

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

STATICKÉ ŘEŠENÍ VYBRANÝCH ŽELEZOBETONOVÝCH ČÁSTÍ OBJEKTU

DESIGN OF THE SELECTED PARTS OF THE CONCRETE OBJECT

P2) STATICKÝ VÝPOČET

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARKÉTA HRVOLOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. IVANA ŠVAŘÍČKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2014

OBSAH

SCHODIŠTĚ.....	4
1 ÚVOD	5
2 GEOMETRIE.....	5
2.1 Půdorys.....	5
2.2 Řez	6
2.3 MKP model	7
3 ZATÍŽENÍ	7
3.1 Zatěžovací stavy	7
3.1.1 ZS1 Vlastní tíha	7
3.1.2 ZS2 Stálé zatížení	7
3.1.3 ZS3 Užité	9
3.2 Skupiny zatížení	9
3.3 Kombinace	10
4 VNITŘNÍ SÍLY	11
4.1 Izopásma	11
4.1.1 MxD-	11
4.1.2 MyD-	11
4.1.3 MxD+	12
4.1.4 MyD+	12
4.1.5 Maximální hodnoty	13
4.2 Reakce.....	13
4.2.1 LG1.....	13
4.2.2 LG2.....	15
4.2.3 Reakce	17
5 DIMENZOVÁNÍ NA OHYB	17
5.1 Materiálové charakteristiky.....	17
5.2 Návrh výztuže	18
6 POSOUZENÍ NA SMYK	21
7 KOTVENÍ VÝZTUŽE	21
7.1 Horní výztuž – vetknutí – Ø 8 mm	21
7.2 Dolní výztuž – vetknutí – Ø 8 mm.....	22
7.3 Rozdělovací výztuž – Ø 8 mm.....	22

7.4	Stykování výztuže přesahem.....	23
8	II MEZNÍ STAV.....	24
	STROPNÍ DESKA	25
1	ÚVOD	26
1.1	Stručný popis konstrukce	26
1.2	Výpočetní metoda	26
1.3	Použité materiály.....	26
2	ZATÍŽENÍ	27
2.1	ZS1 Vlastní tíha.....	27
2.2	ZS2 Stálé zatížení.....	27
2.2.1	Podlahy.....	27
2.2.2	Nadezdívky	29
2.2.3	Reakce od schodiště.....	30
2.2.4	Reakce od krovu	30
2.3	ZS3 Sníh plný	31
2.3.1	Terasa a přístřešek nad garáží.....	31
2.3.2	Reakce od krovu	31
2.4	Vítr	32
2.4.1	ZS4 Vítr příčný shora	33
2.4.2	ZS5 Vítr příčný zdola.....	34
2.4.3	ZS6 Vítr podélný zleva	36
2.4.4	ZS7 Vítr podélný zprava.....	37
2.5	Užitné zatížení	38
2.5.1	ZS8 Užitné plné.....	38
2.5.2	ZS9 Užitné ŠACH1	39
2.5.3	ZS10 Užitné ŠACH2	39
2.5.4	ZS11 Užitné PRUH1 příčný.....	40
2.5.5	ZS12 Užitné PRUH2 příčný.....	40
2.5.6	ZS13 Užitné PRUH1 podélný.....	41
2.5.7	ZS14 Užitné PRUH2 podélný.....	41
2.6	Skupiny zatížení.....	42
3	KOMBINACE.....	42
4	MKP model	43

4.1	Síť	43
4.2	Podpory.....	43
5	VNITŘNÍ SÍLY	44
5.1	mxD+	44
5.2	myD+	44
5.3	mxD-	45
5.4	myD-	45
6	DIMENZOVÁNÍ NA OHYB	46
6.1	Materiálové charakteristiky.....	46
6.2	Krytí	46
6.3	Směr x	46
6.3.1	Konstrukční výztuž.....	46
6.3.2	Lokální zahuštění.....	49
6.4	Směr y	51
6.4.1	Konstrukční výztuž.....	51
6.4.2	Lokální zahuštění.....	53
7	KOTEVNÍ DÉLKY.....	56
7.1	Horní výztuž – vetknutí – Ø 8 mm	56
7.2	Spodní výztuž – vetknutí – Ø 8 mm.....	56
7.3	Spodní výztuž – vnitřní podpora – Ø 8 mm.....	57
7.4	Stykování výztuže přesahem.....	57
8	POSOUZENÍ NA SMYK	58
9	PROTLAČENÍ	60
9.1	Rohový sloup A.....	61
9.2	Krajní sloup B.....	62
9.3	Rohový sloup C.....	63
9.4	Krajní sloup D	64
9.5	Rohový sloup E.....	66
9.6	Sloupky	67
10	II MEZNÍ STAV	69

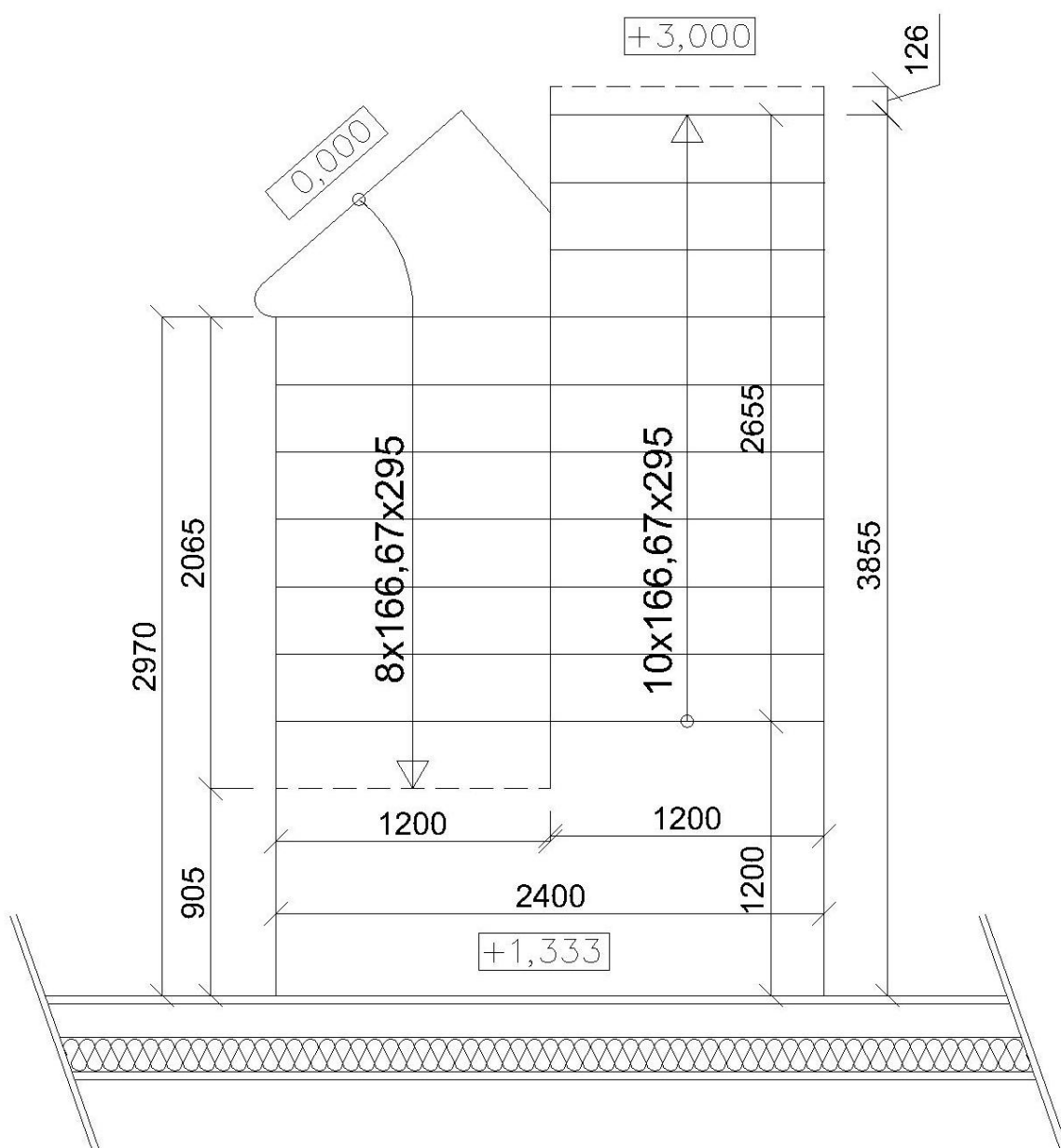
SCHODIŠTĚ

1 ÚVOD

Schodiště v rodinném domě je tvořeno zalomenou železobetonovou deskou konstantní tloušťky 160 mm. Ve spodní části je vetknutá do základu. Uložení schodiště na obvodovou stěnu je v celé šířce nosné betonové části obvodové stěny, tj. 150 mm, výztuž stěny prochází skrz. V horní části je schodišťová deska monoliticky spojena s konstrukcí stropní desky nad 1NP.

2 GEOMETRIE

2.1 Půdorys



POCHOZÍ VRSTVA Z TVRDÉHO DŘEVA tl. 40 mm
NADBETONOVANÉ STUPNĚ 166,67x295 mm
ŽB SCHODIŠŤOVÁ DESKA tl. 160 mm
OMÍTKA tl. 10 mm

+3,000

120

200

2680

POCHOZÍ VRSTVA Z TVRDÉHO DŘEVA tl. 40 mm
ŽB SCHODIŠŤOVÁ DESKA tl. 160 mm
OMÍTKA tl. 10 mm

40

+1,333

160

167

295

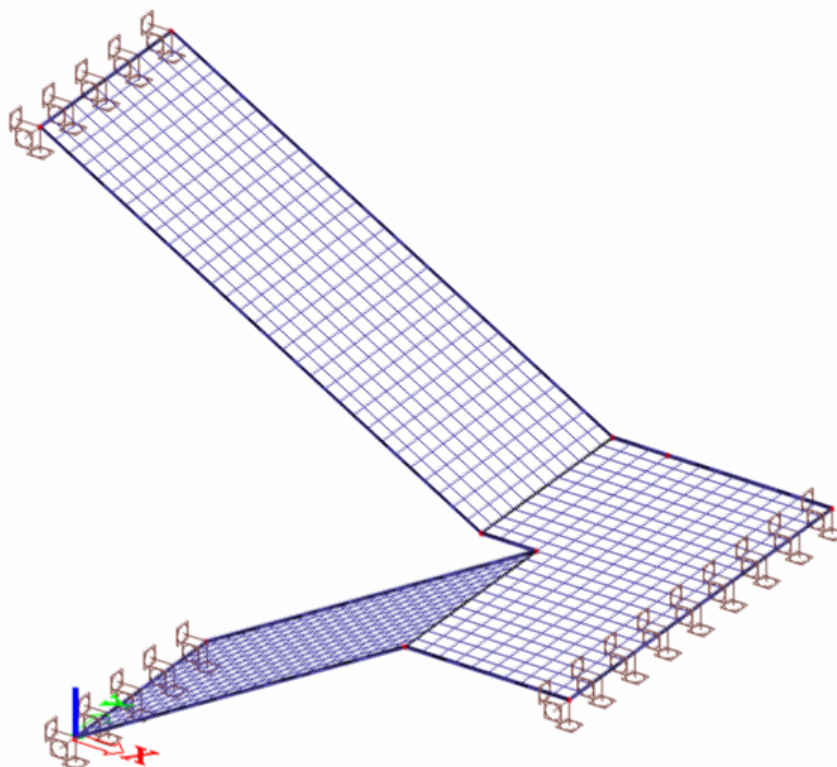
1133

1333

0,000

PRVNÍ STUPĚN
VYBETONOVÁN

2.3 MKP model



3 ZATÍŽENÍ

3.1 Zatěžovací stavy

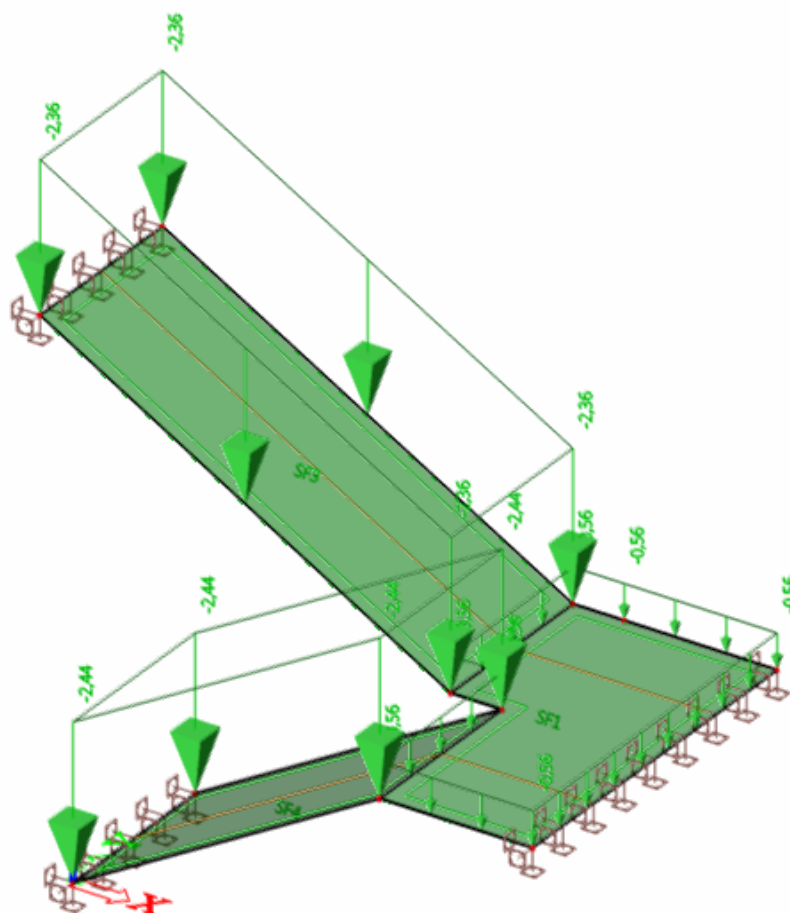
3.1.1 ZS1 Vlastní tíha

	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
ŽB deska	0,160	25	4,000
Celkem $\Sigma g_k =$			4,000

3.1.2 ZS2 Stálé zatížení

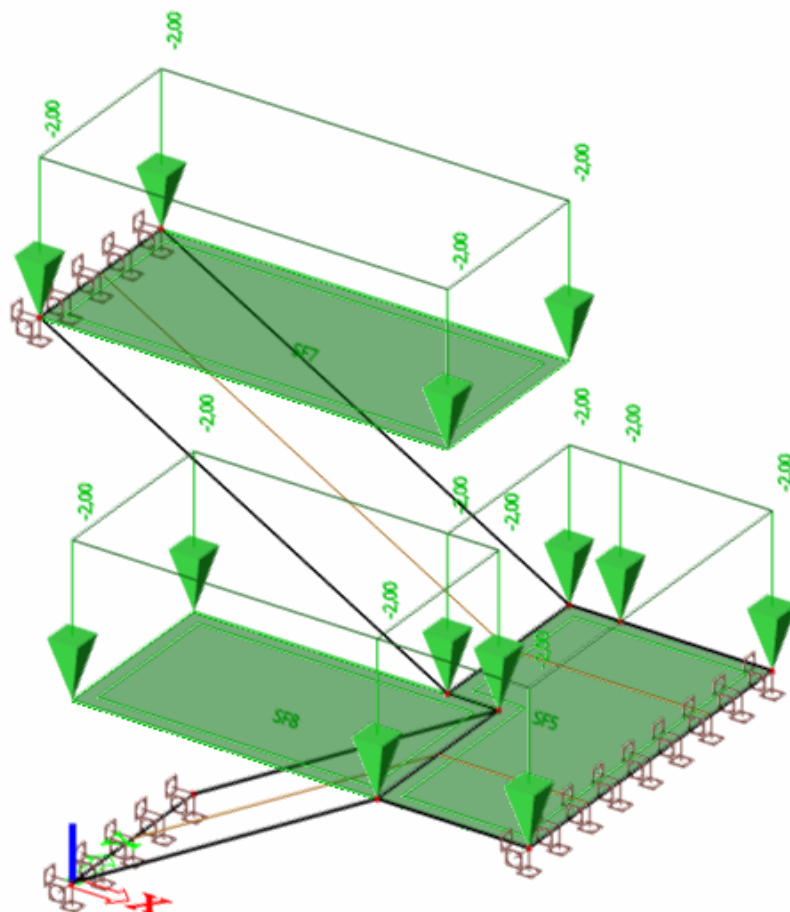
Nástupní rameno	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Omítka	0,010	20	0,200
Tíha schodišťových stupňů 7ks	$(0,5 \cdot 0,1678 \cdot 0,295 \cdot 7) / 2,308$	25	1,877
Pochozí vrstva	0,04	9	0,360
Celkem $\Sigma g_k =$			2,437

Podesta			
Omítka	0,010	20	0,200
Pochozí vrstva	0,04	9	0,360
Celkem $\Sigma g_k =$			0,560
Výstupní rameno			
Omítka	0,010	20	0,200
Tíha schodišťových stupňů 7ks	$(0,5 \cdot 0,1678 \cdot 0,295 \cdot 9 \text{ ks}) / 3,088$	25	1,803
Pochozí vrstva	0,04	9	0,360
Celkem $\Sigma g_k =$			2,363



3.1.3 ZS3 Užité

Kategorie zatěžovacích ploch	Konstrukce	q_k [kN/m ²]
kategorie A	schodiště	2,0
Celkem $\Sigma q_k =$		2,0



3.2 Skupiny zatížení

Skupina zatížení	Zatěžovací stavy	Popis
LG1	ZS1 Vlastní tíha ZS2 Stálé	Stálé
LG2	ZS3 Užité	Nahodilé

3.3 Kombinace

Kombinace byly vytvořeny výpočtovým programem Scia Engineer 2013.0 na základě ČSN EN 1991-1-1 dle rovnic 6.10a a 6.10b.

Rce 6.10 a :

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

Rce 6.10 b :

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

kde $\gamma_G = 1,35$

$\gamma_Q = 1,50$

$\psi_0 = 0,7$

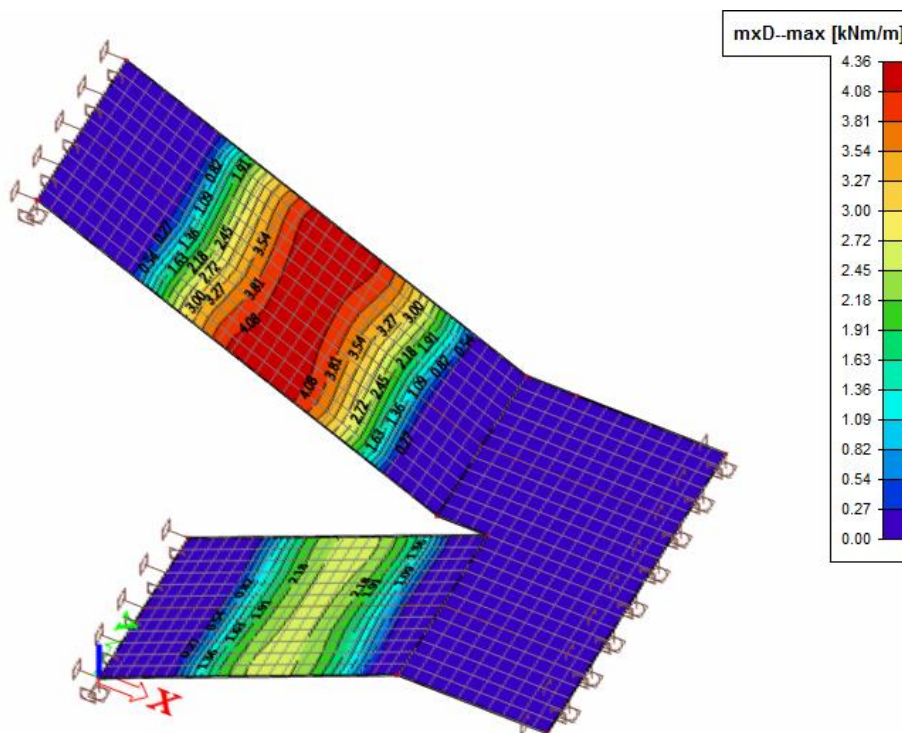
$\xi = 0,85$

Uvažuji pouze nepříznivé působení.

