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti (dřevo) : $k_{mod} = 0,50$
 Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo) : $k_{cr} = 0,67$

Piloty

Výpočet pro odvodněné podmínky : ČSN 73 1002
 Zatěžovací křivka : nelineární (Masopust)
 Vodorovná únosnost : pružný poloprostor
 Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
 Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$\gamma_s =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce odporu na patě :	$\gamma_b =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty :	$\gamma_{st} =$	1,15 [-]	

Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	ν [-]
1	Třída S4		29,00	5,00	18,00	0,30
2	Hlína, suť		21,00	12,00	20,00	0,40
3	Třída F4, konzistence tuhá		24,50	14,00	18,50	0,35
4	Třída G3, ulehlá		35,50	0,00	19,00	0,25
5	Břidlice		30,00	60,00	21,00	0,20

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

! Pouze pro nekomerční využití **!**



Číslo	Název	Vzorek	E_{oed} [MPa]	E_{def} [MPa]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	Třída S4		-	10,00	18,00	-	-
2	Hlína, suť		-	5,00	21,00	-	-
3	Třída F4, konzistence tuhá		-	6,00	18,50	-	-
4	Třída G3, ulehlá		-	100,00	21,00	-	-
5	Břidlice		-	300,00	22,00	-	-

Parametry zemín pro výpočet modulu reakce podloží

Číslo	Název	Vzorek	Typ zeminy	n_h [MN/m ³]
1	Třída S4		soudržná	-
2	Hlína, suť		soudržná	-
3	Třída F4, konzistence tuhá		soudržná	-
4	Třída G3, ulehlá		soudržná	-
5	Břidlice		soudržná	-

Parametry zemín

Třída S4

Objemová tíha : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 29,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,30$
 Modul přetvárnosti : $E_{def} = 10,00 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 18,00 \text{ kN/m}^3$
 Typ zeminy : soudržná

Hlína, suť

Objemová tíha : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 21,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,40$
 Modul přetvárnosti : $E_{def} = 5,00 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Typ zeminy : soudržná

Třída F4, konzistence tuhá

Objemová tíha : $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 24,50^\circ$



Pouze pro nekomerční využití





Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 14,00$ kPa
Poissonovo číslo : $\nu = 0,35$
Modul přetvárnosti : $E_{def} = 6,00$ MPa
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 18,50$ kN/m³
Typ zeminy : soudržná

Třída G3, ulehlá

Objemová tíha : $\gamma = 19,00$ kN/m³
Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 35,50$ °
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00$ kPa
Poissonovo číslo : $\nu = 0,25$
Modul přetvárnosti : $E_{def} = 100,00$ MPa
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00$ kN/m³
Typ zeminy : soudržná

Břidlice

Objemová tíha : $\gamma = 21,00$ kN/m³
Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 30,00$ °
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 60,00$ kPa
Poissonovo číslo : $\nu = 0,20$
Modul přetvárnosti : $E_{def} = 300,00$ MPa
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 22,00$ kN/m³
Typ zeminy : soudržná

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr $d = 0,60$ m
Délka $l = 10,50$ m

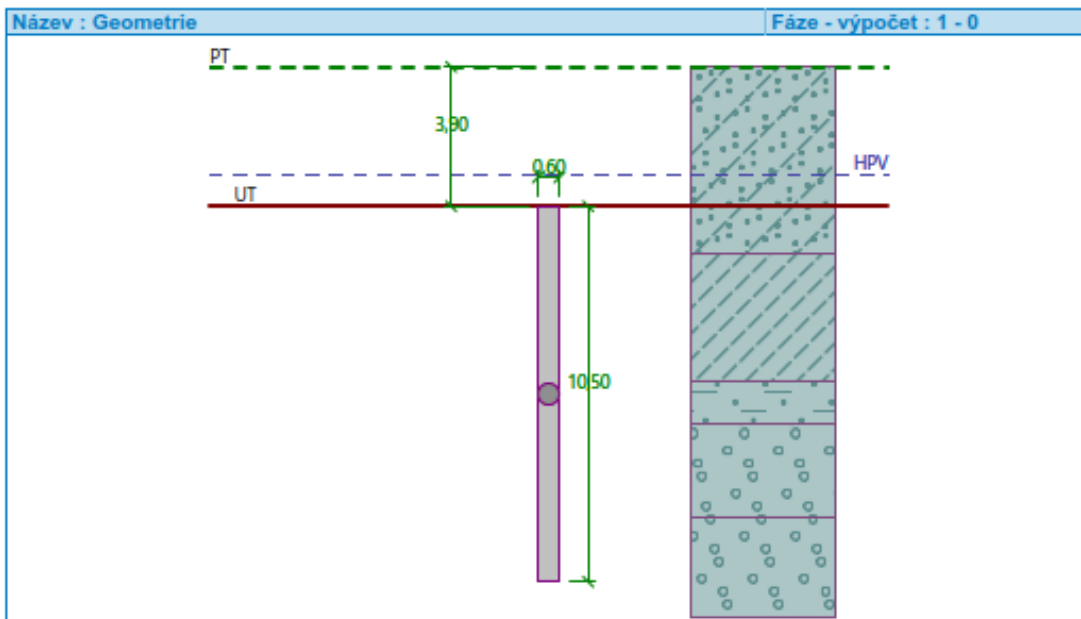
Spočtené průřezové charakteristiky

Plocha $A = 2,83E-01$ m²
Moment setrvačnosti $I = 6,36E-03$ m⁴

Umístění

Vysazení $h = 0,00$ m
Hloubka upraveného terénu $h_z = 3,90$ m

Typ technologie: Vrtané piloty



Modul reakce podloží uvažován podle ČSN 731004.

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton : C 25/30

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 25,00 \text{ MPa}$
 Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,60 \text{ MPa}$
 Modul pružnosti $E_{cm} = 31000,00 \text{ MPa}$
 Modul pružnosti ve smyku $G = 12917,00 \text{ MPa}$

Ocel podélná : B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

Ocel příčná : B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	5,20	0,00 .. 5,20	Třída S4	
2	3,60	5,20 .. 8,80	Hlína, suť	
3	1,20	8,80 .. 10,00	Třída F4, konzistence tuhá	
4	2,60	10,00 .. 12,60	Třída G3, ulehlá	



Pouze pro nekomerční využití



4



Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přířazená zemina	Vzorek
5	-	12,60 .. ∞	Břidlice	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		MSÚ	Návrhové	1976,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Ano		MSP	Užitné	929,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 3,00 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení
 Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá
 Metodika posouzení : bez redukce vstupních dat

Posouzení čís. 1

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - mezivýsledek

Výpočet únosnosti v patě:

Součinitel únosnosti $N_c = 30,14$
 Součinitel únosnosti $N_d = 18,40$
 Součinitel únosnosti $N_b = 15,07$
 Součinitel únosnosti $K1 = 1,00$
 Výpočtová únosnost na patě piloty $R_{bd} = 5255,25$ kPa
 Plocha příčného řezu piloty $A_p = 2,83E-01$ m²

Únosnost na plášti piloty:
 Zkrácení účinné délky piloty $L_p = 1,05$ m

Hloubka [m]	Mocnost [m]	φ_d [°]	c_{ud} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{R2} [-]	f_s [kPa]	R_{si} [kN]
1,30	1,30	29,00	5,00	8,00	1,00	7,88	17,56
4,90	3,60	21,00	12,00	11,00	1,00	23,59	145,54
6,10	1,20	24,50	14,00	8,50	1,00	39,11	80,42
8,70	2,60	35,50	0,00	11,00	1,00	53,14	236,76
9,45	0,75	30,00	60,00	12,00	1,00	113,88	147,24

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - výsledky

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnejpříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení tlačené piloty:

Nejnejpříznivější zatěžovací stav číslo 1. (MSÚ)

Únosnost piloty na plášti $R_s = 627,52$ kN
 Únosnost piloty v patě $R_b = 1350,81$ kN



Únosnost piloty $R_c = 1978,33$ kN
 Extrémní svislá síla $V_d = 1976,00$ kN

$R_c = 1978,33$ kN > $1976,00$ kN = V_d

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Posouzení čís. 1

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_s [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0,00	1,30	1,30	13,00	62,00	16,00
2	1,30	4,90	3,60	23,00	97,00	108,00
3	4,90	6,10	1,20	20,00	91,00	48,00
4	6,10	8,70	2,60	70,00	154,00	115,00
5	8,70	10,50	1,80	15,00	20,00	20,00

Uvažovat zatížení : užité

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1,00$

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25,0$ mm

Regresní součinitel $e = 1616,00$

Regresní součinitel $f = 1155,00$

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Mezní síla na plášti piloty $R_{sy} = 1119,14$ kN
 Velikost napětí na patě při R_{sy} $q_0 = 1550,00$ kPa
 Průměrné plášťové tření $q_s = 80,78$ kPa
 Průměrný sečnový modul deformace $E_s = 31,69$ MPa
 Součinitel přenosu zatížení do paty $\beta = 0,22$

Příčinkové součinitele sedání :

Základní - závislý na poměru l/d $I_0 = 0,09$

Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,17$

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Body zatěžovací křivky

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0,0	0,00
2,5	790,22
5,0	1117,53
7,5	1368,69
10,0	1496,00
12,5	1590,22
15,0	1684,44
17,5	1778,65
20,0	1872,87
22,5	1967,09
25,0	2061,30

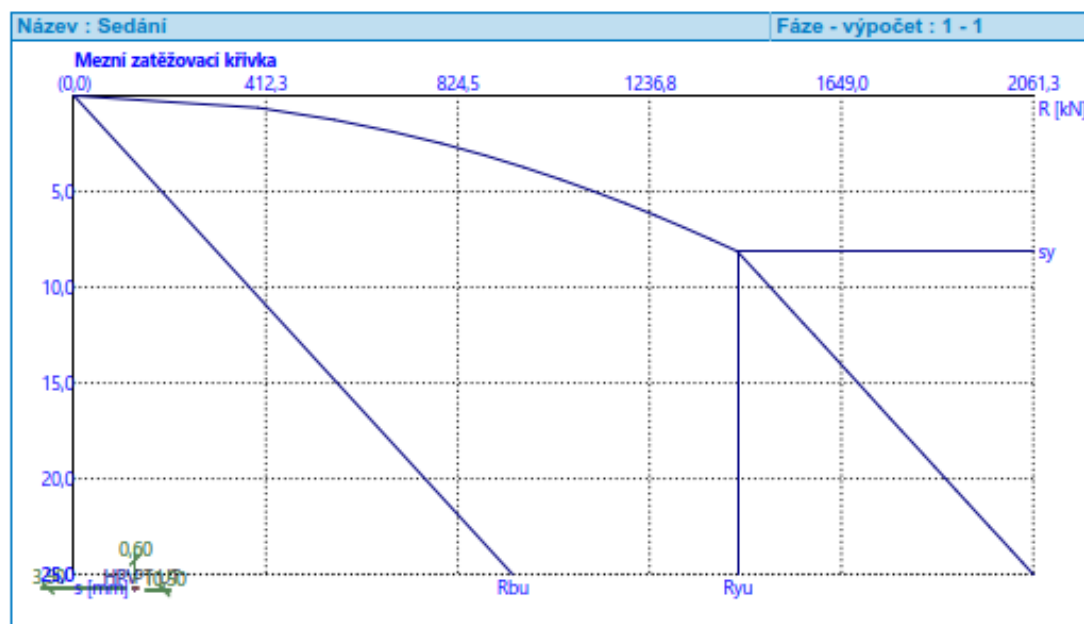


Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace pláště tření $R_{yu} = 1425,91 \text{ kN}$
 Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 8,1 \text{ mm}$

Únosnosti odpovídající sednutí 25,0 mm :
 Únosnost paty $R_{bu} = 942,17 \text{ kN}$
 Celková únosnost $R_c = 2061,30 \text{ kN}$

Pro zatížení $Q = 929,00 \text{ kN}$ je sednutí piloty 3,5 mm

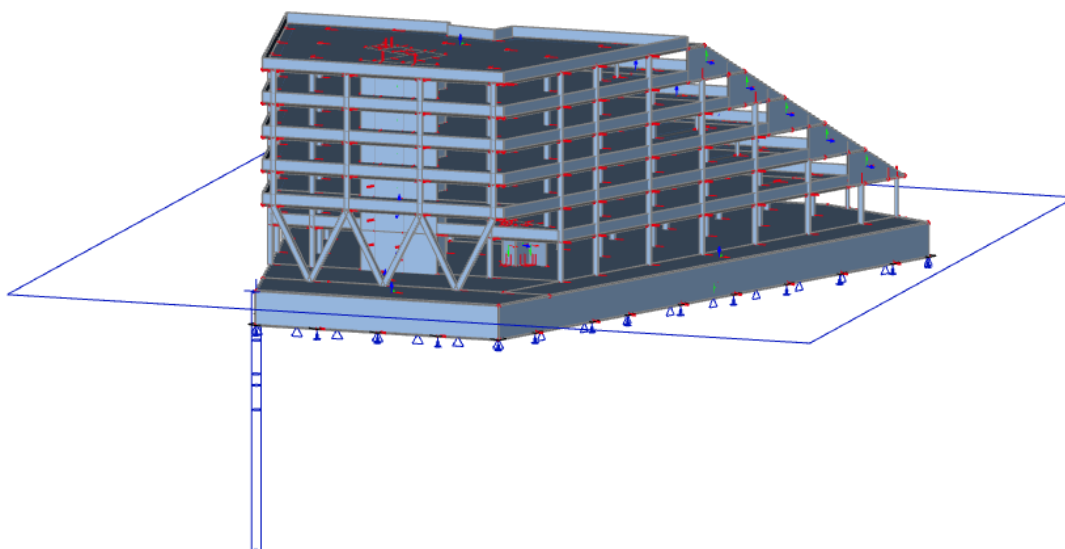




8. Podrobný návrh základové desky

Pro podrobný návrh byl výpočetní model ve Scia Engineer upraven. Pevné bodové podpory pro výpočet sil do pilot byly nahrazeny bodovými podporami se zadanou tuhostí ve svislém směru. U modelu bylo rovněž použito pružné podloží s cílem nasimulovat skutečnou interakci mezi podložím a samotným objektem.

Upravený model ve Scia Engineer



8.1. Zatřídění konstrukce

Bílá vana byla navržena podle Technických pravidel ČBS 04 – Směrnice pro vodonepropustné betonové konstrukce. Před zahájením navrhování je nutné konstrukci zatřídit do třídy namáhání, třídy používání a také se musí určit návrhový princip.

- Třída namáhání:
 - **Třída 1**
 - Podzemní voda v kontaktu s konstrukcí
- Třída užívání
 - **Třída B**
 - Podzemní garáže
 - Vlhké skvrny jsou přípustné

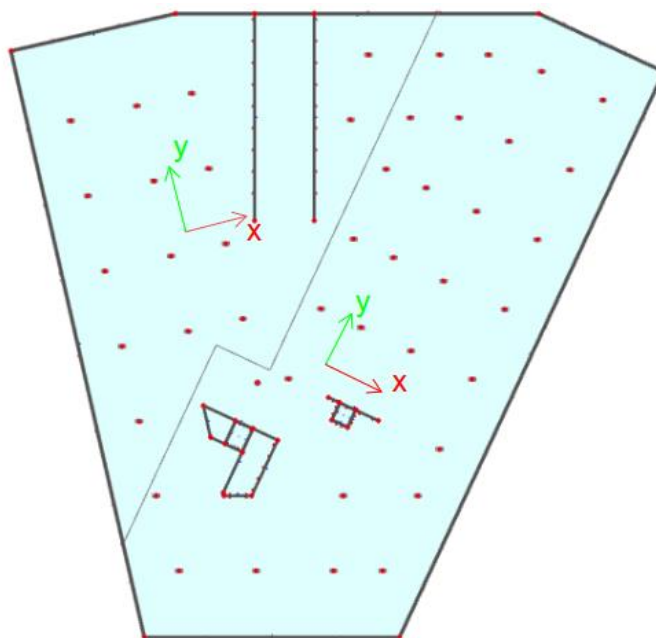
- Návrhový princip
 - Omezení šířky trhlin
 - Přípustné průběžné trhliny v omezené šířce
 - Počítá se samohojením trhlin v betonu
- Maximální dovolená šířka trhliny
 - tlakový spád < 10
 - $w_{k,lim} = 0,20 \text{ mm}$

Platí pro základovou desku i obvodové stěny 1PP.

8.2. Vnitřní síly na základové desce

Výztuž v základové desce se bude pokládat ve dvou ortogonálních systémech. Z tohoto důvodu byla deska v modelu rozdělena na dvě části. Lokální osový systém v každé části je natočen v takovém směru, ve kterém bude pokládána i betonářská výztuž.

