

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

POSOUZENÍ ŽELEZOBETONOVÉ KONSTRUKCE BYTOVÉHO DOMU

THE DESIGN OF RC STRUCTURE OF RESIDENTAL HOUSE

P2) STATICKÝ VÝPOČET

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MARKÉTA HRVOLOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. IVANA ŠVAŘÍČKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2016

OBSAH

1	ÚVOD	5
1.1	POPIS OBJEKTU	5
1.2	ŘEŠENÉ ČÁSTI	7
2	MATERIÁLY	7
3	ZATÍŽENÍ	8
3.1	STÁLÉ	8
3.1.1	Vlastní tíha	8
3.1.2	Podlahy	9
3.1.3	Parkovací zakladače.....	15
3.1.4	Zemní tlak.....	16
3.1.4.1	Geologický profil.....	17
3.2	NAHODILÉ	18
3.2.1	Sníh nenavátý.....	18
3.2.2	Sníh navátý	18
3.2.3	Užitné zatížení.....	19
3.2.4	Vítr.....	20
3.2.4.1	Vítr příčný	20
3.2.4.2	Vítr podélný.....	22
3.3	ZATĚŽOVACÍ STAVY	24
3.3.1	Přehled	24
3.3.2	Schémata zatížení objektu.....	25
3.4	SKUPINY ZATÍŽENÍ	33
3.5	KOMBINACE	34
4	STROPNÍ DESKA D1 (NAD 1.PP)	35
4.1	MODEL.....	35
4.2	DESKA D1	37
4.2.1	Vnitřní síly.....	37
4.2.2	Dimenzování.....	40
4.2.2.1	Ohyb	40
4.2.2.2	Smyk	44
4.2.2.3	Kotevní délka.....	45
4.2.3	Návrh isokorbů	47
4.2.4	II. MS.....	51

4.3	PRŮVLAK P1	52
4.3.1	Vnitřní síly.....	52
4.3.2	Dimenzování.....	53
4.3.2.1	Ohyb	53
4.3.2.2	Smyk	56
4.3.2.3	Kotevní délka.....	57
4.3.2.4	Rozdělení materiálu	59
4.4	PRŮVLAK P2	59
4.4.1	Vnitřní síly.....	59
4.4.2	Dimenzování.....	60
4.4.2.1	Ohyb	60
4.4.2.2	Smyk	63
4.4.2.3	Kotevní délka.....	64
4.5	PRŮVLAK P3	66
4.5.1	Vnitřní síly.....	66
4.5.2	Dimenzování.....	66
4.5.2.1	Ohyb	66
4.5.2.2	Smyk	70
4.5.2.3	Kotevní délka.....	71
4.5.2.4	Rozdělení materiálů	72
4.6	PRŮVLAK P4	73
4.6.1	Vnitřní síly.....	73
4.6.2	Dimenzování.....	73
4.6.2.1	Ohyb	73
4.6.2.2	Smyk	76
4.6.2.3	Kotevní délka.....	77
4.6.2.4	Rozdělení materiálů	79
4.7	PRŮVLAK P5	79
4.7.1	Vnitřní síly.....	79
4.7.2	Dimenzování.....	80
4.7.2.1	Ohyb	80
4.7.2.2	Smyk	83
4.7.2.3	Kotevní délka.....	84
4.7.2.4	Rozdělení materiálů	86

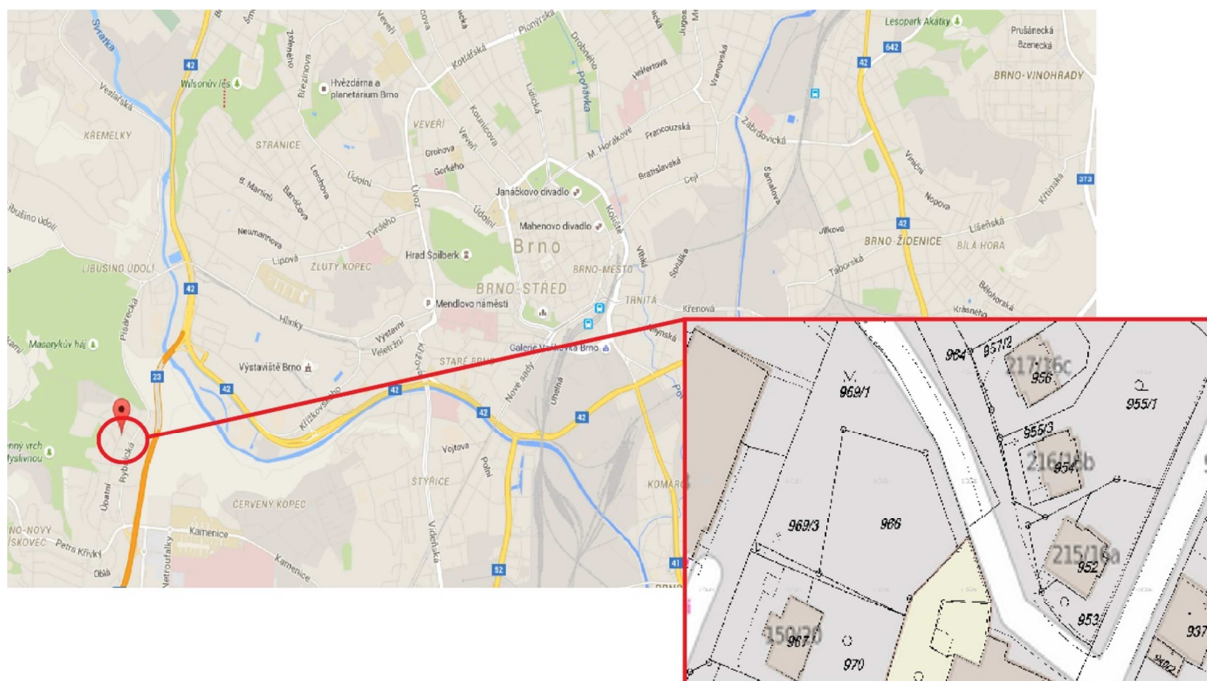
4.8	PRŮVLAK P6	86
4.8.1	Vnitřní síly.....	86
4.8.2	Dimenzování.....	87
4.8.2.1	Ohyb	87
4.8.2.2	Smyk	90
4.8.2.3	Kotevní délky.....	91
4.8.2.4	Rozdělení materiálů	93
5	SUTERÉNNÍ STĚNA	93
5.1	Vnitřní síly.....	94
5.2	Dimenzování.....	98
5.2.1	Interakční diagram pro patu stěny.....	98
5.2.2	Iterační výpočet pro patu stěny	103
5.2.3	Interakční diagram pro hlavu stěny	104
5.2.4	Iterační výpočet pro patu stěny	108
5.2.5	Rozdělovací výztuž.....	109
5.2.6	Kotevní délka.....	112
6	PREFABRIKOVANÁ SCHODIŠŤOVÁ RAMENA S1 – S4	114
6.1	ZATÍŽENÍ	114
6.2	KOMBINACE	114
6.3	Dimenzování.....	115
7	OPĚRNÁ STĚNA	119
7.1	STĚNA VÝŠKY 4 m.....	120
7.1.1	Zatížení	120
7.1.2	Posouzení	123
7.1.3	Dimenzování.....	125
7.1.3.1	Stěna.....	125
7.1.3.2	Deska	131
7.2	STĚNA VÝŠKY 3 m.....	135
7.2.1	Zatížení	135
7.2.2	Posouzení	138
7.2.3	Dimenzování.....	140
7.2.3.1	Stěna.....	140
7.2.3.2	Deska	145
7.3	STĚNA VÝŠKY 2,6 m.....	150

7.3.1	Zatížení	150
7.3.2	Posouzení	153
7.3.3	Dimenzování.....	154
7.3.3.1	Stěna.....	154
7.3.3.2	Deska	159
8	SEZNAM OBRÁZKŮ	163

1 ÚVOD

1.1 POPIS OBJEKTU

Předmětem diplomové práce je novostavba bytového domu v Brně na parcele číslo 966 katastrálního území Nový Lískovec. Parcela se nachází ve svažitém území. Byl proveden inženýrsko geologický průzkum, podle kterého je povrch území pokryt tenkou vrstvou humózních hlín a navážek. Podloží tvoří skalní masiv granodioritu v hloubce 3 – 7 m. Nadloží skalního podkladu je tvořeno tuhými prachovitými a písčitými jíly. Podzemní voda nebyla zjištěna, vyskytuje se pouze v závislosti na srážkách jako puklinová.