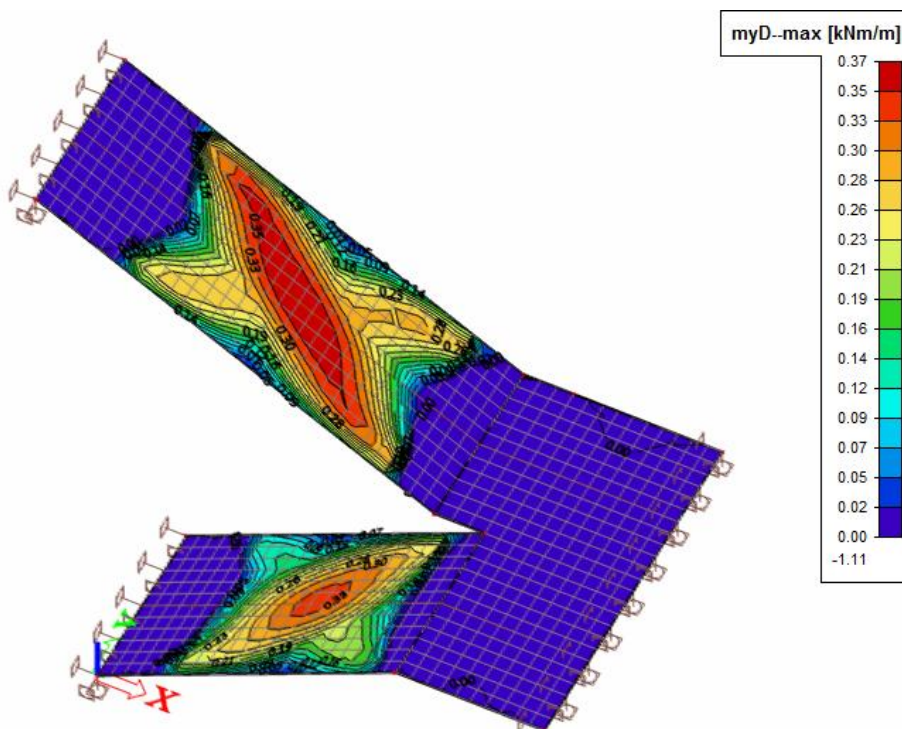
4 VNITŘNÍ SÍLY

4.1 Izopásma

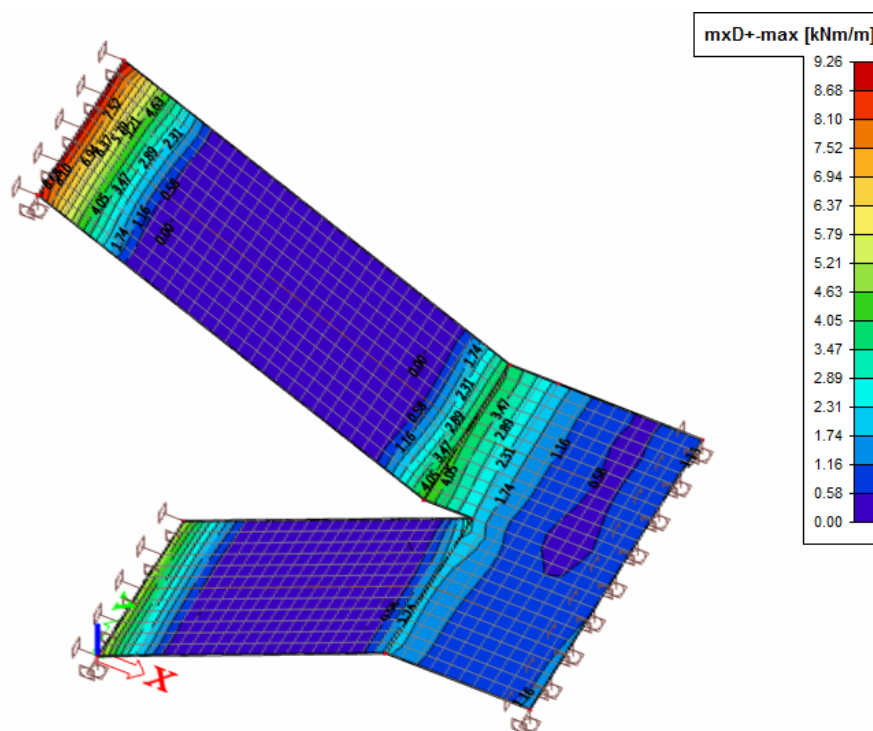
4.1.1 MxD-



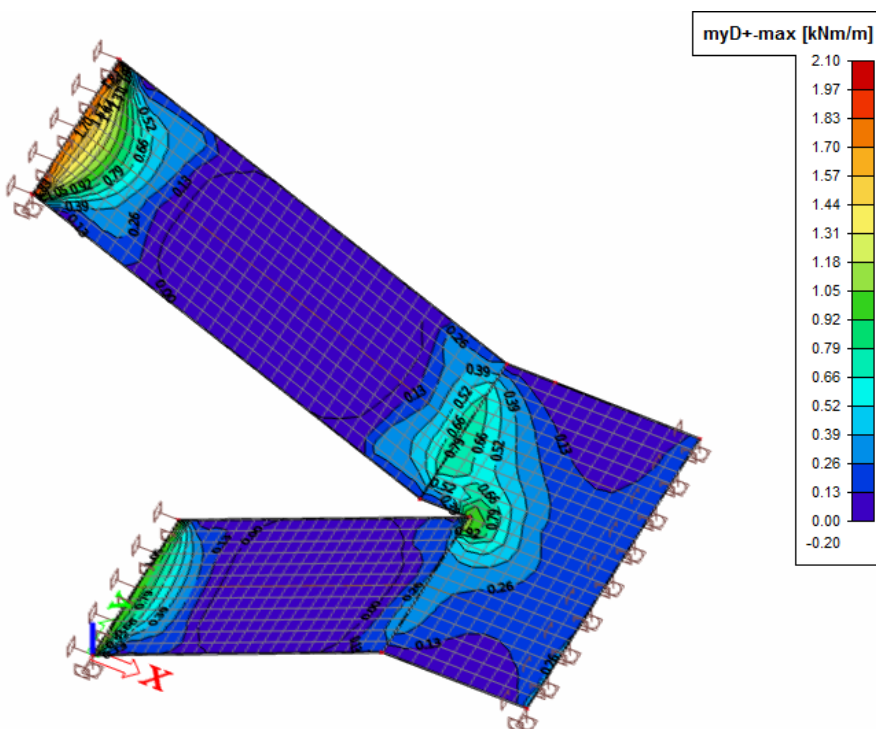
4.1.2 MyD-



4.1.3 MxD+



4.1.4 MyD+



4.1.5 Maximální hodnoty

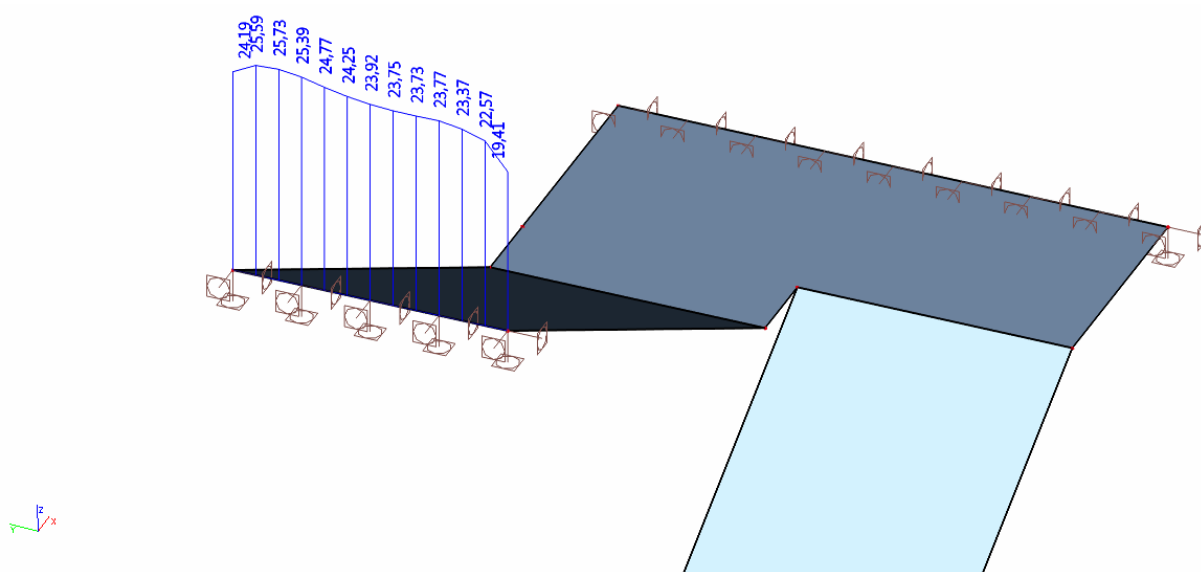
	MxD- [kNm/m]	MyD- [kNm/m]	MxD+ [kNm/m]	MyD+ [kNm/m]
Nástupní rameno	2,58	0,34	5,68	1,24
Podesta	0,00	0,07	4,68	1,10
Výstupní rameno	4,36	0,37	9,26	2,10

4.2 Reakce

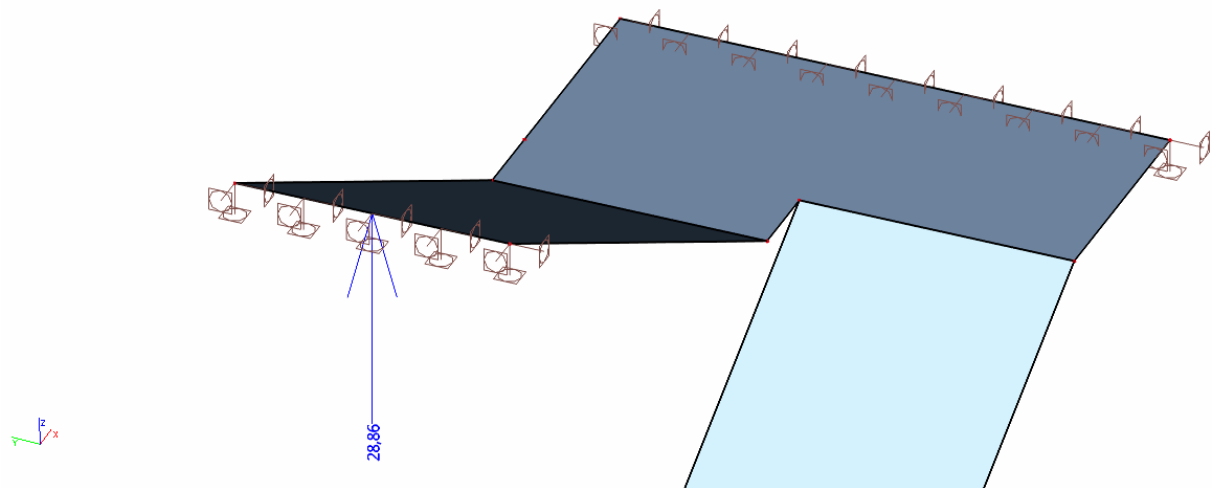
Schodiště je vetknuté do stropní železobetonové desky. Pro stanovení zatížení na ni jsou stěžejní reakce od jednotlivých zatěžovacích stavů, repektive skupin zatížení v charakteristických hodnotách. Intenzity liniových sil nejsou zcela rovnoměrné, proto byly pro zjednodušení brány výslednice reakcí v podpoře, následně rozděleny na celou délku uložení.

4.2.1 LG1

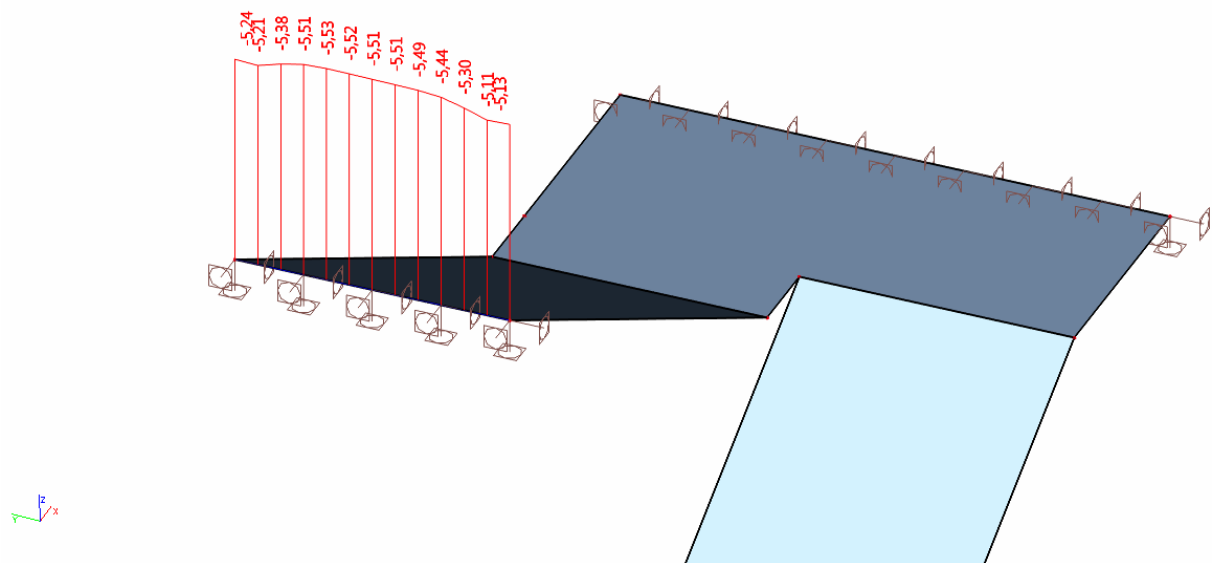
4.2.1.1 Intenzita Rz



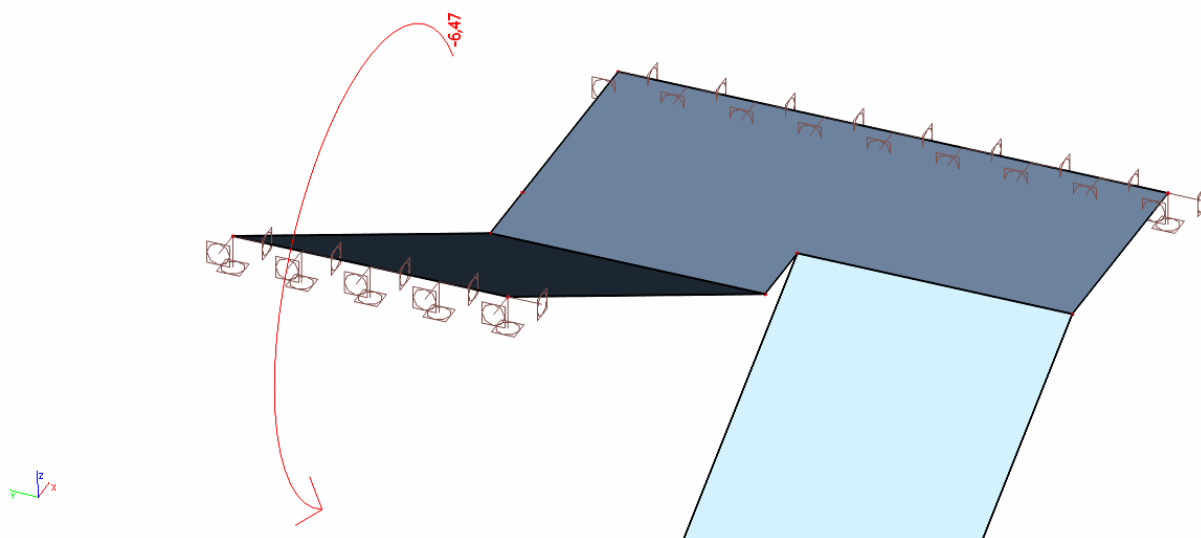
4.2.1.2 Výslednice R_z



4.2.1.3 Intenzita M_y

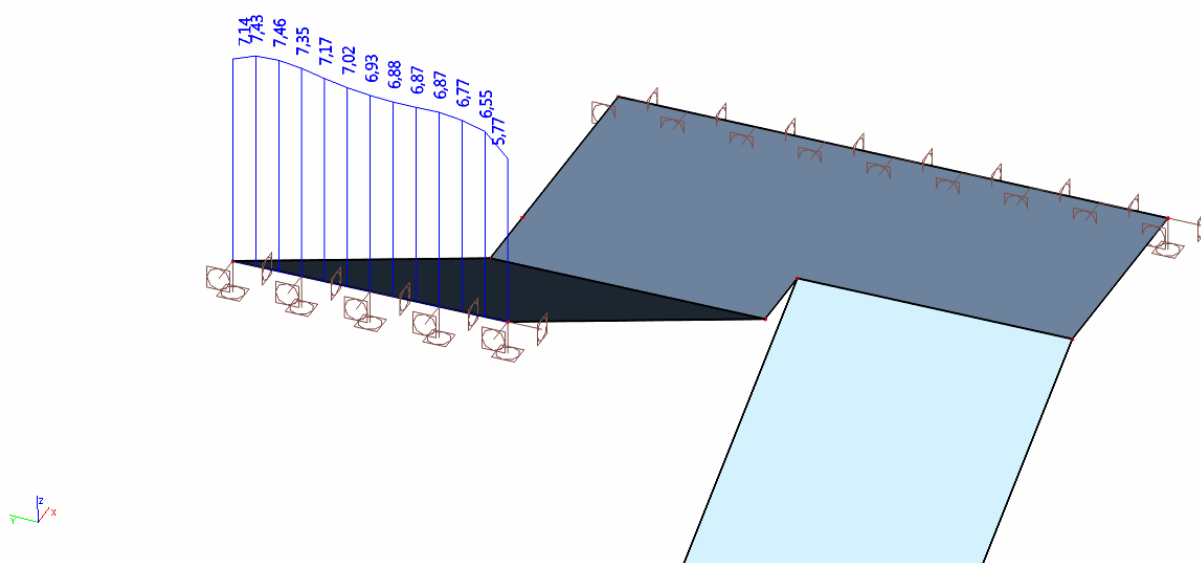


4.2.1.4 Výslednice M_y

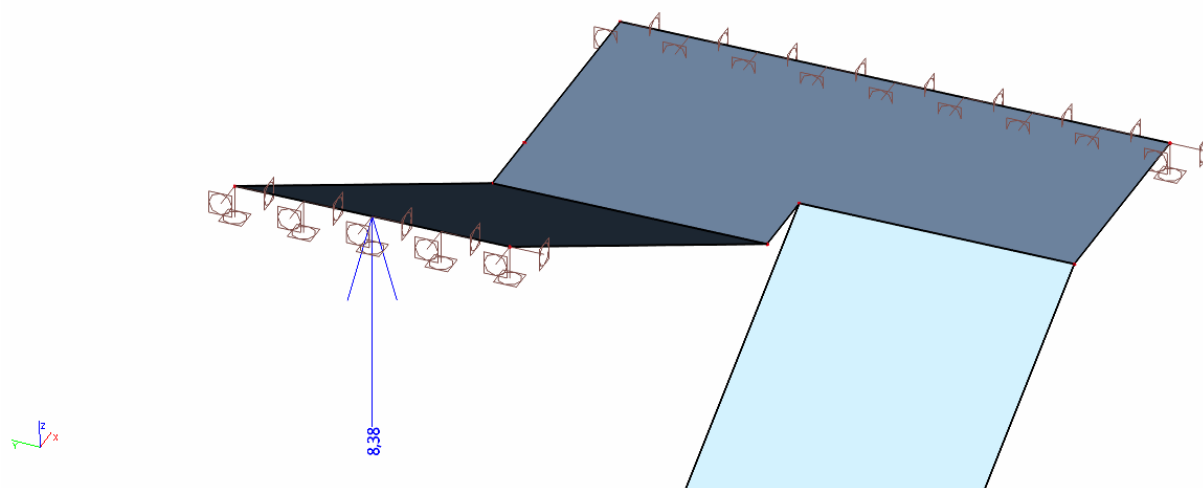


4.2.2 LG2

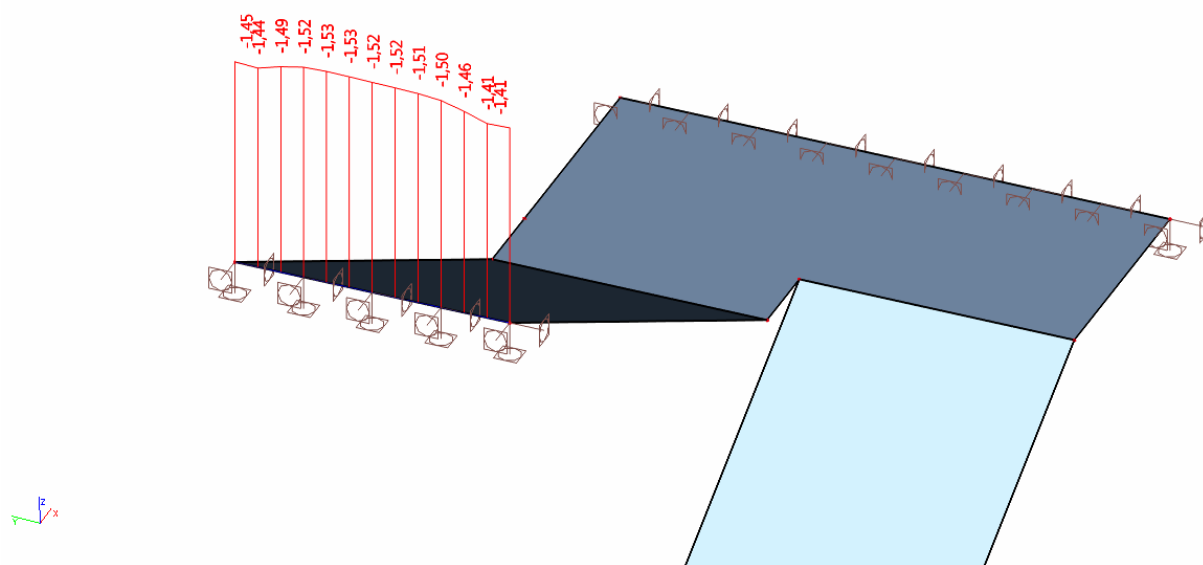
4.2.2.1 Intenzita R_z



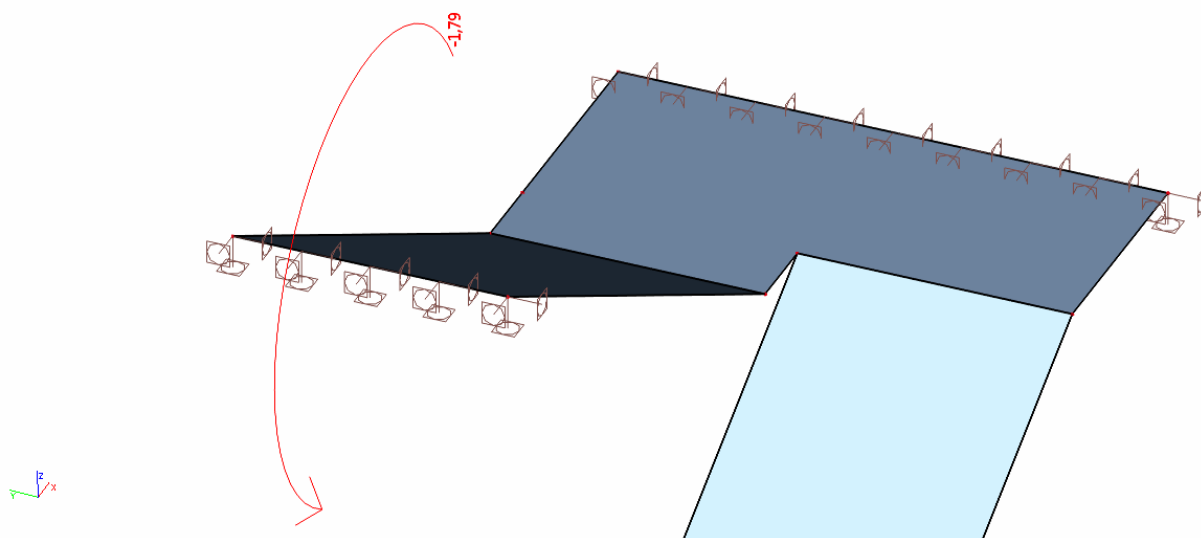
4.2.2.2 Výslednice R_z



4.2.2.3 Intenzita M_y



4.2.2.4 Výslednice M_y



4.2.3 Reakce

Skupina	Výslednice vnitřní síly	Zatěžovací šířka	Reakce
LG1 – Stálé	$R_z = 28,86 \text{ kN}$	1,2 m	24,058 kN/m
	$M_y = 6,47 \text{ kNm}$		5,392 kNm/m
LG2 - Užitné	$R_z = 8,38 \text{ kN}$		6,983 kN/m
	$M_y = 1,79 \text{ kNm}$		1,492 kNm/m

5 DIMENZOVÁNÍ NA OHYB

5.1 Materiálové charakteristiky

Beton C30/37	f_{ck}	30 MPa
	$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c$	20 MPa
	f_{ctm}	2,9 MPa
	$f_{ctk,0,05}$	2,0 MPa
	E_{cm}	32 GPa
Ocel B500 B	f_{yk}	500 MPa
	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$	434,78 MPa
	E_s	200 GPa
	$\epsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$	1,17 ‰

5.2 Návrh výztuže

Krytí

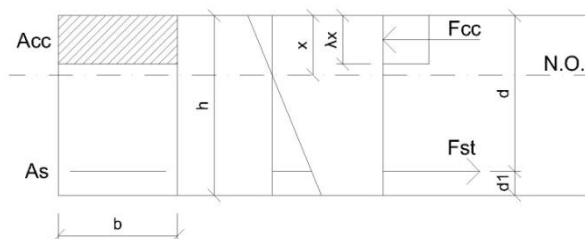
Konstrukce spadá pod stupeň prostředí XC1, konstrukční třídu S4. Vzhledem k tomu, že jde o deskovou konstrukci a je splněna podmínka minimální třídy betonu, lze konstrukční třídu snížit na S2.

$$c_{min} = \max \left\{ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 8 \text{ mm} \\ 10 \text{ mm} \\ 10 \text{ mm} \end{matrix} \right\} = 10 \text{ mm}$$

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

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 10 + 10 = 20 \text{ mm}$$

- Výstupní rameno $mxD = 4,36 \text{ kNm/m}$



$$d_1 = c + \frac{\phi_{sl}}{2} = 20 + \frac{8}{2} = 24 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 160 - 24 = 136 \text{ mm}$$

z podmínek rovnováhy $F_{cc} = F_{st}$

$$A_s = b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = 1000 \cdot 136 \cdot \frac{20}{434,78} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 4,36}{1000 \cdot 136^2 \cdot 20}} \right) = 7,37 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

Plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max \left\{ \begin{matrix} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \\ 0,0013 \cdot b_t \cdot d \end{matrix} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 1 \cdot 0,136 \\ 0,0013 \cdot 1 \cdot 0,136 \end{matrix} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 2,05 \cdot 10^{-4} \\ 1,77 \cdot 10^{-4} \end{matrix} \right\} = 2,05 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{Návrh } \varnothing 8/220 \text{ mm } A_{st} = 2,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1 \cdot 0,16 = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\langle A_{s,min}; A_s; A_{s,max} \rangle$$

$$\langle 2,05 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2; 2,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2; 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \rangle$$

Ověření světlé vzdálenosti výztuže

$$S_{min} = \max \left\{ \frac{1,2 \cdot \phi_{s,max}}{20 \text{ mm}} \right\} = \max \left\{ \frac{1,2 \cdot 8 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} \right\} = \max \left\{ \frac{9,6 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} \right\} = 21 \text{ mm}$$

$$S_{max} = \min \left\{ \frac{2 \cdot h}{300 \text{ mm}} \right\} = \min \left\{ \frac{2 \cdot 160 \text{ mm}}{300 \text{ mm}} \right\} = \min \left\{ \frac{320 \text{ mm}}{300 \text{ mm}} \right\} = 300 \text{ mm}$$

$$\langle S_{min}; S; S_{max} \rangle$$

$$\langle 21 \text{ mm}; 220 \text{ mm}; 300 \text{ mm} \rangle$$

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{2,28 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78}{1 \cdot 0,8 \cdot 20} = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Kontrola přetvoření výztuže

$$\frac{\varepsilon_{cu3}}{x} = \frac{\varepsilon_s}{d-x}$$

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{cu3} \cdot \frac{d-x}{x} = 0,0035 \cdot \frac{136-6,2}{6,2} = 7,3\%$$

$$\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$$

$$7,3\% \geq 2,17\%$$

Ověření únosnosti

$$M_{Rd} = F_{st} \cdot z = A_{st} \cdot f_{yd} \cdot \left(d - \frac{\lambda x}{2} \right) = 2,28 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot \left(0,136 - \frac{0,8 \cdot 0,0062}{2} \right) = 13,236 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$13,236 \text{ kNm} \geq 4,360 \text{ kNm}$$

Rozdělovací výztuž

Musí přenést $m_y D = 0,37 \text{ kNm/m}$

$$A_{ss,min} = v \cdot A_{st} = 0,2 \cdot 2,28 \cdot 10^{-4} = 4,56 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

NÁVRH Ø8/400 mm

$$A_{ss} = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Ověření světlé vzdálenosti výztuže

$$s_{s,max} = \min \left\{ \frac{3 \cdot h}{400 \text{ mm}} \right\} = \min \left\{ \frac{3 \cdot 160 \text{ mm}}{400 \text{ mm}} \right\} = \min \left\{ \frac{480 \text{ mm}}{400 \text{ mm}} \right\} = 400 \text{ mm}$$

$$s_{s,max} \geq s_s$$

$$400 \text{ mm} \geq 400 \text{ mm}$$

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{1,26 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78}{1 \cdot 0,8 \cdot 20} = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Kontrola přetvoření výztuže

$$\frac{\varepsilon_{cu3}}{x} = \frac{\varepsilon_s}{d-x}$$

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{cu3} \cdot \frac{d-x}{x} = 0,0035 \cdot \frac{128-3,4}{3,4} = 12,7 \%$$

$$\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$$

$$12,7 \% \geq 2,17 \text{ ‰}$$

Ověření únosnosti

$$M_{Rd} = F_{st} \cdot z = A_{st} \cdot f_{yd} \cdot \left(d - \frac{\lambda x}{2} \right) = 1,26 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot \left(0,128 - \frac{0,8 \cdot 0,0034}{2} \right) = 6,937 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$6,937 \text{ kNm} \geq 0,370 \text{ kNm}$$

	Med [kNm]	d [mm]	As [m ²]	x [mm]	Mrd [kNm]	NÁVRH
Výstupní rameno						
dolní výztuž	4,36	136	2,28.10 ⁻⁴	6,2	13,236	Ø 8/220 mm
rozdělovací	0,37	128	1,26.10 ⁻⁴	3,4	6,937	Ø 8/400 mm
horní výztuž	9,26	136	2,28.10 ⁻⁴	6,2	13,236	Ø 8/220 mm
rozdělovací	2,10	128	1,26.10 ⁻⁴	3,4	6,937	Ø 8/400 mm
Podesta						
dolní výztuž	0,00	136	2,28.10 ⁻⁴	6,2	13,236	Ø 8/220 mm
rozdělovací	0,07	128	1,26.10 ⁻⁴	3,4	6,937	Ø 8/400 mm
horní výztuž	4,68	136	2,28.10 ⁻⁴	6,2	13,236	Ø 8/220 mm
rozdělovací	1,10	128	1,26.10 ⁻⁴	3,4	6,937	Ø 8/400 mm
Nástupní rameno						
dolní výztuž	2,58	136	2,28.10 ⁻⁴	6,2	13,236	Ø 8/220 mm
rozdělovací	0,34	128	1,26.10 ⁻⁴	3,4	6,937	Ø 8/400 mm
horní výztuž	5,68	136	2,28.10 ⁻⁴	6,2	13,236	Ø 8/220 mm
rozdělovací	1,24	128	1,26.10 ⁻⁴	3,4	6,937	Ø 8/400 mm

POZNÁMKA :

Vzhledem k výrobním rozměrům liniových distančních podložek, u kterých výrobce uvádí diverzifikci výšky po celých centimetrech, bude místo potřebné vzdálenosti mezi horní a dolní výztuží 92 mm realizováno 90 mm. Tímto se sníží účinná výška horních prutů, avšak tato změna nebude mít vliv na únosnost konstrukce, vzhledem k velkým rezervám.