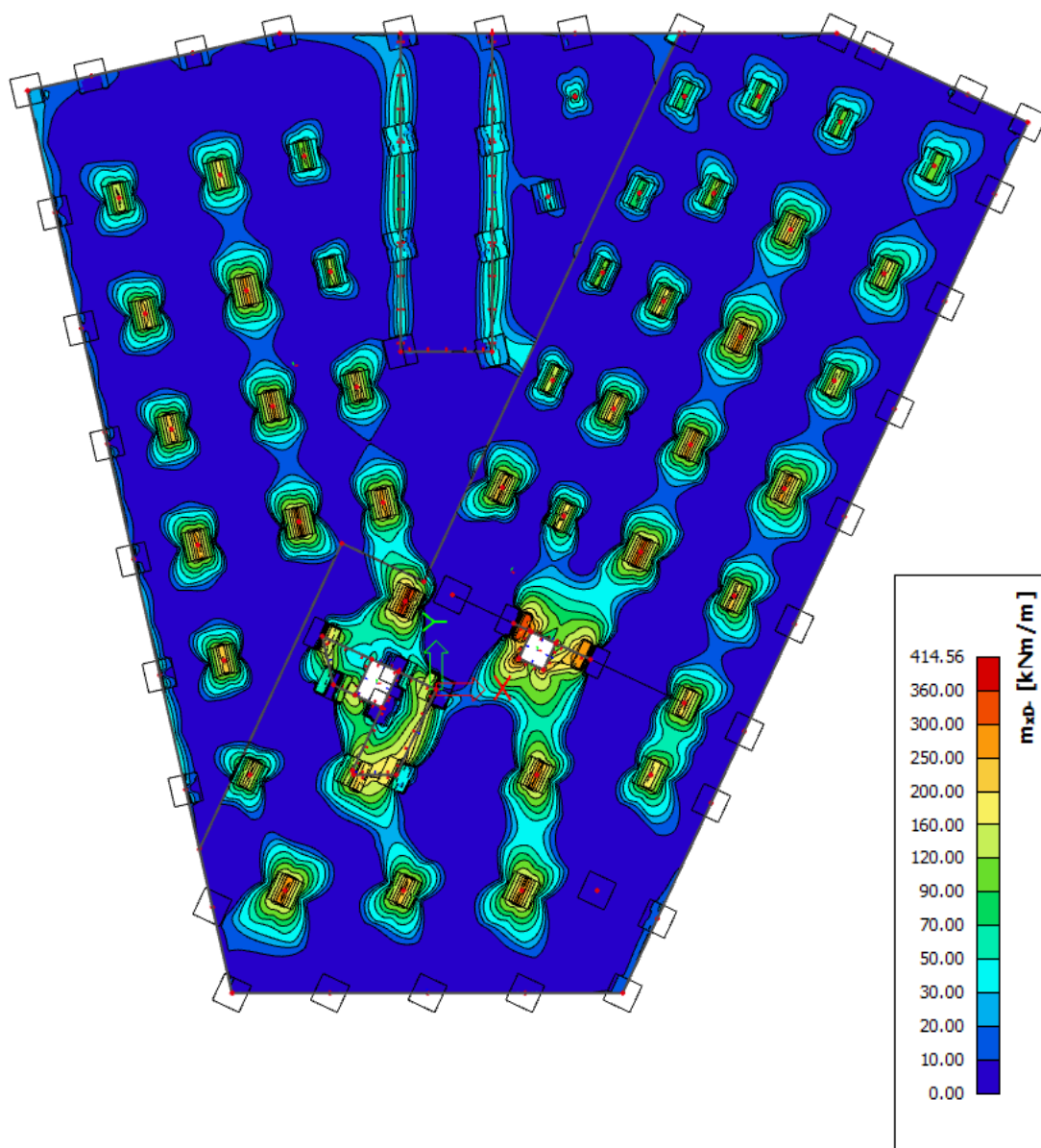
Schéma rozdělení základové desky





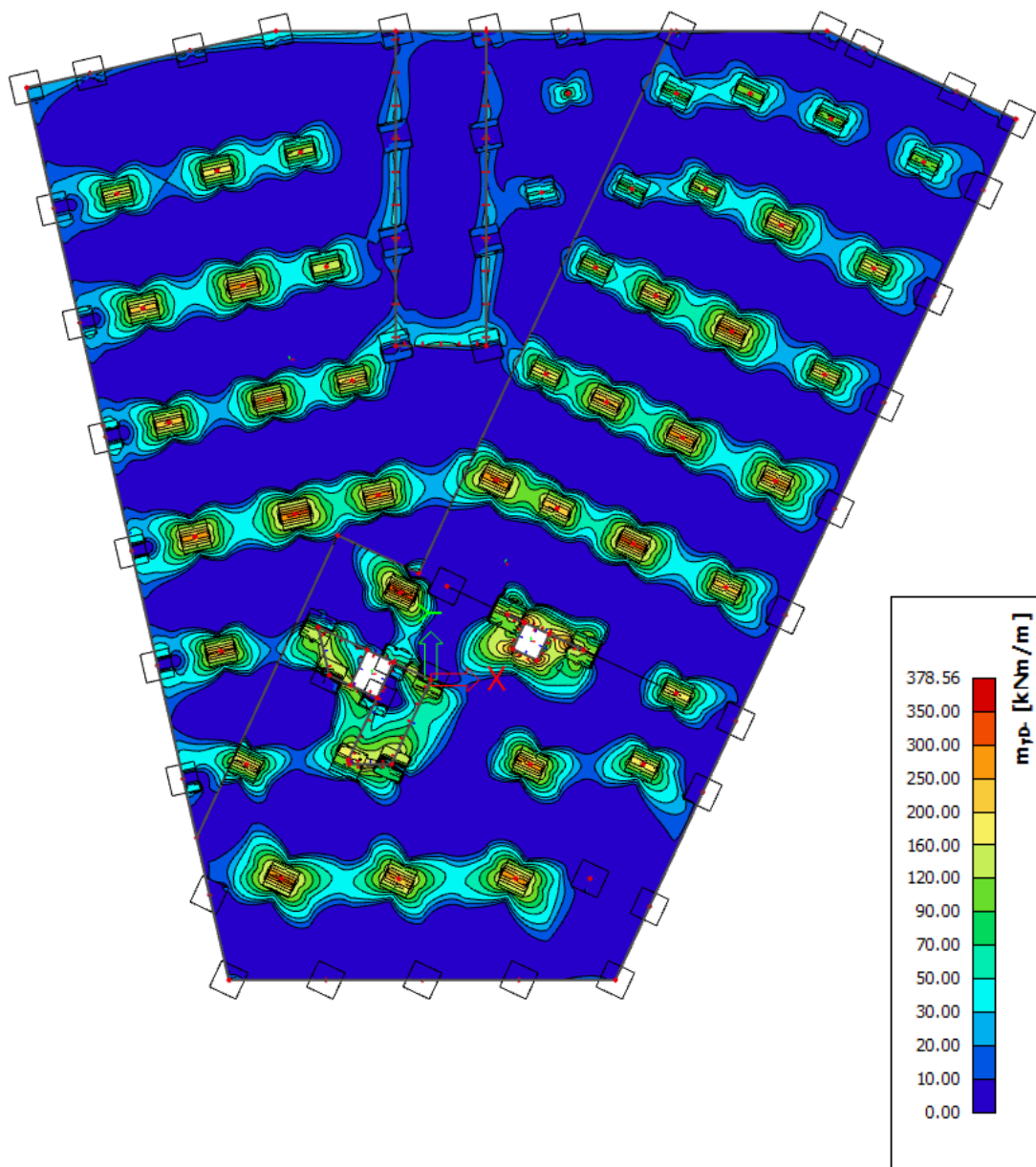
8.2.1. Spodní povrch

Návrhová kombinace zatížení – m_{xd}



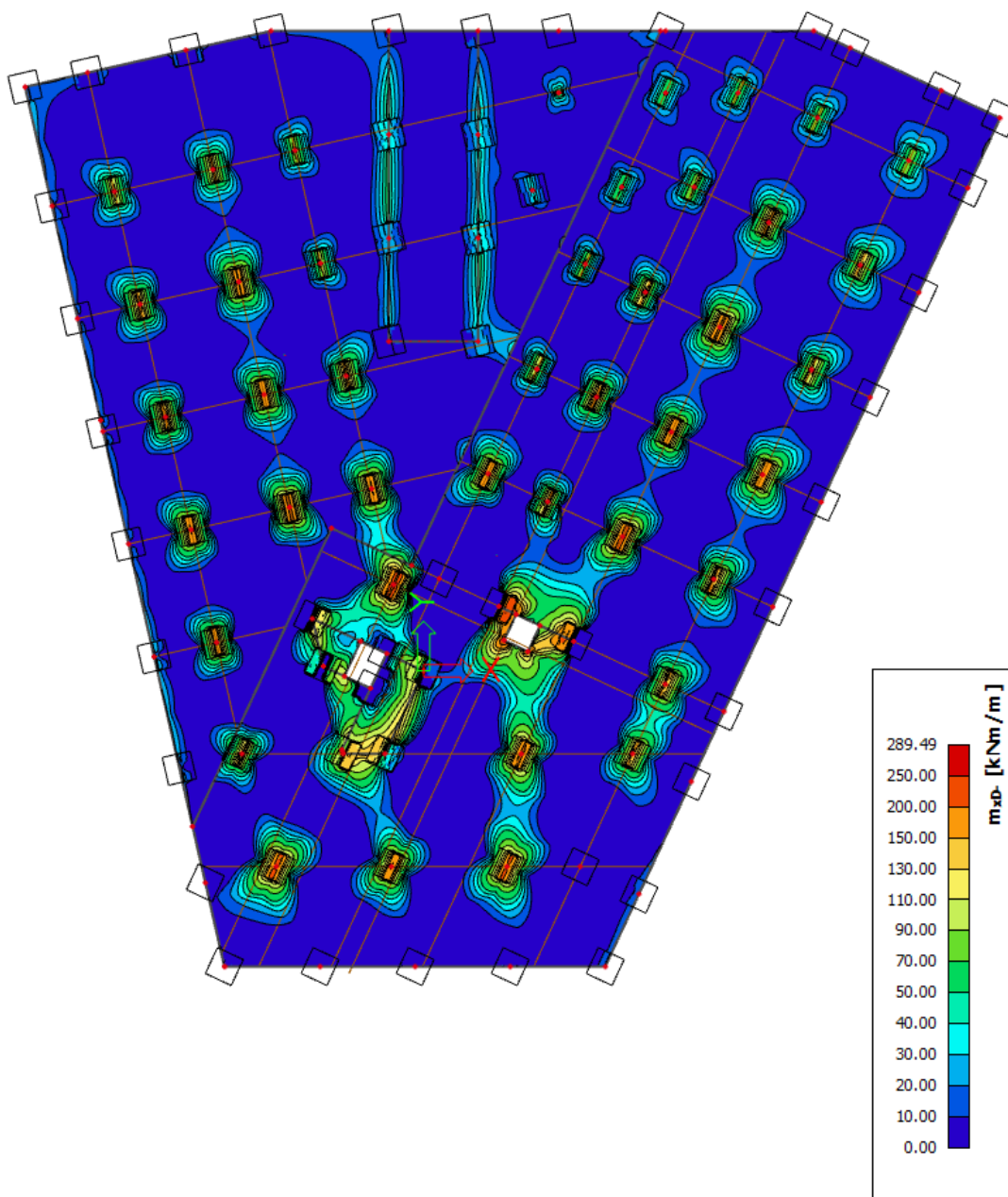


Návrhová kombinace zatížení – m_{yd}



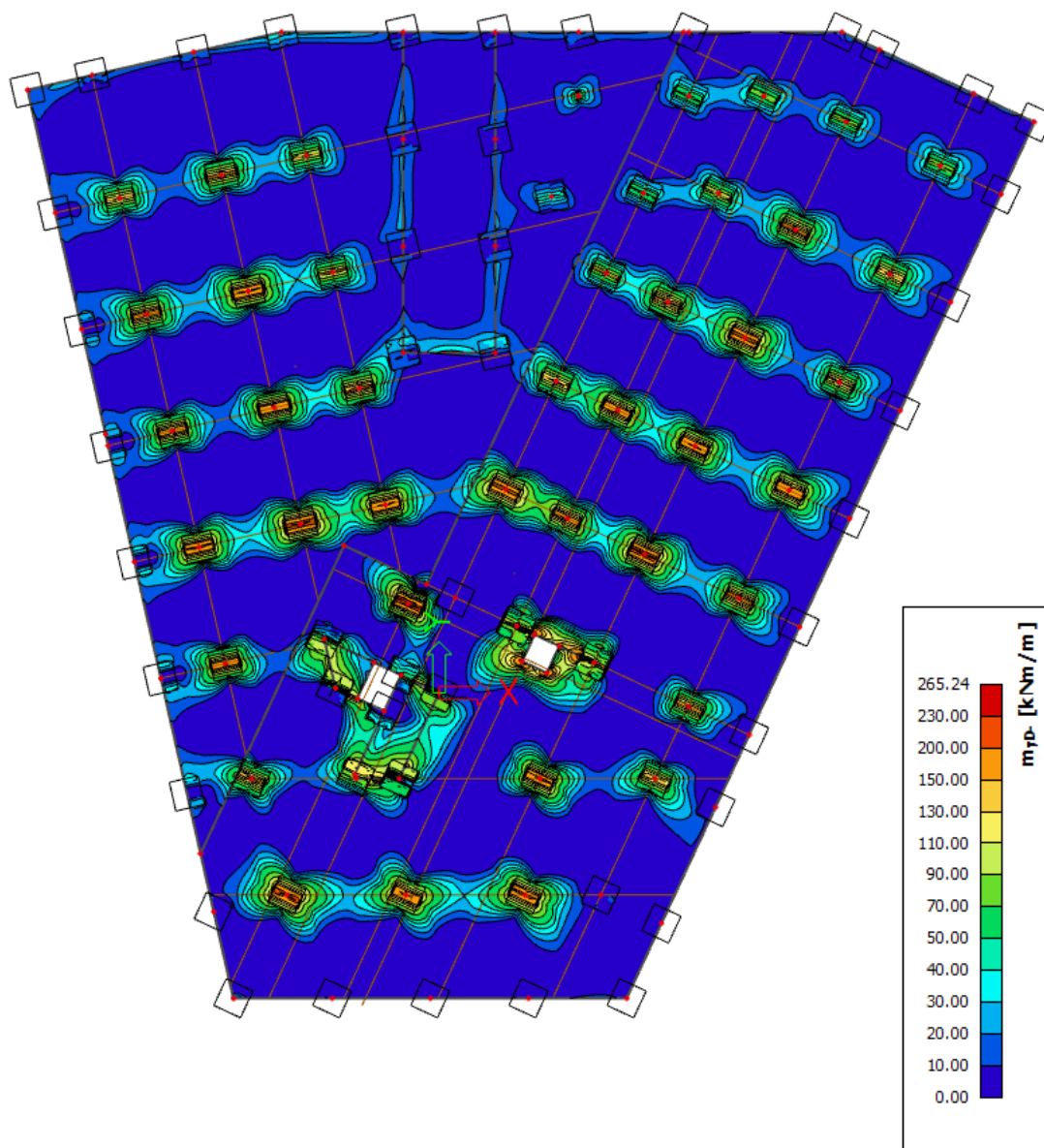


Častá kombinace zatížení – m_{xd}





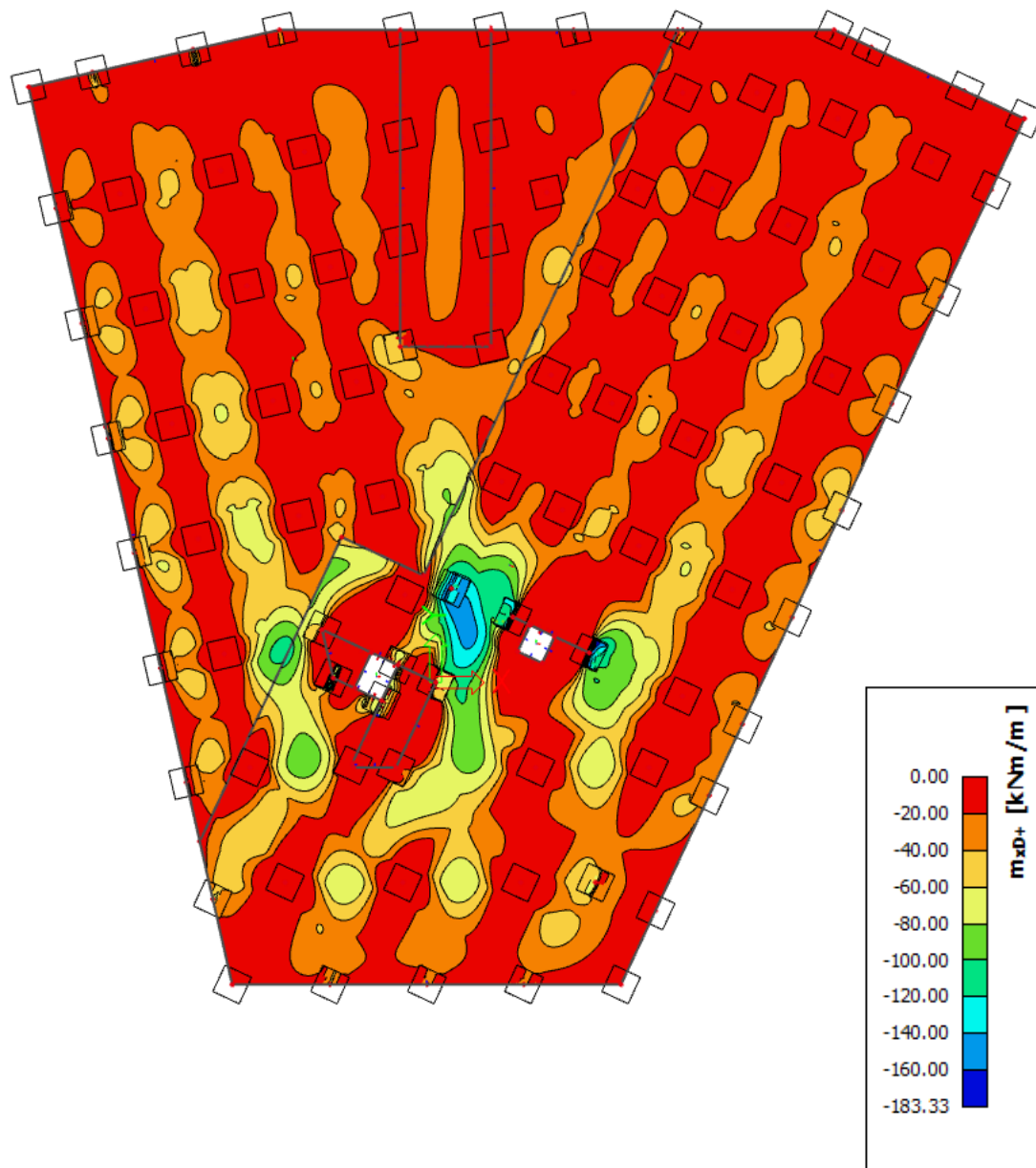
Častá kombinace zatížení – m_{yd}





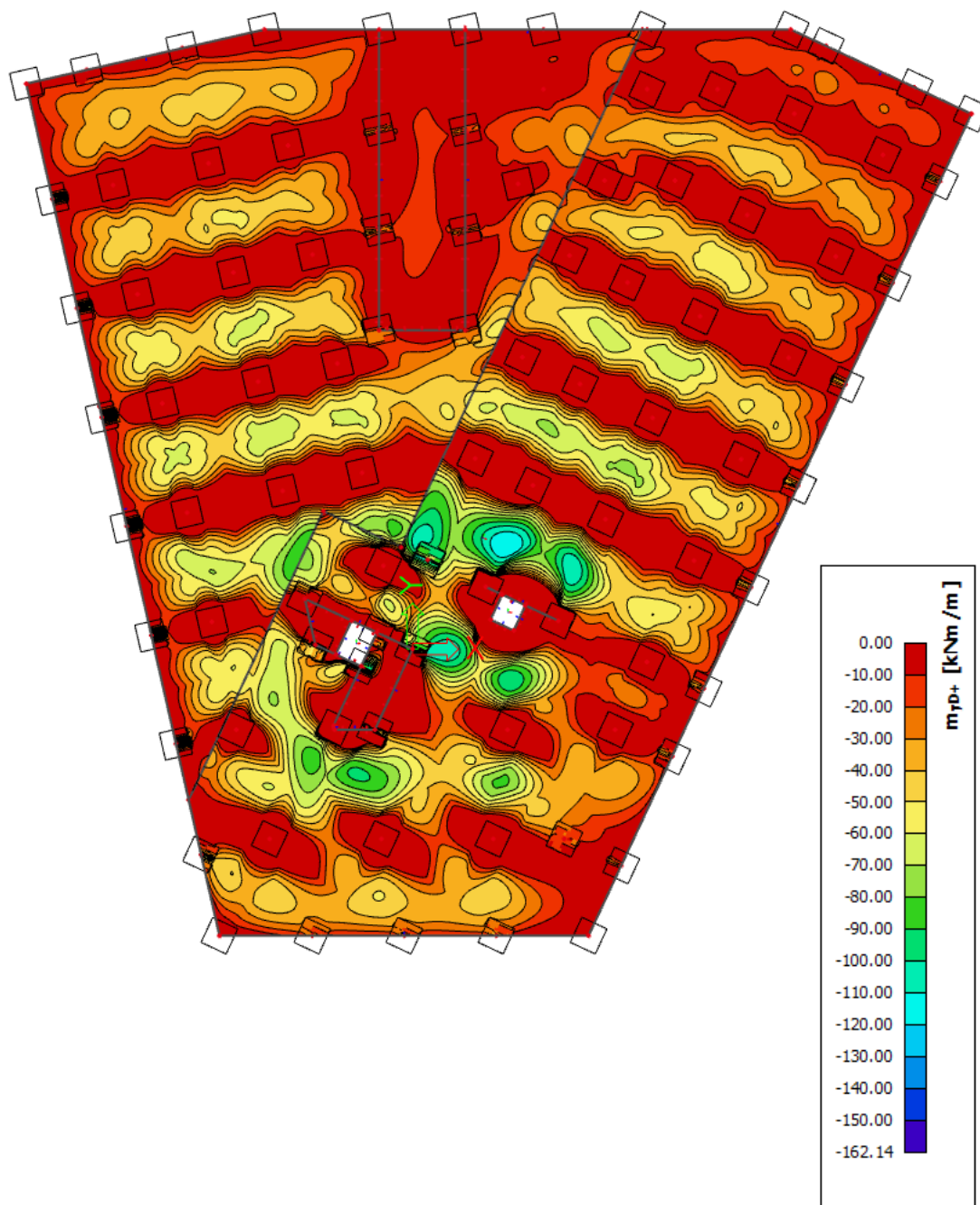
8.2.2. Horní povrch

Návrhová kombinace zatížení – m_{xd+}



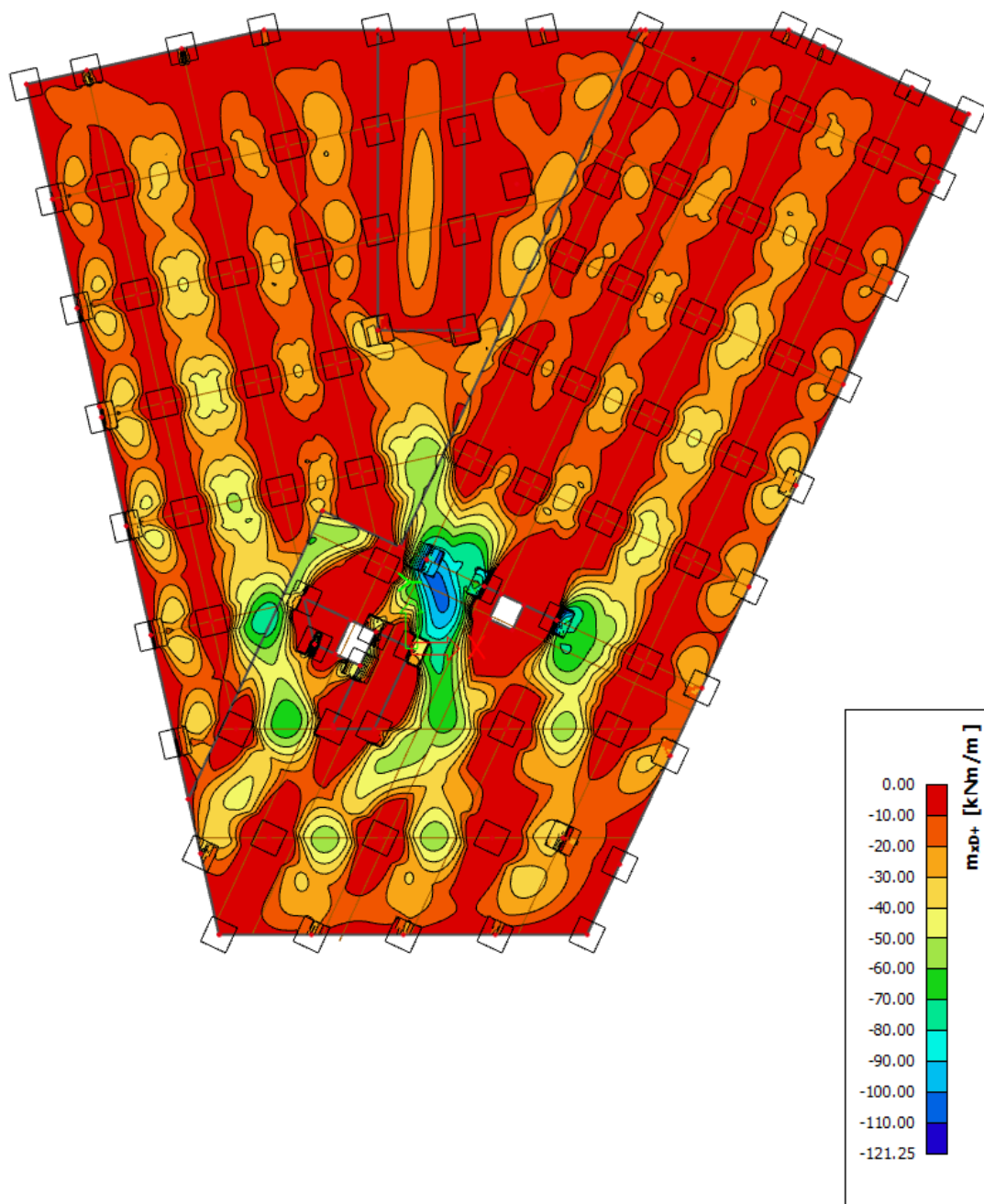


Návrhová kombinace zatížení – m_{yD+}



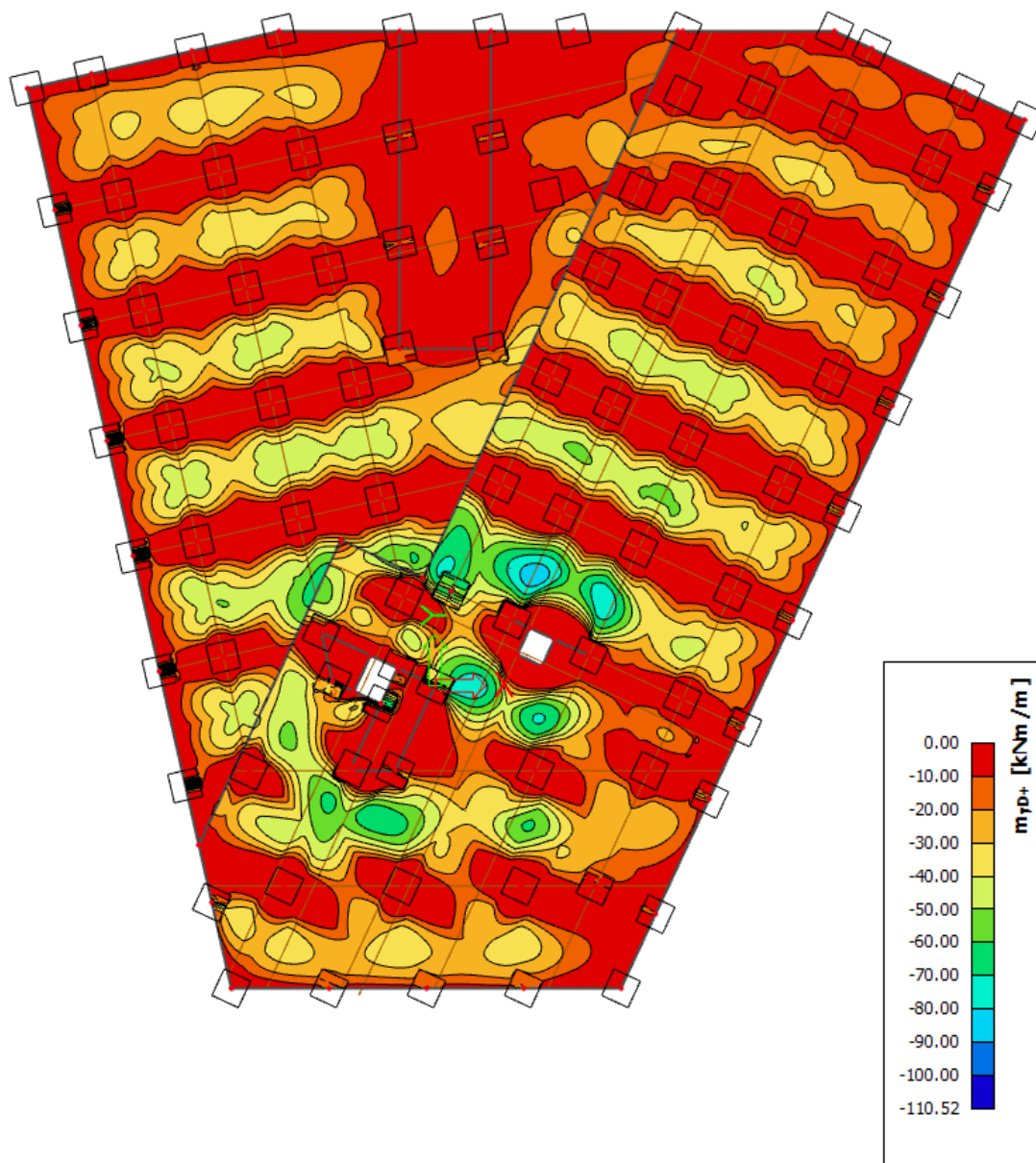


Častá kombinace zatížení – m_{xd+}





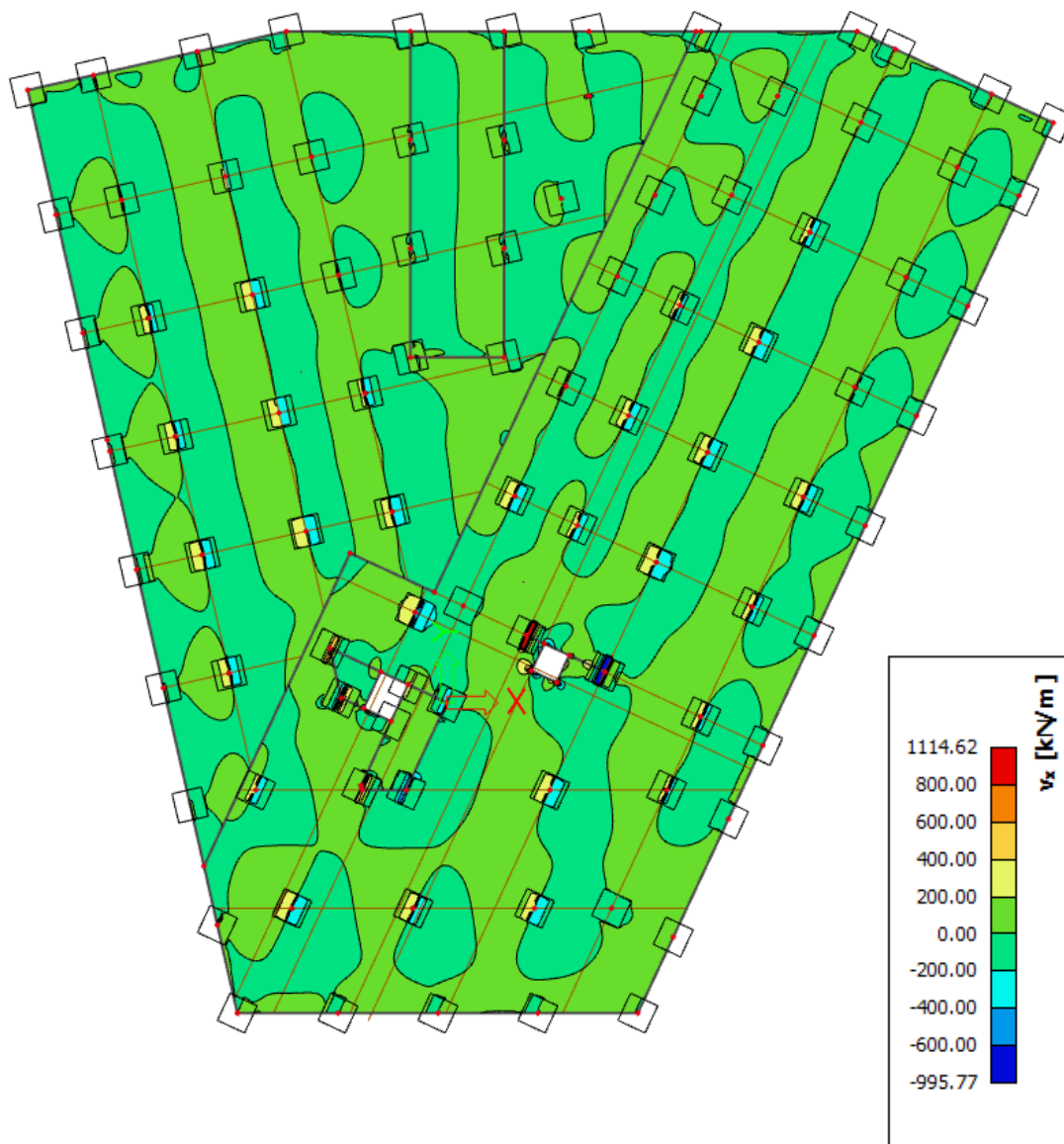
Častá kombinace zatížení – m_{yd+}





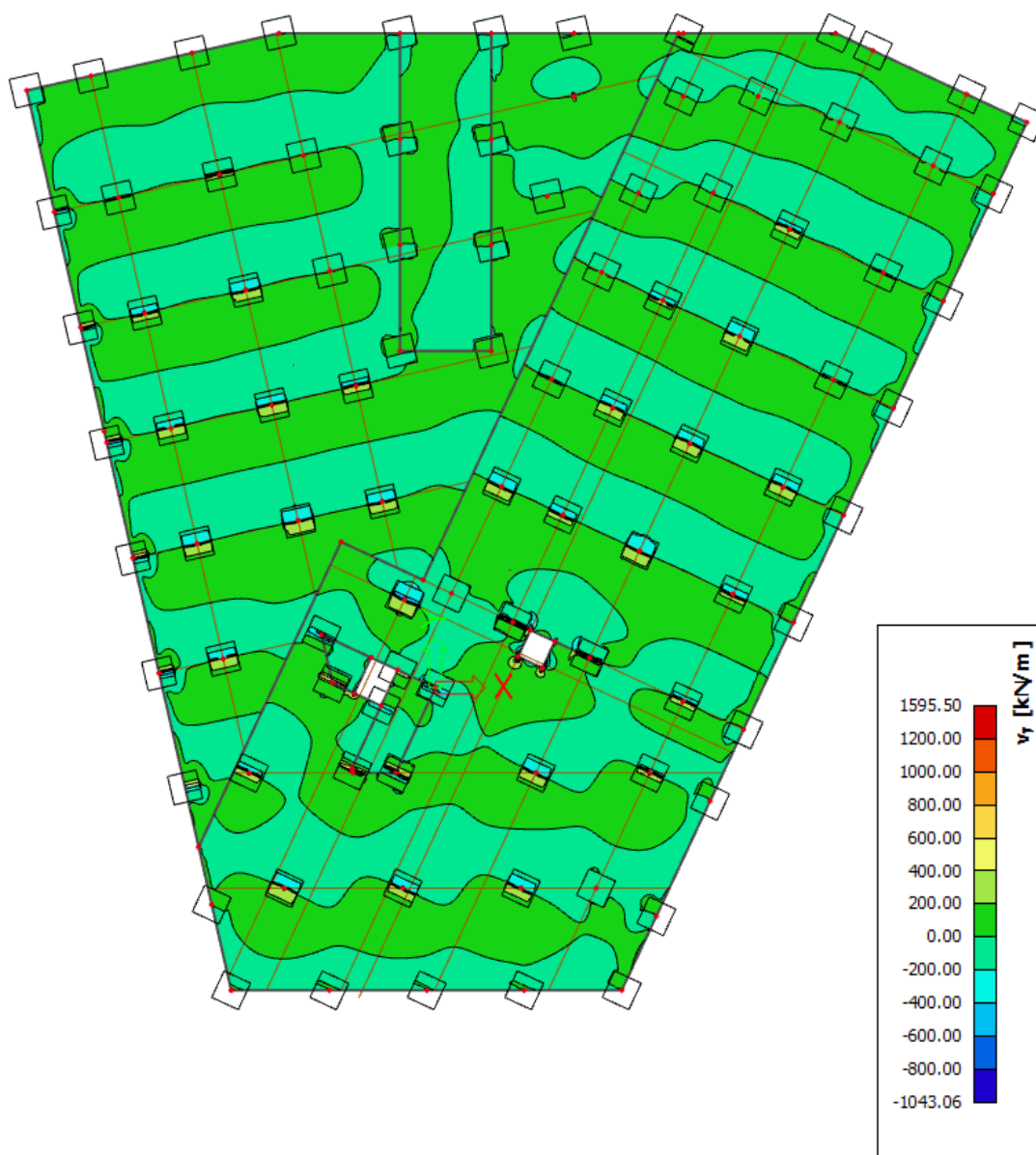
8.2.3. Posouvající síla v desce

Návrhová kombinace zatížení – v_x





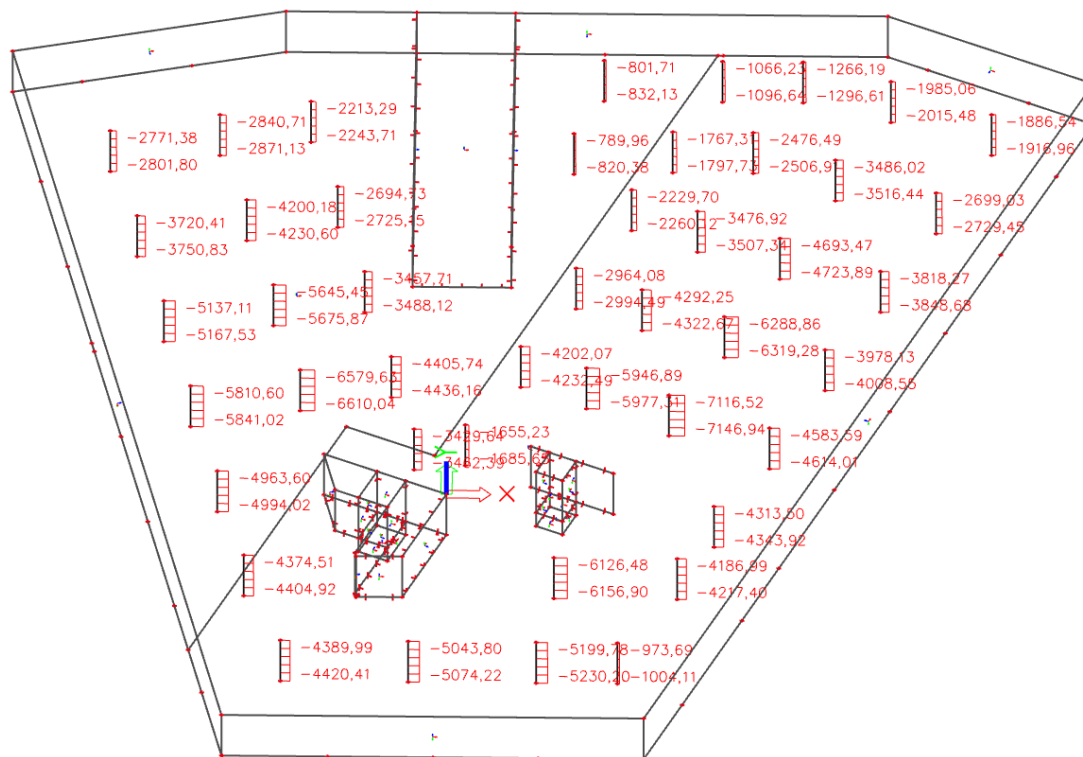
Návrhová kombinace zatížení – v_y





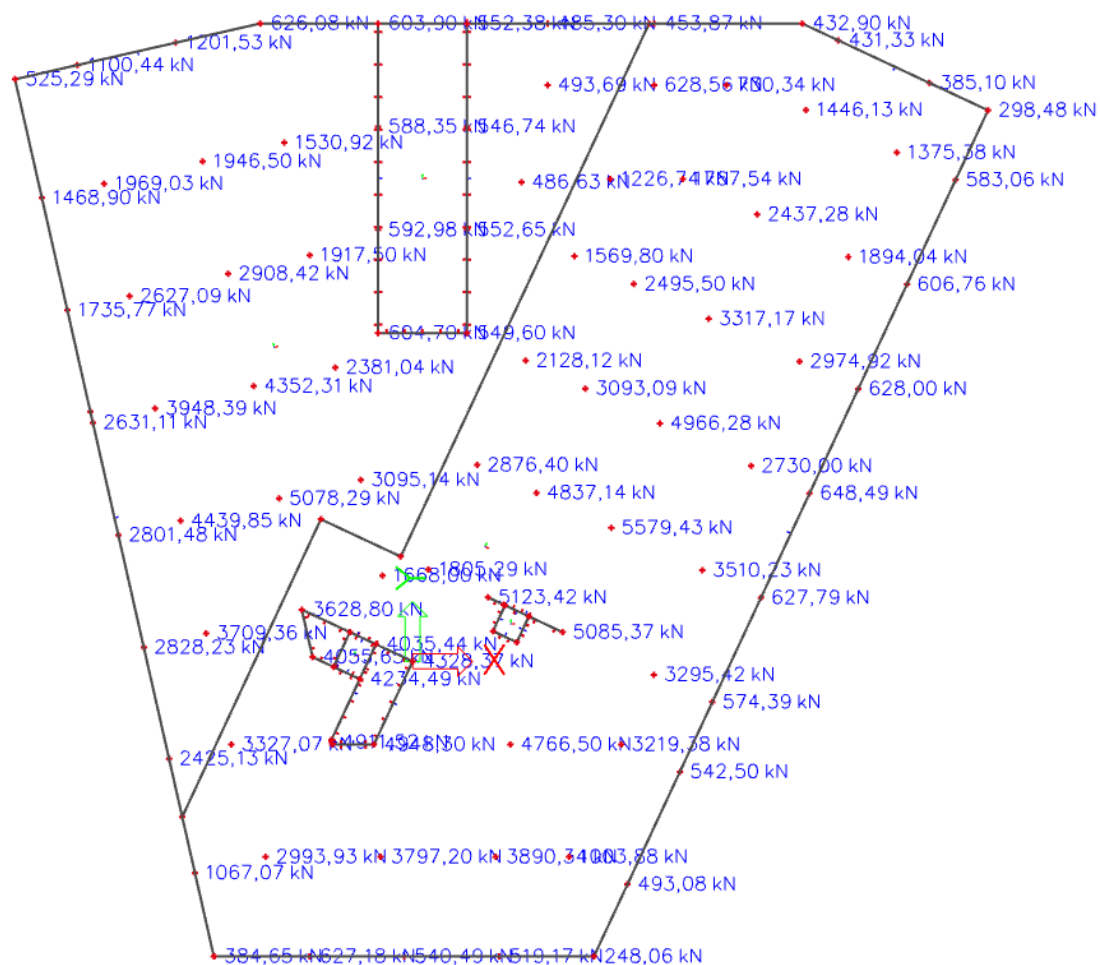
8.2.4. Vnitřní síly k posouzení protlačení

Normálové síly ve sloupech [kN] – kombinace MSÚ





Reakce v pilotách [kN] – kombinace MSÚ





8.3. Návrh výztuže základové desky

8.3.1. Vynucené namáhání v základové desce

Předpokládá se, že základová deska bude betonována ve čtyřech pracovních úsecích, proto jsou rozměry desky 34 m a 32 m.

Mezi podkladní beton a základovou desku byly vloženy dvě vrstvy PE fólie.

VÝPOČET ŠÍŘKY TRHLIN V ZÁKLADOVÉ DESCE - TŘENÍ V ZÁKLADOVÉ SPÁŘE

Geometrie desky:

$$\begin{aligned} l_{ox} &= 34 \text{ m} \\ l_{oy} &= 32 \text{ m} \\ h &= 0,5 \text{ m} \\ c &= 0,04 \text{ m} \end{aligned}$$

Beton:

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 30 \text{ MPa} \\ f_{cd} &= 20 \text{ MPa} \\ f_{ctm} &= 2,9 \text{ MPa} \\ E_{cm} &= 32 \text{ GPa} \end{aligned}$$

Výztuž:

$$\begin{aligned} f_{yk} &= 500 \text{ MPa} \\ f_{yd} &= 434,8 \text{ MPa} \\ E_s &= 200 \text{ GPa} \end{aligned}$$

Součinitel tření $\mu = 0,6$ (Hlazený podkladní beton se dvěma vrstvami PE fólie)
 $\gamma = 1,35$

Součinitel rozdělení napětí před vznikem trhlin

$$k_c = 1$$

Součinitel nerovnoměrnosti rozdělení vnitřních napětí

$$k = 1$$

Maximální šířka trhliny $w_{k,lim} = 0,20 \text{ mm}$

Tření v základové spáře:

Napětí v základové spáře od vlastní tíhy

$$\sigma_0 = 12,5 \text{ kN/m}^2$$

Tahová síla v základové desce