Obrázek 1 Lokalita

Jedná se o objekt o 4 nadzemních a 1 podzemním podlaží nepravidelného půdorysu o rozměrech cca 23 x 17 m.

Objekt je na části půdorysu zasypan zeminou do úrovně 2.NP. Do této úrovně tvoří obvodové svislé nosné konstrukce železobetonové stěny tloušťky 250 až 300 mm. Ve vyšších podlažích jsou obvodové stěny vyžděny z keramických tvárnic POROTHERM 24 P+D. Vnitřní svislé nosné konstrukce jsou rovněž zděné z keramických tvarovek. Ztužující jádro objektu tvoří železobetonová výtahová šachta. Vnitřní dělicí nenosné konstrukce jsou vyžděny z keramických příčkových tvarovek POROTHERM 8, 11,5, 14,5 P+D.

Vodorovné konstrukce jsou navrženy jako železobetonové monolitické stropní desky tloušťky 250 mm. V 1.PP jsou součástí stropní konstrukce masivní monolitické železobetonové

průvlaky vynášející vyšší podlaží. Po obvodě stropních desek jsou v každém podlaží navrženy ztužující věnce, které nad otvory působí jako překlady.

Schodiště je řešeno jako železobetonové prefabrikované a bude konstrukčně odhlučněno pomocí prvků na přerušení kročejového hluku. Podesty a mezipodesty budou monolitické.

Balkony budou železobetonové monolitické a vynesené pomocí prvků na přerušení tepelných mostů.

Součástí práce je návrh opěrné stěny na severozápadní straně objektu.

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

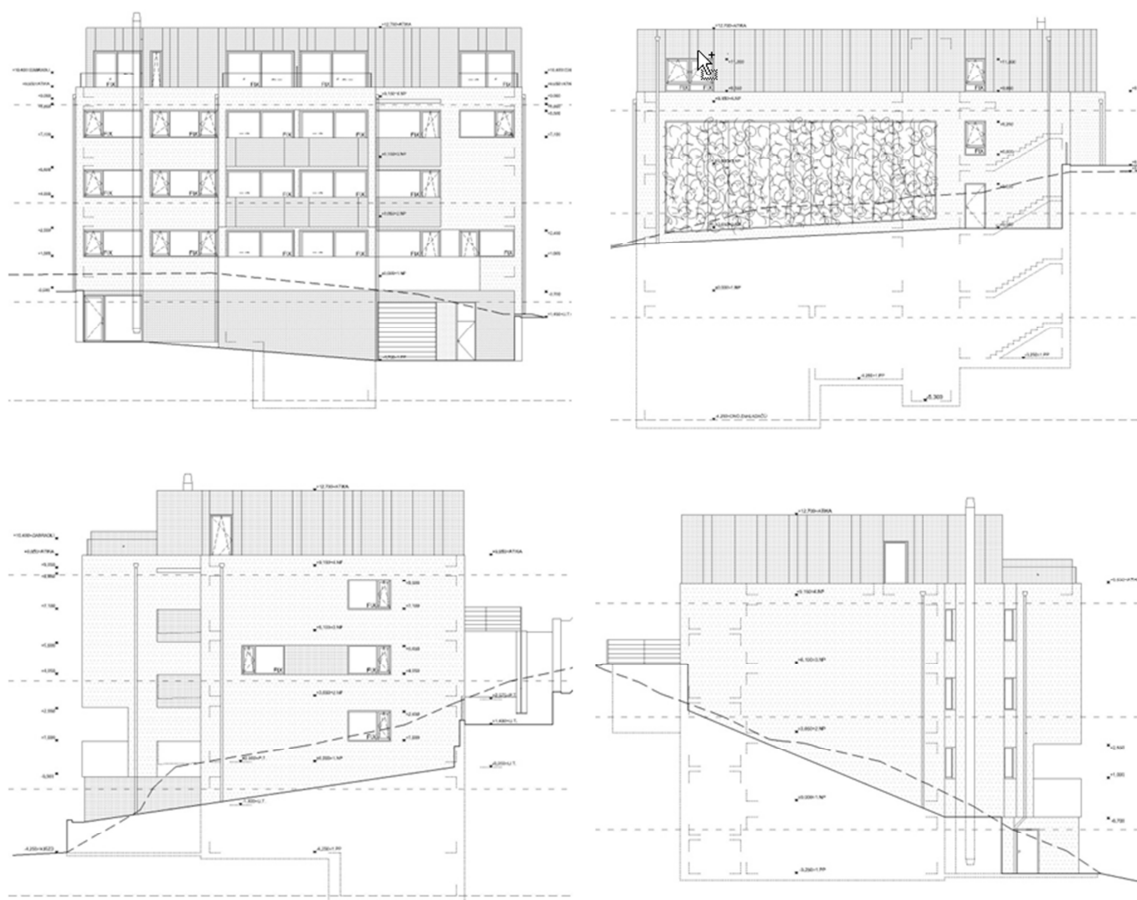
III. kategorie terénu

Větrná oblast II. $V_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

Dle ČSN EN 1991-1-3:Z5 Sněhová oblast I.
dle ČHMÚ

$s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

$s_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$ (použitá hodnota)



Obrázek 2 Pohledy

1.2 ŘEŠENÉ ČÁSTI

Zadáním diplomové práce je vypracování statického řešení stropní konstrukce nad 1.PP včetně souvisejících průvlaků, výpočet části svislé železobetonové konstrukce stěny zatížené zemním tlakem, návrh prefabrikovaného schodiště a opěrné stěny.

2 MATERIÁLY

Pro nosné konstrukční prvky objektu byly použity následující materiály:

- BETON C30/37 $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
 $\gamma_c = 1,5$
 $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 23,33 \text{ MPa}$
 $f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$
 $f_{ctk,0,05} = 2,0 \text{ MPa}$
 $E_{cm} = 32 \text{ GPa}$
 $\epsilon_{c3} = 1,75 \text{ ‰}$
 $\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$
- BETON C20/25 $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$
 $\gamma_c = 1,5$
 $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 13,33 \text{ MPa}$
 $f_{ctm} = 2,2 \text{ MPa}$
 $f_{ctk,0,05} = 1,5 \text{ MPa}$
 $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$
 $\epsilon_{c3} = 1,75 \text{ ‰}$
 $\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$
- OCEL B500 B $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
 $\gamma_s = 1,15$
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500/1,15 = 434,78 \text{ MPa}$
 $E_s = 200 \text{ GPa}$
 $\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 2,17 \text{ ‰}$
- POROTHERM 24 P+D $\gamma = 900 \text{ kg/m}^3$
 $f_k = 6,61 \text{ MPa}$ (hodnota od výrobce)
 $K_E = 1000$
 $E = f_k \cdot K_E = 6,61 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 = 6,61 \text{ GPa}$

Ověření Youngova modulu pružnosti tvarovek POROTHERM 24 P+D – P15 + malta M10:

$$E = K_E \cdot f_k = K_E \cdot K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3} = K_E \cdot K \cdot (\delta \cdot f_u)^{0,7} \cdot f_m^{0,3}$$

$$= 1000 \cdot 0,45 \cdot (1,158 \cdot 15)^{0,7} \cdot 10^{0,3} = 6,62 \text{ GPa} \approx 6,61 \text{ GPa}$$

,kde K_E je součinitel přetvárnosti zdiva

f_k je charakteristická hodnota pevnosti zdiva v tlaku

f_b je normalizovaná průměrná pevnost v tlaku zdících prvků ve směru tlaku působícího v konstrukci

f_m je pevnost malty pro zdění v tlaku

3 ZATÍŽENÍ

Zatížení na konstrukci bylo stanoveno dle EC.

3.1 STÁLÉ

3.1.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha samotné konstrukce je automaticky generována výpočetním programem dle modelované geometrie.