6 POSOUZENÍ NA SMYK

$$V_{ed,max} = 39,800 \text{ kN}$$

$$c_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{136}} = 2,12 \leq 2,0$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{2,28 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 0,136} = 1,67 \cdot 10^{-3} \leq 0,02$$

$$V'_{Rd,c} = \left[c_{rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \right] \cdot b_w \cdot d = \left[0,12 \cdot 2,12 \cdot (100 \cdot 1,67 \cdot 10^{-3} \cdot 30)^{1/3} \right] \cdot 1000 \cdot 136 = 55,851 \text{ kN}$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 2,12^{2/3} \cdot 30^{1/2} = 0,304 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c,min} = V_{min} \cdot b_w \cdot d = 0,304 \cdot 1000 \cdot 136 = 41,344 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \begin{matrix} V'_{Rd,c} \\ V_{Rd,c,min} \end{matrix} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 55,851 \text{ kN} \\ 41,344 \text{ kN} \end{matrix} \right\} = 55,851 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} \geq V_{Ed,max}$$

$$55,851 \text{ kN} \geq 39,800 \text{ kN}$$

>> Smyková výztuž není nutná.

7 KOTVENÍ VÝZTUŽE

7.1 Horní výztuž – vetknutí – Ø 8 mm

Mezní napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_s} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{2,0}{1,5} = 3,0 \text{ MPa}$$

Základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} = \frac{8}{4} \cdot \frac{434,78}{3,0} = 289,9 \text{ mm}$$

Návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$c_d = \min \left\{ \begin{matrix} a/2 \\ c_1 \\ c \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 212/2 \\ 20 \\ 20 \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 106 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{matrix} \right\} = 20 \text{ mm}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 \cdot \frac{c_d - \phi}{\phi} = 1 - 0,15 \cdot \frac{20 - 8}{8} = 0,775 \geq 0,7 \Rightarrow \alpha_2 = 0,775$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 1,0$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1,0 \cdot 0,775 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 289,9 = 224,7 \text{ mm}$$

VOLBA $l_{bd} = 230 \text{ mm}$ pro $\varnothing 8 \text{ mm}$

Minimální kotevní délka

$$l_{b,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot l_{b,rqd} \\ 10\phi \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot 289,9 \\ 10,8 \\ 100 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 86,97 \text{ mm} \\ 80 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} = 100 \text{ mm}$$

$$l_{bd} \geq l_{b,min}$$

$$230 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm}$$

7.2 Dolní výztuž – vetknutí – $\varnothing 8 \text{ mm}$

Výztuž je vtlačována do podpory, zakotvení dle konstrukčních zásad.

$$l_{b,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 10\phi \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 10,8 \\ 100 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 80 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} = 100 \text{ mm}$$

7.3 Rozdělovací výztuž – $\varnothing 8 \text{ mm}$

Mezní napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_s} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{2,0}{1,5} = 3,0 \text{ MPa}$$

Základní kotevní délka

$$\sigma_{sd} = \frac{A_{s,rqd}}{A_s} \cdot f_{yd} = \frac{4,56 \cdot 10^{-5}}{1,26 \cdot 10^{-4}} \cdot 434,78 = 157,349 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{8}{4} \cdot \frac{157,349}{3,0} = 104,90 \text{ mm}$$

Návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$c_d = \min \left\{ \begin{array}{l} a/2 \\ c_1 \\ c \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 394/2 \\ 20 \\ 20 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 197 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{array} \right\} = 20 \text{ mm}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 \cdot \frac{c_d - \phi}{\phi} = 1 - 0,15 \cdot \frac{20 - 6}{6} = 0,65 \geq 0,7 \Rightarrow \alpha_2 = 0,7$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 1,0$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 104,90 = 73,43 \text{ mm}$$

VOLBA $l_{bd} = 100 \text{ mm}$ pro $\varnothing 8 \text{ mm}$

Minimální kotevní délka

$$l_{b,min} = \max \left\{ \begin{array}{c} 0,3 \cdot l_{b,rqd} \\ 10\phi \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{c} 0,3 \cdot 104,43 \\ 10,8 \\ 100 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{c} 31,33 \text{ mm} \\ 80 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} = 100 \text{ mm}$$

$$l_{bd} \geq l_{b,min}$$

$$100 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm}$$

7.4 Stykování výztuže přesahem

$\varnothing 8 \text{ mm}$

Návrhová délka přesahu

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 1,0 \cdot 0,775 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 289,9 = 337,0 \text{ mm}$$

VOLBA $l_0 = 340 \text{ mm}$

Minimální délka přesahu

$$l_{0,min} = \max \left\{ \begin{array}{c} 0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \\ 15\phi \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{c} 0,3 \cdot 1,5 \cdot 289,9 \\ 15,8 \\ 200 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{c} 130,46 \text{ mm} \\ 120 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right\} = 200 \text{ mm}$$

$$l_0 \geq l_{0,min}$$

$$340 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm}$$

8 II MEZNÍ STAV

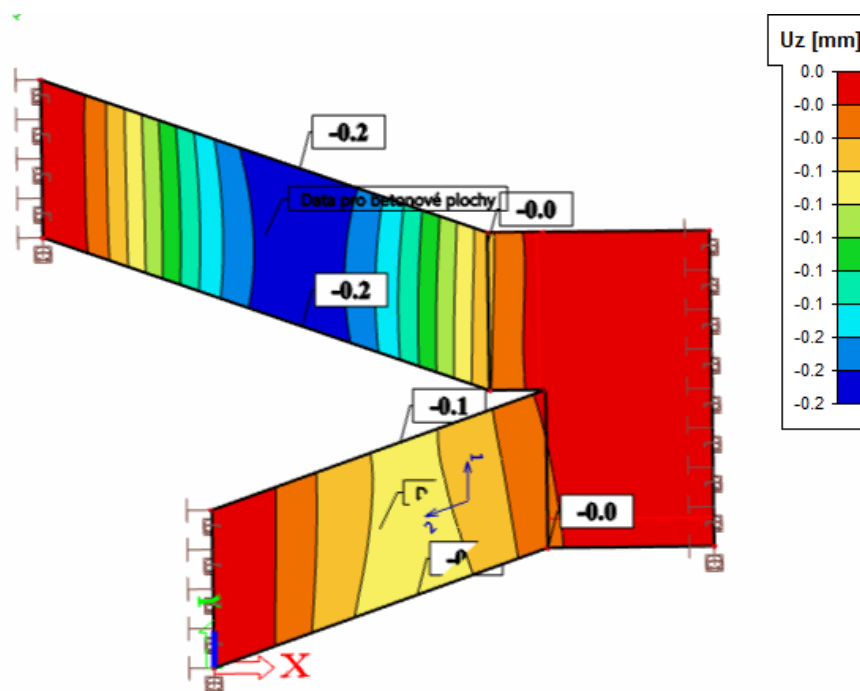
Výpočet byl proveden softwarem Scia Engineer 2013.0 s nastavenými fyzikálními nelinearitami pro železobeton a vloženou výztuží dle návrhu.

Byla vytvořena kvazistálá kombinace pro beton dle:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

kde byly použity součinitele $\psi_2 = 0,3$ pro užité zatížení pro pozemní stavby kategorie A

Průhyb byl nastaven jako nelineární s dotvarováním.



Výstupní rameno

$$w_{MAX} = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{3965}{250} = 15,86 \text{ mm}$$

$$w_{MAX} \leq w_{lim}$$

$$0,2 \text{ mm} \leq 15,86 \text{ mm}$$

Nástupní rameno

$$w_{MAX} = 0,1 \text{ mm}$$

$$w_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{3155}{250} = 12,62 \text{ mm}$$

$$w_{MAX} \leq w_{lim}$$

$$0,1 \text{ mm} \leq 12,62 \text{ mm}$$

STROPNÍ DESKA

1 ÚVOD

1.1 Stručný popis konstrukce

Jedná se o nepodsklepený objekt rodinného domu o dvou nadzemích podlažích. Konstruktivní systém je stěnový, nepravidelný, svislé nosné stěny jsou vystavěny pomocí ztraceného bednění VELOX, stropní konstrukce je železobetonová deska konstantní tloušťky 200 mm. Nosno konstrukci střechy tvoří konstrukce dřevoocelového krovu. Tuhost je zajištěna monolitickým spojením a provázáním výztuže stěn a stropu.

Při návrhu byla respektována původní navržená geometrie konstrukcí dle výkresové dokumentace (viz příloha P1 POUŽITÉ PODKLADY).

1.2 Výpočetní metoda

Vnitřní síly v řešených částech objektu byly vypočteny metodou konečných prvků pomocí studentské verze výpočetního softwaru Scia Engineer 2013.0.

1.3 Použité materiály

Při návrhu a posouzení konstrukce byly použity následující materiály:

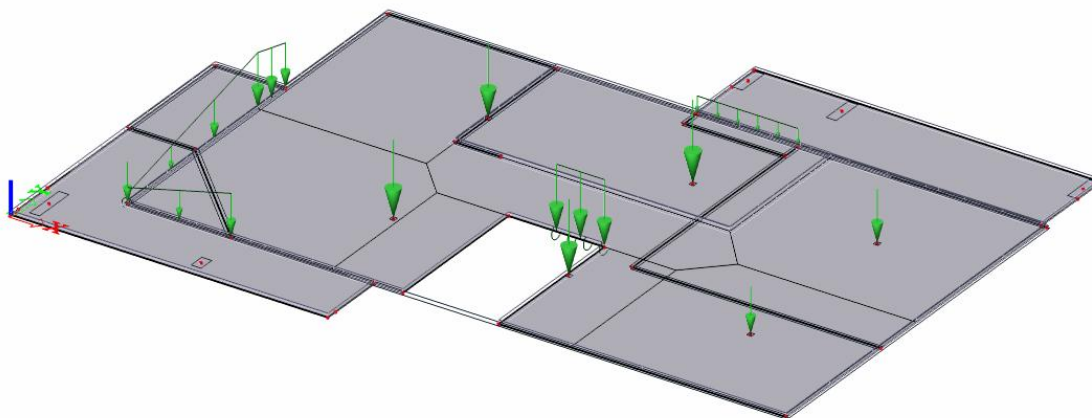
- BETON C30/37
- OCEL B500 B

2 ZATÍŽENÍ

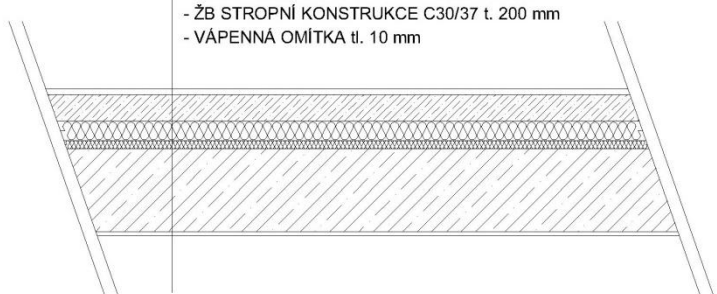
2.1 ZS1 Vlastní tíha

	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
ŽB deska	0,200	25	5,000
Celkem $\Sigma g_k =$			5,000

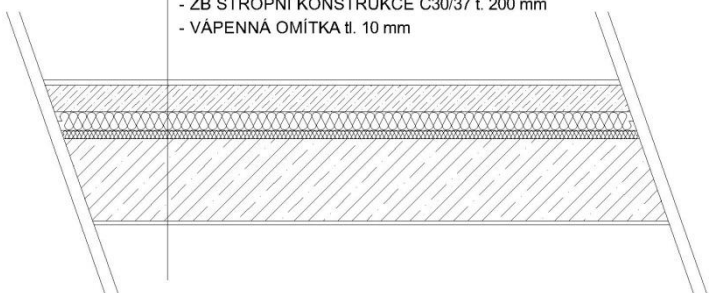
2.2 ZS2 Stálé zatížení



2.2.1 Podlahy

Plovoucí podlaha	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Laminátová pochozí vrstva	0,013	0,87	0,011
Betonová mazanina	0,065	20	1,300
Systémová deska VARIO + PST 17/15	0,046		0,500
EPS 100S STABIL	0,020	0,2	0,004
Vápenná omítka	0,010	15	0,150
Celkem $\Sigma g_k =$			1,965
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> - PLOVOUCÍ LAMINÁTOVÁ PODLAHA tl. 13 mm - BETONOVÁ MAZANINA tl. 65 mm - SYSTEMOVÁ DESKA VARIO S NAKAŠÍROVANOU PĚNOU PST 17/15 celkové tl. 46 mm (tl. izolační vrstvy pod topnou trubicí 22 mm) - POLYSTYRÉN EPS 100 S STABIL tl. 20 mm - ŽB STROPNÍ KONSTRUKCE C30/37 t. 200 mm - VÁPENNÁ OMÍTKA tl. 10 mm </div> </div>			

Keramická dlažba vnitřní	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba	0,013	22	0,286
Betonová mazanina	0,065	20	1,300
Systémová deska VARIO + PST 17/15	0,046		0,500
EPS 100S STABIL	0,020	0,2	0,004
Vápenná omítka	0,010	15	0,150
Celkem Σg_k =			2,240



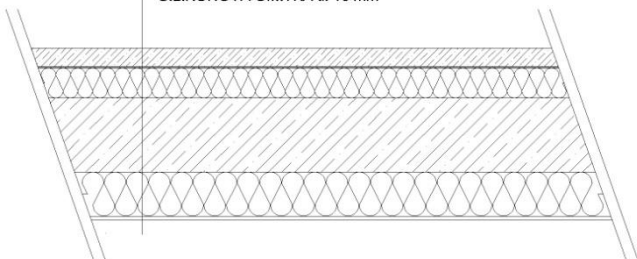
- KERAMICKÁ DLAŽBA tl. 13 mm
- BETONOVÁ MAZANINA tl. 65 mm
- SYSTÉMOVÁ DESKA VARIO S NAKAŠÍROVANOU PĚNOU PST 17/15 celkové tl. 46 mm (tl. izolační vrstvy pod topnou trubkou 22 mm)
- POLYSTYRÉN EPS 100 S STABIL tl. 20 mm
- ŽB STROPNÍ KONSTRUKCE C30/37 t. 200 mm
- VÁPENNÁ OMÍTKA tl. 10 mm

Keramická dlažba venkovní	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba	0,022	22	0,484
Cementový potěr s KARI sítí	ϕ 0,050	25	1,250
2x ELASTEK 40 MINERAL	0,008	12	0,096
EPS 100S STABIL	0,080	0,2	0,016
EPS 100S STABIL	0,120	0,2	0,024
Silikonová omítka	0,010	15	0,150
Celkem Σg_k =			2,020



- KERAMICKÁ DLAŽBA tl. 22 mm
- IZOLAČNÍ HMOTA BOTACT MD28
- CEMENTOVÝ POTĚR VE SPÁDU tl. 35 - 65 mm
- SEPARAČNÍ VRSTVA
- 2x ELASTEK 40 MINERAL tl. 2x 4 mm
- POLYSTYRÉN EPS 150 S STABIL S NAKAŠÍROVANÝM PÁSEM tl. 80 mm
- ŽB STROPNÍ KONSTRUKCE C30/37 t. 200 mm
- POLYSTYRÉN EPS 150 S STABIL S tl. 120 mm
- SILIKONOVÁ OMÍTKA tl. 10 mm

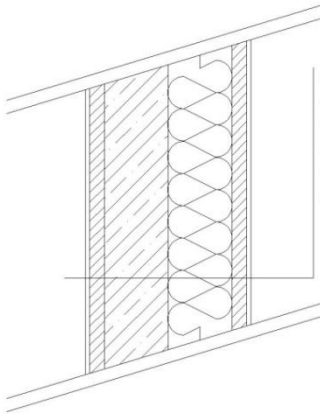
Přístřešek nad garáží	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Cementový potěr	ϕ 0,050	25	1,250
2x ELASTEK 40 MINERAL	0,008	12	0,096
EPS 100S STABIL	0,080	0,2	0,016
EPS 100S STABIL	0,120	0,2	0,024
Silikonová omítka	0,010	15	0,150
Celkem Σg_k =			1,536



- IZOLAČNÍ HMOTA BOTACT MD28
- CEMENTOVÝ POTÉR VE SPÁDU tl. 35 - 65 mm
- SEPARAČNÍ VRSTVA
- 2x ELASTEK 40 MINERAL tl. 2x 4 mm
- POLYSTYREN EPS 150 S STABIL S NAKAŠIROVANÝM PÁSEM tl.80 mm
- ŽB STROPNÍ KONSTRUKCE C30/37 t. 200 mm
- POLYSTYREN EPS 150 S STABIL S tl.120 mm
- SILIKONOVÁ OMÍTKA tl. 10 mm

2.2.2 Nadezdívky

Stěna VELOX	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Štuková omítka	0,010	0,45	0,120
Štěpkocementová deska	0,035	5,5	0,193
ŽB jádro	0,150	25	3,75
EPS ISOVER 70F	0,150	0,15	0,022
Štěpkocementová deska	0,035	5,5	0,193
Štuková omítka	0,015	0,45	0,180
Celkem Σg_k =			4,458



- VÁPENNÁ OMÍTKA tl. 10 mm
- ŠTĚPKOCEMENTOVÁ DESKA tl. 35 mm
- ŽB JÁDRO tl. 150 mm
- TI EPS ISOVER 70F tl.150 mm
- ŠTĚPKOEMENTOVÁ DESKA tl. 35 mm
- TENKOVVRSTVÁ SILIKONOVÁ OMÍTKA tl. 10 mm

2.2.2.1 Vstup

	h [m] / l [m]	g'_k [kN/m ²]	g_k [kN/m]
Vlastní tíha střechy			2,835
Stěna VELOX	0,815	4,458	3,633
Celkem $\Sigma g_k =$			6,468

2.2.2.2 Štít

	h [m] / l [m]	g'_k [kN/m ²]	g_k [kN/m]
Stěna VELOX	2,77 – 4,50 – 3,66	4,458	12,349 – 20,061 – 16,316
Celkem $\Sigma g_k =$			12,349 – 20,061 – 16,316

2.2.2.3 Vikýř

	h [m] / l [m]	g'_k [kN/m ²]	g_k [kN/m]
Vlastní tíha střechy			2,123
Stěna VELOX	0,815 – 3,110	4,458	3,656 – 13,864
Celkem $\Sigma g_k =$			5,779 – 15,687

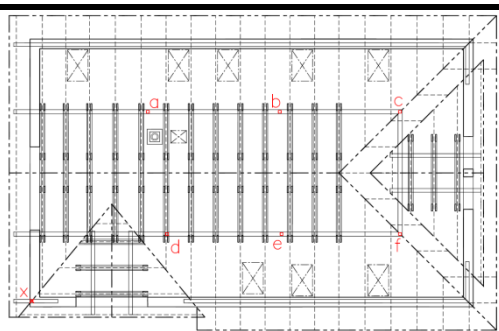
2.2.3 Reakce od schodiště

Reakce	
$g_{k,Rz}$	24,058 kN/m
$g_{k,Mx}$	5,392 kNm/m

(Viz část SCHODIŠTĚ bod 4.2.3 Reakce)

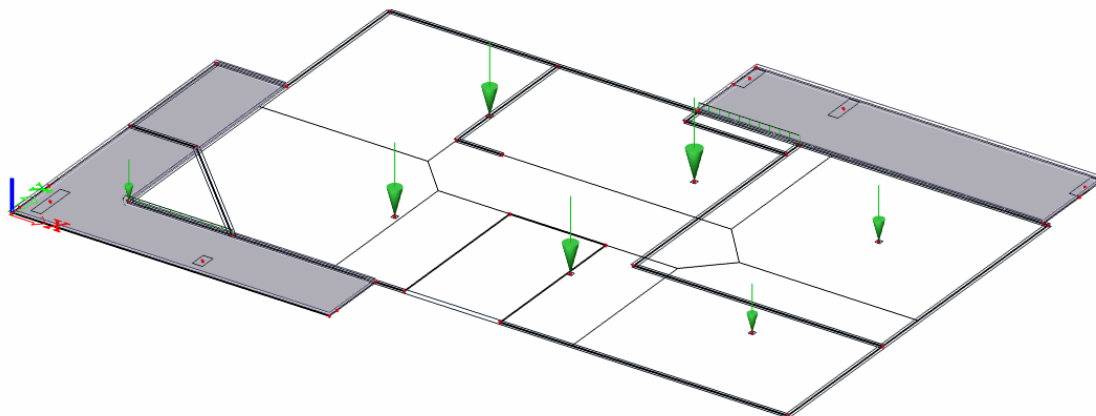
2.2.4 Reakce od krovu

Podpora	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
a	18,01	0,06	0,07
b	20,01	-0,01	-0,04
c	12,99	0,20	-0,36
d	18,83	0,19	-0,25
e	18,26	0,01	0,04
f	11,44	-0,12	-0,45
x	10,09	-1,57	2,77



(Viz příloha P4 MODEL KROVU bod 10.1. CO0 – ZS1 Vlastní tíha + ZS2 Stálé)

2.3 ZS3 Sníh plný



2.3.1 Terasa a přístřešek nad garáží

- *Zatížení sněhem na zemi*

II. sněhová oblast $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

- *Zatížení sněhem na střeších*

Předpokládáme zatížení nenavátým sněhem pro trvalé/dočasné návrhové situace podle vztahu :

$$s' = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k,$$

kde μ_i je tvarový součinitel zatížení sněhem

$$\mu_1 = 0,8 \quad \text{pro } 0^\circ < \alpha < 30^\circ;$$

s_k charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi;

C_e součinitel expozice ($C_e = 1,0$);

C_t tepelný součinitel ($C_t = 1,0$).

$$s' = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ kN/m}^2,$$

2.3.2 Reakce od krovu

Podpora	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
a	8,79	0,03	0,03
b	9,87	-0,01	-0,02
c	6,63	0,11	-0,18
d	8,72	0,09	-0,09
e	9,11	0,01	0,02
f	5,81	-0,03	-0,21
x	4,95	-0,69	1,43

(Viz příloha P4 MODEL KROVU bod 10.2. ZS3 Sníh plný)

2.4 Větr

Terasa

II. větrná oblast

III. kategorie terénu

- Základní rychlost větru*

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25 \text{ m/s} ,$$

kde c_{dir} je součinitel směru větru (obecně $c_{dir} = 1,0$);

c_{season} je součinitel ročního období (obecně $c_{season} = 1,0$);

$v_{b,0}$ je charakteristická desetiminutová střední rychlost větru.