$$F_{ct,dx} = \gamma \mu \sigma_0 l_{ox} = 286,9 \text{ kN/m}$$

$$F_{ct,dy} = \gamma \mu \sigma_0 l_{oy} = 270,0 \text{ kN/m}$$

Tahová síla při vzniku trhlin

$$f_{ct,eff} = 0,5 f_{ctm} = 1,45 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,eff} = F_{cr} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} = 725 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} F_{ct} &< F_{cr} \\ 286,875 &< 725 \text{ kN/m} \end{aligned} \rightarrow \text{Trhliny nevzniknou}$$

Dimenzování výztuže:

Minimální výztuž bez ohledu na šířku trhlin

$$A_{s_x,min} = F_{ct,dx} / f_{yd} = 0,00066 \text{ m}^2 = 659,8125 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_y,min} = F_{ct,dy} / f_{yd} = 0,000621 \text{ m}^2 = 621 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže

$$\begin{aligned} \Phi_x &= 16 \text{ mm} & \Phi_y &= 16 \text{ mm} \\ s_x &= 140 \text{ mm} & s_y &= 140 \text{ mm} \\ A_{s_x,prov} &= 1436 \text{ mm}^2 & A_{s_y,prov} &= 1436 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



Posouzení šířky trhlin:

Účinná výška průřezu

$$d_x = 0,452 \text{ m}$$

$$d_y = 0,436 \text{ m}$$

Účinná plocha - plocha betonu obklopující výztuž

$$A_{c_x,eff} = 0,12 \text{ m}^2$$

$$A_{c_y,eff} = 0,16 \text{ m}^2$$

Účinný stupeň vyztužení

$$\rho_{x,eff} = 0,0120$$

$$\rho_{y,eff} = 0,0090$$

Napětí ve výztuži při vzniku trhliny

$$\sigma_{s_x} = 99,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s_y} = 94,0 \text{ MPa}$$

Maximální vzdálenost trhlin

$$s_{r_x,max} = 0,540 \text{ m}$$

$$s_{r_y,max} = 0,692 \text{ m}$$

Rozdíl poměrných přetvoření

$$\alpha_e = 6,3$$

$$(\epsilon_{s_m} - \epsilon_{cm})_x = 0,000239$$

$$(\epsilon_{s_m} - \epsilon_{cm})_x = 0,000300$$

$$(\epsilon_{s_m} - \epsilon_{cm})_y = 0,000129$$

$$(\epsilon_{s_m} - \epsilon_{cm})_y = 0,000282$$

Šířka trhliny

$$w_{kx} = 0,162 \text{ mm} < w_{k,lim} = 0,200 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$w_{ky} = 0,195 \text{ mm} < w_{k,lim} = 0,200 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

Navržena výztuž $\Phi 16/140$ mm v obou směrech a při obou površích základové desky.

8.3.2. Návrh ohybové výztuže

Základní rastr výztuže vychází z předchozí kapitoly, kde se navrhovala výztuž na účinky vynucených namáhání.

Nejdříve se určí únosnost v ohybu základního rastru a poté se stanoví velikost příložek do míst, kde základní výztuž nebude stačit.