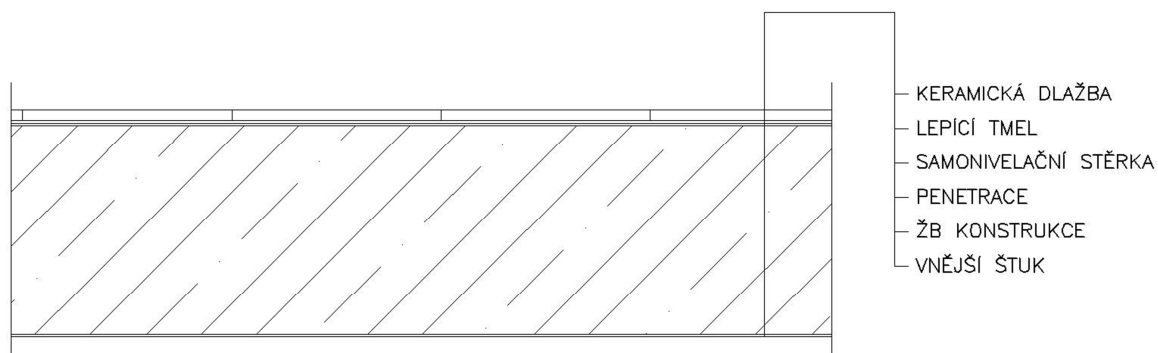
Součinitel pro stálé zatížení působící	- příznivě	$\gamma_g=1,00$
	- nepříznivě	$\gamma_g=1,35$

- železobeton $\gamma = 2500 \text{ kg/m}^3$
- keramické tvarovky $\gamma = 900 \text{ kg/m}^3$

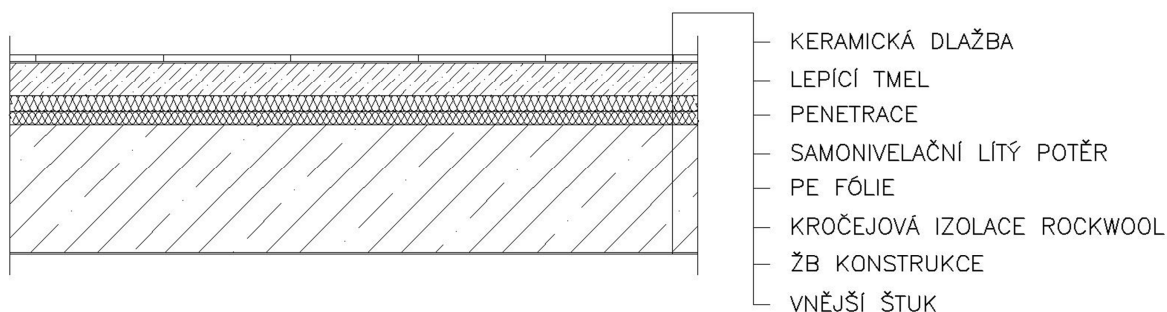
3.1.2 Podlahy

P101 - dlažba na schodištích a chodbách v 1.PP

Popis vrstvy	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba	0,010	18,0	0,180
Lepicí tmel	0,003	12,5	0,038
Samonivelační stěrka	0,002	11,0	0,022
Penetrace			
Vnější štuk	0,002	12,5	0,025
Celkem Σg_k =			0,265

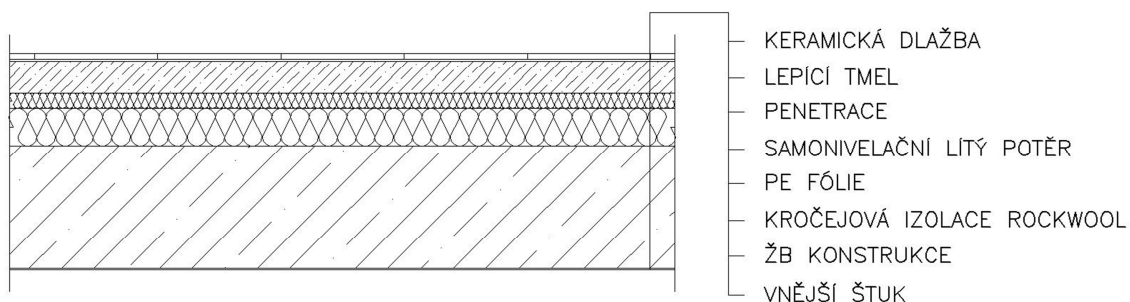
**P102 - dlažba na chodbách**

Popis vrstvy	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba	0,010	18,0	0,180
Lepicí tmel	0,003	12,5	0,138
Penetrace			
Samonivelační lité potěr	0,052	21,0	1,091
PE fólie			
Kročejová izolace ROCKWOOL	0,045	1,0	0,045
Vnější štuk	0,002	12,5	0,025
Celkem Σg_k =			1,380



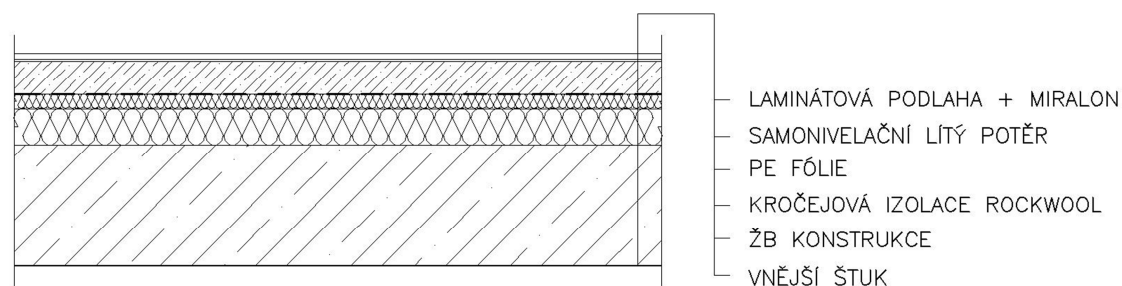
P103 + P104 – dlažba v bytech

Popis vrstvy	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba	0,010	18,0	0,180
Lepicí tmel	0,003	12,5	0,138
Penetrace			
Samonivelační lité potěr	0,052	21,0	1,091
PE fólie			
Kročejová izolace ROCKWOOL	0,085	1,0	0,085
Vnější štuk	0,002	12,5	0,025
Podvěsy			0,300
Celkem Σg_k =			1,695



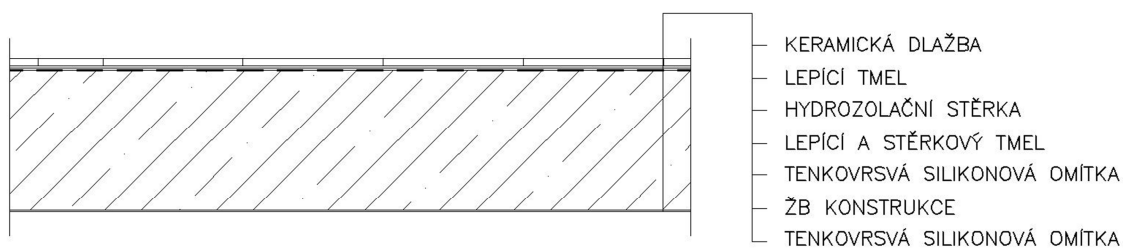
P105 – Laminátová podlaha v bytech

Popis vrstvy	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Laminátová podlaha + miralon	0,010	18,0	0,180
Samonivelační lité potěr	0,055	21,0	1,155
PE fólie			
Kročejová izolace ROCKWOOL	0,085	1,0	0,085
Vnější štuk	0,002	12,5	0,025
Podvěsy			0,300
Celkem Σg_k =			1,653



P106 – Dlažba na balkónech

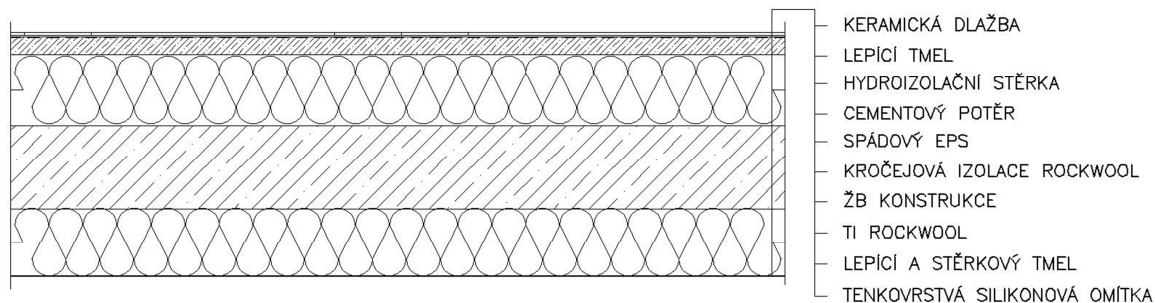
Popis vrstvy	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba mrazuvzdorná	0,010	20,0	0,200
Lepicí tmel	0,003	12,5	0,038
Hydroizolační stěrka	0,002		0,022
Lepicí a stěrkový tmel			0,060
Tenkovrstvá silikonová omítka	0,002		0,033
Podvěsy			0,150
Celkem Σg_k =			0,503