- Charakteristická střední rychlost větru*

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,604 \cdot 1,0 \cdot 25 = 15,100 \text{ m/s} ,$$

kde $c_r(z)$ je součinitel dsnosti terénu

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0,215 \cdot \ln(5/0,3) = 0,604 ,$$

pro $z < z_{min}$

$$3,0 \text{ m} < 5,0 \text{ m};$$

k_r je součiitel terénu

$$k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,19 \cdot (0,3/0,05)^{0,07} = 0,215;$$

$c_0(z)$ je součinitel orografie (pro většinu návrhových situací $c_0(z) = 1,0$)

- Maximální dynamický tlak*

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot l_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = [1 + 7 \cdot 0,355] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 15,100^2 = 496,634 \text{ Pa} ,$$

kde $[1+7 \cdot l_v(z)]$ je vliv turbulencí

$$l_v(z) = l_v(z_{min}) = \frac{k_1}{c_0(z_{min}) \cdot \ln(z_{min}/z_0)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(5/0,3)} = 0,355$$

pro $z < z_{min}$

$$3,0 \text{ m} < 5,0 \text{ m};$$

k_1 je součinitel turbulence (doporučená hodnota 1,0);

ρ je měrná hmotnost vzduchu (doporučená hodnota $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$).

- Tlak větru*

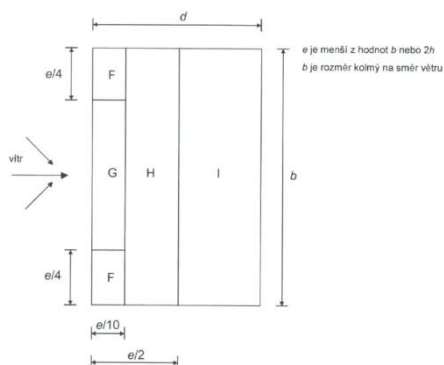
$$w_{eF} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,4966 \cdot (-1,8) = -0,894 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eG} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,4966 \cdot (-1,2) = -0,596 \text{ kN/m}^2$$

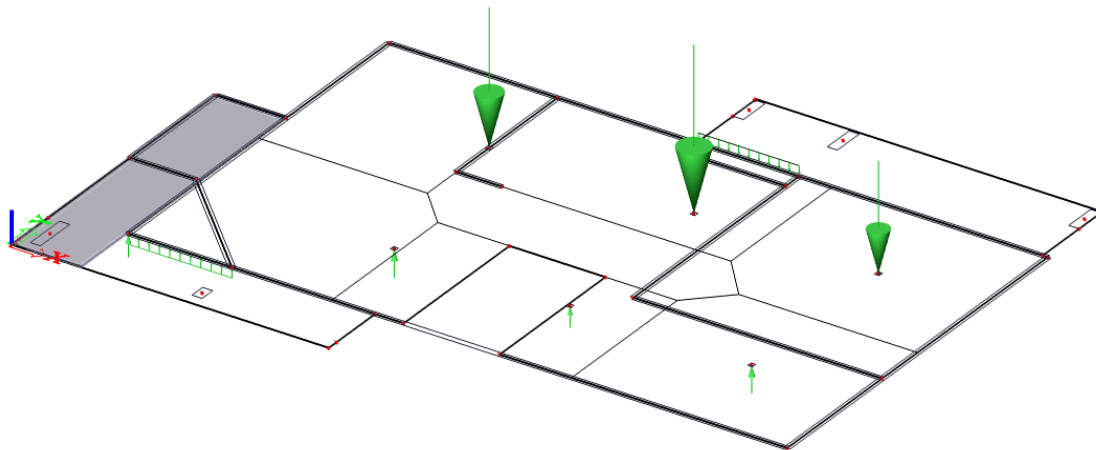
$$w_{eH} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,4966 \cdot (-0,7) = -0,348 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{el}^+ = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,4966 \cdot 0,2 = 0,099 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{el}^- = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,4966 \cdot (-0,2) = -0,099 \text{ kN/m}^2$$



2.4.1 ZS4 Vítr příčný shora



2.4.1.1 Terasa

$$e = \min \left\{ \frac{b}{2h} \right\} = \min \left\{ \frac{18,5}{2 \cdot 3} \right\} = 6 \text{ m}$$

$$e/10 = 6/10 = 0,6 \text{ m}$$

$$e/4 = 6/4 = 1,5 \text{ m}$$

$$e/2 = 6/2 = 3,0 \text{ m}$$

Konstrukce terasy se nachází částečně v závětrří a částečně v oblasti I, plošné zatížení je stanoveno :

$$w_{el}^+ = 0,099 \text{ kN/m}^2$$

2.4.1.2 Vstup

Liniové zatížení nad vstupem je stanoveno na základě roznosu reakcí od krokví uložených na pozednici nad touto částí pod úhlem 45°.

$$q_{k,vs,ZS4} = \left(\frac{0,71}{2} + 0,47 + \frac{0,50}{2} \right) / 2 = 0,538 \text{ kN/m}$$

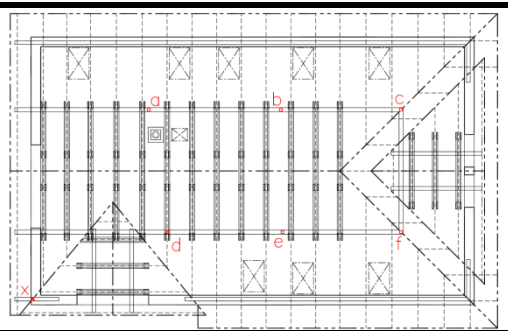
2.4.1.3 Vikýř

Liniové zatížení nad částí s menším vikýřem je stanoveno na základě roznosu reakce od vaznice uložené na nadezdívce nad touto částí pod úhlem 45°.

$$q_{k,vi,ZS4} = (-3,25 - 4,45) / 6 = -0,543 \text{ kN/m}$$

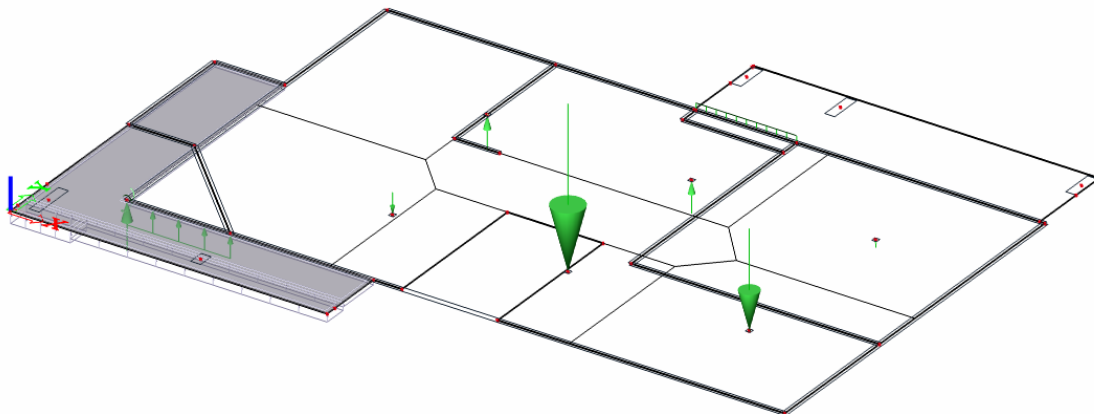
2.4.1.4 Reakce od krovu

Podpora	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
a	4,79	-0,06	0,02
b	5,75	-0,07	-0,01
c	3,85	-0,01	-0,11
d	-1,00	-0,10	0,05
e	-0,76	-0,07	0,01
f	-0,99	-0,05	0,01
x	-0,82	0,18	-0,14



(Viz příloha P4 MODEL KROVU bod 10.3. ZS4 Vítr příčný shora)

2.4.2 ZS5 Vítr příčný zdola



2.4.2.1 Terasa

$$e = \min \left\{ \frac{b}{2h} \right\} = \min \left\{ \frac{18,5}{2 \cdot 3} \right\} = 6 \text{ m}$$

$$e/10 = 6/10 = 0,6 \text{ m}$$

$$e/4 = 6/4 = 1,5 \text{ m}$$

$$e/2 = 6/2 = 3,0 \text{ m}$$

Konstrukce terasy se nachází v oblastech F, G a H.

$$w_{eF} = -0,894 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eG} = -0,596 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eH} = -0,348 \text{ kN/m}^2$$

2.4.2.2 Vstup

Liniové zatížení nad vstupem je stanoveno na základě roznosu reakcí od krokví uložených na pozednici nad touto částí pod úhlem 45°.

$$q_{k,vs,ZS5} = \left(\frac{0,40}{2} + 0,37 + \frac{0,39}{2} \right) / 2 = 0,383 \text{ kN/m}$$

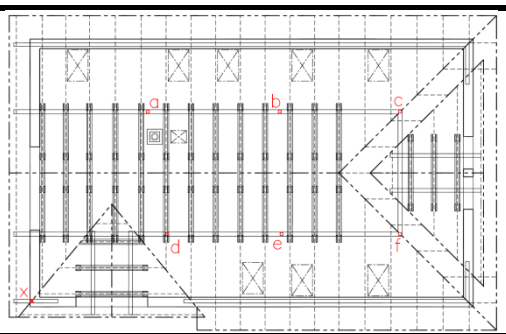
2.4.2.3 Vikýř

Liniové zatížení nad částí s menším vikýřem je stanoveno na základě roznosu reakce od vaznice uložené na nadezdívce nad touto částí pod úhlem 45°.

$$q_{k,vi,ZS5} = (-3,25 - 4,75) / 6 = -1,333 \text{ kN/m}$$

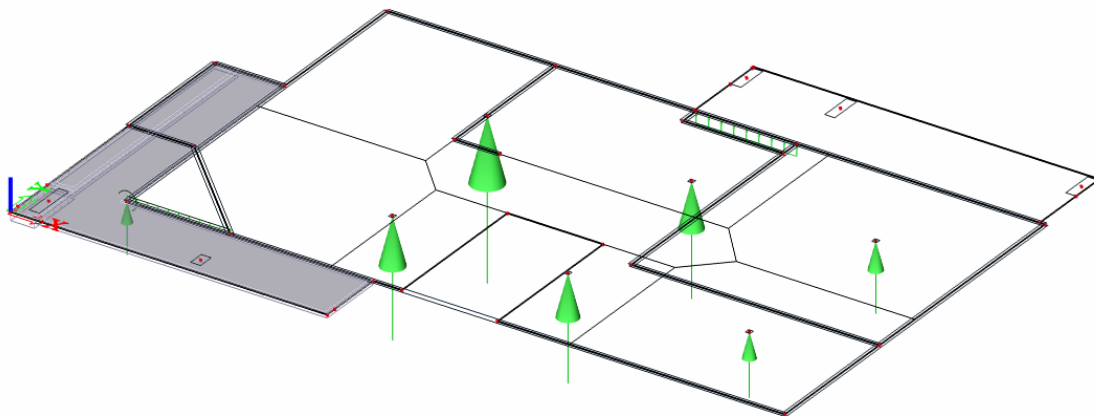
2.4.2.4 Reakce od krovu

Podpora	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
a	-1,28	0,06	-0,05
b	-1,20	0,07	0,02
c	-0,29	0,03	0,00
d	0,81	0,02	0,20
e	5,99	0,06	0,00
f	3,64	0,00	-0,08
x	-1,87	0,75	-0,32



(Viz příloha P4 MODEL KROVU bod 10.4. ZS5 Vítr příčný zdola)

2.4.3 ZS6 Vítr podélný zleva



2.4.3.1 Terasa

$$e = \min \left\{ \frac{b}{2h} \right\} = \min \left\{ \frac{13,76}{2 \cdot 3} \right\} = 6 \text{ m}$$

$$e/10 = 6/10 = 0,6 \text{ m}$$

$$e/4 = 6/4 = 1,5 \text{ m}$$

$$e/2 = 6/2 = 3,0 \text{ m}$$

Konstrukce terasy se nachází v oblastech F, G a H.

$$w_{eF} = -0,894 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eG} = -0,596 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eH} = -0,348 \text{ kN/m}^2$$

2.4.3.2 Vstup

Liniové zatížení nad vstupem je stanoveno na základě roznosu reakcí od krokví uložených na pozednici nad touto částí pod úhlem 45°.

$$q_{k,vs,ZS6} = \left(-\frac{1,20}{2} - 0,87 + \frac{0,95}{2} \right) / 2 = -0,973 \text{ kN/m}$$

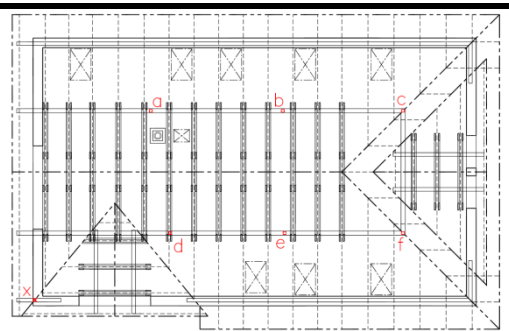
2.4.3.3 Vikýř

Liniové zatížení nad částí s menším vikýřem je stanoveno na základě roznosu reakce od vaznice uložené na nadezdívce nad touto částí pod úhlem 45°.

$$q_{k,vi,ZS4} = (2,63 - 0,34) / 6 = 0,382 \text{ kN/m}$$

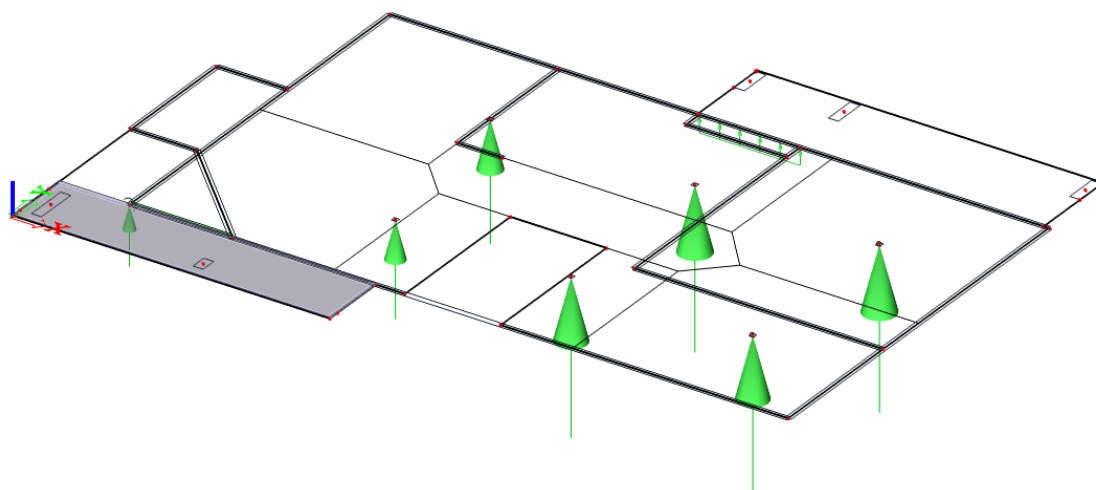
2.4.3.4 Reakce od krovu

Podpora	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
a	-8,70	-0,02	-0,02
b	-6,12	0,01	0,02
c	-3,79	-0,04	0,11
d	-6,45	0,00	-0,03
e	-5,73	0,01	-0,02
f	-3,44	0,04	0,11
x	-2,80	-0,01	-1,03



(Viz příloha P4 MODEL KROVU bod 10.5. ZS6 Vítr podélný zleva)

2.4.4 ZS7 Vítr podélný zprava



2.4.4.1 Terasa

$$e = \min \left\{ \frac{b}{2h} \right\} = \min \left\{ \frac{13,76}{2 \cdot 3} \right\} = 6 \text{ m}$$

$$e/10 = 6/10 = 0,6 \text{ m}$$

$$e/4 = 6/4 = 1,5 \text{ m}$$

$$e/2 = 6/2 = 3,0 \text{ m}$$

Konstrukce terasy se nachází částečně v závětrí a částečně v oblasti I, plošné zatížení je stanoveno :

$$w_{el}^+ = 0,099 \text{ kN/m}^2$$

2.4.4.2 Vstup

Liniové zatížení nad vstupem je stanoveno na základě roznosu reakcí od krokví uložených na pozednici nad touto částí pod úhlem 45°.

$$q_{k,vs,ZS6} = \left(-\frac{1,55}{2} - 0,96 + \frac{0,86}{2} \right) / 2 = -1,083 \text{ kN/m}$$

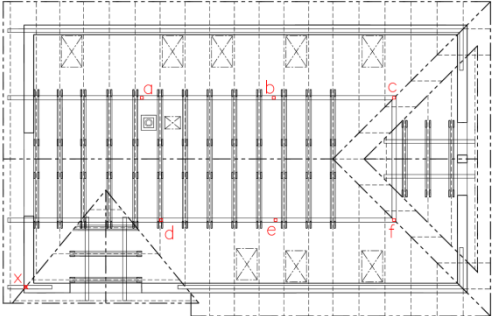
2.4.4.3 Vikýř

Liniové zatížení nad částí s menším vikýřem je stanoveno na základě roznosu reakce od vaznice uložené na nadezdívce nad touto částí pod úhlem 45°.

$$q_{k,vi,ZS4} = (-0,52 + 1,82) / 6 = 0,217 \text{ kN/m}$$

2.4.4.4 Reakce od krovu

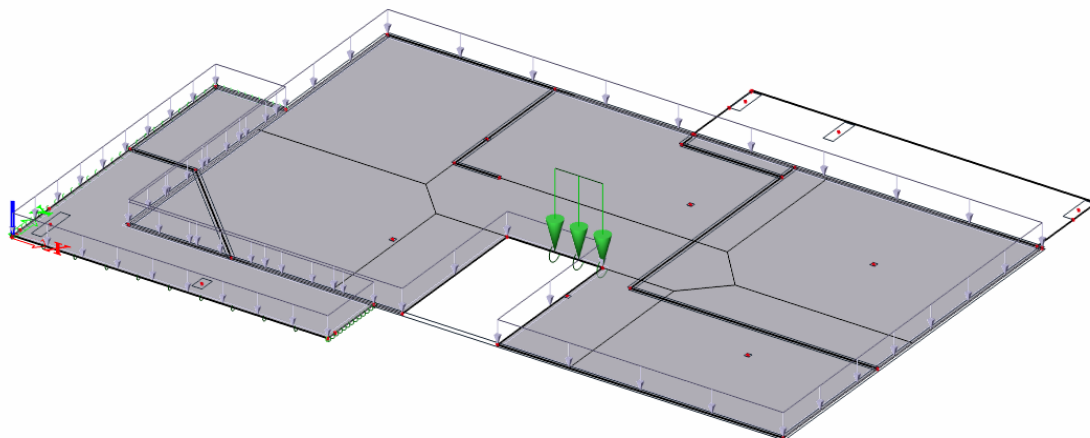
Podpora	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
a	-4,96	-0,04	0,00
b	-6,65	0,01	-0,04
c	-6,67	-0,03	0,23
d	-3,96	-0,02	0,01
e	-6,39	0,01	-0,05
f	-6,29	0,02	0,23
x	-2,47	0,08	-0,51



(Viz příloha P4 MODEL KROVU bod 10.6. ZS7 Vítr podélný zprava)

2.5 Užité zatížení

2.5.1 ZS8 Užité plné



2.5.1.1 Stropní konstrukce

		q_k [kN/m ²]
kategorie A	stropní konstrukce	2,0
přemístitelné příčky s vlastní tíhou do 2,0 kN/m délky příčky		0,8
Celkem $\Sigma q_k =$		2,8

2.5.1.2 Schodiště

Reakce		
$q_{k,Rz}$	6,983	kN/m
$q_{k,Mx}$	1,492	kNm/m

(Viz část SCHODIŠTĚ bod 4.2.3 Reakce)

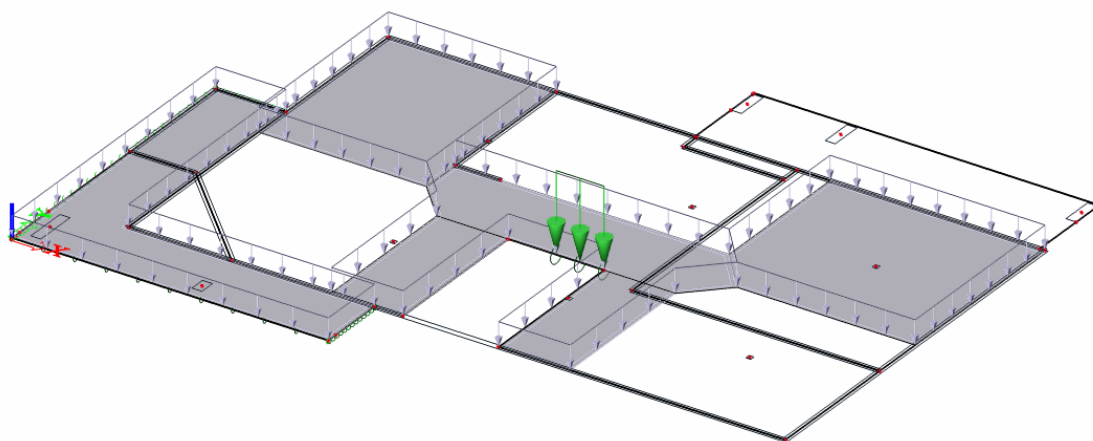
2.5.1.3 Terasa

		q_k [kN/m ²]
kategorie A	balkóny	2,5
Celkem $\Sigma q_k =$		2,5

Užitné zatížení na zábradlí uvažuji jako vodorovné liniové zatížení ve výšce 1 m nad konstrukcí terasy, vyvodí liniový moment na hraně plochy o velikosti $q_{k,M} = 0,5$ kNm/m.

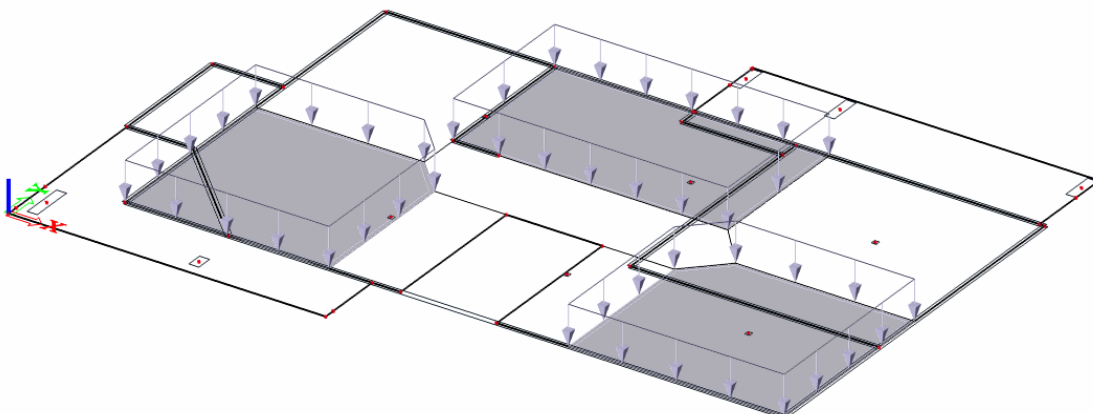
2.5.2 ZS9 Užitné ŠACH1

Hodnoty zatížení viz bod 1.5.1 Užitné plné.