Ohybová únosnost průřezu $\Phi 16/140$ – výztuž blíže povrchu

ÚNOSNOST PRŮŘEZU V OHYBU

Beton:

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 30 \text{ MPa} \\ f_{cd} &= 20 \text{ MPa} \\ f_{ctm} &= 2,9 \text{ MPa} \\ E_{cm} &= 32 \text{ GPa} \end{aligned}$$

Výztuž:

$$\begin{aligned} f_{yk} &= 500 \text{ MPa} \\ f_{yd} &= 434,8 \text{ MPa} \\ E_s &= 200 \text{ GPa} \end{aligned}$$

Rozměry desky:

$$\begin{aligned} h &= 500 \text{ mm} \\ b &= 1000 \text{ mm} \\ c &= 40 \text{ mm} \\ d &= 452 \text{ mm} \end{aligned}$$

Navržená výztuž:

$$\begin{aligned} \text{Tahová výztuž} \quad \Phi_1 &= 16 \text{ mm} \\ s_1 &= 140 \text{ mm} \\ \text{Příložky} \quad \Phi_{1p} &= 0 \text{ mm} \\ s_{1p} &= 0 \text{ mm} \\ \text{Plocha výztuže} \quad A_{s1} &= 1436 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Výpočet únosnosti průřezu:

Výška tlačené oblasti

$$x = 39,0 \text{ mm}$$

Rameno vnitřních sil

$$z = 436,4 \text{ mm}$$

Moment únosnosti

$$m_{Rd} = 272,5 \text{ kNm/m}$$

$$\xi = 0,09 < \xi_{bal} = 0,45 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_{min} = 0,0015 < \rho = 0,0064 < \rho_{max} = 0,04 \quad \text{Vyhovuje}$$



Ohybová únosnost průřezu $\Phi 16/140$ – výztuž dále od povrchu

ÚNOSNOST PRŮŘEZU V OHYBU

Beton:

$f_{ck} =$	30	MPa
$f_{cd} =$	20	MPa
$f_{ctm} =$	2,9	MPa
$E_{cm} =$	32	GPa

Výztuž:

$f_{yk} =$	500	MPa
$f_{yd} =$	434,8	MPa
$E_s =$	200	GPa

Rozměry desky:

$h =$	500	mm
$b =$	1000	mm
$c =$	40	mm
$d =$	436	mm

Navržená výztuž:

Tahová výztuž	$\Phi_1 =$	16	mm
	$s_1 =$	140	mm
Příložky	$\Phi_{1p} =$	0	mm
	$s_{1p} =$	0	mm
Plocha výztuže	$A_{s1} =$	1436	mm ²

Výpočet únosnosti průřezu:

Výška tlačené oblasti	$x =$	39,0	mm
Rameno vnitřních sil	$z =$	420,4	mm
Moment únosnosti	$m_{Rd} =$	262,5	kNm/m

$$\xi = 0,09 < \xi_{bal} = 0,45 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0015 < 0,0066 < 0,04 \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení horní výztuže na MSÚ

Maximální návrhový moment ve směru x na horním povrchu je 183,33 kNm/m, což je menší než moment únosnosti ve směru x.

$$m_{Ed,x} = 183,33 \text{ kNm/m} < m_{Rd,x} = 262,5 \text{ kNm/m} \quad \text{Vyhovuje}$$

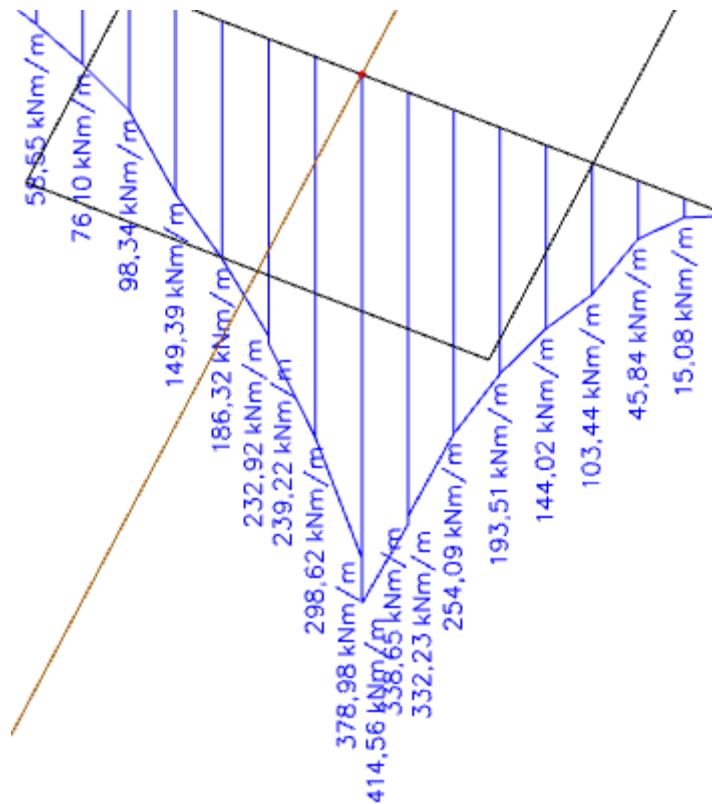
Maximální návrhový moment ve směru y na horním povrchu je 162,14 kNm/m, což je menší než moment únosnosti ve směru y.

$$m_{Ed,y} = 162,14 \text{ kNm/m} < m_{Rd,y} = 272,5 \text{ kNm/m} \quad \text{Vyhovuje}$$



Návrh spodní výztuže – směr x

Maximální podporový moment – návrhová kombinace



Výpočet redukovaného momentu na hraně sloupu:

$$m_{Ed,red} = \frac{332,23 + 254,09}{2} = 293,16 \text{ kNm/m}$$

Vzhledem ke skutečnosti, že maximální podporový moment (293,16 kNm/m) ve směru x je menší než moment únosnosti, musí se do oblasti sloupů při dolním povrchu desky navrhnout příložky.



ÚNOSNOST PRŮŘEZU V OHYBU

Beton:

$f_{ck} =$	30	MPa
$f_{cd} =$	20	MPa
$f_{ctm} =$	2,9	MPa
$E_{cm} =$	32	GPa

Výztuž:

$f_{yk} =$	500	MPa
$f_{yd} =$	434,8	MPa
$E_s =$	200	GPa

Rozměry desky:

$h =$	500	mm
$b =$	1000	mm
$c =$	40	mm
$d =$	452	mm

Navržená výztuž:

Tahová výztuž	$\Phi_1 =$	16	mm
	$s_1 =$	140	mm
Příložky	$\Phi_{1p} =$	16	mm
	$s_{1p} =$	280	mm
Plocha výztuže	$A_{s1} =$	2154	mm ²

Výpočet únosnosti průřezu:

Výška tlačené oblasti

$$x = 58,5 \text{ mm}$$

Rameno vnitřních sil

$$z = 428,6 \text{ mm}$$

Moment únosnosti

$$m_{Rd} = 401,4 \text{ kNm/m}$$

$$\xi = 0,13 < \xi_{bal} = 0,45 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \\ 0,0015 < 0,0095 < 0,04 \quad \text{Vyhovuje}$$

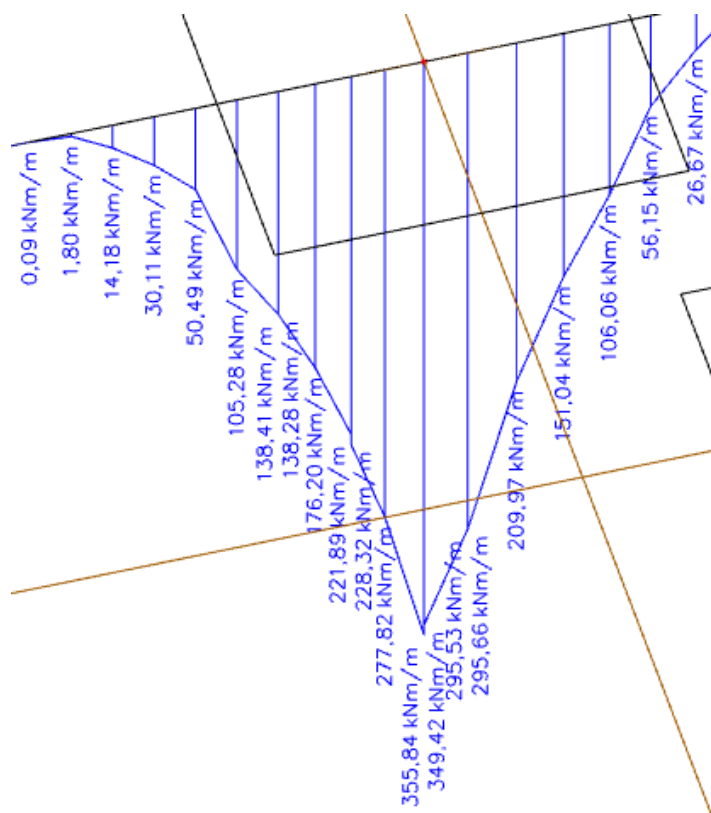
$$m_{Ed,x} = 293,16 \text{ kNm/m} < m_{Rd,x} = 401,4 \text{ kNm/m} \quad \text{Vyhovuje}$$

Návrh: příložky $\Phi 16/280$ mm



Návrh spodní výztuže – směr y

Maximální podporový moment – návrhová kombinace



Výpočet redukovaného momentu na hraně sloupu:

$$m_{Ed,red} = \frac{277,82 + 228,32}{2} = 253,07 \text{ kNm/m}$$

Vzhledem ke skutečnosti, že maximální podporový moment (253,07 kNm/m) ve směru y je menší než moment únosnosti, musí se do oblasti sloupů při dolním povrchu desky navrhnout příložky.



ÚNOSNOST PRŮŘEZU V OHYBU

Beton:

$f_{ck} =$	30	MPa
$f_{cd} =$	20	MPa
$f_{ctm} =$	2,9	MPa
$E_{cm} =$	32	GPa

Výztuž:

$f_{yk} =$	500	MPa
$f_{yd} =$	434,8	MPa
$E_s =$	200	GPa

Rozměry desky:

$h =$	500	mm
$b =$	1000	mm
$c =$	40	mm
$d =$	436	mm

Navržená výztuž:

Tahová výztuž	$\Phi_1 =$	16	mm
	$s_1 =$	140	mm
Příložky	$\Phi_{1p} =$	16	mm
	$s_{1p} =$	280	mm
Plocha výztuže	$A_{s1} =$	2154	mm ²

Výpočet únosnosti průřezu:

Výška tlačené oblasti

$$x = 58,5 \text{ mm}$$

Rameno vnitřních sil

$$z = 412,6 \text{ mm}$$

Moment únosnosti

$$m_{Rd} = 386,4 \text{ kNm/m}$$

$$\xi = 0,13 < \xi_{bal} = 0,45 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$
$$0,0015 < 0,0099 < 0,04 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$m_{Ed,x} = 253,07 \text{ kNm/m} < m_{Rd,x} = 386,4 \text{ kNm/m} \quad \text{Vyhovuje}$$

Návrh: příložky $\Phi 16/280$ mm



8.3.3. Výpočet šířky trhlin od zatížení

Posouzení horního povrchu desky

VÝPOČET ŠÍŘKY TRHLINY OD ZATÍŽENÍ DLE ČSN EN 1992-1-1

Rozměry prvku:

Tloušťka desky	$h =$	500	mm
Šířka desky	$b =$	1000	mm
Krycí vrstva v tažené oblasti	$c_1 =$	40	mm
Krycí vrstva v tlačené oblasti	$c_2 =$	40	mm
Účinná výška průřezu	$d =$	452	mm
Vzdálenost tlakové výztuže od tlačéného okraje průřezu	$d_1 =$	64	mm

Beton:

Pevnost betonu v tlaku - charakteristická	$f_{ck} =$	30	MPa
Pevnost betonu v tlaku - návrhová	$f_{cd} =$	20,0	MPa
Pevnost betonu v tahu	$f_{ctm} =$	2,9	MPa
Redukce pevnosti betonu v tahu		1	
Průměrná pevnost betonu v tahu v době vzniku trhlin	$f_{ct,eff} =$	2,9	MPa
Modul pružnosti betonu	$E_{cm} =$	32 000	MPa

Výztuž:

Pevnost oceli - charakteristická	$f_{yk} =$	500	MPa
Pevnost oceli - návrhová	$f_{yd} =$	434,8	MPa
Modul pružnosti oceli	$E_s =$	200 000	MPa
Poměr modulů pružnosti	$\alpha_e =$	6,3	

Navržená výztuž:

Tahová výztuž	$\Phi_1 =$	16	mm	Tlaková výztuž	$\Phi_2 =$	16	mm
	$s_1 =$	140	mm		$s_2 =$	140	mm
příložky	$\Phi_{1p} =$	0	mm	příložky	$\Phi_{2p} =$	0	mm
	$s_{1p} =$	0	mm		$s_{2p} =$	0	mm
Plocha výztuže	$A_{s1} =$	1436	mm ²	Plocha výztuže	$A_{s2} =$	1436	mm ²

Zatížení:

Ohybový moment	$m_{ek} =$	110	kNm
Maximální šířka trhliny	$w_{k,lim} =$	0,20	mm

Kontrola vzniku trhlin:

Vzdálenost těžiště ideálního průřezu od tlačéného okraje	$x_i =$	250,3	mm
Moment setrvačnosti ideálního průřezu k těžišti	$I_i =$	11 093 415 663	mm ⁴
Tahové napětí v betonu na nejvíce taženém okraji	$\sigma_c =$	2,5	MPa
Moment při vzniku trhlin	$m_{cr} =$	128,8	kNm
$m_{cr} = 128,8 \text{ kNm}$	$>$	$m_{ek} = 110 \text{ kNm}$	\rightarrow Trhliny nevzniknou

Napětí v tahové výztuži:

Poloha neutrální osy s trhlinou	$x_{ir} =$	80,2	mm
Moment setrvačnosti průřezu s trhlinou	$I_{ir} =$	1 414 725 225	mm ⁴
Napětí v tahové výztuži	$\sigma_s =$	180,7	MPa



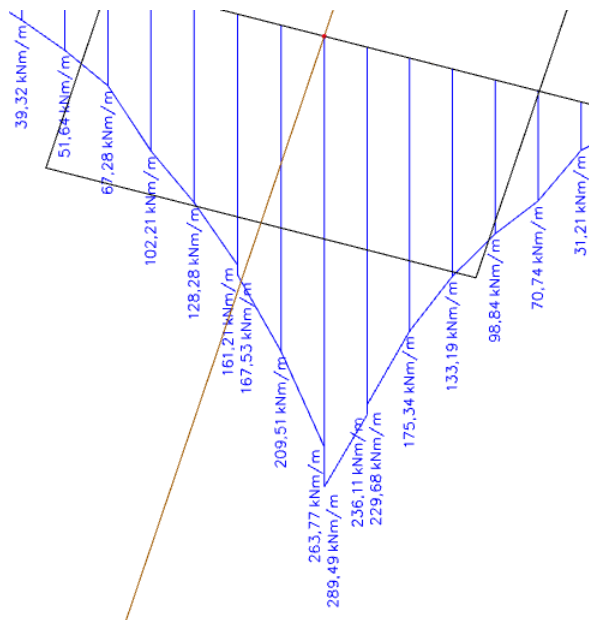
Šířka trhlín:

Výška účinné plochy taženého betonu	$h_{c,eff} =$	120,0	mm
Plocha betonu obklopující taženou výztuž	$A_{c,eff} =$	120 000,0	mm ²
Účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu	$\rho_{c,eff} =$	0,0120	-
Součinitele pro výpočet šířky trhlín			
$k_1 =$	0,8	$k_3 =$	2,49
$k_2 =$	0,5 (ohyb)	$k_4 =$	0,425
$k_t =$	0,4		
Maximální vzdálenost trhlín	$s_{r,max} =$	326,7	mm
Rozdíl poměrných přetvoření výztuže a betonu	$\epsilon_{s,m} - \epsilon_{cm} =$	0,00054205	-
Charakteristická šířka trhlíny	$w_k =$	0,177	mm

$w_k = 0,177$ mm	<	$w_{k,lim} = 0,200$ mm	VYHOVUJE
------------------	---	------------------------	-----------------

Posouzení spodního povrchu desky (podporové momenty)

Maximální podporový moment – častá kombinace



Výpočet redukovaného momentu na hraně sloupu:

$$m_{Ed,red} = \frac{229,68 + 175,34}{2} = 202,51 \text{ kNm/m}$$



VÝPOČET ŠÍŘKY TRHLINY OD ZATÍŽENÍ DLE ČSN EN 1992-1-1

Rozměry prvku:

Tloušťka desky	$h =$	500	mm
Šířka desky	$b =$	1000	mm
Krycí vrstva v tažené oblasti	$c_1 =$	40	mm
Krycí vrstva v tlačené oblasti	$c_2 =$	40	mm
Účinná výška průřezu	$d =$	452	mm
Vzdálenost tlakové výztuže od tlačného okraje průřezu	$d_1 =$	48	mm

Beton:

Pevnost betonu v tlaku - charakteristická	$f_{ck} =$	30	MPa
Pevnost betonu v tlaku - návrhová	$f_{cd} =$	20,0	MPa
Pevnost betonu v tahu	$f_{ctm} =$	2,9	MPa
Redukce pevnosti betonu v tahu		1	
Průměrná pevnost betonu v tahu v době vzniku trhlin	$f_{ct,eff} =$	2,9	MPa
Modul pružnosti betonu	$E_{cm} =$	32 000	MPa

Výztuž:

Pevnost oceli - charakteristická	$f_{yk} =$	500	MPa
Pevnost oceli - návrhová	$f_{yd} =$	434,8	MPa
Modul pružnosti oceli	$E_s =$	200 000	MPa
Poměr modulů pružnosti	$\alpha_e =$	6,3	

Navržená výztuž:

Tahová výztuž	$\Phi_1 =$	16	mm	Tlaková výztuž	$\Phi_2 =$	16	mm
	$s_1 =$	140	mm		$s_2 =$	140	mm
příložky	$\Phi_{1p} =$	16	mm	příložky	$\Phi_{2p} =$	0	mm
	$s_{1p} =$	280	mm		$s_{2p} =$	0	mm
Plocha výztuže	$A_{s1} =$	2154	mm ²	Plocha výztuže	$A_{s2} =$	1436	mm ²

Zatížení:

Ohybový moment $m_{ek} = 202,51$ kNm

Maximální šířka trhliny $w_{k,lim} = 0,20$ mm

Kontrola vzniku trhlin:

Vzdálenost těžiště ideálního průřezu od tlačného okraje	$x_i =$	251,7	mm
Moment setrvačnosti ideálního průřezu k těžišti	$I_i =$	11 330 733 136	mm ⁴
Tahové napětí v betonu na nejvíce taženém okraji	$\sigma_c =$	4,4	MPa
Moment při vzniku trhlin	$m_{cr} =$	132,4	kNm
$m_{cr} = 132,4$ kNm	<	$m_{ek} = 202,51$ kNm	→ Trhliny vzniknou

Napětí v tahové výztuži:

Poloha neutrální osy s trhlinou	$x_{ir} =$	94,5	mm
Moment setrvačnosti průřezu s trhlinou	$I_{ir} =$	2 018 385 134	mm ⁴
Napětí v tahové výztuži	$\sigma_s =$	224,2	MPa

Šířka trhlin:

Výška účinné plochy taženého betonu	$h_{c,eff} =$	120,0	mm
Plocha betonu obklopující taženou výztuž	$A_{c,eff} =$	120 000,0	mm ²
Účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu	$\rho_{c,eff} =$	0,0180	-
Součinitele pro výpočet šířky trhlin	$k_1 =$	0,8	
	$k_2 =$	0,5 (ohyb)	
	$k_3 =$	2,49	
	$k_4 =$	0,425	
	$k_t =$	0,4	
Maximální vzdálenost trhlin	$s_{r,max} =$	250,9	mm
Rozdíl poměrných přetvoření výztuže a betonu	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,00076163	-
Charakteristická šířka trhliny	$w_k =$	0,191	mm

$w_k = 0,191$ mm < $w_{k,lim} = 0,200$ mm **VYHOVUJE**



8.3.4. Konstrukční zásady

Minimální plocha výztuže

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \frac{2,9}{435} \cdot 1000 \cdot 336 = 582 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 336 = 437 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \frac{k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}}{\sigma_s} = \frac{0,4 \cdot 1,0 \cdot 1,45 \cdot 400 \cdot 1000}{200} = 1160 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 1160 \text{ mm}^2 < A_{s,prov} = 4308 \text{ mm}^2$$

Maximální plocha výztuže

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 400 = 16\,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 16\,000 \text{ mm}^2 > A_{s,prov} = 4308 \text{ mm}^2$$

Minimální světlá vzdálenost výztuže

$$s_{sv} = \max(1,2 \cdot \varnothing_{s,max}; d_{max} + 5; 20 \text{ mm}) = 21 \text{ mm} < 54 \text{ mm}$$

Maximální vzdálenost výztuže

$$s_{max} = \min(2 \cdot h; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm} > 140 \text{ mm}$$

8.3.5. Posouzení protlačení základové desky

Pro každý sloup byla spočítána velikost posouvající síly na protlačení jako rozdíl normálové síly v patě sloupu a svislé reakce v podpoře (pilotě).

Maximální posouvající síla způsobující protlačení je 1 794 kN.

Deska bude posouzena v programu FIN EC – Protlak.



Norma

Norma EN 1992-1-1/Česko.

Únosnost betonu - základní kombinace zatížení	: $\gamma_C = 1,500$
Únosnost výztuže - základní kombinace zatížení	: $\gamma_S = 1,150$
Modul pružnosti betonu	: $\gamma_{cE} = 1,200$
Tlaková pevnost betonu	: $\alpha_{cc} = 1,000$
Maximální únosnost na obvodu sloupu ($V_{Rd,max} = X \cdot v \cdot f_{cd}$)	: $X = 0,400$

Geometrie

Detail - vnitřní sloup
 Průřez sloupu:



Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 750,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 350,0 \text{ mm}$

Tloušťka desky $h_s = 500,0 \text{ mm}$

Materiály

Beton : C 30/37

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$

Podélná výztuž : B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$

Třminky : B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$

Zatížení

Posouvající síla	$V_{Ed} = 1793,00 \text{ kN}$
Ohybový moment okolo osy x	$M_{Ed,x} = 100,00 \text{ kNm}$
Ohybový moment okolo osy y	$M_{Ed,y} = 100,00 \text{ kNm}$
Normálová síla v desce	$N_{Ed,x} = 0,00 \text{ kN}$ působící na šířce 1,000m
Normálová síla v desce	$N_{Ed,y} = 0,00 \text{ kN}$ působící na šířce 1,000m

Vyztužení

Vyztuž desky ve směru osy x: $8 \times \varnothing 16,0 \text{ mm/m}$, krytí 40,0 mm

Vyztuž desky ve směru osy y: $8 \times \varnothing 16,0 \text{ mm/m}$, krytí 56,0 mm

Smyková výztuž

Soustředně třminky

řada	počet	průměr [mm]	vzd. od sloupu [m]
1	14	10	0,15
2	18	10	0,35
3	22	10	0,55



Dock in TWO Protláčení ZD			
řada	počet	průměr [mm]	vzd. od sloupu [m]
4	24	10	0,75

Tabulka kontrolovaných obvodů

vzd. od sloupu [m]	obvod [m]	v_{Ed} [MPa]	v_{Rd} [MPa]	Využití [%]	Výsledek
0	2,2	2,111	4,224	50,0	Vyhovuje
0,888	7,779	0,597	0,711	84,0	Vyhovuje
1,776	13,36	0,348	0,444	78,3	Vyhovuje

Podrobné posouzení

Efektivní tloušťka desky:

$$d_x = h - c_x - 0,5 \times \varnothing_s = 500 - 40 - 0,5 \times 16 = 452 \text{ mm}$$

$$d_y = h - c_y - 0,5 \times \varnothing_s = 500 - 56 - 0,5 \times 16 = 436 \text{ mm}$$

$$d = 0,5 \times (d_x + d_y) = 0,5 \times (452 + 436) = 444 \text{ mm}$$

Součinitel β :

$$\beta = 1,15$$

Maximální únosnost na obvodu sloupu $v_{Rd,max}$:

$$v = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \times v \times f_{cd} = 0,4 \times 0,528 \times 20 = 4,224 \text{ MPa}$$

Smykové napětí na obvodu sloupu $v_{Ed,max}$:

$$v_{Ed,max} = \beta \times V_{Ed} / (u_0 \times d) = 1,15 \times 1793 / (2,2 \times 444) = 2,111 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,max} \leq v_{Rd,max} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Využití: 50,0 %

Únosnost betonu $v_{Rd,c}$ ($d = 444 \text{ mm}$):

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 444)}; 2) = \min(1,671; 2) = 1,671$$

$$A_{sx} = 8 \times \pi \times \varnothing_s^2 / 4 = 8 \times 3,142 \times 16^2 / 4 = 1608 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{lx} = A_{sx} / (1 \times d) = 1608 / (1 \times 444) = 0,00362$$

$$A_{sy} = 8 \times \pi \times \varnothing_s^2 / 4 = 8 \times 3,142 \times 16^2 / 4 = 1608 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{ly} = A_{sy} / (1 \times d) = 1608 / (1 \times 444) = 0,00362$$

$$\rho_l = \sqrt{(\rho_{lx} \times \rho_{ly})} = \sqrt{(0,00362 \times 0,00362)} = 0,00362$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,671^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,414 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = \max(C_{Rd,c} \times k \times 3\sqrt{(100 \times \rho_l \times f_{ck})}; v_{min}) = \max(0,12 \times 1,671 \times 3\sqrt{(100 \times 0,00362 \times 30)}; 0,414) = \max(0,444; 0,414) = 0,444 \text{ MPa}$$