P107 – Výtahová šachta – epoxidový nátěr, jinak bez povrchových úprav

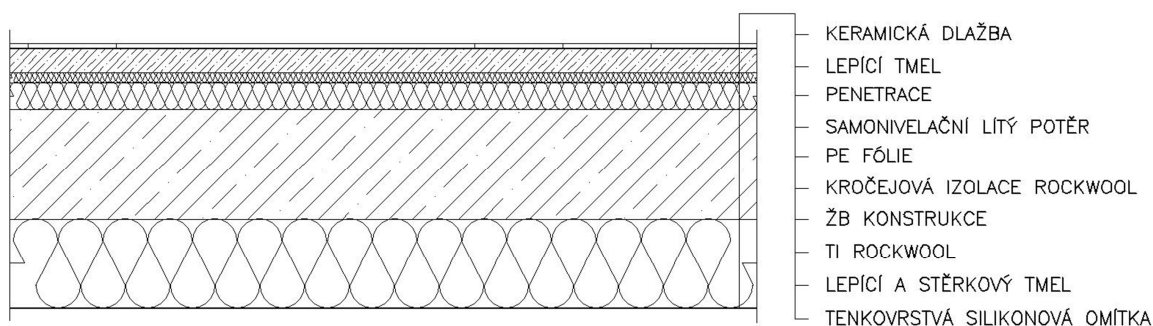
P108 – Dlažba na lodžích v 1.NP nad garážemi

Popis vrstvy	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba mrazuvzdorná	0,010	20,0	0,200
Lepicí tmel	0,003	12,5	0,038
Hydroizolační stěrka	0,002		0,022
Spádový cementový potěr	Ø 0,048	21,0	1,008
Spádový EPS	Ø 0,213	0,023	0,005
Penetrace			
TI minerální vlna	0,200	0,045	0,009
Lepicí a stěrkový tmel			0,060
Tenkovrstvá silikonová omítka	0,002		0,033
Podvěsy			0,300
Celkem Σg_k =			1,674



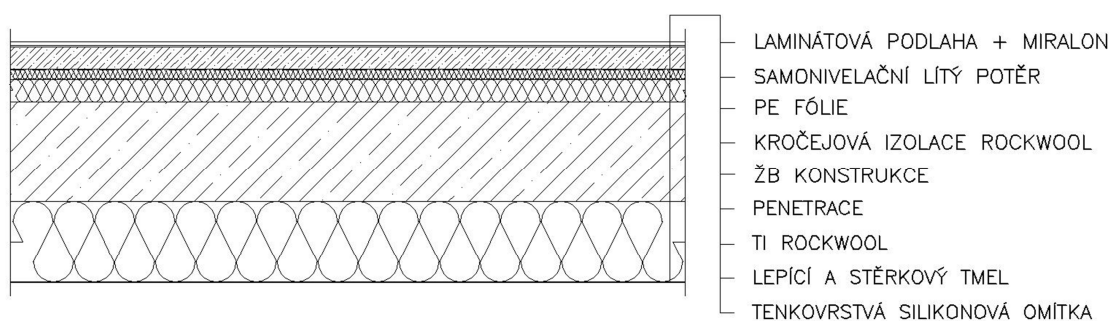
P109 + P110 - dlažba bytech v 1.NP nad garážemi

Popis vrstvy	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba	0,010	18,0	0,180
Lepicí tmel	0,003	12,5	0,138
Penetrace			
Samonivelační lité potěr	0,052	21,0	1,091
PE fólie			
Kročejová izolace ROCKWOOL	0,085	1,0	0,085
Penetrace			
TI minerální vlna	0,200	0,045	0,009
Lepicí a stěrkový tmel			0,060
Tenkvrstvá silikonová omítka	0,002		0,033
Podvěsy			0,300
Celkem Σg_k =			1,797



P111 – Laminátová podlaha v bytech v 1.NP nad garážemi

Popis vrstvy	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Laminátová podlaha + miralon	0,010	18,0	0,180
Samonivelační lité potěr	0,055	21,0	1,155
PE fólie			
Kročejová izolace ROCKWOOL	0,085	1,0	0,085
Penetrace			
TI minerální vlna	0,200	0,045	0,009
Lepicí a stěrkový tmel			0,060
Tenkvrstvá silikonová omítka	0,002		0,033
Podvěsy			0,300
Celkem Σg_k =			1,730



P112 - dlažba na chodbách v 1.NP nad garážemi			
Popis vrstvy	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba	0,010	18,0	0,180
Lepicí tmel	0,003	12,5	0,138
Penetrace			
Samonivelační lité potěr	0,052	21,0	1,091
PE fólie			
Kročejová izolace ROCKWOOL	0,085	1,000	0,085
Vnější štuk	0,002	12,5	0,025
Podvěsy			0,300
Celkem $\Sigma g_k =$			1,720

P113 – Garáže – pouze průmyslová epoxidová stěrka a penetrace

P114 – chodby v 1.PP			
Popis vrstvy	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba	0,010	18,0	0,180
Lepicí tmel	0,003	12,5	0,038
Penetrace			
Samonivelační lité potěr	0,048	21,0	1,008
PE fólie			
TI PUR	0,090	1,000	0,090
Celkem $\Sigma g_k =$			1,319

S101 – Střecha			
Popis vrstvy	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Oblázkový násyp	0,050	20,0	1,000
Geotextilie 300 g/m ²			0,003
Střešní fólie mPVC			0,020
TI - kamenná vlna	0,080	1,0	0,080
Spádová vrstva EPS	Ø 0,275	0,023	0,006
Parotěsná izolace			0,050
Vnější štuk	0,002	12,5	0,025
Podvěsy			0,300
Celkem Σg_k =			1,484

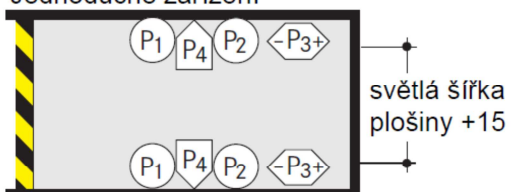
S101 – Terasy			
Popis vrstvy	t [m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Betonové dlaždice	0,050	23,0	1,150
Geotextilie 300 g/m ²			0,003
Střešní fólie mPVC			0,020
Geotextilie 300 g/m ²			0,003
TI - PUR	0,140	1,0	0,140
Spádová vrstva EPS	Ø 0,068	0,023	0,002
Parotěsná izolace			0,050
Vnější štuk	0,002	12,5	0,025
Podvěsy			0,300
Celkem Σg_k =			1,693

3.1.3 Parkovací zakladače

V 1.PP objektu jsou nainstalovány 3 parkovací zakladače Wohr - 2x pro 4 vozy a 1x pro 6 vozů. Zatížení bylo převzato od výrobce z technických listů, a to :