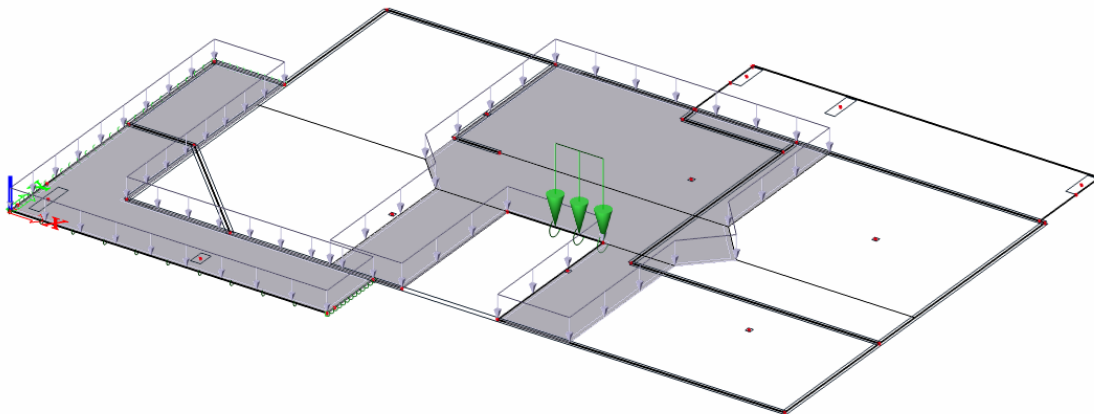
2.5.3 ZS10 Užitné ŠACH2

Hodnoty zatížení viz bod 1.5.1 Užitné plné.



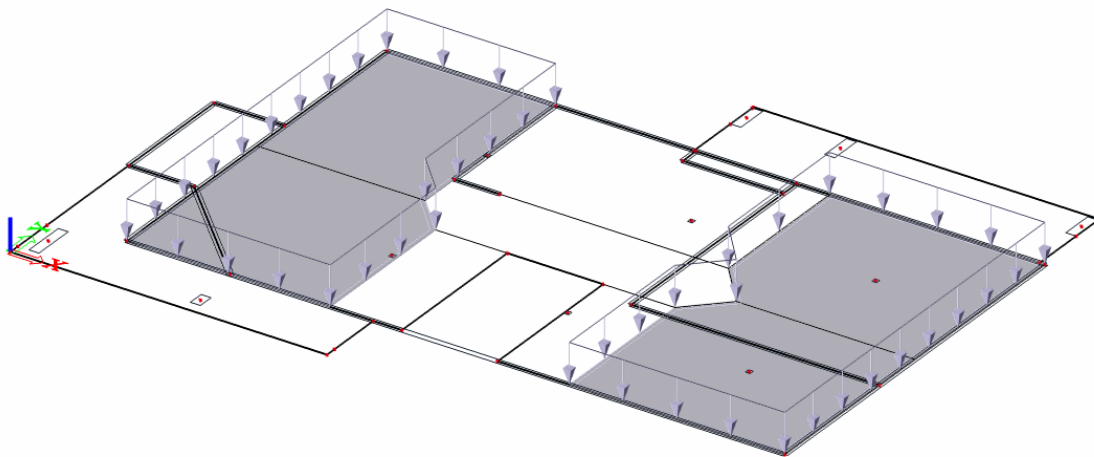
2.5.4 ZS11 Užité PRUH1 příčný

Hodnoty zatížení viz bod 1.5.1 Užité plné.



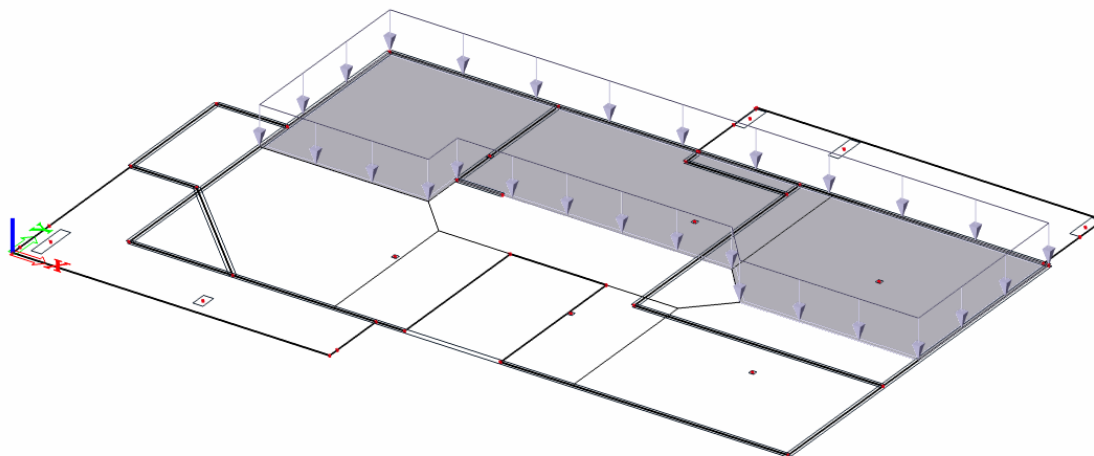
2.5.5 ZS12 Užité PRUH2 příčný

Hodnoty zatížení viz bod 1.5.1 Užité plné.



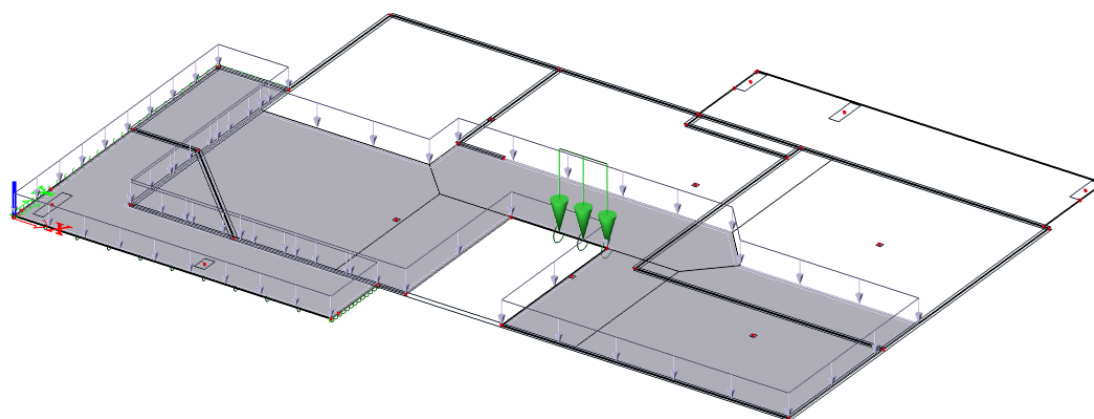
2.5.6 ZS13 Užitné PRUH1 podélný

Hodnoty zatížení viz bod 1.5.1 Užitné plné.



2.5.7 ZS14 Užitné PRUH2 podélný

Hodnoty zatížení viz bod 1.5.1 Užitné plné.



2.6 Skupiny zatížení

Skupina zatížení	Zatěžovací stavy	Popis
LG1	ZS1 Vlastní tíha ZS2 Stálé	Stálé
LG2	ZS3 Sníh plný	Nahodilé
LG3	ZS4 Vítr příčný shora ZS5 Vítr příčný zdola ZS6 Vítr podélný zleva ZS7 Vítr podélný zprava	Nahodilé výběrové
LG4	ZS8 Užité plné ZS9 Užité ŠACH1 ZS10 Užité ŠACH2 ZS11 Užité PRUH1 příčný ZS12 Užité PRUH2 příčný ZS13 Užité PRUH1 podélný ZS14 Užité PRUH2 podélný	Nahodilé výběrové

3 KOMBINACE

Kombinace byly vytvořeny výpočtovým programem Scia Engineer 2013.0 na základě ČSN EN 1991-1-1 dle rovnic 6.10a a 6.10b.

Rce 6.10 a :

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

Rce 6.10 b :

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

kde pro nepříznivé působení $\gamma_G = 1,35$

$$\gamma_Q = 1,50$$

pro příznivé působení $\gamma_G = 1,00$

$$\gamma_Q = 0,00$$

pro užité zatížení kategorie A $\psi_0 = 0,7$

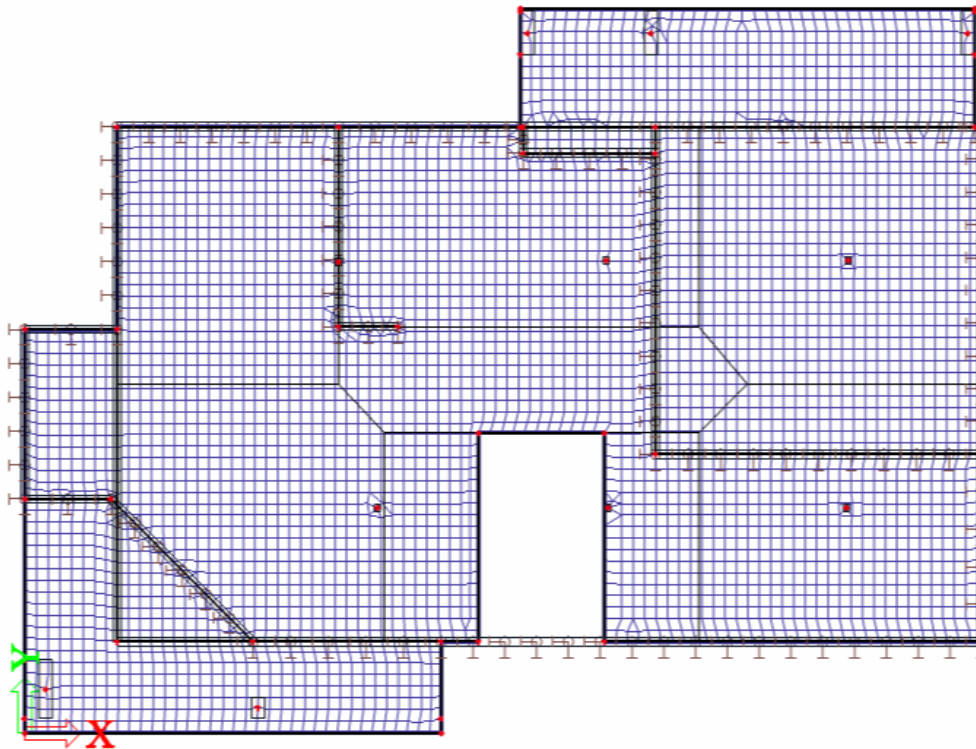
$$\xi = 0,85$$

pro zatížení sněhem pro stavby umístěné ve výšce $H \leq 1000$ m n. m. $\psi_0 = 0,5$

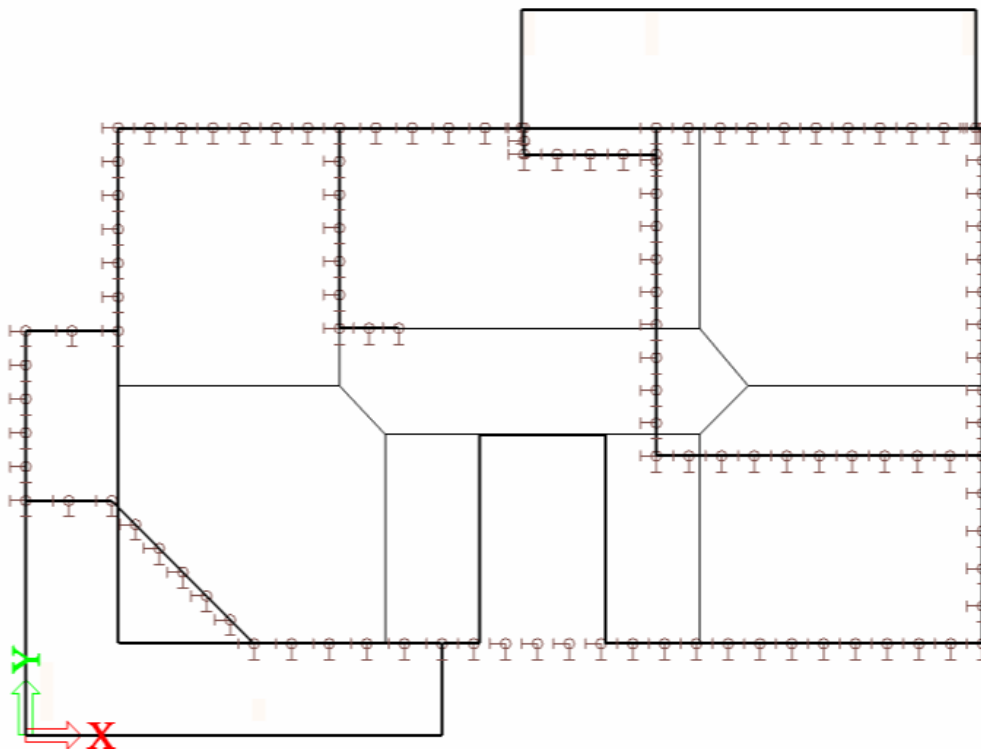
pro zatížení větrem $\psi_0 = 0,6$

4 MKP model

4.1 Sít'



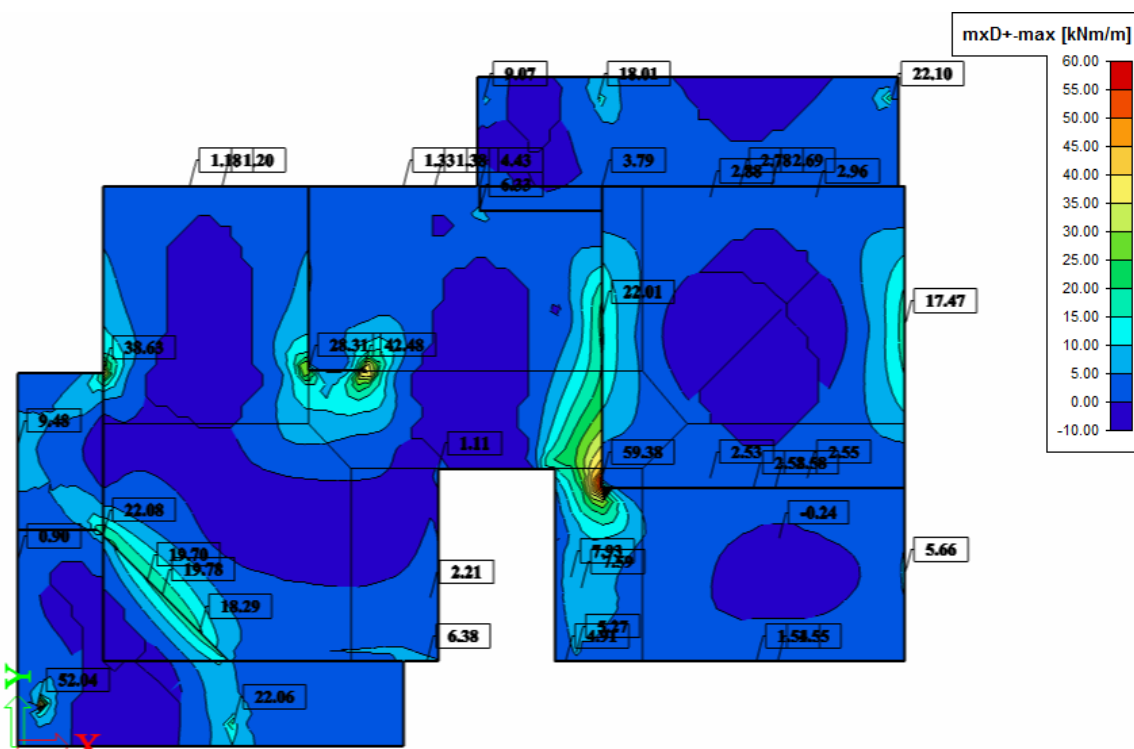
4.2 Podpory



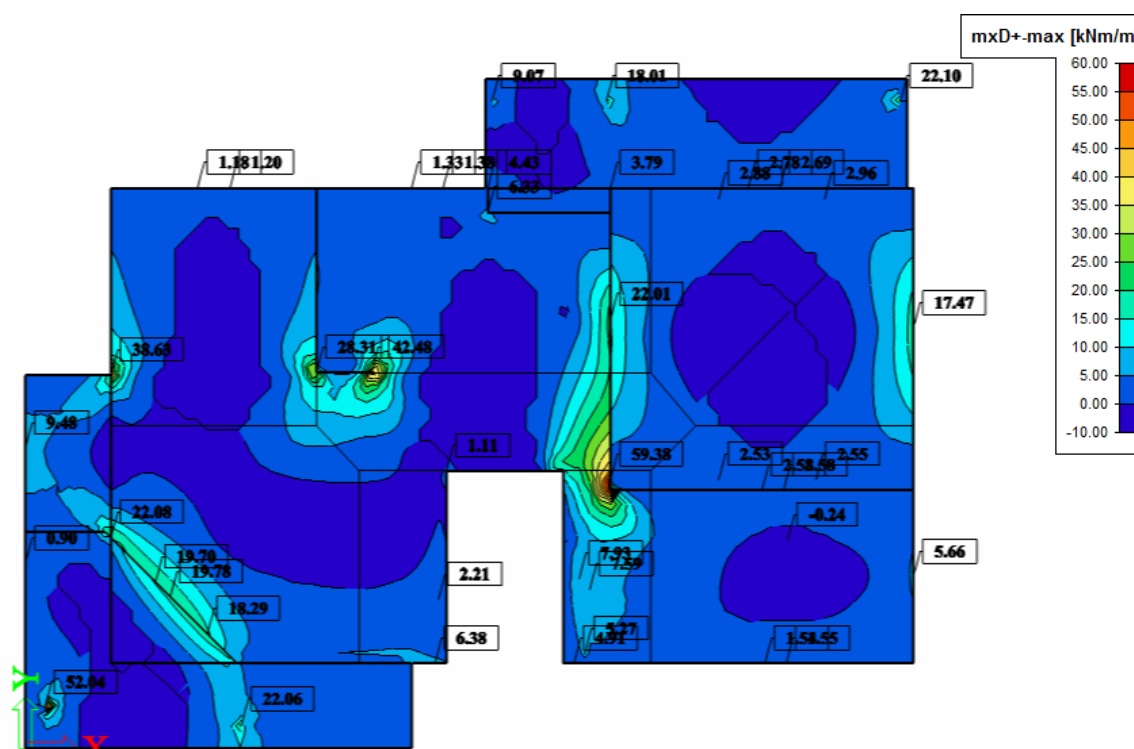
5 VNITŘNÍ SÍLY

Výpočet vnitřních sil byl proveden pomocí studentské verze softwaru Scia Engineer 2013.0.

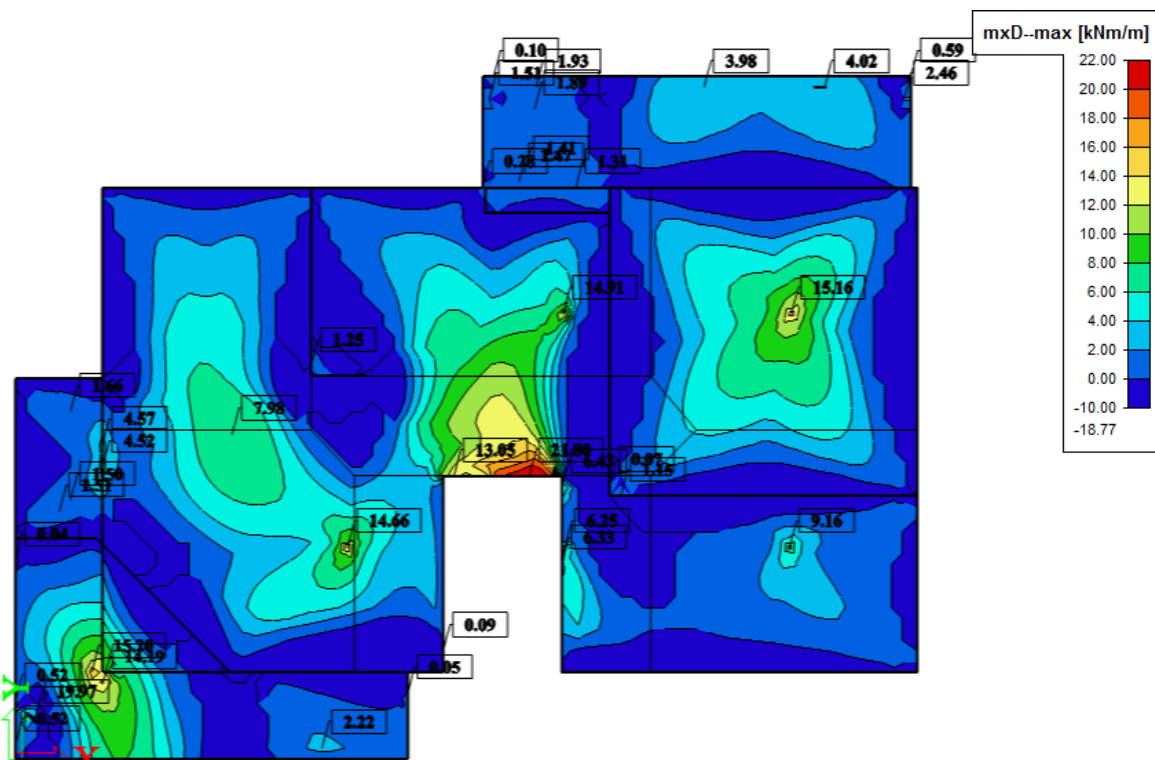
5.1 $mxD+$



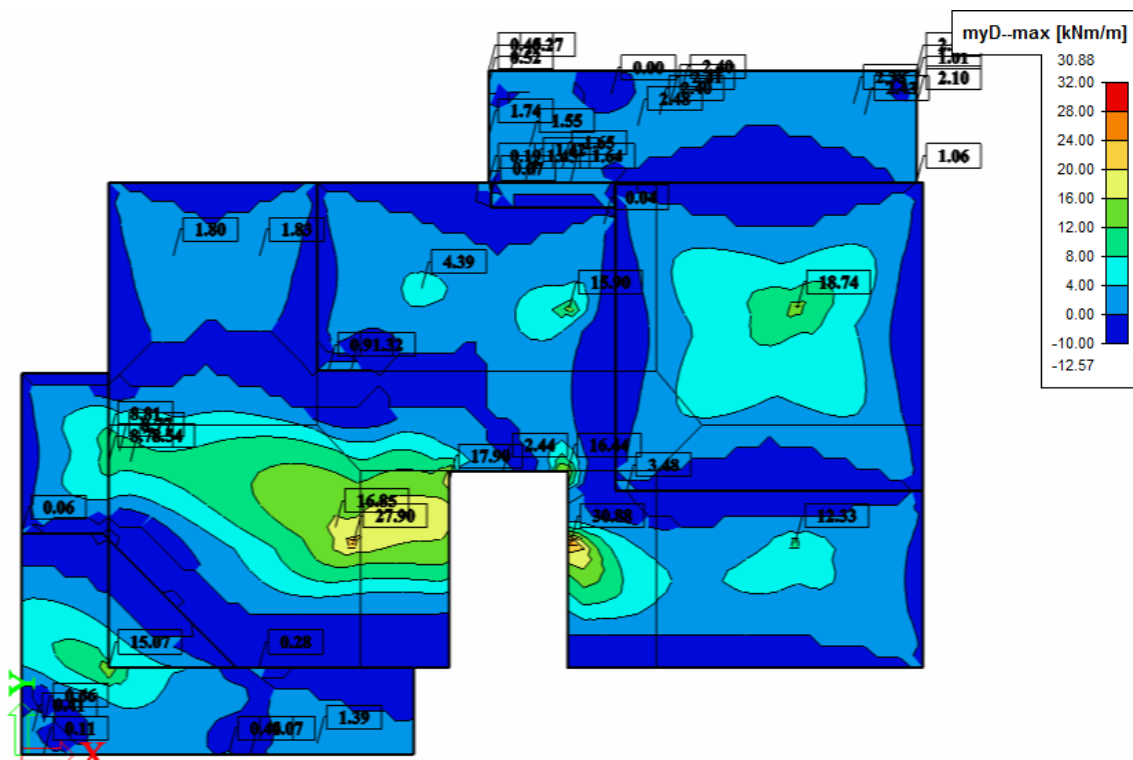
5.2 $myD+$



5.3 mxD-



5.4 myD-



6 DIMENZOVÁNÍ NA OHYB

6.1 Materiálové charakteristiky

Beton C30/37	f_{ck}	30	MPa
	$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c$	20	MPa
	f_{ctm}	2,9	MPa
	$f_{ctk,0,005}$	2,0	MPa
	E_{cm}	32	GPa
Ocel B500B	f_{yk}	500	MPa
	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$	434,78	MPa
	E_s	200	GPa
	$\varepsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$	1,17	‰

6.2 Krytí

Konstrukce spadá pod stupeň prostředí XC3, konstrukční třídu S4. Vzhledem k tomu, že jde o deskovou konstrukci, lze konstrukční třídu snížit na S3.