Délka kontrolovaného obvodu, ve kterém je splněna podmínka $v_{Rd,c} \geq v_{Ed}$:

$$u_{out} = \beta \times V_{Ed} / (v_{Rd,c} \times d) = 1,15 \times 1793 / (0,444 \times 444) = 10,45 \text{ m}$$

tento obvod leží ve vzdálenosti 1,314 m od okraje sloupu

Posouzení obvodu č. 1 ve vzdálenosti 0,888 m od okraje sloupu

Smykové napětí od zatížení

$$v_{Ed} = \beta \times V_{Ed} / (u_1 \times d) = 1,15 \times 1793 / (7,779 \times 444) = 0,597 \text{ MPa}$$

Únosnost obvodu s výztuží

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434,8 \text{ MPa}$$

$$f_{ywd,eff} = \min(250 + 250 \times d; f_{yd}) = \min(250 + 250 \times 0,444; 434,8) = \min(361; 434,8) = 361 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,cs} = \min(0,75 \times v_{Rd,c} + 0,75 \times (A_{sw1} + A_{sw2} + A_{sw3} + A_{sw4}) \times f_{ywd,eff} \times 1 / (u \times d); k_{max} \times v_{Rd,c}) = \min(0,75 \times 0,444 + 0,75 \times (1/100 + 1/414 + 1/728 + 1/885) \times 361 \times 1 / (7779 \times 444); 1,6 \times 0,444) = \min(0,813; 0,711) = 0,711 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,cs} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Využití: 84,0 %

Posouzení obvodu č. 2 ve vzdálenosti 1,776 m od okraje sloupu

2



Dock in TWO
Protlačení ZD

Smykové napětí od zatížení

$$v_{Ed} = \beta \times V_{Ed} / (u_2 \times d) = 1,15 \times 1\,793 / (13,36 \times 444) = 0,348 \text{ MPa}$$

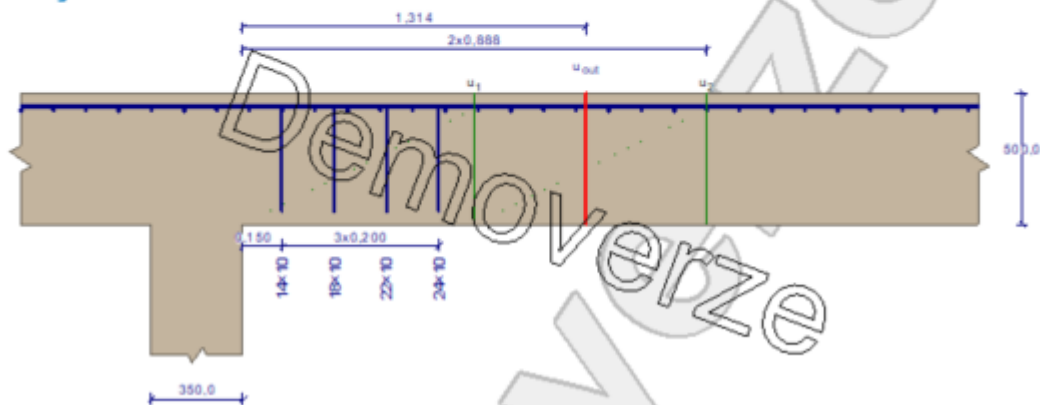
$v_{Ed} \leq v_{Rd,c} \Rightarrow$ Vyhovuje

Využití: 78,3 %

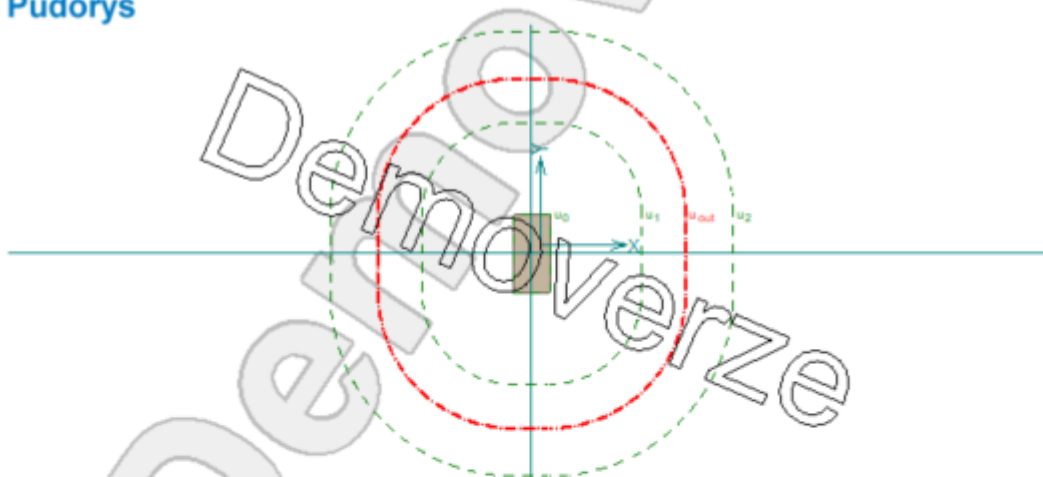
Únosnost desky na protlačení vyhovuje

Využití: 84,0 %

Nárys



Půdorys

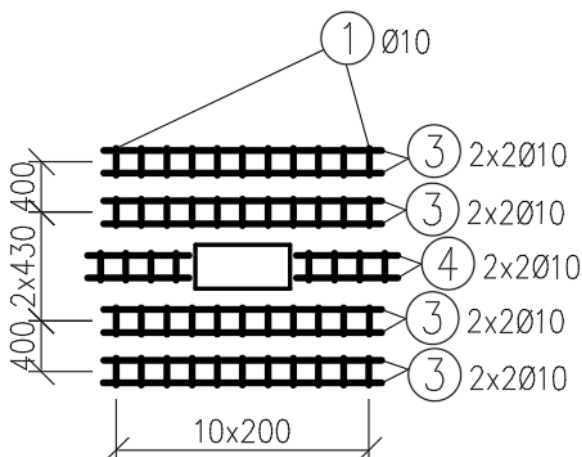


3

[FIN EC - Protlak (demoverze) | verze 11.2019.5.0 | Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fine.cz]

Byla navržena výztuž na protlačení $\Phi 10\text{mm}$.

Schéma výztuže na protlačení



8.3.6. Posouzení smykové únosnosti desky

Návrhová posouvající síla v základové desce v okolí vnitřních železobetonových stěn dosahuje maximální hodnoty 516 kN. Smyková únosnost desky bez smykové výztuže je 182,5 kN.

Do míst s velkou posouvající silou musí být navržena smyková výztuž.

SMYKOVÁ ÚNOSNOST DESKY

Beton:

f_{ck} =	30	MPa
f_{cd} =	20	MPa
E_{cm} =	32	GPa

Výztuž:

f_{yk} =	500	MPa
f_{yd} =	434,8	MPa
E_s =	200	GPa

Geometrie desky:

h =	500	mm
b =	1000	mm
c =	40	mm

Navržená výztuž:

Φ =	16	mm
s =	140	mm
d =	444	mm

Maximální posouvající síla:

$$V_{Ed,max} = 516 \text{ kN}$$

Ověření únosnosti tlačené diagonály:

v =	0,528	-
$\cotg\theta$ =	1,3	-
z =	399,6	mm
$V_{Rd,max}$ =	2 039,3	kN

$$V_{Rd,max} = 2\,039,3 \text{ kN} > V_{Ed,max} = 516 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$



Smyková únosnost desky:

$$\begin{aligned} C_{Rd,c} &= 0,12 & - \\ k &= 1,7 & - \\ \rho_l &= 0,0029 & - \\ V_{Rd,c} &= 182,5 & \text{kN} \end{aligned}$$

$$V_{Rd,c} = 182,5 \text{ kN} < V_{Ed,max} = 516 \text{ kN} \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

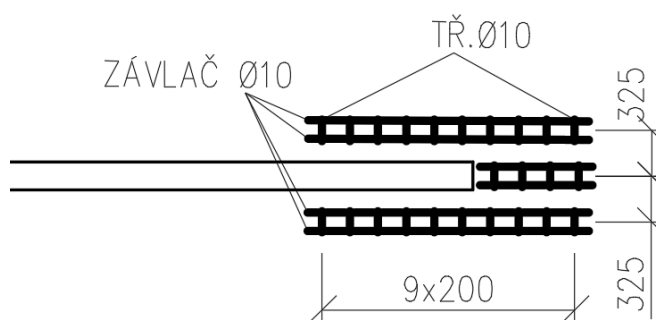
NUTNÁ SMYKOVÁ VÝZTUŽ !!!

Návrh smykové výztuže:

$$\begin{aligned} \Phi_{sw} &= 10 & \text{mm} \\ n &= 5 & - \\ A_{sw} &= 393 & \text{mm}^2 \\ s_{min} &= 172 & \text{mm} \\ s_{návrh} &= 150 & \text{mm} \\ V_{Rd,s} &= 591,3 & \text{kN} \end{aligned}$$

$$V_{Rd,s} = 591,3 \text{ kN} > V_{Ed,max} = 516 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Schéma smykové výztuže u konce stěny

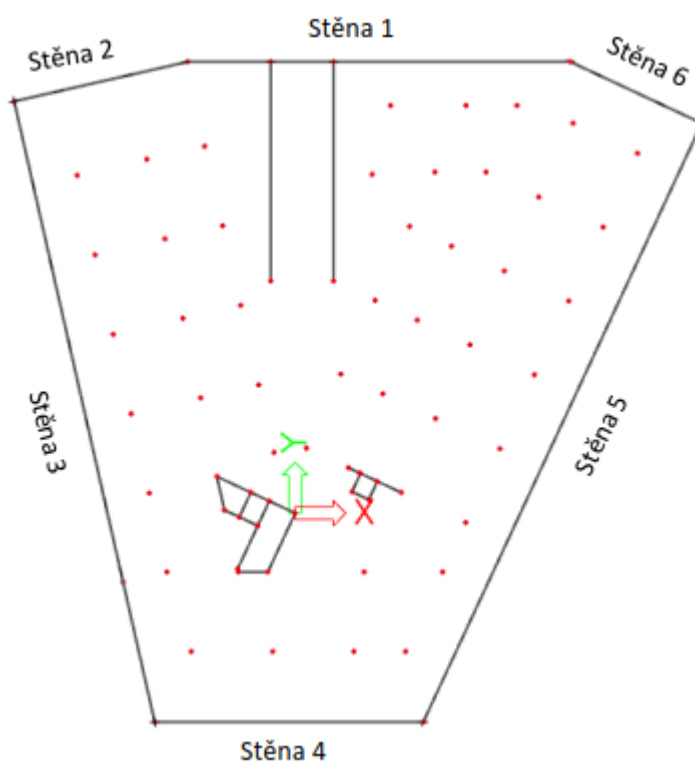




9. Podrobný návrh stěn bílé vany

Požadavek na maximální šířku trhlin je stejný jako u základové desky – $w_{k,lim} = 0,20$ mm.

Označení stěn:

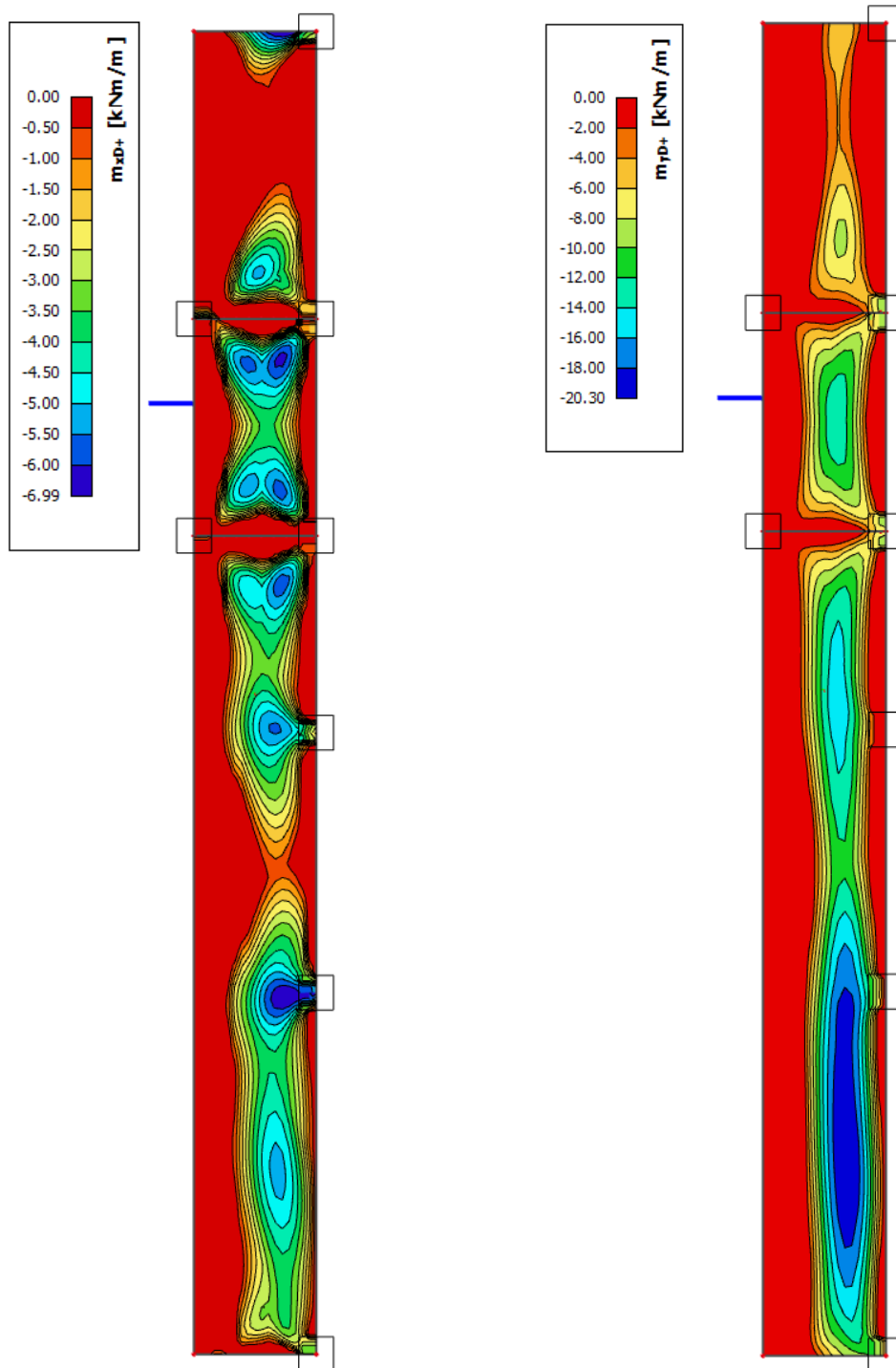




9.1. Vnitřní síly

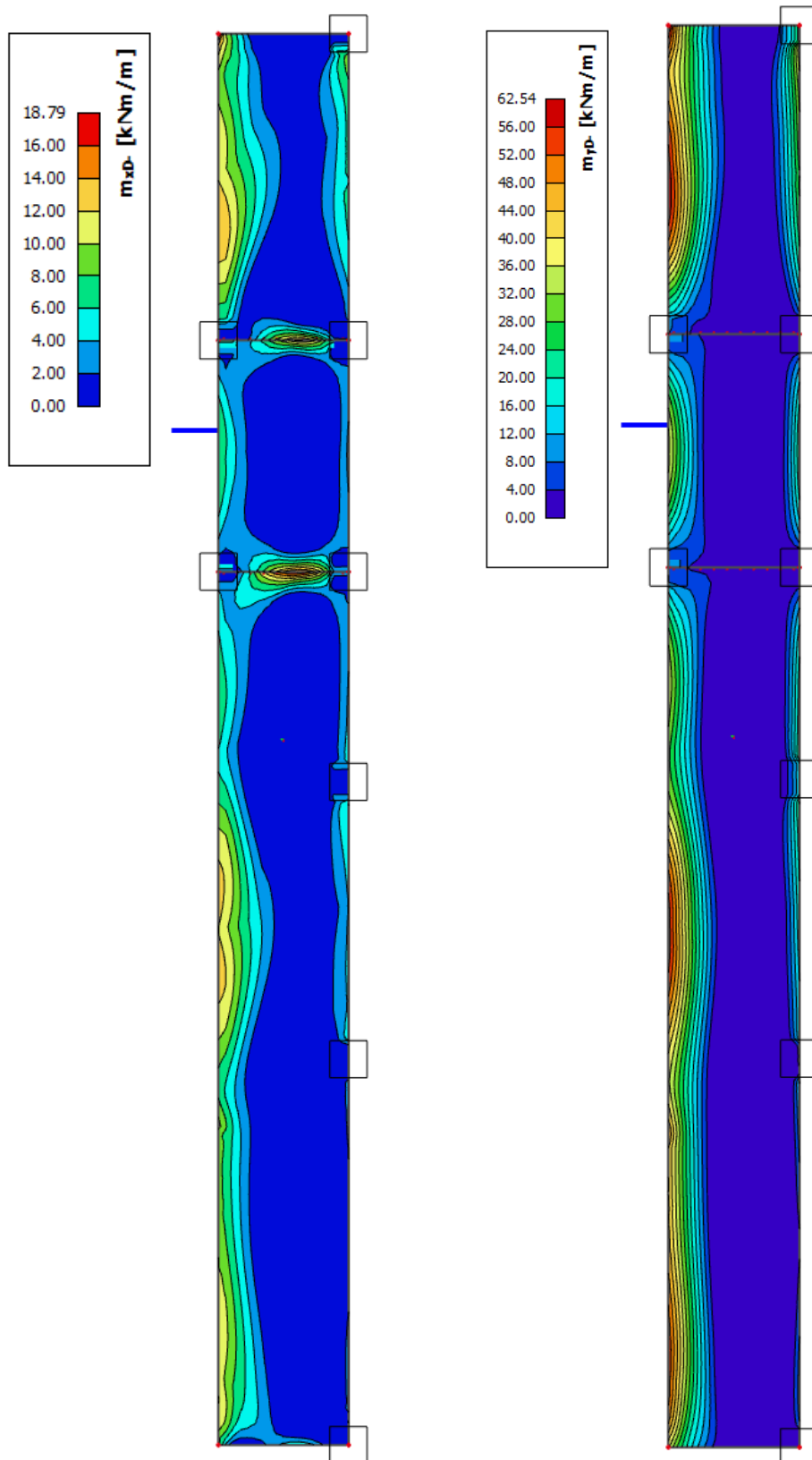
9.1.1. Stěna 1

Návrhová kombinace zatížení – m_{xd+} , m_{yd+}





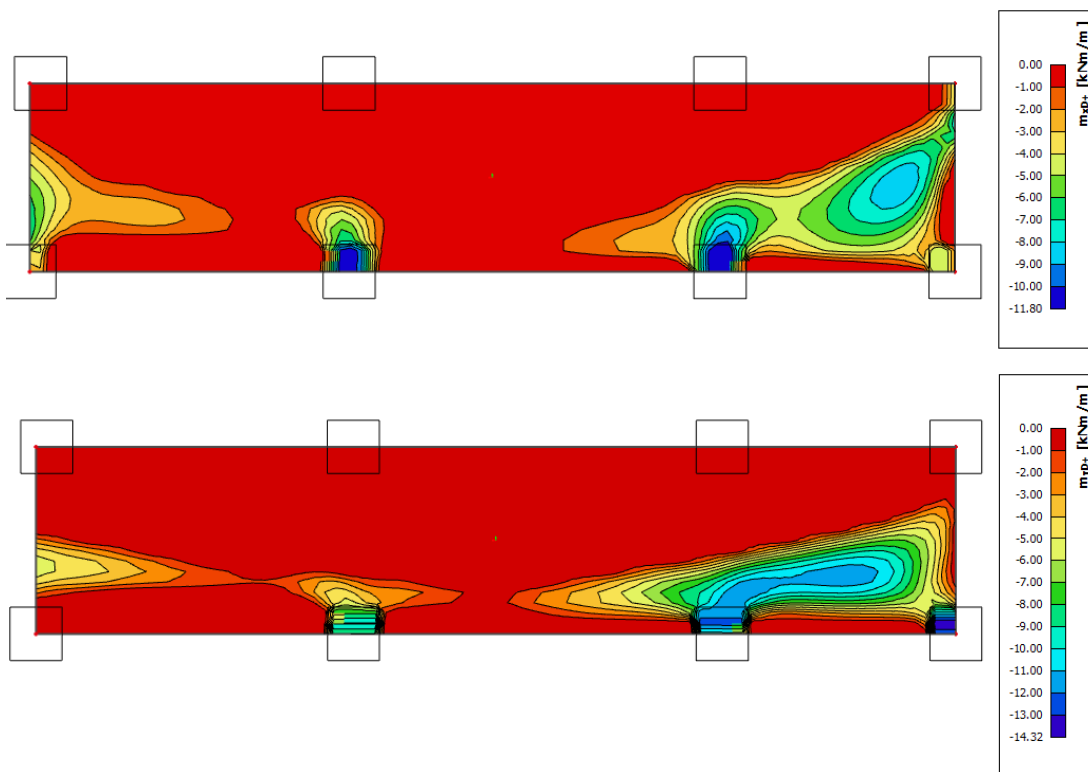
Návrhová kombinace zatížení – m_{xd} , m_{yd}