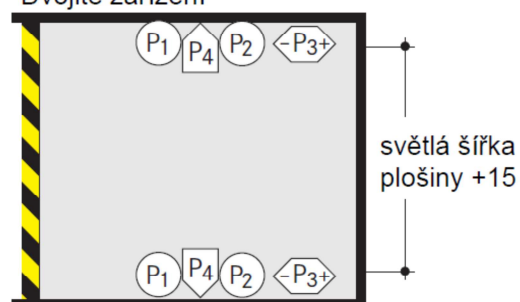
■ Statika a provedení stavby

Jednoduché zařízení



↑ šrafování dle ISO 3864

Dvojité zařízení



$$P1 = +30,0 \text{ kN} *$$

$$P2 = +12,0 \text{ kN}$$

$$P3 = +10,0 \text{ kN}$$

$$P4 = -8,5 \text{ kN}$$

$$P4 = +3,0 \text{ kN}$$

$$P1 = +50,0 \text{ kN}$$

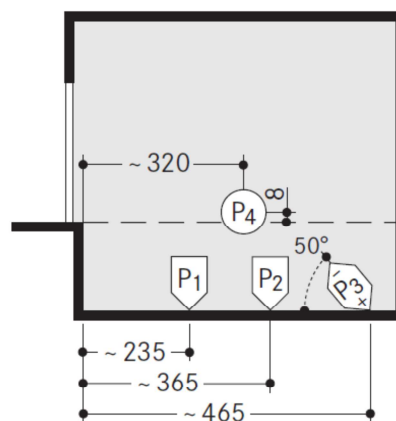
$$P2 = +20,0 \text{ kN}$$

$$P3 = +15,0 \text{ kN}$$

$$P3 = -10,0 \text{ kN}$$

$$P4 = +3,0 \text{ kN}$$

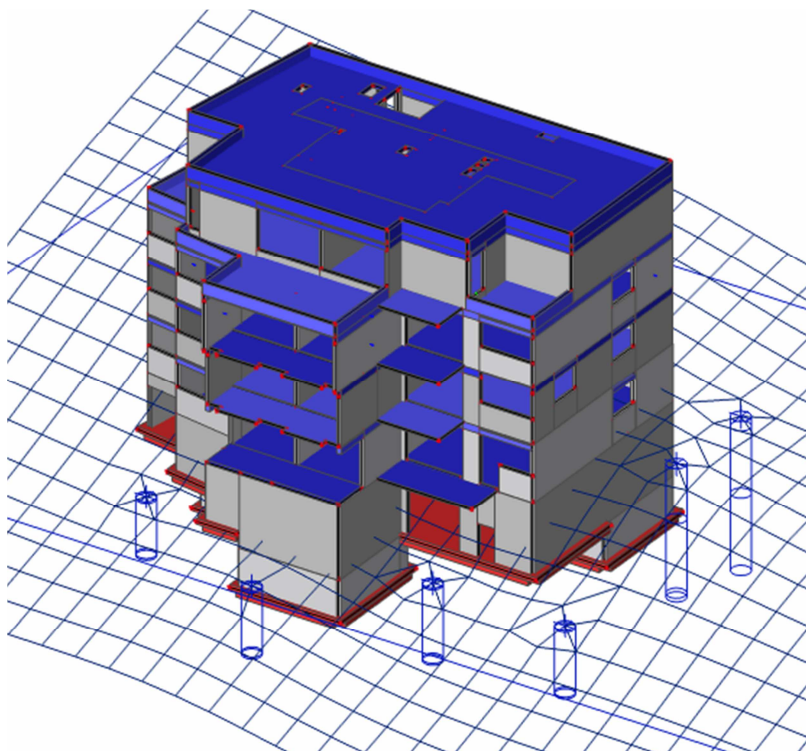
* všechny síly
včetně hmotnosti
vozidla



3.1.4 Zemní tlak

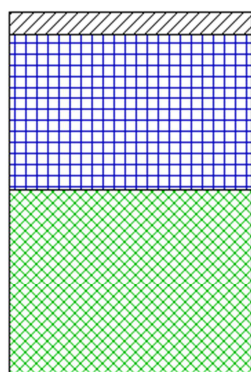
Zatížení zemním tlakem bylo generováno programem na základě zadaných údajů o zemině a celkem 11 profilů vrtu, díky kterým byla vytvořena geomorfologie terénu blížící se reálné.

Objekt leží v prudším svahu s tím, že zadní část objektu je zasypána téměř do úrovně 2.NP, oproti přední části, kde terén kopíruje úroveň 1.PP.



Obrázek 3 Podloží

Všechny profily vrtu mají stejnou strukturu zemin, ovšem s odlišnými mocnostmi vrstev.



Tloušťka = 0.52[m], Edef = 7.00[MN/m²], Tiha = 18.00[kN/m³]

Tloušťka = 3.60[m], Edef = 15.00[MN/m²], Tiha = 19.00[kN/m³]

Tloušťka = 4.20[m], Edef = 1500.00[MN/m²], Tiha = 22.00[kN/m³]

	Popis	Tloušťka [m]	Edef [MN/m ²]	Poisson	tiha suché zeminy [kN/n]	tiha mokré zeminy [kN/r]	m
1	F3	0,52	7,00	0,350	18,00	21,00	0,20
2	F1	3,60	15,00	0,350	19,00	20,00	0,20
3	R3	4,20	1500,00	0,200	22,00	23,00	0,20
*		0,00	0,00	0,000	0,00	15,00	0,20

Hladina vody m Jméno

☒ Nestlačitelné podloží pod poslední zadanou vrstvou

3.1.4.1 Geologický profil**1. F3 - Kypřejší sprašová hlína, hlína písčitá**

Objemová tíha	$\gamma =$	18	kN/m ³
Deformační modul pružnosti	$E_{\text{def}} =$	7	MPa
Efektivní úhel vnitřního tření	$\varphi_{\text{ef}} =$	26,5	°
Efektivní hodnota soudržnosti	$c_{\text{ef}} =$	12	kPa
Totální úhel vnitřního tření	$\varphi_u =$	0	°
Totální hodnota soudržnosti	$c_u =$	60	kPa
Poissonovo číslo	$\nu =$	0,35	
Koef. strukturní pevnosti	$m =$	0,2	
Třecí úhel kce-zemina	$\delta =$	18	°
Výpočtová pevnost	$R_d =$	175	kPa

2. F1 Ulehlá hlína štěrkovitá

Objemová tíha	$\gamma =$	19	kN/m ³
Deformační modul pružnosti	$E_{\text{def}} =$	15	MPa
Efektivní úhel vnitřního tření	$\varphi_{\text{ef}} =$	29	°
Efektivní hodnota soudržnosti	$c_{\text{ef}} =$	8	kPa
Totální úhel vnitřního tření	$\varphi_u =$	0	°
Totální hodnota soudržnosti	$c_u =$	70	kPa
Poissonovo číslo	$\nu =$	0,35	
Koef. strukturní pevnosti	$m =$	0,2	
Třecí úhel kce-zemina	$\delta =$	20	°
Výpočtová pevnost	$R_d =$	200	kPa

3. Náhradní R3

- *Náhradní vrstva za skalní podloží (granodiorit) nad úrovní základové spáry*

Objemová tíha	$\gamma =$	22	kN/m ³
Deformační modul pružnosti	$E_{\text{def}} =$	1500	MPa
Koef. strukturní pevnosti	$m =$	0,2	
Třecí úhel kce-zemina	$\delta =$	28	°

Pod úrovní základové spáry bylo zadáno nestlačitelné podloží vzhledem k tomu, že objekt leží na brněnském skalním masivu granodioritu. Hladina podzemní vody nevstupuje do výpočtu.

3.2 NAHODILÉ

3.2.1 Sníh nenavátý

- Zatížení sněhem na zemi

dle ČHMÚ

$$s_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

dle ČSN EN 1991-1-3 : Z5

I. sněhová oblast

$$s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

- Zatížení sněhem na střechách

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

,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;

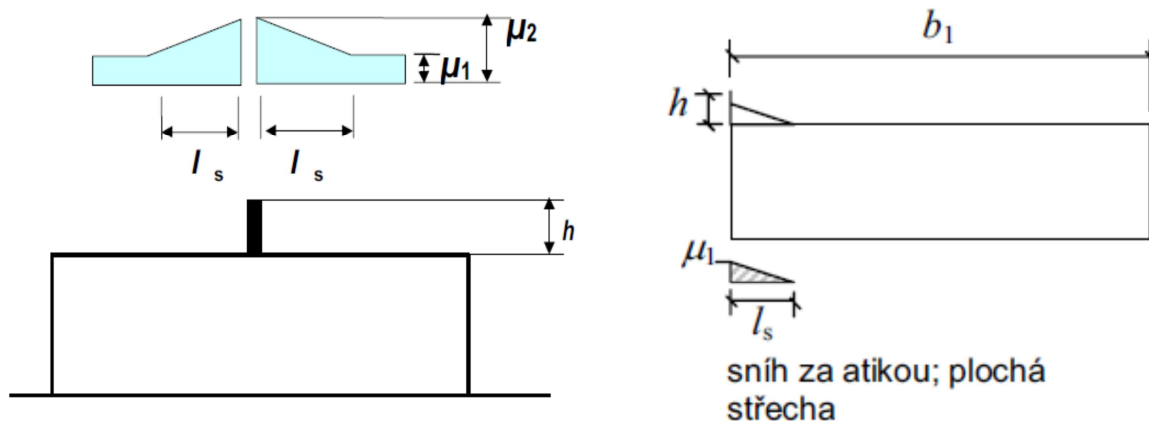
C_e součinitel expozice ($C_e = 1,0$);

C_t tepelný součinitel ($C_t = 1,0$).

$$s' = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,64 \text{ kN/m}^2$$

3.2.2 Sníh navátý

- Návěje za atikou na střeše



$$\mu_1 = 0,8$$

$$l_s = \min \left\{ \frac{5h}{b_1} \right\} = \min \left\{ \frac{3,25}{12} \right\} = 3,25 \text{ m}$$

$$\mu_2 = \min \left\{ \frac{\gamma \cdot h / s_k}{\gamma \cdot b_1 / l_s} \right\} = \min \left\{ \frac{2,0,65 / 0,8}{2,12 / 3,25} \right\} = \min \left\{ \frac{1,625}{7,385} \right\} = 1,625$$

$$s'_2 = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,625 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 1,3 \text{ kN/m}^2$$

,kde γ je objemová tíha sněhu (2 kN/m³)

- Návěje za výtahovou šachtou

Plocha vystupující nad horní hranu střechy je < 1 m², proto návěj není třeba uvažovat.