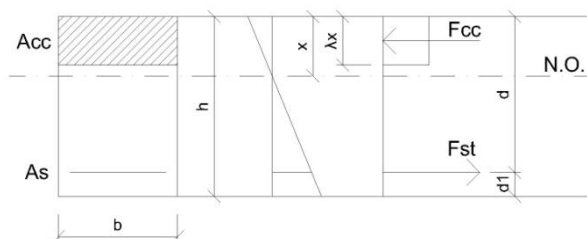
$$c_{min} = \max \left\{ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 8 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \\ 10 \text{ mm} \end{matrix} \right\} = 20 \text{ mm}$$

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

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 20 + 10 = 30 \text{ mm}$$

6.3 Směr x

6.3.1 Konstrukční výztuž



$$d_1 = c + \frac{\phi_{sl}}{2} = 30 + \frac{8}{2} = 34 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 200 - 34 = 166 \text{ mm}$$

Minimální plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \right\} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 1 \cdot 0,166 \right\} = \max \left\{ 2,50 \cdot 10^{-4} \right\} = 2,50 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$\text{Návrh KV } \varnothing 8/200 \text{ mm} \quad A_{st} = 2,51 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1 \cdot 0,20 = 8,0 \cdot 10^{-3} m^2$$

$$\langle A_{s,min}; A_s; A_{s,max} \rangle$$

$$\langle 2,50 \cdot 10^{-4} m^2; 2,51 \cdot 10^{-4} m^2; 8,0 \cdot 10^{-3} m^2 \rangle$$

Ověření světlé vzdálenosti výztuže

$$S_{min} = \max \left\{ \frac{1,2 \cdot \phi_{s,max}}{d_g + 5 \text{ mm}} \right\} = \max \left\{ \frac{1,2 \cdot 8 \text{ mm}}{16 \text{ mm} + 5 \text{ mm}} \right\} = \max \left\{ \frac{9,6 \text{ mm}}{21 \text{ mm}} \right\} = 21 \text{ mm}$$

$$S_{max} = \min \left\{ \frac{2 \cdot h}{300 \text{ mm}} \right\} = \min \left\{ \frac{2 \cdot 200 \text{ mm}}{300 \text{ mm}} \right\} = \min \left\{ \frac{400 \text{ mm}}{300 \text{ mm}} \right\} = 300 \text{ mm}$$

$$s = 200 - \phi = 200 - 8 = 192 \text{ mm}$$

$$\langle S_{min}; S; S_{max} \rangle$$

$$\langle 21 \text{ mm}; 192 \text{ mm}; 300 \text{ mm} \rangle$$

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{2,51 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78}{1 \cdot 0,8 \cdot 20} = 6,82 \cdot 10^{-3} m$$

Kontrola přetvoření výztuže

$$\frac{\varepsilon_{cu3}}{x} = \frac{\varepsilon_s}{d-x}$$

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{cu3} \cdot \frac{d-x}{x} = 0,0035 \cdot \frac{166-6,82}{6,82} = 8,2 \%$$

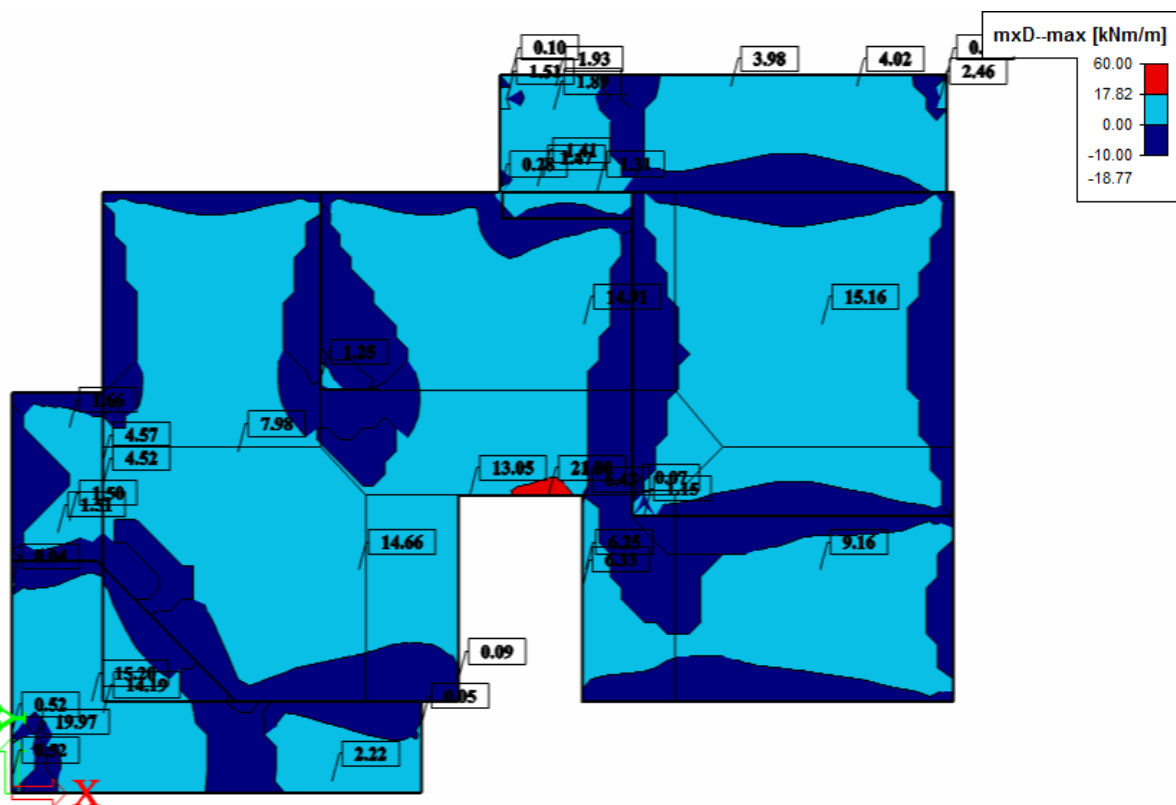
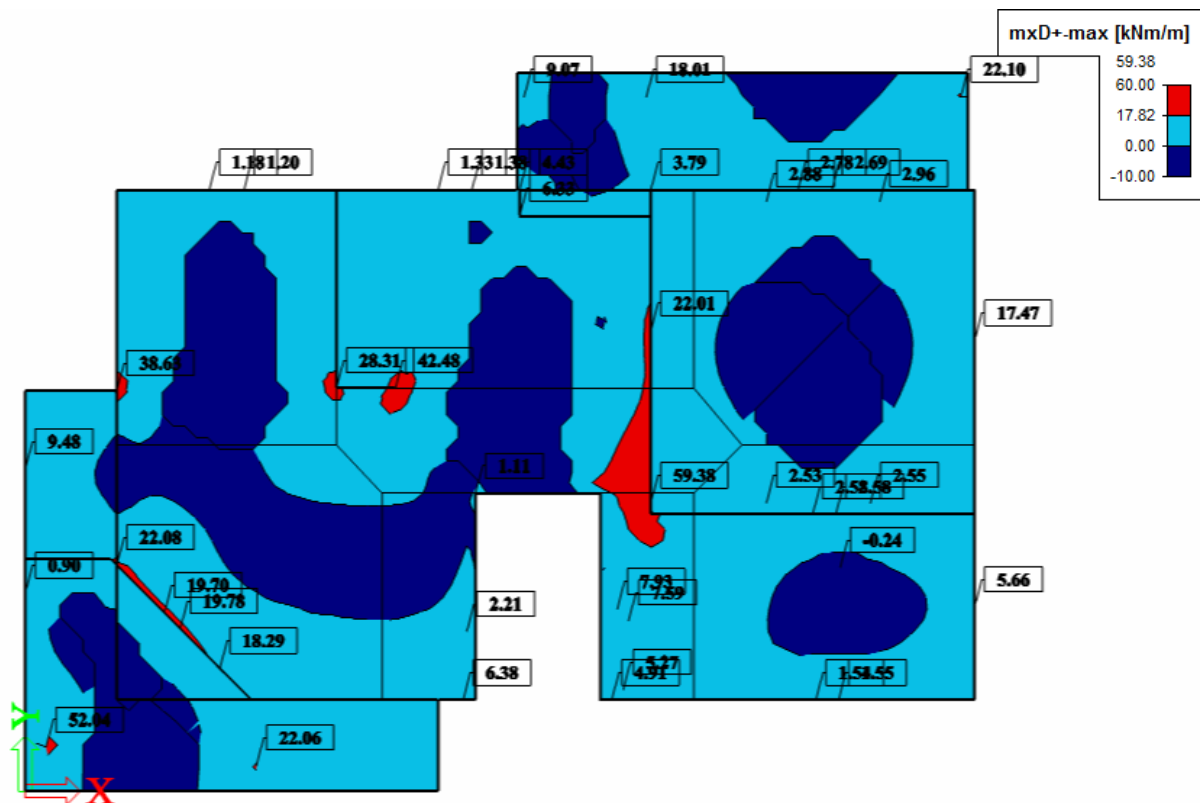
$$\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$$

$$8,2 \% \geq 2,17 \text{ ‰}$$

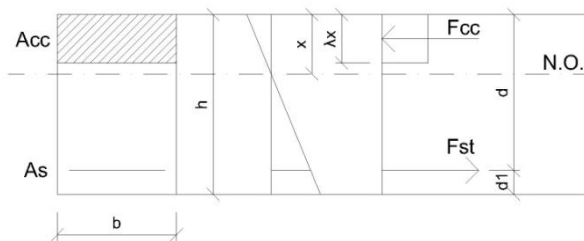
Únosnost konstrukční výztuže

$$M_{Rd} = F_{st} \cdot z = A_{st} \cdot f_{yd} \cdot \left(d - \frac{\lambda x}{2} \right) = 2,51 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot \left(0,166 - \frac{0,8 \cdot 0,00682}{2} \right) = 17,818 \text{ kNm}$$

Celá konstrukce desky bude ve směru x pokryta konstrukční výztuží $\varnothing 8/200$ mm, která přenese moment o velikosti $M_{Rd} = 17,818$ kNm. Místa vyšších momentů budou zahuštěna.



6.3.2 Lokální zahuštění



Z podmínek rovnováhy :

$$F_{st} = F_{cc}$$

$$A_{st} \cdot f_{yd} = A_{cc} \cdot f_{cd}$$

$$A_{st} \cdot f_{yd} = \lambda \cdot b \cdot x \cdot f_{cd}$$

$$x = \frac{A_{st} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot f_{cd}}$$

$$M_{Rd} = F_{st} \cdot z = A_{st,rqd} \cdot f_{yd} \cdot \left(d - \frac{\lambda \cdot x}{2} \right) = A_{st,rqd} \cdot f_{yd} \cdot \left(d - \frac{\lambda \cdot \frac{A_{st} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot f_{cd}}}{2} \right)$$

$$M_{Rd} = M_{Ed}$$

$$A_{st,rqd} = b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot 1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right)$$

- **$M_{Ed} = 59,38 \text{ kNm}$**

$$A_{st,rqd} = b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = 1000 \cdot 166 \cdot \frac{20}{434,78} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 59,38}{1000 \cdot 166^2 \cdot 20}} \right)$$

$$A_{st,rqd} = 8,23 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Zahuštění oblasti Ø 14/200

$$A_{st,2} = 7,70 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{st} = A_{st,1} + A_{st,2} = 2,51 \cdot 10^{-4} + 7,70 \cdot 10^{-4} = 10,21 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Ověření světlé vzdálenosti výztuže

$$S_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,2 \cdot \phi_{s,max} \\ d_g + 5 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,2 \cdot 14 \text{ mm} \\ 16 \text{ mm} + 5 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 16,8 \text{ mm} \\ 21 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{array} \right\} = 21 \text{ mm}$$

$$S_{max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2 \cdot h \\ 300 \text{ mm} \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2 \cdot 200 \text{ mm} \\ 300 \text{ mm} \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 400 \text{ mm} \\ 300 \text{ mm} \end{array} \right\} = 300 \text{ mm}$$

$$s = 200 - \frac{\phi_1}{2} - \frac{\phi_2}{2} = 200 - \frac{8}{2} - \frac{14}{2} = 189 \text{ mm}$$

$$\langle S_{min}; S; S_{max} \rangle$$

$$\langle 21 \text{ mm}; 189 \text{ mm}; 300 \text{ mm} \rangle$$

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{10,21 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78}{1 \cdot 0,8 \cdot 20} = 5,49 \cdot 10^{-2} m$$

Účinná výška

$$d = \frac{A_{st,1} \cdot d_1 + A_{st,2} \cdot d_2}{A_{st}} = \frac{2,51 \cdot 10^{-4} \cdot 0,166 + 7,70 \cdot 10^{-4} \cdot 0,163}{10,21 \cdot 10^{-4}} = 0,164 m$$

Kontrola přetvoření výztuže

$$\frac{\varepsilon_{cu3}}{x} = \frac{\varepsilon_s}{d-x}$$

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{cu3} \cdot \frac{d-x}{x} = 0,0035 \cdot \frac{164-54,9}{54,9} = 6,7 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$$

$$6,7 \text{ ‰} \geq 2,17 \text{ ‰}$$

Ověření únosnosti

$$M_{Rd} = F_{st} \cdot z = A_{st} \cdot f_{yd} \cdot \left(d - \frac{\lambda x}{2} \right) = 10,21 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot \left(0,164 - \frac{0,8 \cdot 0,0549}{2} \right) = 63,053 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

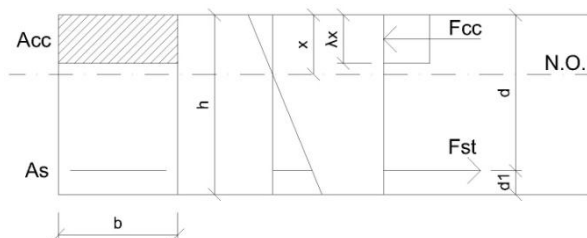
$$63,053 \text{ kNm} \geq 59,38 \text{ kNm}$$

Zahuštění

	$A_{st,i} [m^2]$	$A_{st} [m^2]$	$d [m]$	$x [m]$	$M_{rd} [kNm]$
Ø 14/200	$7,70 \cdot 10^{-4}$	$10,21 \cdot 10^{-4}$	0,1640	0,0549	63,053
Ø 8/200	$2,51 \cdot 10^{-4}$				
Ø 8/100		$5,03 \cdot 10^{-4}$	0,1660	0,0137	35,105

6.4 Směr y

6.4.1 Konstrukční výztuž



$$d_1 = c + \phi_{sl,x} + \frac{\phi_{sl}}{2} = 30 + 8 + \frac{8}{2} = 42 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 200 - 42 = 158 \text{ mm}$$

Minimální plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \\ 0,0013 \cdot b_t \cdot d \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 1 \cdot 0,158 \\ 0,0013 \cdot 1 \cdot 0,158 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 2,38 \cdot 10^{-4} \\ 2,05 \cdot 10^{-4} \end{array} \right\} = 2,38 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{Návrh KV } \varnothing 8/200 \text{ mm} \quad A_{st} = 2,51 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1 \cdot 0,20 = 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\langle A_{s,min}; A_s; A_{s,max} \rangle$$

$$\langle 2,38 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2; 2,51 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2; 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \rangle$$

Ověření světlé vzdálenosti výztuže

$$S_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,2 \cdot \phi_{s,max} \\ d_g + 5 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,2 \cdot 8 \text{ mm} \\ 16 \text{ mm} + 5 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 9,6 \text{ mm} \\ 21 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{array} \right\} = 21 \text{ mm}$$

$$S_{max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2 \cdot h \\ 300 \text{ mm} \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2 \cdot 200 \text{ mm} \\ 300 \text{ mm} \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 400 \text{ mm} \\ 300 \text{ mm} \end{array} \right\} = 300 \text{ mm}$$

$$s = 200 - \phi = 200 - 8 = 192 \text{ mm}$$

$$\langle S_{min}; S; S_{max} \rangle$$

$$\langle 21 \text{ mm}; 192 \text{ mm}; 300 \text{ mm} \rangle$$

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{2,51 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78}{1 \cdot 0,8 \cdot 20} = 6,82 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Kontrola přetvoření výztuže

$$\frac{\varepsilon_{cu3}}{x} = \frac{\varepsilon_s}{d-x}$$

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{cu3} \cdot \frac{d-x}{x} = 0,0035 \cdot \frac{158-6,82}{6,82} = 7,8 \%$$

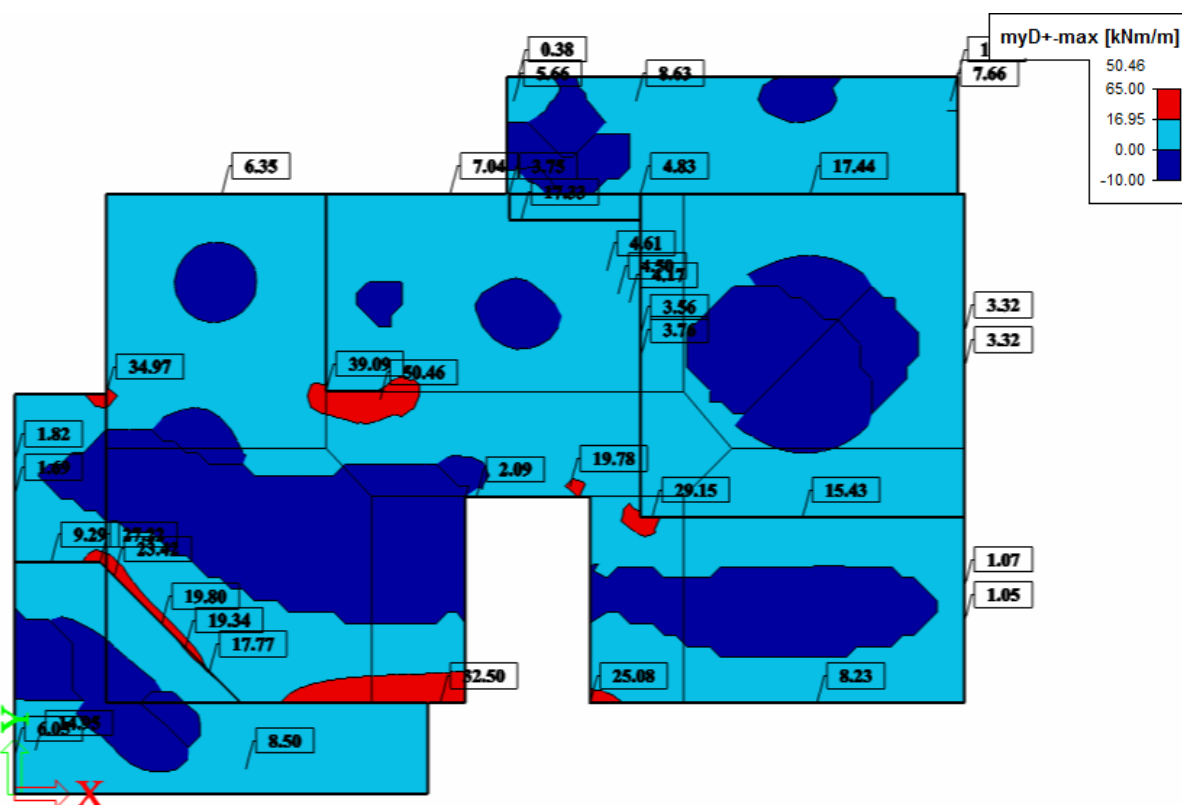
$$\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$$

$$7,8 \% \geq 2,17 \%$$

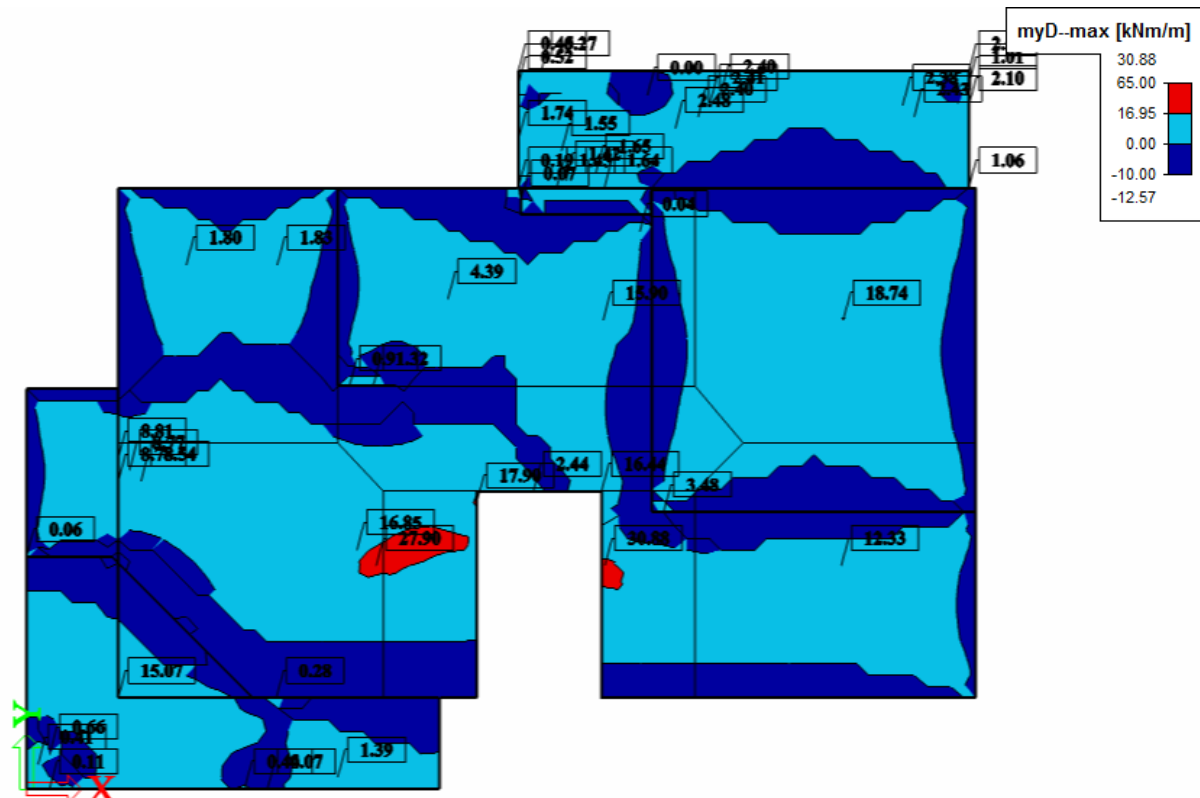
Únosnost konstrukční výztuže

$$M_{Rd} = F_{st} \cdot z = A_{st} \cdot f_{yd} \cdot \left(d - \frac{\lambda x}{2}\right) = 2,51 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot \left(0,158 - \frac{0,8 \cdot 0,00682}{2}\right) = 16,945 \text{ kNm}$$

Celá konstrukce desky bude ve směru x pokryta konstrukční výztuží Ø 8/200 mm, která přenese moment o velikosti $M_{Rd} = 16,945 \text{ kNm}$. Místa vyšších momentů budou zahuštěna.