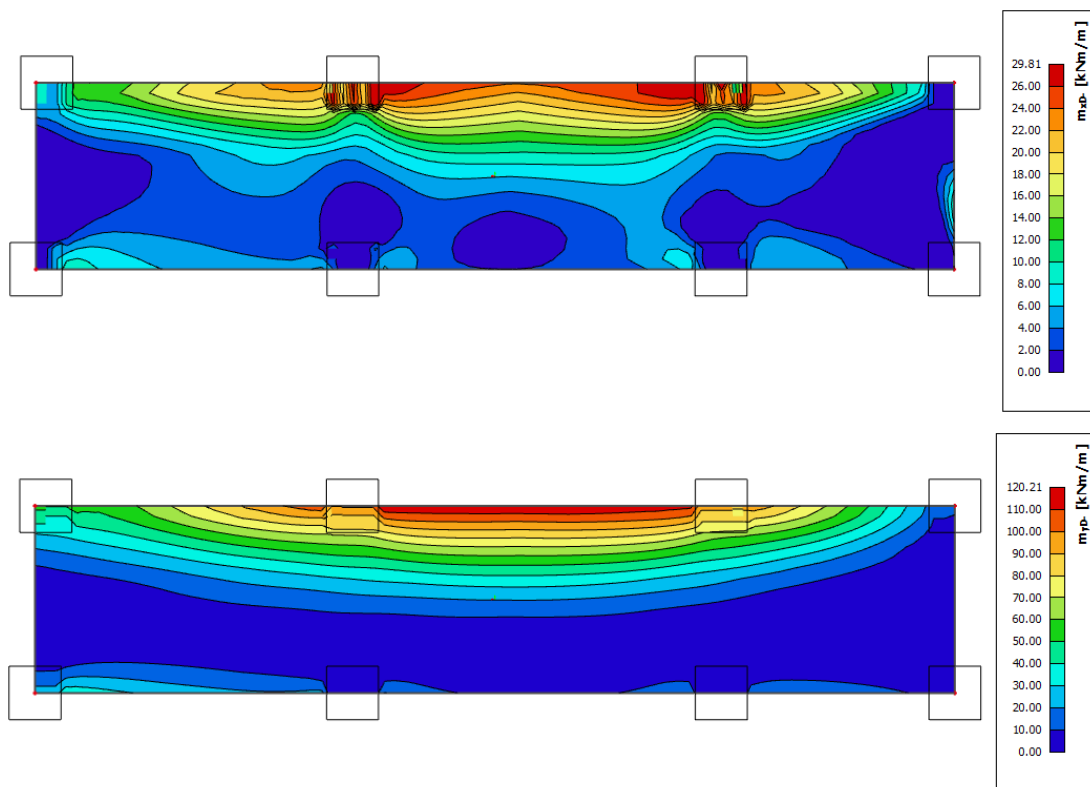
9.1.2. Stěna 2

Návrhová kombinace zatížení – m_{xd+} , m_{yd+}





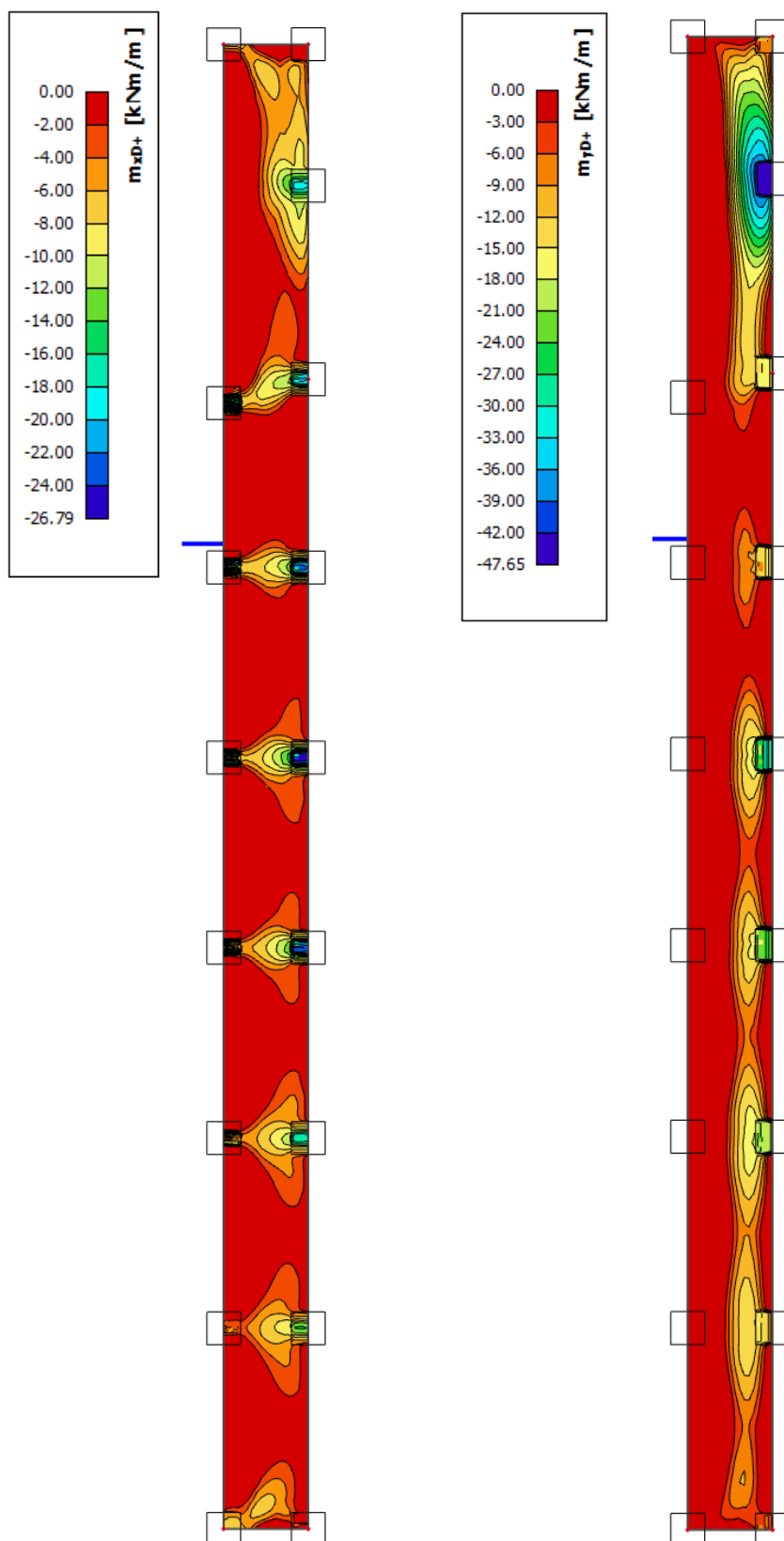
Návrhová kombinace zatížení – m_{xd} , m_{yd}





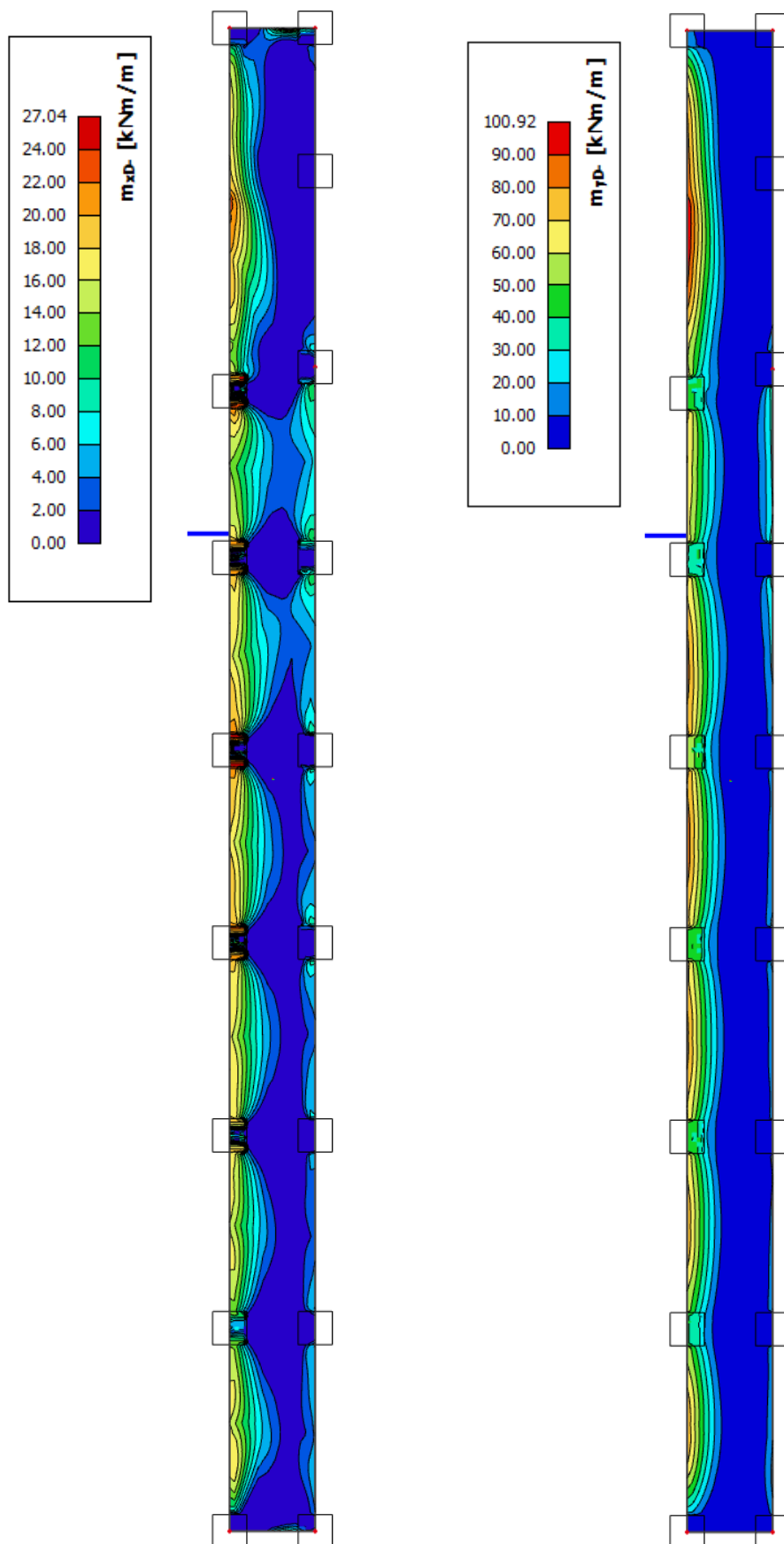
9.1.3. Stěna 3

Návrhová kombinace zatížení – m_{xd+} , m_{yd+}





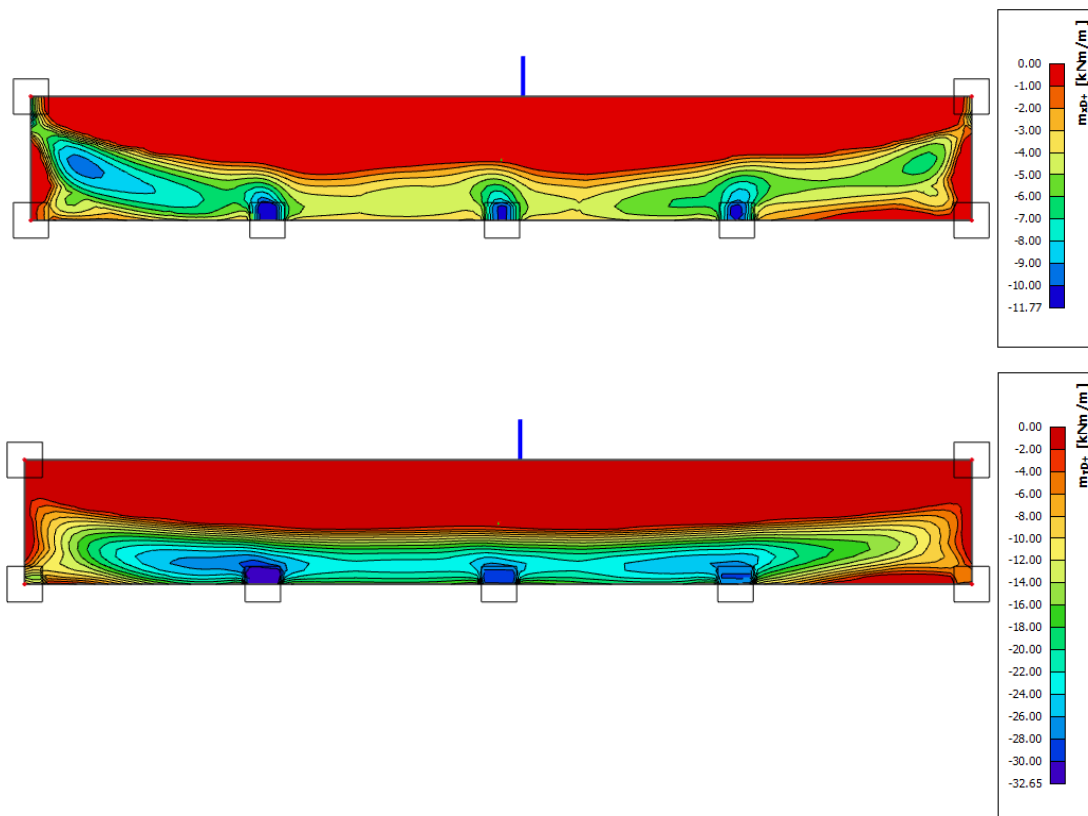
Návrhová kombinace zatížení – m_{xd} , m_{yd}





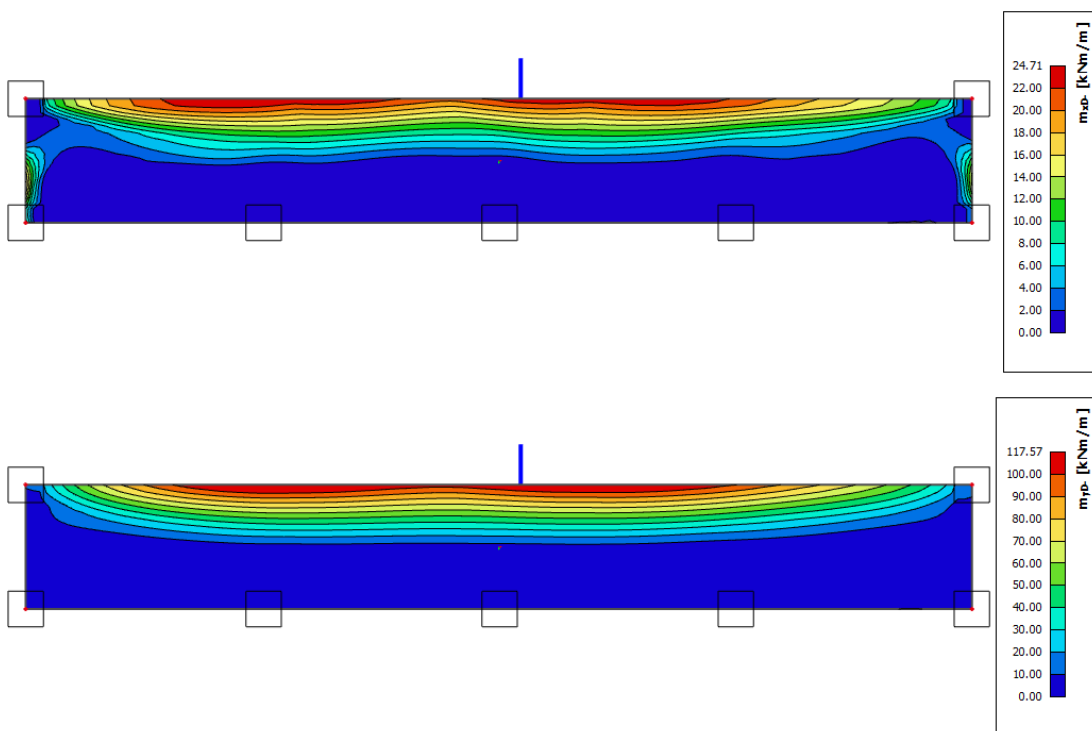
9.1.4. Stěna 4

Návrhová kombinace zatížení – m_{xd+} , m_{yd+}





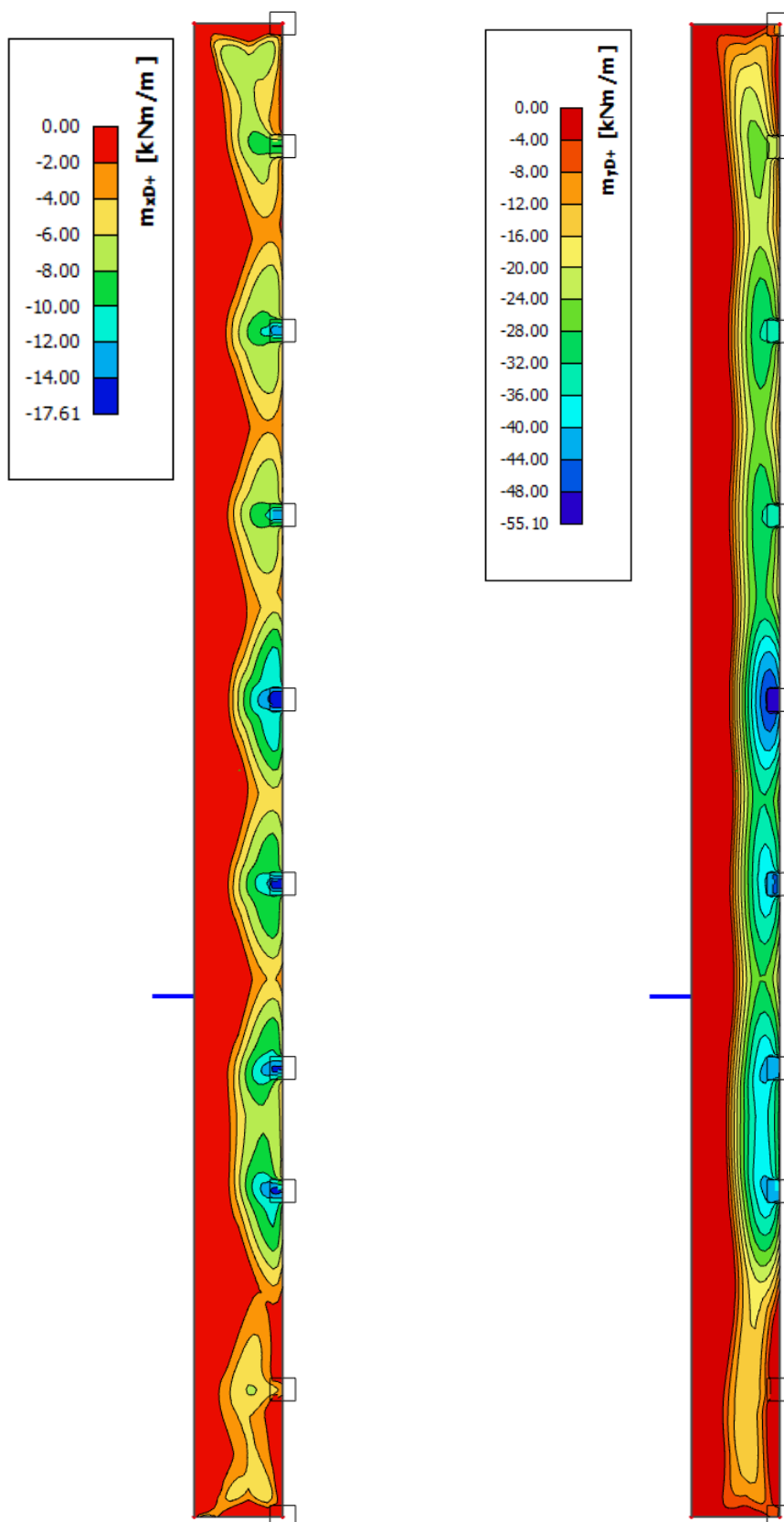
Návrhová kombinace zatížení – m_{xd} , m_{yd}





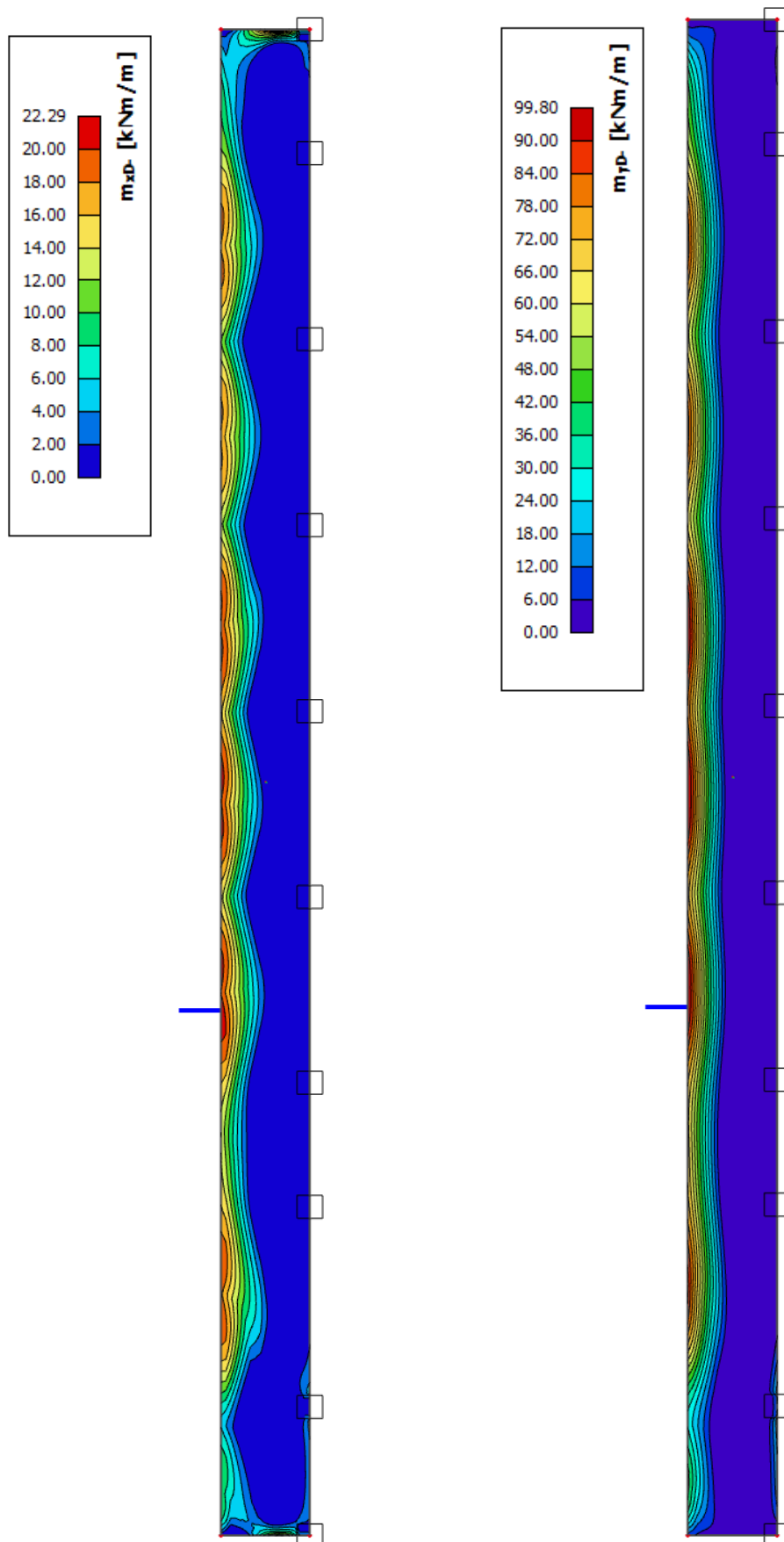
9.1.5. Stěna 5

Návrhová kombinace zatížení – m_{xd+} , m_{yd+}





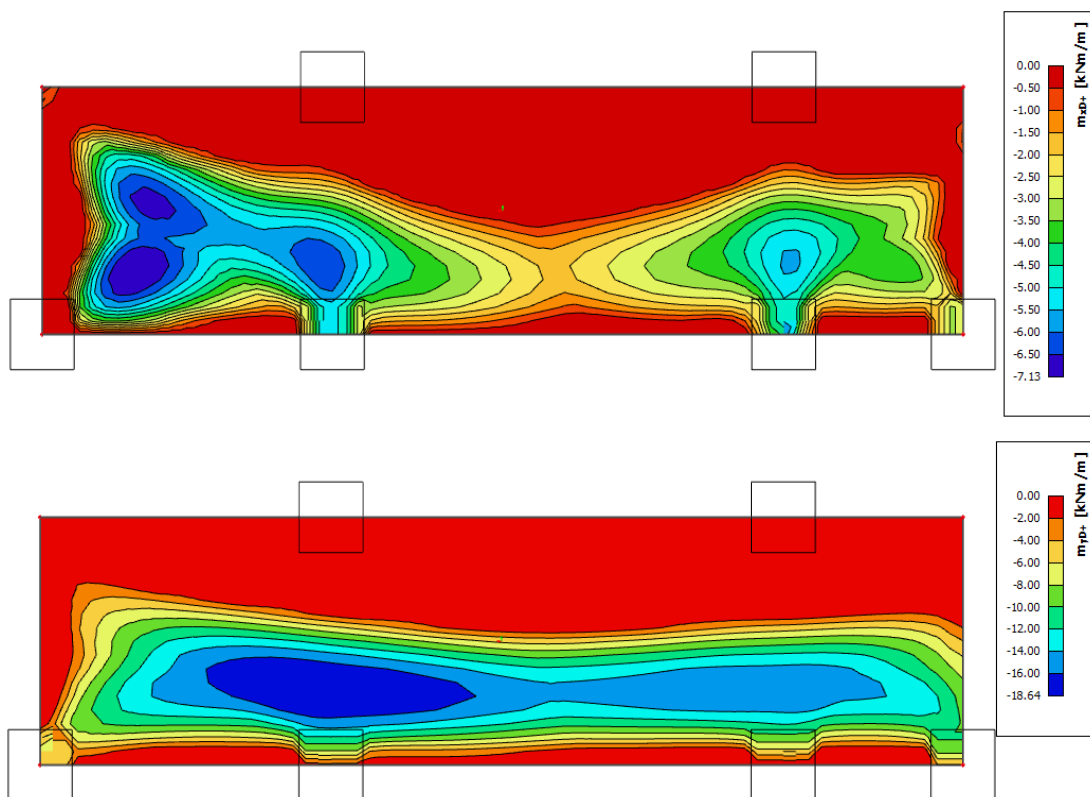
Návrhová kombinace zatížení – m_{xd} , m_{yd}