- Návěje na terasách - jihovýchodní

$$\mu_1 = 0,8$$

$$l_s = \min \left\{ \frac{5h}{15} \right\} = \min \left\{ \frac{3,25}{4,3} \right\} = 3,25 \text{ m}$$

$$\mu_2 = \min \left\{ \frac{\gamma \cdot h / s_k}{\gamma \cdot b_1 / l_s} \right\} = \min \left\{ \frac{2,0,65/0,8}{2,4,3/3,25} \right\} = \min \left\{ \frac{1,625}{2,646} \right\} = 1,625$$

$$s'_2 = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,625 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 1,3 \text{ kN/m}^2$$

- Návěje na terasách - jižní

$$\mu_1 = 0,8$$

$$l_s = \min \left\{ \frac{5h}{15} \right\} = \min \left\{ \frac{3,25}{3,1} \right\} = 3,1 \text{ m}$$

$$\mu_2 = \min \left\{ \frac{\gamma \cdot h / s_k}{\gamma \cdot b_1 / l_s} \right\} = \min \left\{ \frac{2,0,65/0,8}{2,3,1/3,1} \right\} = \min \left\{ \frac{1,625}{2} \right\} = 1,625$$

$$s'_2 = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,625 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 1,3 \text{ kN/m}^2$$

- Návěje na terasách - východní

$$\mu_1 = 0,8$$

$$l_s = \min \left\{ \frac{5h}{15} \right\} = \min \left\{ \frac{3,25}{3,27} \right\} = 3,25 \text{ m}$$

$$\mu_2 = \min \left\{ \frac{\gamma \cdot h / s_k}{\gamma \cdot b_1 / l_s} \right\} = \min \left\{ \frac{2,0,65/0,8}{2,3,27/3,25} \right\} = \min \left\{ \frac{1,625}{2,012} \right\} = 1,625$$

$$s'_2 = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,625 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 1,3 \text{ kN/m}^2$$

3.2.3 Užité zatížení

- Dle kategorií účelu užívání

		q_k [kN/m ²]
kategorie A – plochy pro domácí a obytné činnosti	stropní konstrukce	1,5
přemístitelné příčky s vlastní tíhou do 2,0 kN/m délky příčky		0,8
Celkem $\Sigma q_k =$		2,3

		q_k [kN/m ²]
kategorie A – plochy pro domácí a obytné činnosti	schodiště	3,0

		q_k [kN/m ²]
kategorie A – plochy pro domácí a obytné činnosti	balkóny	3,0

		q_k [kN/m ²]
kategorie F – dopravní a parkovací plochy pro lehká vozidla (≤ 30 kN tíhy)		2,5

- Zábradlí

Zatížení od zábradlí bylo uvažováno jako působení liniové horizontální síly 0,5 kN/m ve výšce 1 m vyvolující na stropní konstrukci liniový moment $q_{k,M} = 0,5$ kNm/m.

3.2.4 Větr

II. větrná oblast

$$v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$$

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 v_b je základní rychlost větru ve výšce 10 m nad zemí v terénu kategorie II

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.

3.2.4.1 Větr příčný

- Charakteristická střední rychlost větru

$$v_m(h) = c_r(h) \cdot c_0(h) \cdot v_b = 0,865 \cdot 1,0 \cdot 25 = 21,625 \text{ m/s} ,$$

kde $c_r(z)$ je součinitel drsnosti terénu

$$c_r(h) = k_r \cdot \ln(h/z_0) = 0,215 \cdot \ln((16 + 0,65)/0,3) = 0,865 ,$$

$$\text{pro } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$5,0 \text{ m} \leq 16,65 \text{ m} < 200 \text{ m};$$

k_r je součinitel 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

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(h) = [1 + 7 \cdot 0,249] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 21,625^2 = 801,7 \text{ Pa},$$

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

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(h)} = \frac{k_t}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(16,65/0,3)} = 0,249$$

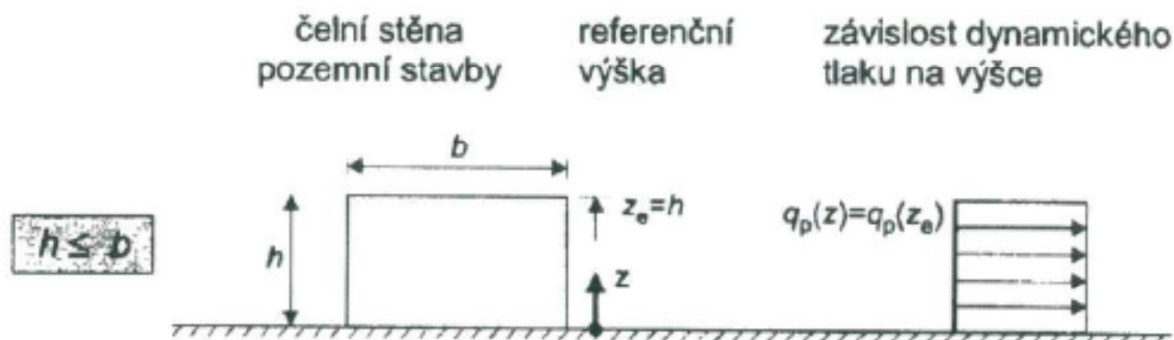
pro $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$

$$5,0 \text{ m} \leq 16,65 \text{ m} \leq 200 \text{ m};$$

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

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

- Tlak větru na povrchy



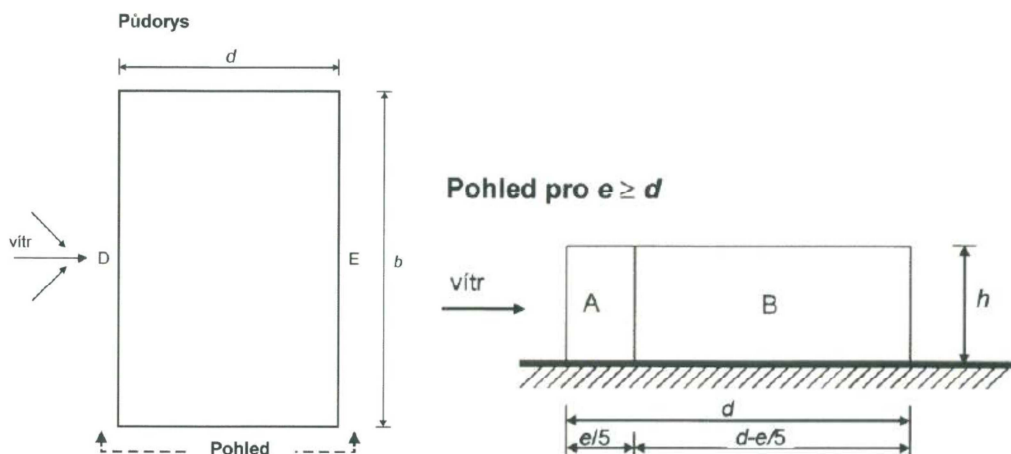
$$e = \text{MIN}\left(\frac{b}{2h}\right) = \text{MIN}\left(\frac{22,7}{2 \cdot 16,65}\right) = 22,7 \text{ m}$$

$$w_{eA} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,8017 \cdot (-1,2) = -0,962 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eB} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,8017 \cdot (-0,8) = -0,641 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eD} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,8017 \cdot 0,792 = 0,635 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eE} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,8017 \cdot (-0,484) = -0,401 \text{ kN/m}^2$$