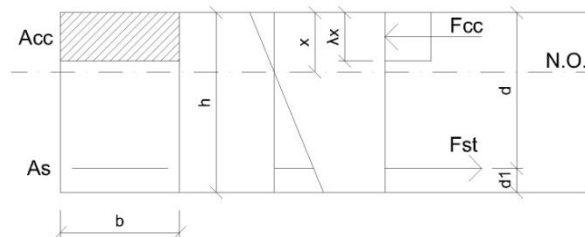


Vykrytí momentů konstrukční výztuží ve směru y při horním povrchu



Vykrytí momentů konstrukční výztuží ve směru y při dolním povrchu

6.4.2 Lokální zahuštění



Z podmínek rovnováhy :

$$F_{st} = F_{cc}$$

$$A_{st} \cdot f_{yd} = A_{cc} \cdot f_{cd}$$

$$A_{st} \cdot f_{yd} = \lambda \cdot b \cdot x \cdot f_{cd}$$

$$x = \frac{A_{st} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot f_{cd}}$$

$$M_{Rd} = F_{st} \cdot z = A_{st,rqd} \cdot f_{yd} \cdot \left(d - \frac{\lambda \cdot x}{2}\right) = A_{st,rqd} \cdot f_{yd} \cdot \left(d - \frac{\lambda \cdot \frac{A_{st} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot f_{cd}}}{2}\right)$$

$$M_{Rd} = M_{Ed}$$

$$A_{st,rqd} = b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot 1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right)$$

- $M_{Ed} = 50,46 \text{ kNm}$

$$A_{st,rqd} = b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}}\right) = 1000 \cdot 158 \cdot \frac{20}{434,78} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 50,46}{1000 \cdot 158^2 \cdot 20}}\right)$$

$$A_{st,rqd} = 7,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Zahuštění oblasti Ø 14/200

$$A_{st,2} = 7,70 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{st} = A_{st,1} + A_{st,2} = 2,51 \cdot 10^{-4} + 7,70 \cdot 10^{-4} = 10,21 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Ověření světlé vzdálenosti výztuže

$$S_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,2 \cdot \phi_{s,max} \\ d_g + 5 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,2 \cdot 14 \text{ mm} \\ 16 \text{ mm} + 5 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 16,8 \text{ mm} \\ 21 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{array} \right\} = 21 \text{ mm}$$

$$S_{max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2 \cdot h \\ 300 \text{ mm} \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2 \cdot 200 \text{ mm} \\ 300 \text{ mm} \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 400 \text{ mm} \\ 300 \text{ mm} \end{array} \right\} = 300 \text{ mm}$$

$$s = 200 - \frac{\phi_1}{2} - \frac{\phi_2}{2} = 200 - \frac{8}{2} - \frac{14}{2} = 189 \text{ mm}$$

$$\langle S_{min}; s; S_{max} \rangle$$

$$\langle 21 \text{ mm}; 189 \text{ mm}; 300 \text{ mm} \rangle$$

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{10,21 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78}{1 \cdot 0,8 \cdot 20} = 5,49 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Účinná výška

$$d = \frac{A_{st,1} \cdot d_1 + A_{st,2} \cdot d_2}{A_{st}} = \frac{2,51 \cdot 10^{-4} \cdot 0,158 + 7,70 \cdot 10^{-4} \cdot 0,155}{10,21 \cdot 10^{-4}} = 0,156 \text{ m}$$

Kontrola přetvoření výztuže

$$\frac{\varepsilon_{cu3}}{x} = \frac{\varepsilon_s}{d-x}$$

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{cu3} \cdot \frac{d-x}{x} = 0,0035 \cdot \frac{156-54,9}{54,9} = 6,4 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$$

$$6,4 \text{ ‰} \geq 2,17 \text{ ‰}$$

Ověření únosnosti

$$M_{Rd} = F_{st} \cdot z = A_{st} \cdot f_{yd} \cdot \left(d - \frac{\lambda x}{2}\right) = 10,21 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot \left(0,156 - \frac{0,8 \cdot 0,0549}{2}\right) = 59,502 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$59,502 \text{ kNm} \geq 50,46 \text{ kNm}$$

Zahuštění

	$A_{st,i} [m^2]$	$A_{st} [m^2]$	$d [m]$	$x [m]$	$M_{rd} [kNm]$
Ø 14/200	$7,70 \cdot 10^{-4}$	$10,21 \cdot 10^{-4}$	0,1560	0,0549	59,502
Ø 8/200	$2,51 \cdot 10^{-4}$				
Ø 8/100		$5,03 \cdot 10^{-4}$	0,1580	0,0137	33,355

POZNÁMKA :

Vzhledem k výrobním rozměrům liniových distančních podložek, u kterých výrobce uvádí diverzifikaci výšky po celých centimetrech, bude místo potřebné vzdálenosti mezi horní a dolní výztuží 108 mm realizováno 110 mm. Tímto se zvýší účinná výška výztuže u horního povrchu desky, tudíž momentová únosnost nepatrně vzroste. Další vliv bude mít tato změna na nedodržení vrstvy stanoveného krytí o 2 mm, ale vzhledem k uvažované hodnotě $\Delta c_{dev} = 10$ mm je tato změna stále v toleranci.

7 KOTEVNÍ DÉLKY

7.1 Horní výztuž – vetknutí – Ø 8 mm

Mezní napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_s} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{2,0}{1,5} = 3,0 \text{ MPa}$$

Základní kotevní délka

$$\sigma_{sd} = \frac{A_{s,rqd}}{A_s} \cdot f_{yd} = \frac{2,38 \cdot 10^{-4}}{2,51 \cdot 10^{-4}} \cdot 434,78 = 412,26 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{8}{4} \cdot \frac{412,26}{3,0} = 274,84 \text{ mm}$$

Návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$c_d = \min \left\{ \frac{a/2}{c_1} \right\} = \min \left\{ \frac{212/2}{30} \right\} = \min \left\{ \frac{106 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} \right\} = 30 \text{ mm}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 \cdot \frac{c_d - \phi}{\phi} = 1 - 0,15 \cdot \frac{30 - 8}{8} = 0,588 \geq 0,7 \Rightarrow \alpha_2 = 0,7$$

$$\lambda = \frac{A_{st} - A_{st,min}}{A_s} = \frac{2,51 \cdot 10^{-4} - 2,38 \cdot 10^{-4}}{2,51 \cdot 10^{-4}} = 0,05$$

$$\alpha_3 = 1 - K \cdot \lambda = 1 - 0 \cdot 0,05 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 1,0$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 274,84 = 192,4 \text{ mm}$$

VOLBA $l_{bd} = 200 \text{ mm}$ pro Ø 8 mm

Minimální kotevní délka

$$l_{b,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot l_{b,rqd} \\ 10\phi \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot 274,84 \\ 10 \cdot 8 \\ 100 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 82,45 \text{ mm} \\ 80 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} = 100 \text{ mm}$$

$$l_{bd} \geq l_{b,min}$$

$$200 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm}$$

7.2 Spodní výztuž – vetknutí – Ø 8 mm

Výztuž je vtlačována do podpory, zakotvení dle konstrukčních zásad.

$$l_{b,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 10\phi \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 10 \cdot 8 \\ 100 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 80 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} = 100 \text{ mm}$$

KOTVENÍ $l_{b,min} = 100 \text{ mm}$

7.3 Spodní výztuž – vnitřní podpora – Ø 8 mm

Výztuž je vtlačována do podpory, zakotvení dle konstrukčních zásad.

$$l_{b,min} = \max \left\{ \frac{10\phi}{100 \text{ mm}} \right\} = \max \left\{ \frac{10 \cdot 8}{100} \right\} = \max \left\{ \frac{80 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \right\} = 100 \text{ mm}$$

KOTVENÍ $l_{b,min} = 100 \text{ mm}$

7.4 Stykování výztuže přesahem

Ø 8 mm

Mezní napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_s} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{2,0}{1,5} = 3,0 \text{ MPa}$$

Základní kotevní délka

$$\sigma_{sd} = \frac{A_{s,rqd}}{A_s} \cdot f_{yd} = \frac{2,38 \cdot 10^{-4}}{2,51 \cdot 10^{-4}} \cdot 434,78 = 412,26 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{8}{4} \cdot \frac{412,26}{3,0} = 274,84 \text{ mm}$$

Návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$c_d = \min \left\{ \frac{a/2}{c} \right\} = \min \left\{ \frac{212/2}{30} \right\} = \min \left\{ \frac{106 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} \right\} = 30 \text{ mm}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 \cdot \frac{c_d - \phi}{\phi} = 1 - 0,15 \cdot \frac{30 - 8}{8} = 0,588 \geq 0,7 \Rightarrow \alpha_2 = 0,7$$

$$\lambda = \frac{A_{st} - A_{st,min}}{A_s} = \frac{2,51 \cdot 10^{-4} - 2,38 \cdot 10^{-4}}{2,51 \cdot 10^{-4}} = 0,05$$

$$\alpha_3 = 1 - K \cdot \lambda = 1 - 0 \cdot 0,05 = 1,0$$

Návrhová délka přesahu

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 274,84 = 269,3 \text{ mm}$$

VOLBA $l_0 = 270 \text{ mm}$

Minimální délka přesahu

$$l_{0,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \\ 15\phi \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot 1,4 \cdot 274,84 \\ 15 \cdot 8 \\ 200 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 115,43 \text{ mm} \\ 120 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right\} = 200 \text{ mm}$$

$$l_0 \geq l_{0,min}$$

$$270 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm}$$

Vzhledem k minimalizaci počtu různých délek prutů byla použita stykovací délka pro oblasti, kde je prut tlačěn, tzn. přesah minimálně přes 2 příčné pruty. Takto stanovená délka je v tomto případě větší a vede k bezpečnějšímu návrhu.

8 POSOUZENÍ NA SMYK

Únosnost bez smykové výztuže

$$c_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{166}} = 2,09 \leq 2,0$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{6,44 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 0,166} = 3,88 \cdot 10^{-3} \leq 0,02$$

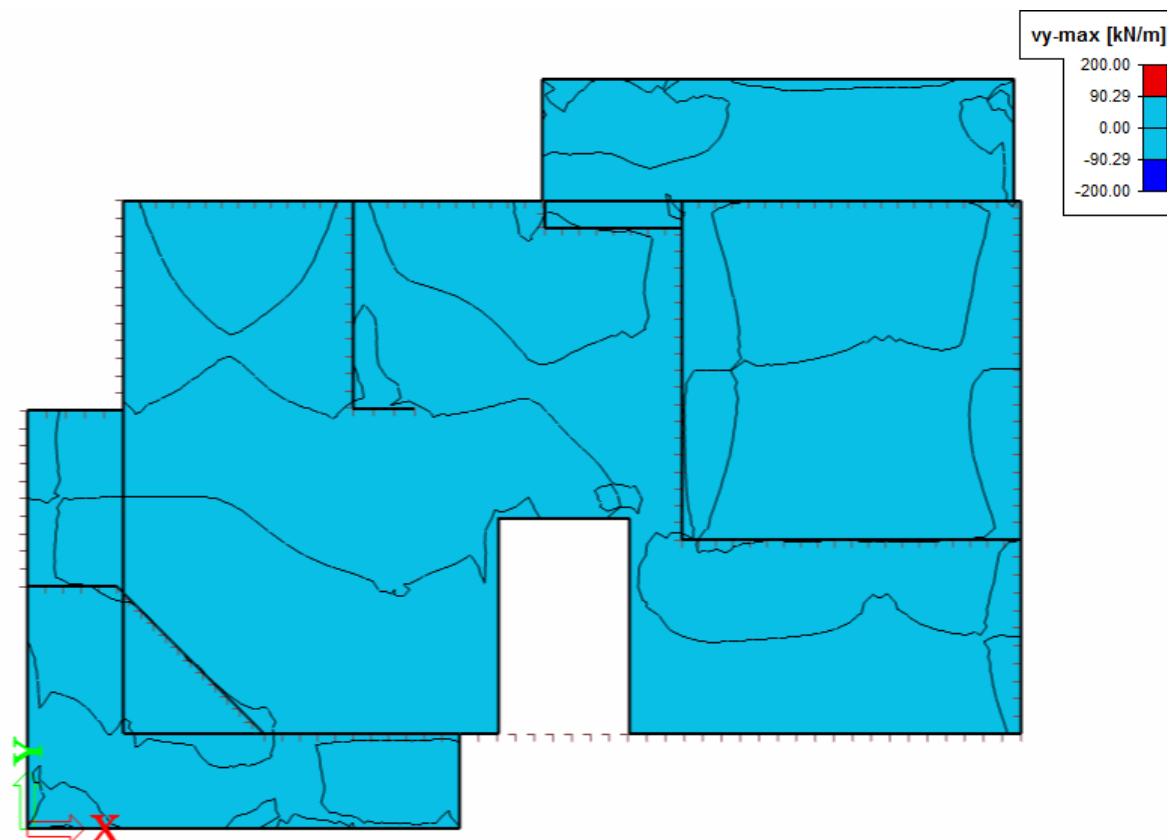
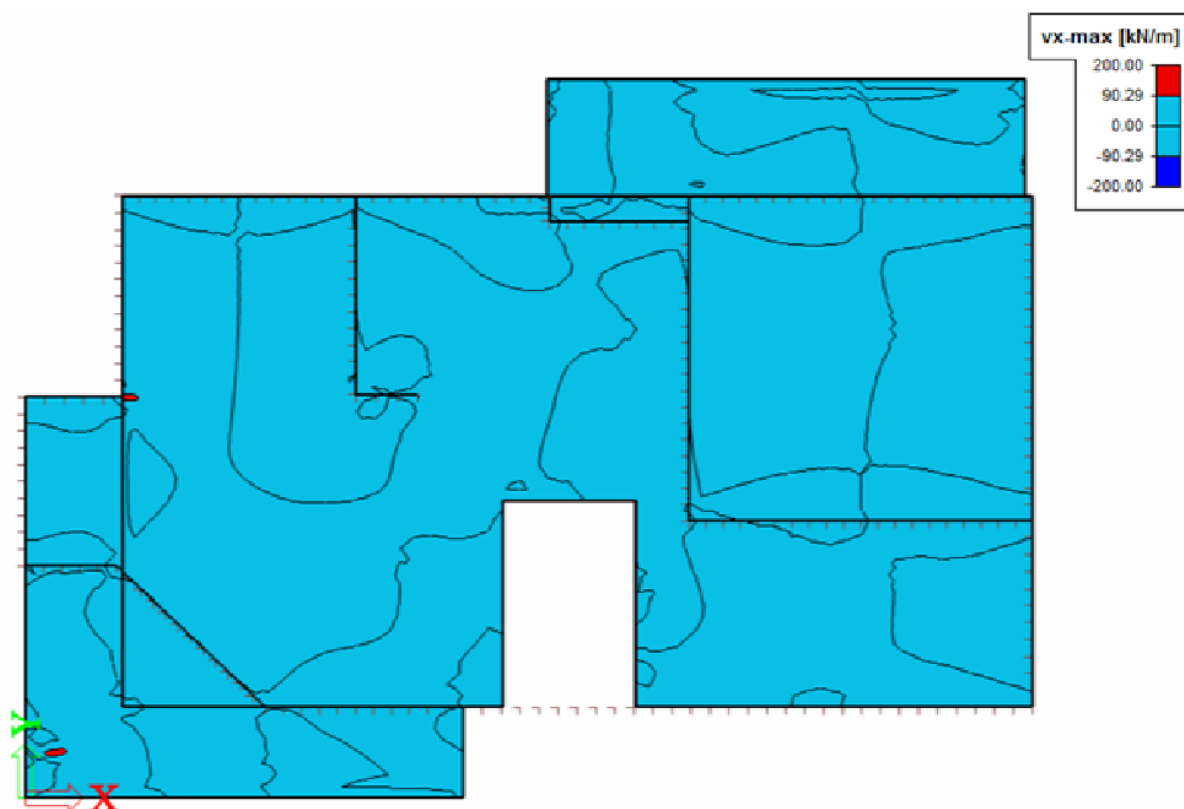
$$V'_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \right] \cdot b_w \cdot d = \left[0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 3,88 \cdot 10^{-3} \cdot 30)^{1/3} \right] \cdot 1000 \cdot 166 = 90,289 \text{ kN}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 2,0^{2/3} \cdot 30^{1/2} = 304 \text{ kPa}$$

$$V_{Rd,c,min} = v_{min} \cdot b_w \cdot d = 304 \cdot 1 \cdot 0,166 = 41,344 \text{ kN}$$

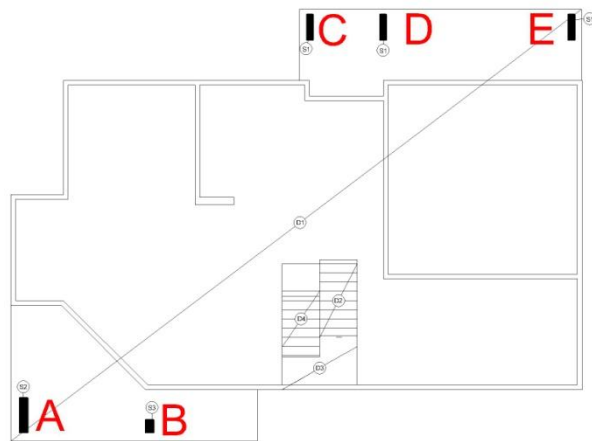
$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \begin{matrix} V'_{Rd,c} \\ V_{Rd,c,min} \end{matrix} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 90,289 \text{ kN} \\ 41,344 \text{ kN} \end{matrix} \right\} = \mathbf{90,289 \text{ kN}}$$

Dle vykreslení izoploch s nastavenou škálou je zřejmé, že beton přenesete téměř všechno vznikající smykové namáhání. Vzniklé špičky nepřekračují hranici podporující konstrukce, tudíž je není třeba vykrývat.

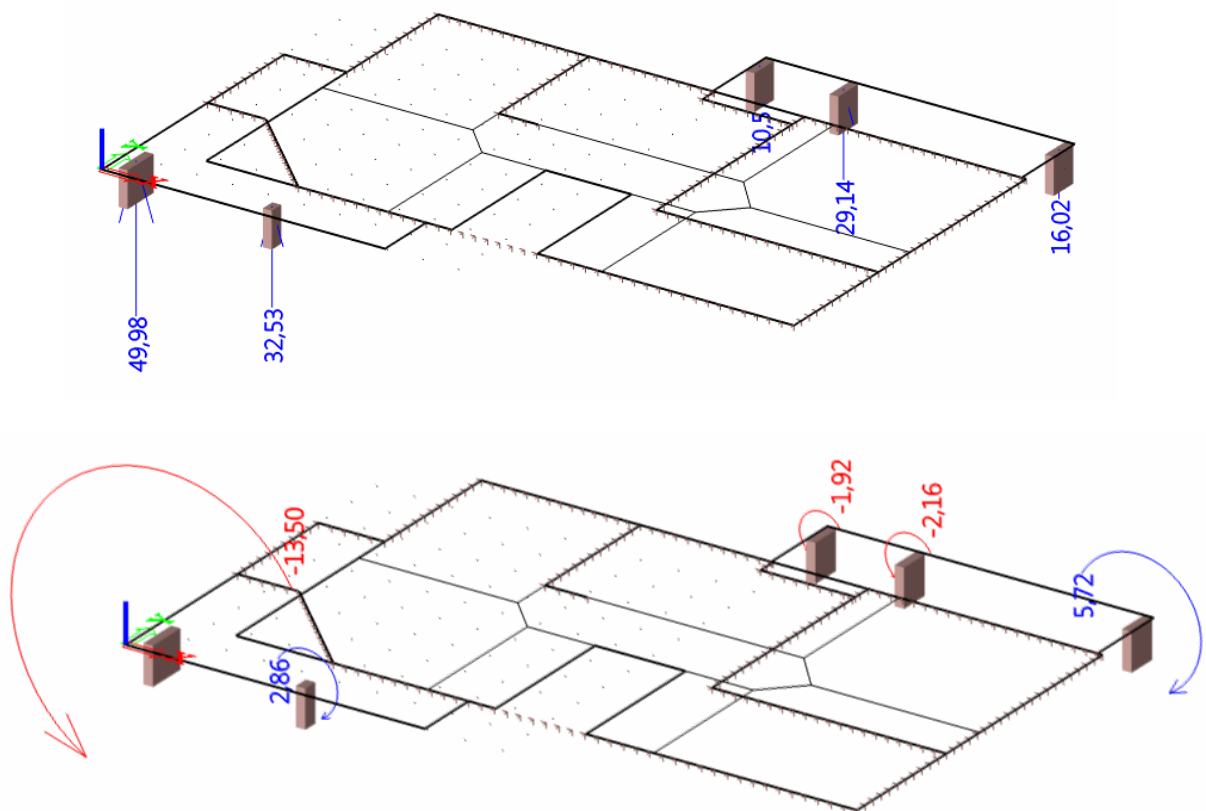


9 PROTLAČENÍ

Schéma označení jednotlivých sloupů



Reakce ve sloupech



	A	B	C	D	E
V_{Ed} [kN]	49,98	32,53	10,57	29,14	16,02
M_{Ed} [kNm]	-13,50	2,86	-1,92	-2,16	5,72

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{0,166 + 0,158}{2} = 0,162 \text{ m}$$

$$\theta = \arctg\left(\frac{1}{2}\right) = 26,6^\circ$$

$$\nu = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right] = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{30}{250}\right] = 0,528$$

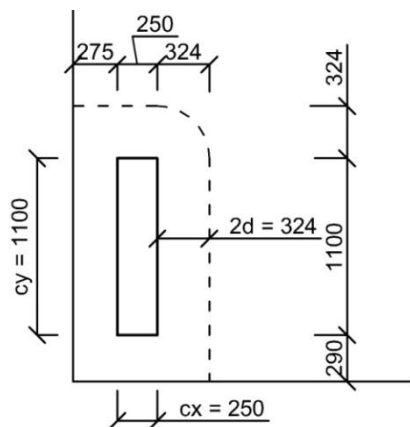
$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{162}} = 2,11 \not\leq 2,00 \Rightarrow k = 2,00$$

$$\nu_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 2,0^{3/2} \cdot 30^{1/2} = \mathbf{0,542 \text{ MPa}}$$

$$\nu_{Rd,max} = 0,5 \cdot \nu \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 20 = \mathbf{5,280 \text{ MPa}}$$

9.1 Rohový sloup A



$$u_0 = 2 \cdot (c_x + c_y) = 2 \cdot (0,25 + 0,82) = 2,14 \text{ m}$$

$$u_1 = c_x + c_y + \pi \cdot d + 0,275 + 0,29 = 0,25 + 1,1 + \pi \cdot 0,162 + 0,275 + 0,29 = 2,424 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} W_1 &= \int_0^{u_1} |e| dl = 2 \cdot \left(\frac{c_x}{2} \cdot \frac{c_x}{4}\right) + 0,275 \cdot \left(0,275 + \frac{c_x}{2}\right) + \\ &+ c_y \cdot \left(2d + \frac{c_x}{2}\right) + 0,29 \cdot \left(2d + \frac{c_x}{2}\right) + \pi d \cdot \left(\frac{c_x}{2} + \frac{4d}{\pi}\right) = \\ &= 2 \cdot \left(\frac{0,25}{2} \cdot \frac{0,25}{4}\right) + 0,275 \cdot \left(0,275 + \frac{0,25}{2}\right) + 1,1 \cdot \left(2 \cdot 0,162 + \frac{0,25}{2}\right) + \\ &+ 0,29 \cdot \left(2 \cdot 0,162 + \frac{0,25}{2}\right) + \pi \cdot 0,162 \cdot \left(\frac{0,25}{2} + \frac{4 \cdot 0,162}{\pi}\right) = 0,918 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Omezení smykové odolnosti těsně kolem sloupu

$$V_{Ed} = 49,98 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -13,5 \text{ kNm}$$

$$c_x/c_y = 0,25/1,1 = 0,23 \quad \Rightarrow \quad \bar{k} = 0,45$$

$$\beta = 1 + \bar{k} \cdot \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1} = 1 + 0,45 \cdot \frac{13,5}{49,98} \cdot \frac{2,424}{0,918} = 1,321$$

$$\nu_{Ed,0} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_0 \cdot d} = 1,321 \cdot \frac{49,98 \cdot 10^3}{2,140 \cdot 162} = 0,190 \text{ MPa}$$

$$\nu_{Ed,0} \leq \nu_{Rd,max}$$

$$\mathbf{0,190 \text{ MPa} \leq 5,280 \text{ MPa}}$$

Posouzení prvního kontrolního obvodu

$$\varrho_{l,x} = \frac{A_{st,x}}{b_x \cdot d} = \frac{A_{st,x}}{(c_x + 6 \cdot d) \cdot d} = \frac{10,21 \cdot 10^{-4}}{(0,25 + 6 \cdot 0,162) \cdot 0,162} = 0,516 \cdot 10^{-2}$$

$$\varrho_{l,y} = \frac{A_{st,y}}{b_y \cdot d} = \frac{A_{st,y}}{(c_y + 6 \cdot d) \cdot d} = \frac{2,51 \cdot 10^{-4}}{(1,1 + 6 \cdot 0,162) \cdot 0,162} = 5,218 \cdot 10^{-2}$$

$$\varrho_l = \sqrt{\varrho_{l,x} \cdot \varrho_{l,y}} = \sqrt{0,516 \cdot 10^{-2} \cdot 5,218 \cdot 10^{-2}} = 1,641 \cdot 10^{-2}$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \varrho_l \cdot f_{ck})^{1/3} = 0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 1,641 \cdot 10^{-2} \cdot 30)^{1/3} = 0,880 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,1} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_1 \cdot d} = 1,321 \cdot \frac{49,98 \cdot 10^3}{2424 \cdot 162} = 0,168 \text{ MPa}$$

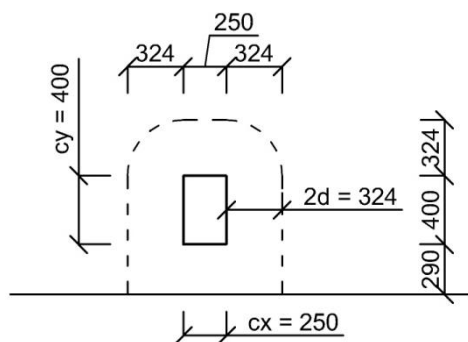
$$v_{Rd,c} \geq v_{min}$$

$$0,880 \text{ MPa} \geq 0,542 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} \geq v_{Ed,1}$$

$$0,880 \text{ MPa} \geq 0,168 \text{ MPa}$$

>> Smyková výztuž není nutná.