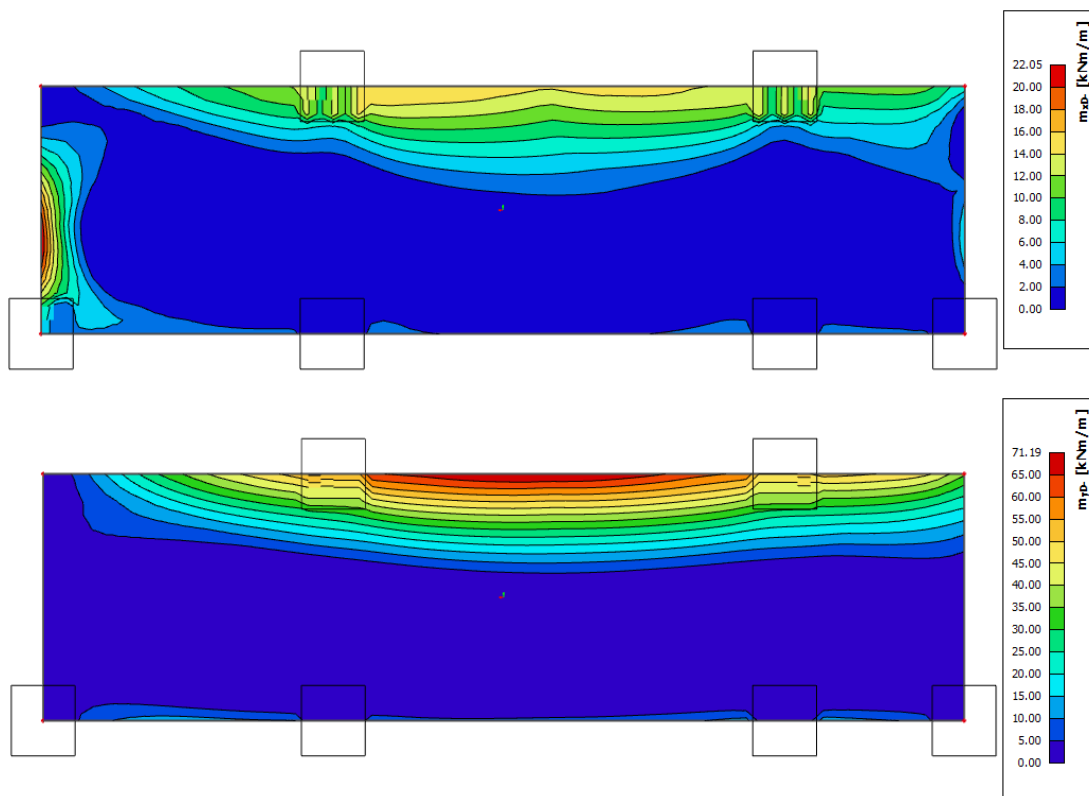
9.1.6. Stěna 6

Návrhová kombinace zatížení – m_{xd+} , m_{yd+}





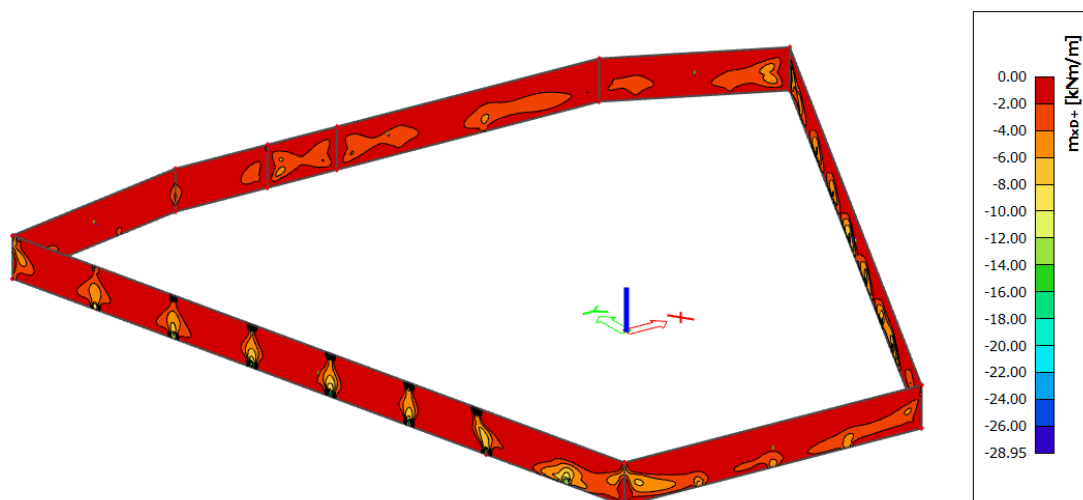
Návrhová kombinace zatížení – m_{xd} , m_{yd}



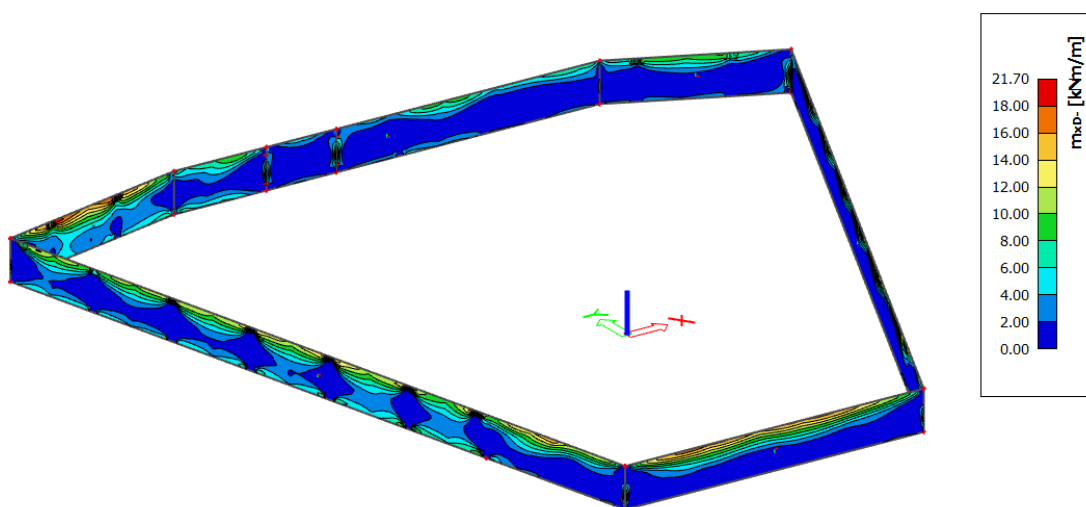


9.1.7. Všechny stěny

Častá kombinace zatížení – m_{xD+}

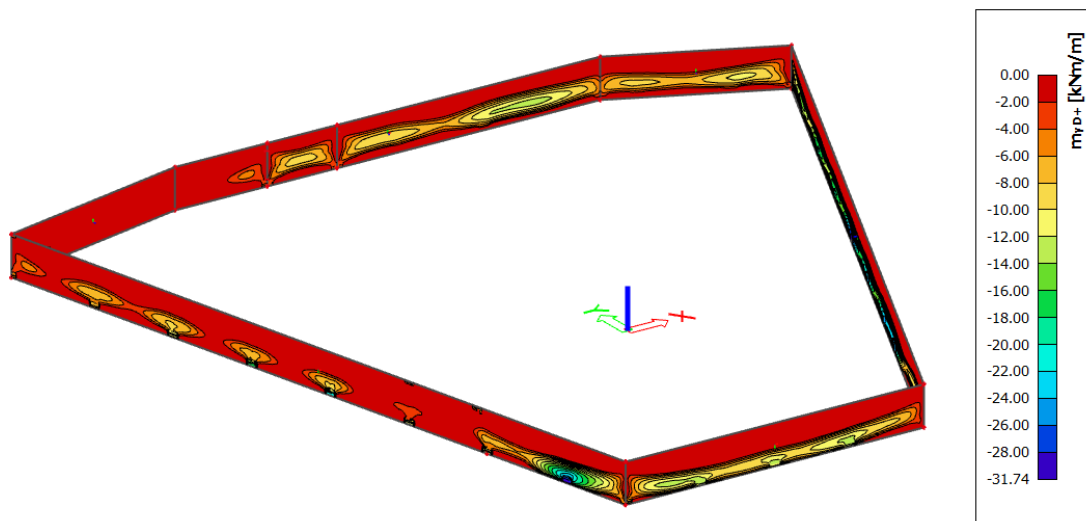


Častá kombinace zatížení – m_{xD-}

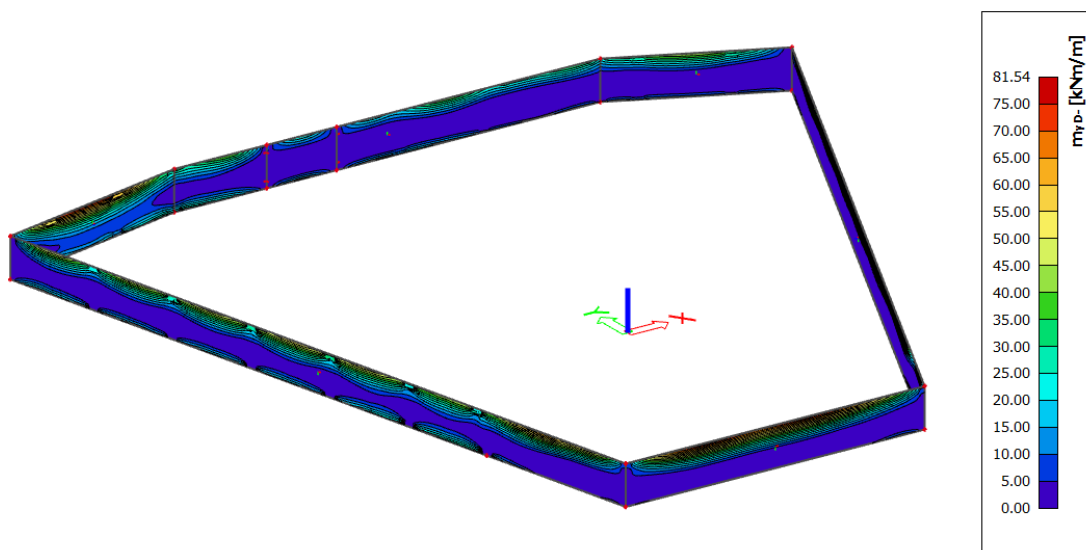




Častá kombinace zatížení – m_{yD+}

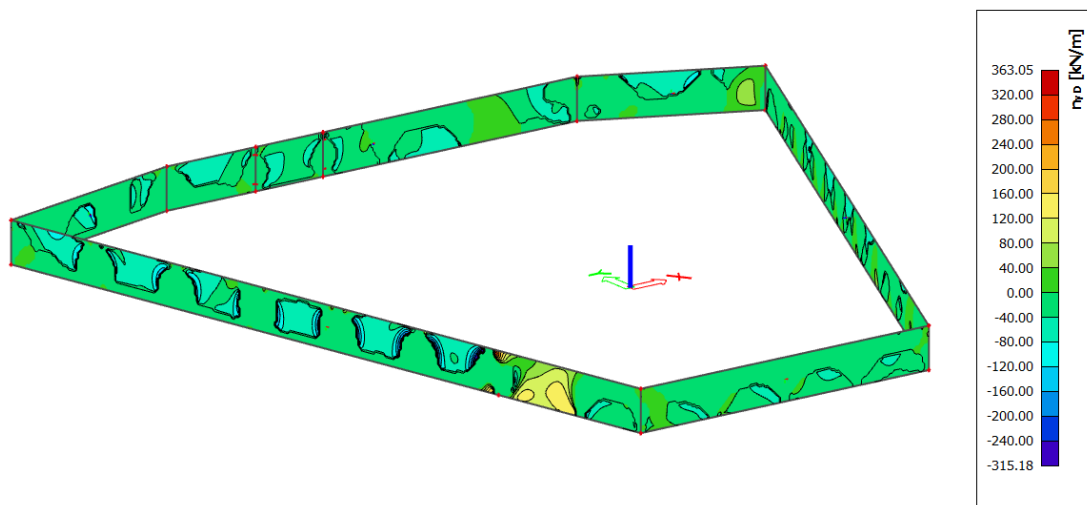


Častá kombinace zatížení – m_{yD-}





Návrhová kombinace zatížení – n_{yD}





9.2. Návrh výztuže stěn

9.2.1. Návrh vodorovné výztuže stěn

OMEZENÉ PŘETVOŘENÍ STĚNY - ÚČINKY HYDRATAČNÍHO TEPLA

Rozměry stěny:

Délka	$l_0 =$	8	m
Výška	$h_w =$	3,15	m
Tloušťka	$h =$	0,3	m

Beton:

Pevnost betonu v tlaku - charakteristická	$f_{ck} =$	30	MPa
Pevnost betonu v tlaku - návrhová	$f_{cd} =$	20,0	MPa
Pevnost betonu v tahu	$f_{ctm} =$	2,9	MPa
Redukce pevnosti betonu v tahu		0,5	
Průměrná pevnost betonu v tahu v době vzniku trhlin	$f_{ct,eff} =$	1,45	MPa
Modul pružnosti betonu	$E_{cm} =$	32 000	MPa

Výztuž:

Pevnost oceli - charakteristická	$f_{yk} =$	500	MPa
Pevnost oceli - návrhová	$f_{yd} =$	434,8	MPa
Modul pružnosti oceli	$E_s =$	200 000	MPa
Poměr modulů pružnosti	$\alpha_e =$	6,3	

Cement: CEM III/B 32,5 N

Množství cementu v 1 m ³ betonu	$c =$	330	kg/m ³
Hydratační teplo cementu v t_{maxT}	$H_w =$	150	kJ/kg

Tepelná kapacita betonu	$Q_{c0} =$	2 500	kJ/(m ³ K)
Součinitel α_c	$\alpha_c =$	0,75	-
Poměr E_{ct}/E_{c28}	$E_{ct}/E_{c28} =$	0,7	-
Součinitel teplotní roztažnosti betonu	$\alpha_t =$	0,00001	K ⁻¹
Součinitel možnosti posunu stavebních prvků	$k =$	1	-
Součinitel průběhu teploty uvnitř prvku	$k_{Tv} =$	0,5	-
Výchozí teplota čerstvého betonu	$T_0 =$	15	°C
Teplota základové desky	$T_s =$	10	°C
Maximální šířka trhliny	$w_{k,lim} =$	0,20	mm

Výpočet napětí ve stěně od úniku hydratačního tepla:

Časový okamžik vzniku max. teploty	$t_{maxT} =$	1,24	dne
Vzrůst teploty ve stěně	$\Delta T_{b,H} =$	14,85	°C
Vnitřní teplota ve stěně	$T_{bm} =$	22,35	°C
Rozdíl vnitřní teploty stěny a základové desky	$\Delta T_{b,W-S} =$	12,35	°C
Modul pružnosti mladého betonu	$E_{ct} =$	22 400	MPa
Napětí při úniku hydratačního tepla	$\sigma_{ct,ges} =$	2,77	MPa
Poměr l_0/h_w	$l_0/h_w =$	2,54	-
Součinitel pro přepočtení napětí	$k_{ct,d} =$	0,558	-
Návrhové napětí betonu v tahu	$\sigma_{ct,d} =$	1,54	MPa

$f_{ct,eff} = 1,45$ MPa < $\sigma_{ct,d} = 1,54$ MPa → **Trhliny vzniknou**



Výpočet šířky trhlin:

Navržená výztuž	$\Phi = 16$ mm			
	$s = 115$ mm			
	$A_{s,prov} = 1748$ mm ²	(jeden povrch)		
Krytí výztuže	$c = 40$ mm			
Plocha betonu obklopující taženou výztuž		$A_{c,eff} =$	0,120	m ²
Tahová síla při vzniku trhlin		$F_{ct,eff} =$	0,463	MN/m
Napětí ve výztuži		$\sigma_s =$	132,4	MPa
Účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu		$\rho_{c,eff} =$	0,0146	-
Součinitele pro výpočet šířky trhlin				
	$k_1 = 0,8$	$k_3 = 2,49$	$k_t = 0,6$	
	$k_2 = 1$ (tah)	$k_4 = 0,425$		
Maximální vzdálenost trhlin		$s_{r,max} =$	472,8	mm
Rozdíl poměrných přetvoření výztuže a betonu		$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,00039731	-
Charakteristická šířka trhliny		$w_k =$	0,188	mm
<hr/>				
	$w_k = 0,188$ mm	<	$w_{k,lim} = 0,200$ mm	VYHOVUJE

OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN PODLE ČSN EN 1992-3

Vetknutí podél jednoho okraje

Rozměry stěny:

Délka	$l_0 = 8$ m
Výška	$h_w = 3,15$ m
Tloušťka	$h = 0,3$ m

Beton:

Pevnost betonu v tlaku - charakteristická	$f_{ck} = 30$ MPa
Pevnost betonu v tlaku - návrhová	$f_{cd} = 20,0$ MPa
Pevnost betonu v tahu	$f_{ctm} = 2,9$ MPa
Redukce pevnosti betonu v tahu	0,5
Průměrná pevnost betonu v tahu v době vzniku trhli	$f_{ct,eff} = 1,45$ MPa
Modul pružnosti betonu	$E_{cm} = 32\,000$ MPa

Výztuž:

Pevnost oceli - charakteristická	$f_{yk} = 500$ MPa
Pevnost oceli - návrhová	$f_{yd} = 434,8$ MPa
Modul pružnosti oceli	$E_s = 200\,000$ MPa
Poměr modulů pružnosti	$\alpha_e = 6,3$

Cement: CEM III/B 32,5 N

Součinitel α_{ds1}	$\alpha_{ds1} = 4,00$ -
Součinitel α_{ds2}	$\alpha_{ds2} = 0,12$ -
Relativní vlhkost okolního prostředí	$RH = 50$ %
	$RH_0 = 100$ %
Součinitel omezení přetvoření	$R_{ax} = 0,50$ -



Výpočet přetvoření na zcela volném prvku:

	$\beta_{RH} =$	1,35625	-
Poměrné smrštění vysycháním	$\epsilon_{cd} =$	0,00036	-
Poměrné autogenní smršťování	$\epsilon_{ca} =$	0,00005	-
Poměrné přetvoření na zcela volném prvku	$\epsilon_{free} =$	0,00041	-
Rozdíl poměrných přetvoření výztuže a betonu	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,00021	-

Výpočet šířky trhlin:

Navržená výztuž	$\Phi =$	16	mm	
	$s =$	115	mm	
	$A_{s,prov} =$	1748	mm ²	(jeden povrch)
Krytí výztuže	$c =$	40	mm	
Plocha betonu obklopující taženou výztuž	$A_{c,eff} =$	0,120	m ²	
Účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu	$\rho_{c,eff} =$	0,0146	-	
Součinitele pro výpočet šířky trhlin				
	$k_1 =$	0,8		
	$k_2 =$	1	(tah)	
	$k_3 =$	2,49		
	$k_4 =$	0,425		
	$k_t =$	0,4		
Maximální vzdálenost trhlin	$s_{r,max} =$	472,8	mm	
Charakteristická šířka trhliny	$w_k =$	0,10	mm	
$w_k = 0,10 \text{ mm} < w_{k,lim} = 0,20 \text{ mm} \text{ VYHOVUJE}$				

VÝPOČET ŠÍŘKY TRHLINY OD ZATÍŽENÍ DLE ČSN EN 1992-1-1

Rozměry prvku:

Tloušťka desky	$h =$	300	mm
Šířka desky	$b =$	1000	mm
Krycí vrstva v tažené oblasti	$c_1 =$	40	mm
Krycí vrstva v tlačené oblasti	$c_2 =$	40	mm
Účinná výška průřezu	$d =$	252	mm
Vzdálenost tlakové výztuže od tlačného okraje průřezu	$d_1 =$	48	mm

Beton:

Pevnost betonu v tlaku - charakteristická	$f_{ck} =$	30	MPa
Pevnost betonu v tlaku - návrhová	$f_{cd} =$	20,0	MPa
Pevnost betonu v tahu	$f_{ctm} =$	2,9	MPa
Redukce pevnosti betonu v tahu		1	
Průměrná pevnost betonu v tahu v době vzniku trhlin	$f_{ct,eff} =$	2,9	MPa
Modul pružnosti betonu	$E_{cm} =$	32 000	MPa

Výztuž:

Pevnost oceli - charakteristická	$f_{yk} =$	500	MPa
Pevnost oceli - návrhová	$f_{yd} =$	434,8	MPa
Modul pružnosti oceli	$E_s =$	200 000	MPa
Poměr modulů pružnosti	$\alpha_e =$	6,3	

Navržená výztuž:

Tahová výztuž	$\Phi_1 =$	16	mm	Tlaková výztuž	$\Phi_2 =$	16	mm
	$s_1 =$	115	mm		$s_2 =$	115	mm
příložky	$\Phi_{1p} =$	0	mm	příložky	$\Phi_{2p} =$	0	mm
	$s_{1p} =$	0	mm		$s_{2p} =$	0	mm
Plocha výztuže	$A_{s1} =$	1748	mm ²	Plocha výztuže	$A_{s2} =$	1748	mm ²



Zatížení:

Ohybový moment $m_{ek} = 29,8$ kNm

Maximální šířka trhliny $w_{k,lim} = 0,20$ mm

Kontrola vzniku trhlin:

Vzdálenost těžiště ideálního průřezu od tlačného okraje	$x_i = 150,0$	mm
Moment setrvačnosti ideálního průřezu k těžišti	$I_i = 2\,477\,374\,817$	mm ⁴
Tahové napětí v betonu na nejvíce taženém okraji	$\sigma_c = 1,8$	MPa
Moment při vzniku trhlin	$m_{cr} = 47,9$	kNm
$m_{cr} = 47,9$ kNm	>	$m_{ek} = 29,8$ kNm → Trhliny nevzniknou

Napětí v tahové výztuži:

Poloha neutrální osy s trhlinou	$x_{ir} = 62,3$	mm
Moment setrvačnosti průřezu s trhlinou	$I_{ir} = 475\,708\,478$	mm ⁴
Napětí v tahové výztuži	$\sigma_s = 74,3$	MPa

Šířka trhlin:

Výška účinné plochy taženého betonu	$h_{c,eff} = 79,2$	mm
Plocha betonu obklopující taženou výztuž	$A_{c,eff} = 79\,229,3$	mm ²
Účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu	$\rho_{c,eff} = 0,0221$	-

Součinitele pro výpočet šířky trhlin

$k_1 = 0,8$	$k_3 = 2,49$	$k_t = 0,4$
$k_2 = 0,5$ (ohyb)	$k_4 = 0,425$	

Maximální vzdálenost trhlin	$s_{r,max} = 222,7$	mm
Rozdíl poměrných přetvoření výztuže a betonu	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,0002228$	-
Charakteristická šířka trhliny	$w_k = 0,050$	mm

$w_k = 0,050$ mm < $w_{k,lim} = 0,200$ mm **VYHOVUJE**

Z výpočtů je vidět, že pro návrh vodorovné výztuže stěn jsou rozhodující tahové síly, které vznikají při úniku hydratačního tepla.