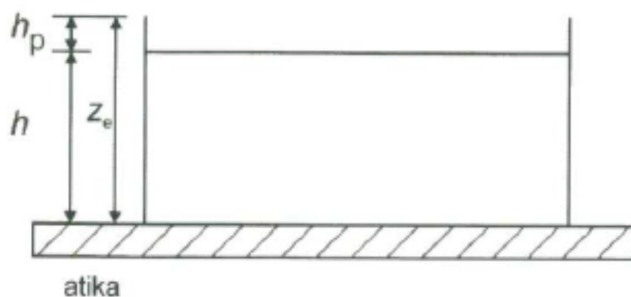
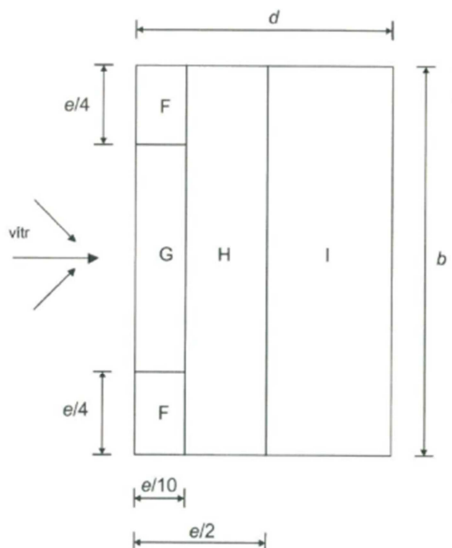
$$w_{eF} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,8017 \cdot (-1,48) = -1,187 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eG} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,8017 \cdot (-0,98) = -0,786 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eH} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,8017 \cdot (-0,7) = -0,561 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eI}^+ = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,8017 \cdot 0,2 = 0,160 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eI}^- = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,8017 \cdot (-0,2) = -0,160 \text{ kN/m}^2$$



kde c_{pe} je součinitel vnějšího tlaku

- Atiky

3.2.4.2 Vítr podélný

$$v_m(h) = c_r(h) \cdot c_0(h) \cdot v_b = 0,821 \cdot 1,0 \cdot 25 = 20,55 \text{ m/s}$$

$$c_r(h) = k_r \cdot \ln(h/z_0) = 0,215 \cdot \ln((13 + 0,65)/0,3) = 0,822 ,$$

$$\text{pro } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$5,0 \text{ m} \leq 13,65 \text{ m} < 200 \text{ m};$$

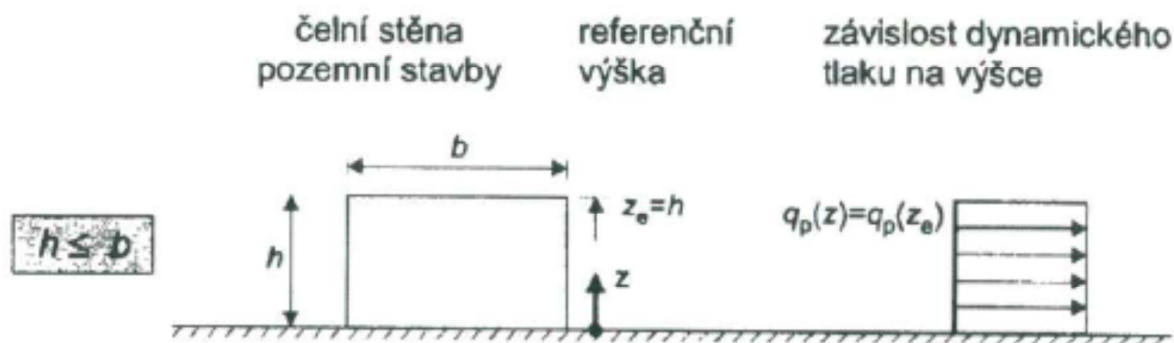
$$k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,19 \cdot (0,3/0,05)^{0,07} = 0,215;$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot l_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(h) = [1 + 7 \cdot 0,262] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 20,55^2 = 748,0 \text{ Pa} ,$$

$$l_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(h)} = \frac{k_l}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(13,65/0,3)} = 0,262$$

$$\text{pro } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$5,0 \text{ m} \leq 13,65 \text{ m} \leq 200 \text{ m};$$



$$e = \min\left(\frac{b}{2h}\right) = \min\left(\frac{17,7}{2 \cdot 13,65}\right) = 17,7 \text{ m}$$

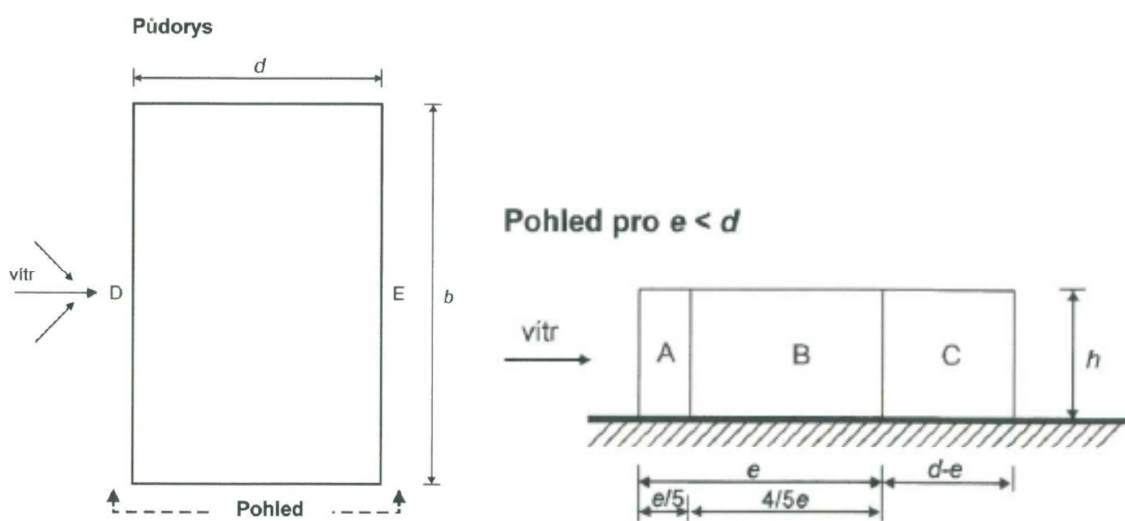
$$w_{eA} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,748 \cdot (-1,2) = -0,898 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eB} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,748 \cdot (-0,8) = -0,599 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eC} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,748 \cdot (-0,5) = -0,374 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eD} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,748 \cdot 0,747 = 0,559 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eE} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,748 \cdot (-0,394) = -0,295 \text{ kN/m}^2$$



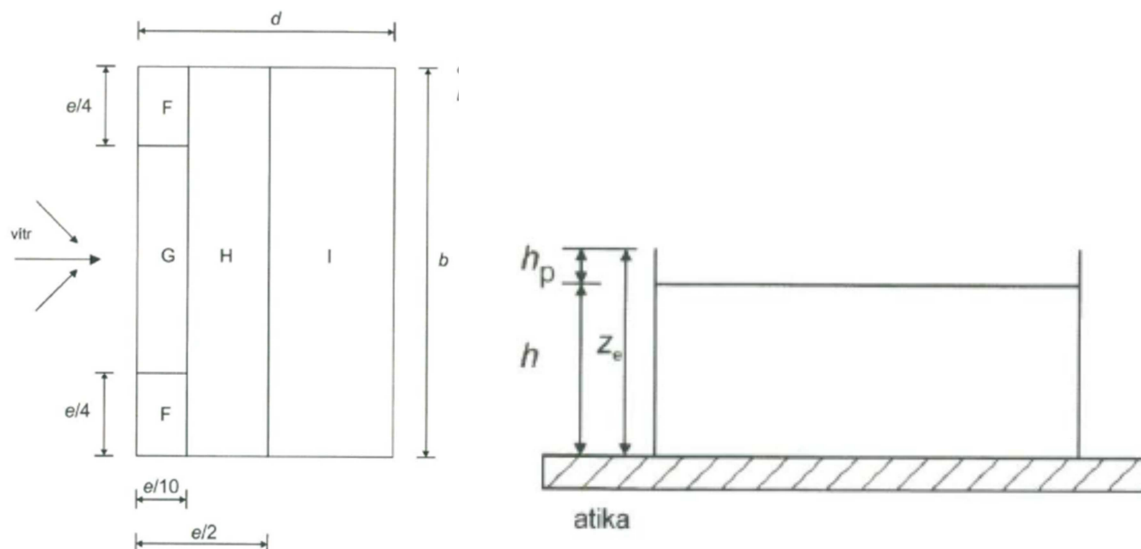
$$w_{eF} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,748 \cdot (-1,4) = -1,048 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eG} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,748 \cdot (-0,9) = -0,674 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eH} = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,748 \cdot (-0,7) = -0,524 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eI}^+ = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,748 \cdot 0,2 = 0,150 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eI}^- = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,748 \cdot (-0,2) = -0,150 \text{ kN/m}^2$$



3.3 ZATĚŽOVACÍ STAVY

Využití výpočetní techniky umožnilo vytvoření řady zatěžovacích stavů.