9.2 Krajiní sloup B

$$u_0 = 2 \cdot (c_x + c_y) = 2 \cdot (0,25 + 0,4) = 1,3 \text{ m}$$

$$u_1 = c_x + 2c_y + 2\pi \cdot d + 2 \cdot 0,29 = 0,25 + 2 \cdot 0,4 + 2 \cdot \pi \cdot 0,162 + 2 \cdot 0,29 = 2,648 \text{ m}$$

$$W_1 = \int_0^{u_1} |e| \, dl = 2 \cdot \left(\frac{c_x}{2} \cdot \frac{c_x}{4} \right) + 2 \cdot c_y \cdot \left(2d + \frac{c_x}{2} \right) + 2 \cdot 0,29 \cdot \left(2d + \frac{c_x}{2} \right) + 2\pi d \cdot \left(\frac{c_x}{2} + \frac{4d}{\pi} \right) = 2 \cdot \left(\frac{0,25}{2} \cdot \frac{0,25}{4} \right) + 2 \cdot 0,4 \cdot \left(2 \cdot 0,162 + \frac{0,25}{2} \right) + 2 \cdot 0,29 \cdot \left(2 \cdot 0,162 + \frac{0,25}{2} \right) + 2\pi \cdot 0,162 \cdot \left(\frac{0,25}{2} + \frac{4 \cdot 0,162}{\pi} \right) = 1,332 \text{ m}^2$$

Omezení smykové odolnosti těsně kolem sloupu

$$V_{Ed} = 32,53 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2,86 \text{ kNm}$$

$$c_x/c_y = 0,25/0,4 = 0,62 \quad \Rightarrow \quad \bar{k} = 0,474$$

$$\beta = 1 + \bar{k} \cdot \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1} = 1 + 0,474 \cdot \frac{2,86}{32,53} \cdot \frac{2,648}{1,332} = 1,083$$

$$v_{Ed,0} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_0 \cdot d} = 1,083 \cdot \frac{32,53 \cdot 10^3}{1300 \cdot 162} = 0,167 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,0} \leq v_{Rd,max}$$

$$0,167 \text{ MPa} \leq 5,280 \text{ MPa}$$

Posouzení prvního kontrolního obvodu

$$\varrho_{l,x} = \frac{A_{st,x}}{b_x \cdot d} = \frac{A_{st,x}}{(c_x + 6 \cdot d) \cdot d} = \frac{2,51 \cdot 10^{-4}}{(0,25 + 6 \cdot 0,162) \cdot 0,162} = 1,268 \cdot 10^{-3}$$

$$\varrho_{l,y} = \frac{A_{st,y}}{b_y \cdot d} = \frac{A_{st,y}}{(c_y + 6 \cdot d) \cdot d} = \frac{2,51 \cdot 10^{-4}}{(0,4 + 6 \cdot 0,162) \cdot 0,162} = 1,129 \cdot 10^{-3}$$

$$\varrho_l = \sqrt{\varrho_{l,x} \cdot \varrho_{l,y}} = \sqrt{1,268 \cdot 10^{-3} \cdot 1,129 \cdot 10^{-3}} = 1,196 \cdot 10^{-3}$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \varrho_l \cdot f_{ck})^{1/3} = 0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 1,196 \cdot 10^{-3} \cdot 30)^{1/3} = 0,367 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,1} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_1 \cdot d} = 1,083 \cdot \frac{32,53 \cdot 10^3}{2648 \cdot 162} = 0,082 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} \geq v_{min}$$

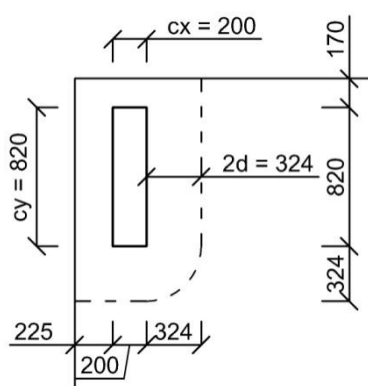
$$0,367 \text{ MPa} \geq 0,542 \text{ MPa} \Rightarrow v_{Rd,c} = 0,542 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} \geq v_{Ed,1}$$

$$0,542 \text{ MPa} \geq 0,082 \text{ MPa}$$

>> Smyková výztuž není nutná.

9.3 Rohový sloup C



$$u_0 = 2 \cdot (c_x + c_y) = 2 \cdot (0,2 + 0,82) = 2,04 \text{ m}$$

$$u_1 = c_x + c_y + \pi \cdot d + 0,225 + 0,17 = 0,2 + 0,82 + \pi \cdot 0,162 + 0,225 + 0,17 = 1,924 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} W_1 &= \int_0^{u_1} |e| \, dl = 2 \cdot \left(\frac{c_x}{2} \cdot \frac{c_x}{4} \right) + c_y \cdot \left(2d + \frac{c_x}{2} \right) + 0,17 \cdot \left(2d + \frac{c_x}{2} \right) + \\ &0,225 \cdot \left(\frac{0,225}{2} + \frac{c_x}{2} \right) + \pi d \cdot \left(\frac{c_x}{2} + \frac{4d}{\pi} \right) = \\ &2 \cdot \left(\frac{0,2}{2} \cdot \frac{0,2}{4} \right) + 0,82 \cdot \left(2 \cdot 0,162 + \frac{0,2}{2} \right) + 0,17 \cdot \left(2 \cdot 0,162 + \frac{0,2}{2} \right) + \\ &0,225 \cdot \left(\frac{0,225}{2} + \frac{0,2}{2} \right) + \pi \cdot 0,162 \cdot \left(\frac{0,2}{2} + \frac{4 \cdot 0,162}{\pi} \right) = 0,633 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Omezení smykové odolnosti těsně kolem sloupu

$$V_{Ed} = 10,57 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -1,92 \text{ kNm}$$

$$c_x/c_y = 0,2/0,82 = 0,24 \quad \Rightarrow \quad \bar{k} = 0,45$$

$$\beta = 1 + \bar{k} \cdot \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{w_1} = 1 + 0,45 \cdot \frac{1,92}{10,57} \cdot \frac{1,924}{0,633} = 1,248$$

$$v_{Ed,0} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_{0,d}} = 1,248 \cdot \frac{10,57 \cdot 10^3}{2040 \cdot 162} = 0,040 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,0} \leq v_{Rd,max}$$

$$0,040 \text{ MPa} \leq 5,280 \text{ MPa}$$

Posouzení prvního kontrolního obvodu

$$q_{l,x} = \frac{A_{st,x}}{b_x \cdot d} = \frac{A_{st,x}}{(c_x + 6 \cdot d) \cdot d} = \frac{2,51 \cdot 10^{-4}}{(0,2 + 6 \cdot 0,162) \cdot 0,162} = 1,321 \cdot 10^{-3}$$

$$q_{l,y} = \frac{A_{st,y}}{b_y \cdot d} = \frac{A_{st,y}}{(c_y + 6 \cdot d) \cdot d} = \frac{2,51 \cdot 10^{-4}}{(0,82 + 6 \cdot 0,162) \cdot 0,162} = 0,865 \cdot 10^{-3}$$

$$q_l = \sqrt{q_{l,x} \cdot q_{l,y}} = \sqrt{1,321 \cdot 10^{-3} \cdot 0,865 \cdot 10^{-3}} = 1,069 \cdot 10^{-3}$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot q_l \cdot f_{ck})^{1/3} = 0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 1,069 \cdot 10^{-3} \cdot 30)^{1/3} = 0,354 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,1} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_{1,d}} = 1,248 \cdot \frac{10,57 \cdot 10^3}{1924 \cdot 162} = 0,042 \text{ MPa}$$

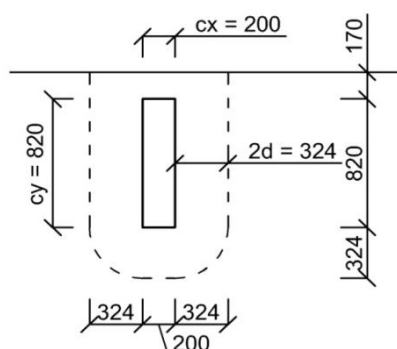
$$v_{Rd,c} \geq v_{min}$$

$$0,354 \text{ MPa} \geq 0,542 \text{ MPa} \Rightarrow v_{Rd,c} = 0,542 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} \geq v_{Ed,1}$$

$$0,542 \text{ MPa} \geq 0,042 \text{ MPa}$$

>> Smyková výztuž není nutná.

9.4 Krajiní sloup D

$$u_0 = 2 \cdot (c_x + c_y) = 2 \cdot (0,2 + 0,82) = 2,04 \text{ m}$$

$$u_1 = c_x + 2c_y + 2\pi \cdot d + 2 \cdot 0,17 = 0,2 + 2 \cdot 0,82 + 2\pi \cdot 0,162 + 2 \cdot 0,17 = 3,198 \text{ m}$$

$$W_1 = \int_0^{u_1} |e| dl = 2 \cdot \left(\frac{c_x}{2} \cdot \frac{c_x}{4} \right) + 2 \cdot c_y \cdot \left(2d + \frac{c_x}{2} \right) + 2 \cdot 0,17 \cdot \left(2d + \frac{c_x}{2} \right) + 2\pi d \cdot \left(\frac{c_x}{2} + \frac{4d}{\pi} \right) =$$

$$2 \cdot \left(\frac{0,2}{2} \cdot \frac{0,2}{4} \right) + 2 \cdot 0,82 \cdot \left(2 \cdot 0,162 + \frac{0,2}{2} \right) + 2 \cdot 0,17 \cdot \left(2 \cdot 0,162 + \frac{0,2}{2} \right) + 2\pi \cdot 0,162 \cdot \left(\frac{0,2}{2} + \frac{4 \cdot 0,162}{\pi} \right) =$$

$$1,161 \text{ m}^2$$

Omezení smykové odolnosti těsně kolem sloupu

$$V_{Ed} = 29,14 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -2,16 \text{ kNm}$$

$$c_x/c_y = 0,2/0,82 = 0,24 \quad \Rightarrow \quad \bar{k} = 0,45$$

$$\beta = 1 + \bar{k} \cdot \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1} = 1 + 0,45 \cdot \frac{2,16}{29,14} \cdot \frac{3,198}{1,161} = 1,092$$

$$v_{Ed,0} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_{0,d}} = 1,092 \cdot \frac{29,14 \cdot 10^3}{2040 \cdot 162} = 0,096 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,0} \leq v_{Rd,max}$$

$$0,040 \text{ MPa} \leq 5,280 \text{ MPa}$$

Posouzení prvního kontrolního obvodu

$$\varrho_{l,x} = \frac{A_{st,x}}{b_x \cdot d} = \frac{A_{st,x}}{(c_x + 6 \cdot d) \cdot d} = \frac{2,51 \cdot 10^{-4}}{(0,2 + 6 \cdot 0,162) \cdot 0,162} = 1,321 \cdot 10^{-3}$$

$$\varrho_{l,y} = \frac{A_{st,y}}{b_y \cdot d} = \frac{A_{st,y}}{(c_y + 6 \cdot d) \cdot d} = \frac{2,51 \cdot 10^{-4}}{(0,82 + 6 \cdot 0,162) \cdot 0,162} = 0,865 \cdot 10^{-3}$$

$$\varrho_l = \sqrt{\varrho_{l,x} \cdot \varrho_{l,y}} = \sqrt{1,321 \cdot 10^{-3} \cdot 0,865 \cdot 10^{-3}} = 1,069 \cdot 10^{-3}$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \varrho_l \cdot f_{ck})^{1/3} = 0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 1,069 \cdot 10^{-3} \cdot 30)^{1/3} = 0,354 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,1} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_{1,d}} = 1,092 \cdot \frac{29,14 \cdot 10^3}{3198 \cdot 162} = 0,061 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} \geq v_{min}$$

$$0,354 \text{ MPa} \geq 0,542 \text{ MPa} \Rightarrow v_{Rd,c} = 0,542 \text{ MPa}$$

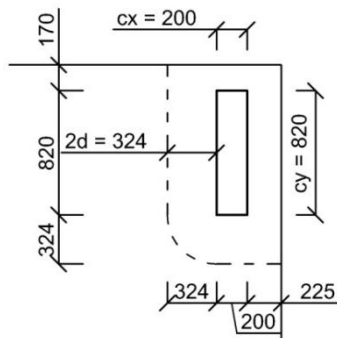
$$v_{Rd,c} \geq v_{Ed,1}$$

$$0,542 \text{ MPa} \geq 0,061 \text{ MPa}$$

>> Smyková výztuž není nutná.

9.5 Rohový sloup E

$$u_0 = 2 \cdot (c_x + c_y) = 2 \cdot (0,2 + 0,82) = 2,04 \text{ m}$$



$$u_1 = c_x + c_y + \pi \cdot d + 0,225 + 0,17 = 0,2 + 0,82 + \pi \cdot 0,162 + 0,225 + 0,17 = 1,924 \text{ m}$$

$$W_1 = \int_0^{u_1} |e| dl = 2 \cdot \left(\frac{c_x}{2} \cdot \frac{c_x}{4} \right) + c_y \cdot \left(2d + \frac{c_x}{2} \right) + 0,17 \cdot \left(2d + \frac{c_x}{2} \right) + 0,225 \cdot \left(\frac{0,225}{2} + \frac{c_x}{2} \right) + \pi d \cdot \left(\frac{c_x}{2} + \frac{4d}{\pi} \right) = 2 \cdot \left(\frac{0,2}{2} \cdot \frac{0,2}{4} \right) + 0,82 \cdot \left(2 \cdot 0,162 + \frac{0,2}{2} \right) + 0,17 \cdot \left(2 \cdot 0,162 + \frac{0,2}{2} \right) + 0,225 \cdot \left(\frac{0,225}{2} + \frac{0,2}{2} \right) + \pi \cdot 0,162 \cdot \left(\frac{0,2}{2} + \frac{4 \cdot 0,162}{\pi} \right) = 0,633 \text{ m}^2$$

Omezení smykové odolnosti těsně kolem sloupu

$$V_{Ed} = 16,02 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 5,72 \text{ kNm}$$

$$c_x/c_y = 0,2/0,82 = 0,24 \quad \Rightarrow \quad \bar{k} = 0,45$$

$$\beta = 1 + \bar{k} \cdot \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1} = 1 + 0,45 \cdot \frac{5,72}{16,02} \cdot \frac{1,924}{0,633} = 1,488$$

$$v_{Ed,0} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_{0,d}} = 1,488 \cdot \frac{16,02 \cdot 10^3}{2040 \cdot 162} = 0,072 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,0} \leq v_{Rd,max}$$

$$0,072 \text{ MPa} \leq 5,280 \text{ MPa}$$

Posouzení prvního kontrolního obvodu

$$\varrho_{l,x} = \frac{A_{st,x}}{b_x \cdot d} = \frac{A_{st,x}}{(c_x + 6 \cdot d) \cdot d} = \frac{2,51 \cdot 10^{-4}}{(0,2 + 6 \cdot 0,162) \cdot 0,162} = 1,321 \cdot 10^{-3}$$

$$\varrho_{l,y} = \frac{A_{st,y}}{b_y \cdot d} = \frac{A_{st,y}}{(c_y + 6 \cdot d) \cdot d} = \frac{2,51 \cdot 10^{-4}}{(0,82 + 6 \cdot 0,162) \cdot 0,162} = 0,865 \cdot 10^{-3}$$

$$\varrho_l = \sqrt{\varrho_{l,x} \cdot \varrho_{l,y}} = \sqrt{1,321 \cdot 10^{-3} \cdot 0,865 \cdot 10^{-3}} = 1,069 \cdot 10^{-3}$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \varrho_l \cdot f_{ck})^{1/3} = 0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 1,069 \cdot 10^{-3} \cdot 30)^{1/3} = 0,354 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,1} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_{1,d}} = 1,488 \cdot \frac{16,02 \cdot 10^3}{1924 \cdot 162} = 0,076 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} \geq v_{min}$$

$$0,354 \text{ MPa} \geq 0,542 \text{ MPa} \Rightarrow v_{Rd,c} = 0,542 \text{ MPa}$$

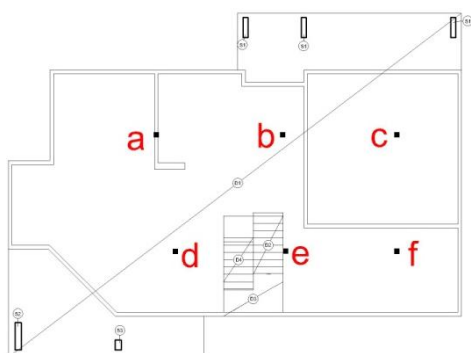
$$v_{Rd,c} \geq v_{Ed,1}$$

$$0,542 \text{ MPa} \geq 0,076 \text{ MPa}$$

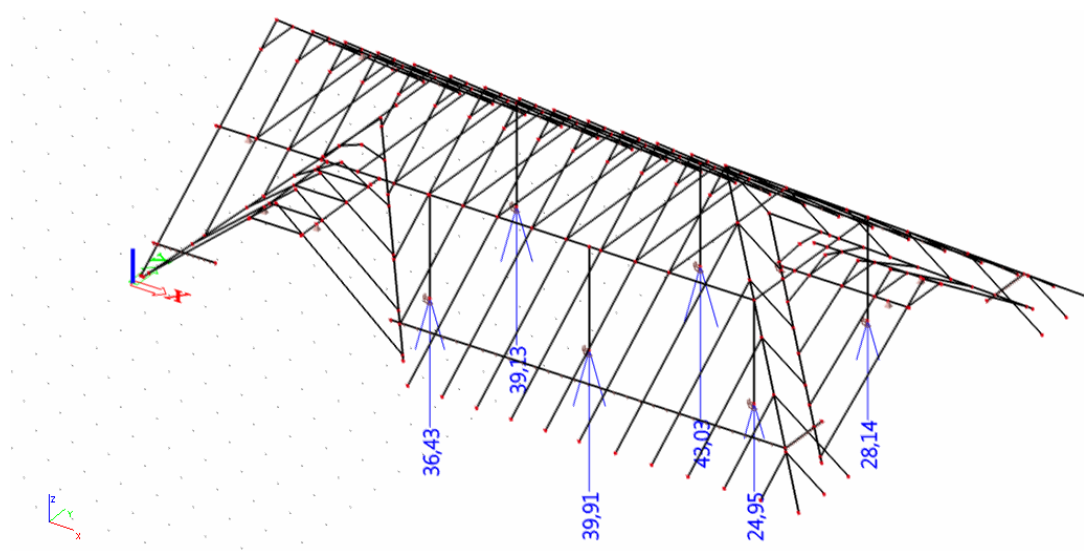
>> Smyková výztuž není nutná.

9.6 Sloupky

Ocelové sloupky krovu působí na řešenou stropní konstrukci soustředěným namáháním i vzhledem k roznášecímu účinku kotevních desek. Pro přehlednost byla místa působení označena dle schématu :



Reakce od sloupků byly stanoveny výpočetním softwarem Scia Engineer 2013.0 na základě kombinací zatěžovacích stavů (viz příloha P4 MODEL KROVU bod 9 Zatížení) dle rovnic 6.10a a 6.10b.



	a	b	c	d	e	f
R_z [kN]	39,13	43,03	28,14	36,43	39,91	24,95

Jelikož rozměry všech kotevních desek jsou totožné, postačí posoudit největší reakci, a to od sloupku b.

$$u_0 = 2 \cdot (c_x + c_y) = 2 \cdot (0,2 + 0,2) = 0,8 \text{ m}$$

Omezení smykové odolnosti těsně kolem kotevní desky

$$V_{Ed} = 43,03 \text{ kN}$$

M_{Ed} zanedbatelné

$$c_x/c_y = 0,2/0,2 = 1,0 \quad \Rightarrow \quad \bar{k} = 0,6$$

$$\beta = 1$$

$$v_{Ed,0} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_{0,d}} = 1 \cdot \frac{43,03 \cdot 10^3}{800 \cdot 162} = 0,332 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,0} \leq v_{Rd,max}$$

$$0,332 \text{ MPa} \leq 5,280 \text{ MPa}$$

10 II MEZNÍ STAV

Výpočet byl proveden softwarem Scia Engineer 2013.0 s nastavenými nelinearitami pro železobeton a vloženou výztuží dle oblastí.

Byla vytvořena kvazistálá kombinace pro beton dle:

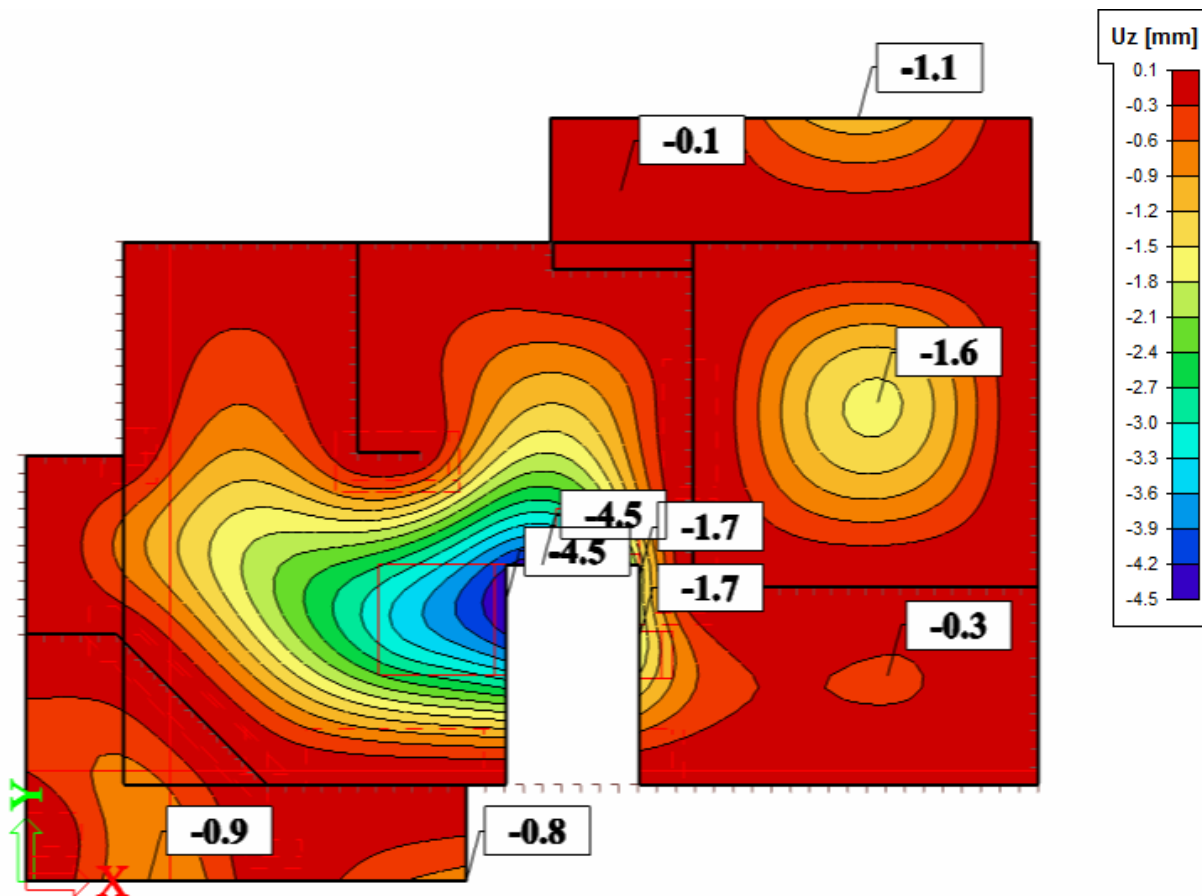
$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

kde byly použity součinitele $\psi_2 = 0,3$ pro užitné zatížení pro pozemní stavby kategorie A

$\psi_2 = 0,0$ pro zatížení sněhem

$\psi_2 = 0,0$ pro zatížení větrem

Průhyb byl nastaven jako nelineární s dotvarováním.



$$w_{MAX} = 4,5 \text{ mm}$$

$$w_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{9870}{250} = 39,48 \text{ mm}$$

$$w_{MAX} \leq w_{lim}$$

$$4,5 \text{ mm} \leq 39,48 \text{ mm}$$