Navrhuje se výztuž $\Phi 16/115$.



9.2.2. Návrh svislé výztuže stěn

VÝPOČET ŠÍŘKY TRHLINY OD ZATÍŽENÍ DLE ČSN EN 1992-1-1

Rozměry prvku:

Tloušťka desky	$h =$	300	mm
Šířka desky	$b =$	1000	mm
Krycí vrstva v tažené oblasti	$c_1 =$	56	mm
Krycí vrstva v tlačené oblasti	$c_2 =$	56	mm
Účinná výška průřezu	$d =$	236	mm
Vzdálenost tlakové výztuže od tlačného okraje průřezu	$d_1 =$	64	mm

Beton:

Pevnost betonu v tlaku - charakteristická	$f_{ck} =$	30	MPa
Pevnost betonu v tlaku - návrhová	$f_{cd} =$	20,0	MPa
Pevnost betonu v tahu	$f_{ctm} =$	2,9	MPa
Redukce pevnosti betonu v tahu		1	
Průměrná pevnost betonu v tahu v době vzniku trhlin	$f_{ct,eff} =$	2,9	MPa
Modul pružnosti betonu	$E_{cm} =$	32 000	MPa

Výztuž:

Pevnost oceli - charakteristická	$f_{yk} =$	500	MPa
Pevnost oceli - návrhová	$f_{yd} =$	434,8	MPa
Modul pružnosti oceli	$E_s =$	200 000	MPa
Poměr modulů pružnosti	$\alpha_e =$	6,3	

Navržená výztuž:

Tahová výztuž	$\Phi_1 =$	16	mm	Tlaková výztuž	$\Phi_2 =$	16	mm
	$s_1 =$	140	mm		$s_2 =$	140	mm
příložky	$\Phi_{1p} =$	0	mm	příložky	$\Phi_{2p} =$	0	mm
	$s_{1p} =$	0	mm		$s_{2p} =$	0	mm
Plocha výztuže	$A_{s1} =$	1436	mm ²	Plocha výztuže	$A_{s2} =$	1436	mm ²

Zatížení:

Ohybový moment	$m_{ek} =$	69,9	kNm
Maximální šířka trhliny	$w_{k,lim} =$	0,20	mm

Kontrola vzniku trhlin:

Vzdálenost těžiště ideálního průřezu od tlačného okraje	$x_i =$	150,0	mm
Moment setrvačnosti ideálního průřezu k těžišti	$I_i =$	2 382 772 682	mm ⁴
Tahové napětí v betonu na nejvíce taženém okraji	$\sigma_c =$	4,4	MPa
Moment při vzniku trhlin	$m_{cr} =$	46,1	kNm
$m_{cr} = 46,1$ kNm	<	$m_{ek} = 69,9$ kNm	→ Trhliny vzniknou

Napětí v tahové výztuži:

Poloha neutrální osy s trhlinou	$x_{ir} =$	57,5	mm
Moment setrvačnosti průřezu s trhlinou	$I_{ir} =$	349 683 187	mm ⁴
Napětí v tahové výztuži	$\sigma_s =$	223,0	MPa



Šířka trhlín:

Výška účinné plochy taženého betonu	$h_{c,eff} =$	80,8	mm
Plocha betonu obklopující taženou výztuž	$A_{c,eff} =$	80 841,9	mm ²
Účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu	$\rho_{c,eff} =$	0,0178	-
Součinitele pro výpočet šířky trhlín			
$k_1 =$	0,8	$k_3 =$	1,99
$k_2 =$	0,5 (ohyb)	$k_4 =$	0,425
		$k_t =$	0,4
Maximální vzdálenost trhlín	$s_{r,max} =$	264,3	mm
Rozdíl poměrných přetvoření výztuže a betonu	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,00075247	-
Charakteristická šířka trhlíny	$w_k =$	0,199	mm

$w_k = 0,199 \text{ mm} < w_{k,lim} = 0,200 \text{ mm} \text{ VYHOVUJE}$

Posouzení svislé únosnosti stěny s ohybem

INTERAKČNÍ DIAGRAM

Průřezové charakteristiky

Rozměry tlačného prvku	$b =$	1 000	mm
	$h =$	300	mm
	$A_c =$	300 000	mm ²
Krycí vrstva	$c =$	40	mm
Výztuž prvku	$\phi_{tr} =$	16	mm
	$\phi_{s1} =$	16	mm
	$n_1 =$	7	
	$A_{s1} =$	1 407	mm ²
	$\phi_{s2} =$	16	mm
	$n_2 =$	7	
	$A_{s2} =$	1 407	mm ²
Účinná výška průřezu	$d =$	236	mm
Ramena vnitřních sil	$z_{s1} =$	86	mm
	$z_{s2} =$	86	mm
	$d_1 =$	64	mm
	$d_2 =$	64	mm

Materiálové charakteristiky

Beton	$f_{ck} =$	30	Mpa
	$f_{cd} =$	20	Mpa
	$\epsilon_{cd} =$	0,0035	
Výztuž	$f_{yk} =$	500	Mpa
	$f_{yd} =$	435	Mpa
	$E_s =$	200 000	MPa
	$\sigma_s =$	400	MPa

Zatížení prvku

$N_1 =$	315	kN
$M_1 =$	15	kNm
$N_2 =$	-363	kN
$M_2 =$	15	kNm
$N_3 =$	40	kN
$M_3 =$	120	kNm

Výpočet

BOD "0" - dostředný tlak

$N_{Rd,0} = 7\,125,95 \text{ kN}$
 $M_{Rd,0} = 0,00 \text{ kNm}$

BOD "1" - nulové přetvoření tažené výztuže

$N_{Rd,1} = 4\,387,93 \text{ kN}$
 $M_{Rd,1} = 319,51 \text{ kNm}$

BOD "2" - napětí v tažené výztuži je na mezi kluzu

$\xi_{bal} = 0,62$
 $x_{bal} = 145,58 \text{ mm}$
 $\epsilon_{s2} = 0,0020 < \epsilon_{yd} = 0,0022$
 $\sigma_{s2} = 392,26 \text{ Mpa}$
 $N_{Rd,2} = 2\,269,41 \text{ kN}$
 $M_{Rd,2} = 313,86 \text{ kNm}$



BOD "3" - prostý ohyb

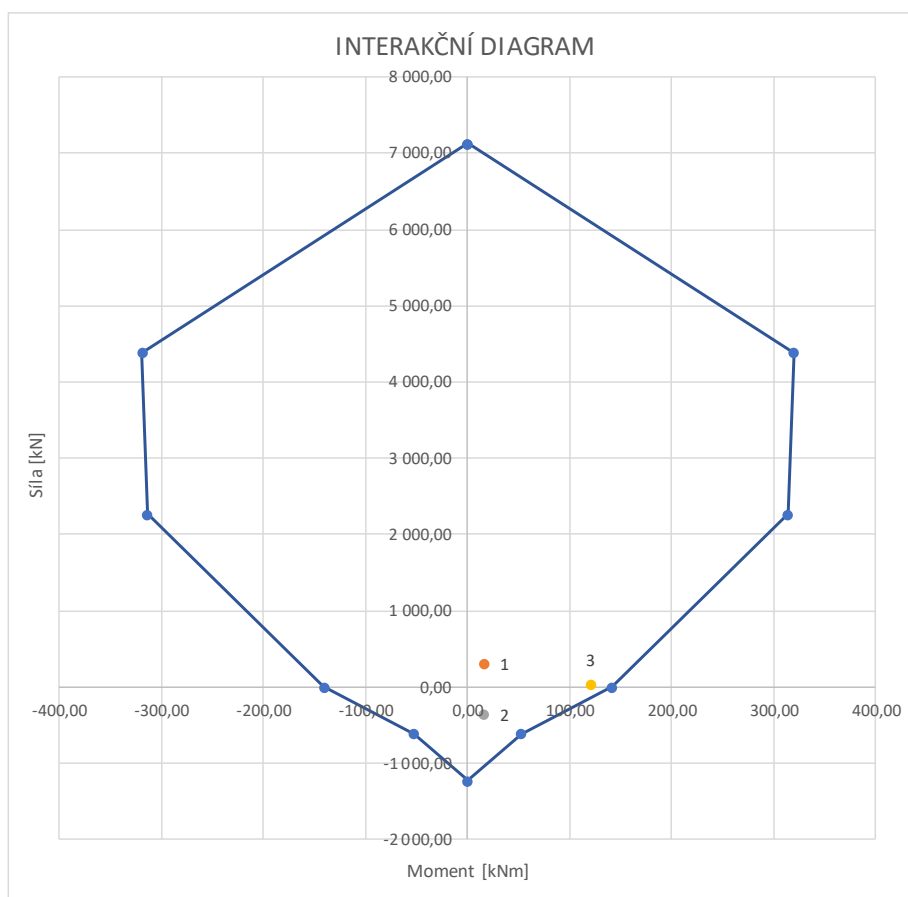
$$\begin{aligned}\sigma_{S2} &= -158,47 \text{ Mpa} \\ x &= 52,19 \text{ mm} \\ N_{Rd,3} &= 0,00 \text{ kN} \\ M_{Rd,3} &= 141,26 \text{ kNm}\end{aligned}$$

BOD "4" - nulové přetvoření tlačené výztuže

$$\begin{aligned}N_{Rd,4} &= 611,93 \text{ kN} \\ M_{Rd,4} &= 52,63 \text{ kNm}\end{aligned}$$

BOD "5" - prostý tah

$$\begin{aligned}N_{Rd,5} &= 1\,223,86 \text{ kN} \\ M_{Rd,5} &= 0,00 \text{ kNm}\end{aligned}$$



Navržena výztuž $\Phi 16/140$.



9.2.3. Konstrukční zásady

Minimální plocha výztuže

$$A_{s,min} = 0,002 \cdot A_c = 0,002 \cdot 1000 \cdot 300 = 600 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \frac{k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}}{\sigma_s} = \frac{0,4 \cdot 1,0 \cdot 1,45 \cdot 300 \cdot 1000}{200} = 870 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 870 \text{ mm}^2 < A_{s,prov} = 3496 \text{ mm}^2$$

Maximální plocha výztuže

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 300 = 12\,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 12\,000 \text{ mm}^2 > A_{s,prov} = 3496 \text{ mm}^2$$

Minimální světlá vzdálenost výztuže

$$s_{sv} = \max(1,2 \cdot \varnothing_{s,max}; d_{max} + 5; 20 \text{ mm}) = 21 \text{ mm} < 99 \text{ mm}$$

Maximální vzdálenost výztuže

$$s_{max} = \min(3 \cdot h; 400 \text{ mm}) = 300 \text{ mm} > 115 \text{ mm}$$



10. Kotevní a přesahové délky

10.1. Kotevní a přesahová délka pro $\varnothing 14$ mm

Základní kotevní délka:

$$f_{bd,dobré} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 = 2,93 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0,05}}{1,5} = \frac{2}{1,5} = 1,3 \text{ MPa}$$

$$\eta_1 = 1,0 \quad \text{pro dobré podmínky soudržnosti}$$

$$\eta_2 = 1,0 \quad \text{pro } \varnothing \leq 32 \text{ mm}$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\varnothing \cdot \sigma_s}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{14 \cdot 435}{4 \cdot 2,93} = 520 \text{ mm}$$

Kotevní délka:

$$l_{b,min,tah} = \max(0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\varnothing; 100 \text{ mm}) = \max(0,3 \cdot 520; 10 \cdot 14; 100) \\ = 156 \text{ mm}$$

$$l_{b,min,tlak} = \max(0,6 \cdot l_{b,rqd}; 10\varnothing; 100 \text{ mm}) = \max(0,6 \cdot 520; 10 \cdot 14; 100) \\ = 312 \text{ mm}$$

$$l_{b,d,tah} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1,0 \cdot 0,882 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 520 = 458 \text{ mm} \\ \geq l_{b,min,tah}$$

$$l_{b,d,tlak} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 520 = 520 \text{ mm} \\ \geq l_{b,min,tlak}$$

$$\alpha_1 = 1,0 \quad \text{Vliv tvaru prutu}$$

$$\alpha_2 = 1,0 \quad \text{Vliv minimální krycí vrstvy (pro tlak)}$$

$$\alpha_2 = 0,882 \quad \text{Vliv minimální krycí vrstvy (pro tah)}$$

$$\alpha_3 = 1,0 \quad \text{Vliv ovinutí příčnou výztuží}$$

$$\alpha_4 = 1,0 \quad \text{Vliv příčně přivařených prutů}$$

$$\alpha_5 = 1,0 \quad \text{Vliv tlaku kolmého na rovinu odštěpování betonu}$$

Kotevní délka: 460 mm pro tah

520 mm pro tlak



Přesahová délka:

$$l_{0,min} = \max(0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}; 15\emptyset; 200 \text{ mm}) = \max(0,3 \cdot 1,5 \cdot 520; 15 \cdot 14; 200) \\ = 234 \text{ mm}$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{0,tah} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 1,0 \cdot 0,882 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 520 = 688 \text{ mm} \\ \geq l_{0,min}$$

$$l_{0,tlak} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 520 = 780 \text{ mm} \\ \geq l_{0,min}$$

Přesahová délka: 690 mm pro tah

780 mm pro tlak

10.2. Kotevní a přesahová délka pro $\emptyset 16 \text{ mm}$

Základní kotevní délka:

$$f_{bd,dobré} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 = 2,93 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0,05}}{1,5} = \frac{2}{1,5} = 1,3 \text{ MPa}$$

$$\eta_1 = 1,0 \quad \text{pro dobré podmínky soudržnosti}$$

$$\eta_2 = 1,0 \quad \text{pro } \emptyset \leq 32 \text{ mm}$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\emptyset \cdot \sigma_s}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{16 \cdot 435}{4 \cdot 2,93} = 595 \text{ mm}$$

Kotevní délka:

$$l_{b,min,tah} = \max(0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\emptyset; 100 \text{ mm}) = \max(0,3 \cdot 595; 10 \cdot 16; 100) \\ = 178 \text{ mm}$$

$$l_{b,min,tlak} = \max(0,6 \cdot l_{b,rqd}; 10\emptyset; 100 \text{ mm}) = \max(0,6 \cdot 595; 10 \cdot 16; 100) \\ = 357 \text{ mm}$$

$$l_{b,d,tah} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1,0 \cdot 0,869 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 595 = 517 \text{ mm} \\ \geq l_{b,min,tah}$$

$$l_{b,d,tlak} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 595 = 595 \text{ mm} \\ \geq l_{b,min,tlak}$$



$\alpha_1 = 1,0$	<i>Vliv tvaru prutu</i>
$\alpha_2 = 1,0$	<i>Vliv minimální krycí vrstvy (pro tlak)</i>
$\alpha_2 = 0,869$	<i>Vliv minimální krycí vrstvy (pro tah)</i>
$\alpha_3 = 1,0$	<i>Vliv ovinutí příčnou výztuží</i>
$\alpha_4 = 1,0$	<i>Vliv příčně přivařených prutů</i>
$\alpha_5 = 1,0$	<i>Vliv tlaku kolmého na rovinu odštěpování betonu</i>

Kotevní délka: 520 mm pro tah

600 mm pro tlak

Přesahová délka:

$$l_{0,min} = \max(0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}; 15\phi; 200 \text{ mm}) = \max(0,3 \cdot 1,5 \cdot 595; 15 \cdot 16; 200) \\ = 268 \text{ mm}$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{0,tah} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 1,0 \cdot 0,869 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 595 = 775 \text{ mm} \\ \geq l_{0,min}$$

$$l_{0,tlak} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 595 = 892 \text{ mm} \\ \geq l_{0,min}$$

Přesahová délka: 780 mm pro tah

900 mm pro tlak



11. Závěr

Ve statickém výpočtu byla podrobně navržena základová deska a obvodové stěny 1PP.

Po betonáži působí na základovou desku třecí síly. Zjednodušeně lze předpokládat, že napětí od omezeného přetvoření desky je na průřezu konstantní. V desce po betonáži nejprve dochází k vývinu hydratačního tepla a ohřívání průřezu. Po 1-2 dnech od betonáže dochází k chladnutí desky, což je klíčový okamžik pro návrh výztuže. Tahová síla v desce odpovídá omezené deformaci třením. Po ukončení ošetřování horního povrchu desky začíná proces smršťování vysycháním. Tahová napětí u horního povrchu desky mohou být vyšší než tahová pevnost betonu, ale jelikož sahají do menších hloubek, je tato tahová síla menší než síla od chladnutí betonu a pro návrh výztuže není rozhodující.

Výztuž základové desky byla navržena na účinky hydratačního tepla. Základní rastr výztuže v obou směrech a při obou površích byl stanoven $\Phi 16/140$ mm. V místech extrémních ohybových momentů byly navrženy příložky $\Phi 16/280$ mm.

Do základové desky byla také navržena smyková výztuž do okolí stěn vnitřního železobetonového jádra a do míst nejvíce zatížených sloupů.

Chování stěny pár dní po betonáži je podobné jako u základové desky. Pro návrh výztuže je také rozhodující tahová síla vznikající při úniku hydratačního tepla. Rozdíl mezi stěnou a deskou je v tom, že stěna je nabetonována na základovou desku, ve které už část smršťování proběhla. Literatura uvádí, že k největšímu napětí dochází při chladnutí desky cca ve čtvrtině výšky stěny.

Vodorovná výztuž stěn byla navržena na účinky hydratačního tepla a vyšla $\Phi 16/115$ mm. Svislá výztuž stěn vychází ze silového zatížení a s ohledem na šířku trhlin byla navržena $\Phi 16/140$.



12. Literatura, software

12.1. Normy

ČSN EN 1990	Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991-1-1	Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
ČSN EN 1991-1-3	Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
ČSN EN 1991-1-4	Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
ČSN EN 1992-1-1	Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1 - Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 1992-3	Navrhování betonových konstrukcí – Část 3: Nádrže na kapaliny a zásobníky
ČSN EN 1997-1	Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1 Obecná pravidla
ČSN EN 206-1	Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
ČSN 73 1201	Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb
ČSN EN 13670	Provádění betonových konstrukcí

12.2. Další podklady

- [1] PROCHÁZKA, Jaroslav a Jiří ŠMEJKAL. *Betonové základové a opěrné konstrukce*. V Praze: České vysoké učení technické, 2017. ISBN 978-80-01-06128-2.
- [2] *Směrnice pro vodonepropustné betonové konstrukce: DAfStb-Richtlinie wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)*. Praha: Česká betonářská společnost ČBSI, 2015. Technická pravidla ČBS. ISBN 978-80-903806-9-1.
- [3] *Bílé vany: vodonepropustné betonové konstrukce: sbírka přednášek, příkladů a prezentací ke školení. 2., upr. vyd.* Praha: ČBS Servis, 2007. ISBN 978-80-87158-02-9.



- [4] *Archiweb.cz - DOCK in TWO* [online]. © Archiweb [cit. 2019-12-22]. Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/dock-in-two-novostavba-administrativni-budovy>
- [5] Kolektiv autorů katedry K133. *Předběžný statický výpočet – vzor* [online]. [cit. 2019-12-22]. Dostupné z: http://concrete.fsv.cvut.cz/projekty/pdf/predbezny_SV_celek.pdf
- [6] KOS, Jan a Alena HORSKÁ. *Vyztužování poruchových oblastí železobetonové konstrukce – Návrh výztuže základové desky* [online]. [cit. 2019-12-22]. Dostupné z: <http://concrete.fsv.cvut.cz/projekty/pdf/2017/N%C3%A1vrh%20v%C3%BDztu%C5%BEE%20z%C3%A1kladov%C3%A9%20desky.pdf>
- [7] ŠMEJKAL, Jiří a Jaroslav PROCHÁZKA. Výpočet šířky trhlin. In: *Beton TKS* [online]. 6/2014. [cit. 2019-12-22]. Dostupné z: http://www.betontks.cz/sites/default/files/2014-6-68_0.pdf
- [8] VINKLER, Marek a Jaroslav PROCHÁZKA. Návrh výztuže bílé vany s ohledem na šířku trhlin. In: *Beton TKS* [online]. 5/2017 [cit. 2019-10-30]. Dostupné z: <http://www.betontks.cz/sites/default/files/2017-5-60.pdf>
- [9] Kolektiv autorů katedry K133. *Technická zpráva – vzor* [online]. [cit. 2019-12-22]. Dostupné z: http://concrete.fsv.cvut.cz/projekty/pdf/vzor_TZ.pdf

12.3. Použitý software

- Výpočetní program MKP – SCIA Engineer 19.1
- Program FINE (GEO5 – Pilota, FIN EC – Protlak)
- MS Office 2016 – Word, Excel
- AutoCAD 2018