3.3.1 Přehled

LC1 Vlastní tíha	- stálé
LC2 Stálé + podvěsy	- stálé
LC3 Sníh nenavátý	- nahodilé
LC4 Sníh navátý	- nahodilé
LC5 Zemní tlak	- stálé
LC6 Užité plné	- nahodilé
LC7 Užité ŠACH1	- nahodilé
LC8 Užité ŠACH2	- nahodilé
LC9 Užité ŠACH3	- nahodilé
LC10 Užité ŠACH4	- nahodilé
LC11 Užité ŠACH5	- nahodilé
LC12 Užité ŠACH6	- nahodilé
LC13 Vítr příčný +Y -sání	- nahodilé
LC14 Vítr příčný +Y -tlak	- nahodilé

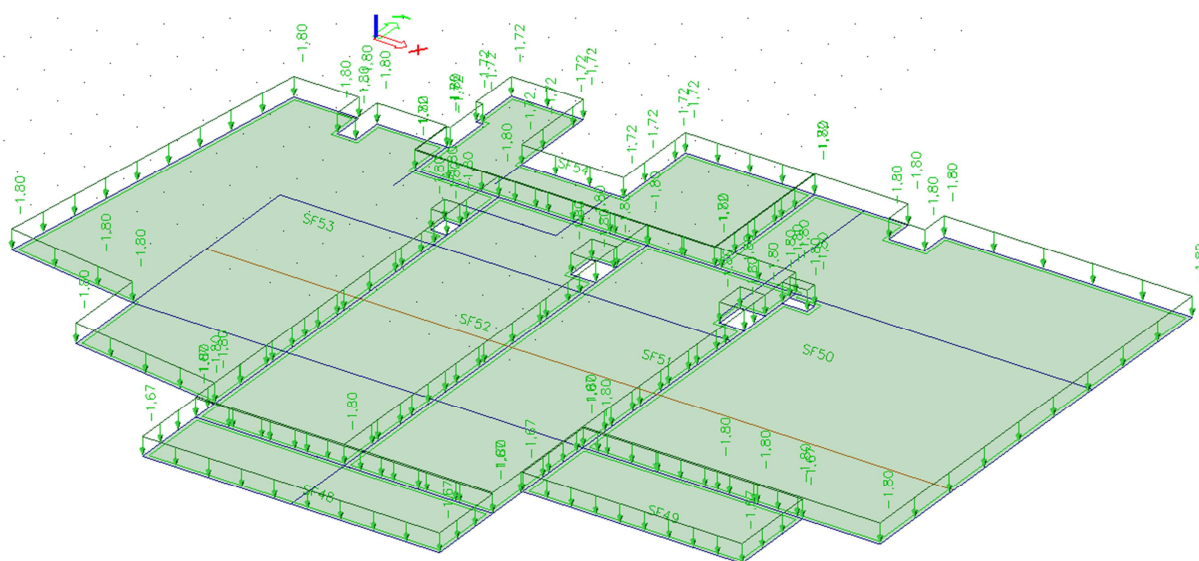
LC15 Vítr příčný -Y -sání	- nahodilé
LC16 Vítr příčný -Y -tlak	- nahodilé
LC17 Vítr podélný +X -sání	- nahodilé
LC18 Vítr podélný +X -tlak	- nahodilé
LC19 Vítr podélný -X -sání	- nahodilé
LC20 Vítr podélný -X -tlak	- nahodilé

3.3.2 Schémata zatížení objektu

LC1 Vlastní tíha

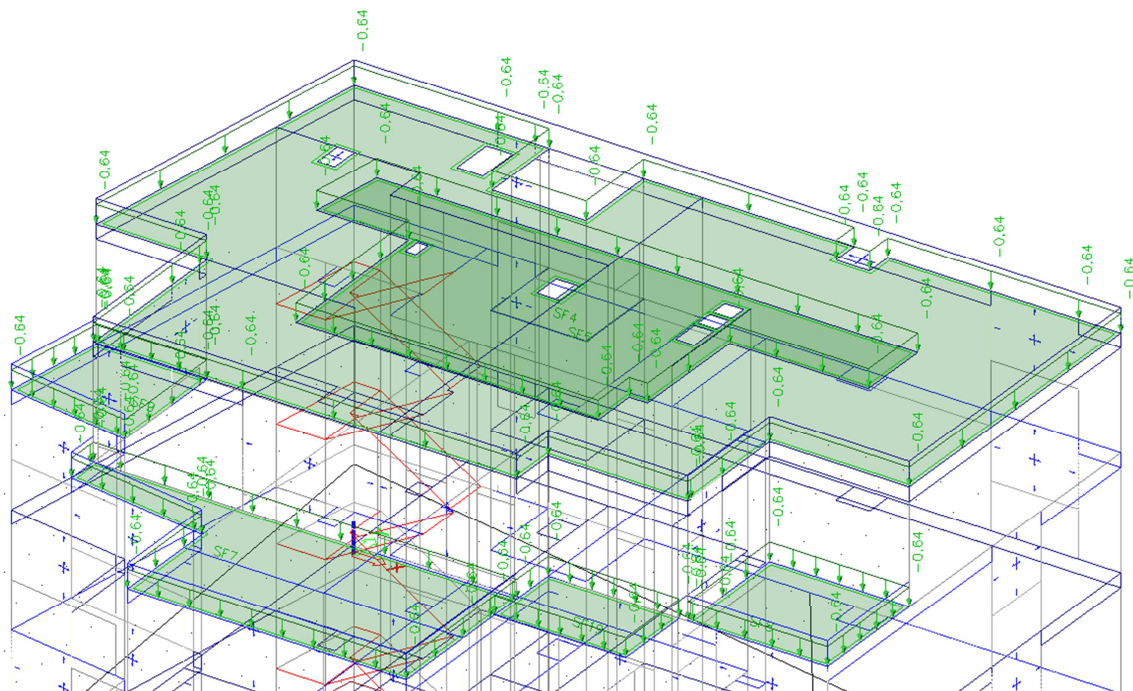
Vlastní tíha konstrukce je generována automaticky programem Scia Engineer na základě objemových hmotností materiálů a modelované geometrie.

LC2 Stálé + podvěsy



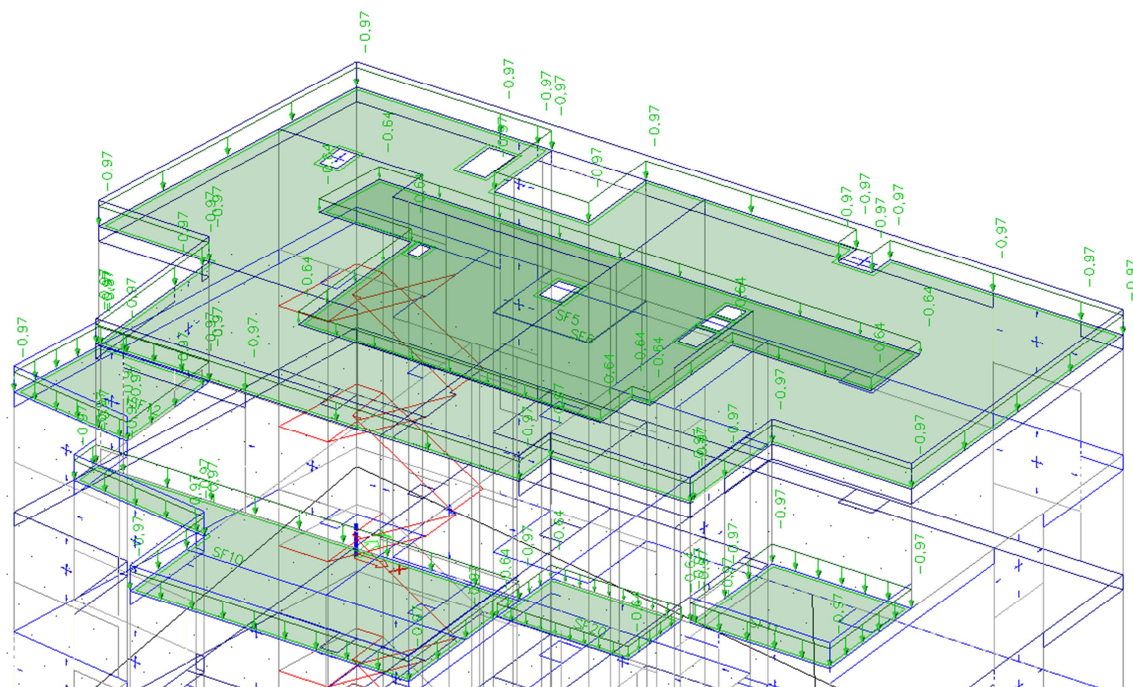
Obrázek 4 LC2 Stálé + podvěsy

LC3 Sníh nenavátý



Obrázek 5 LC3 Sníh nenavátý

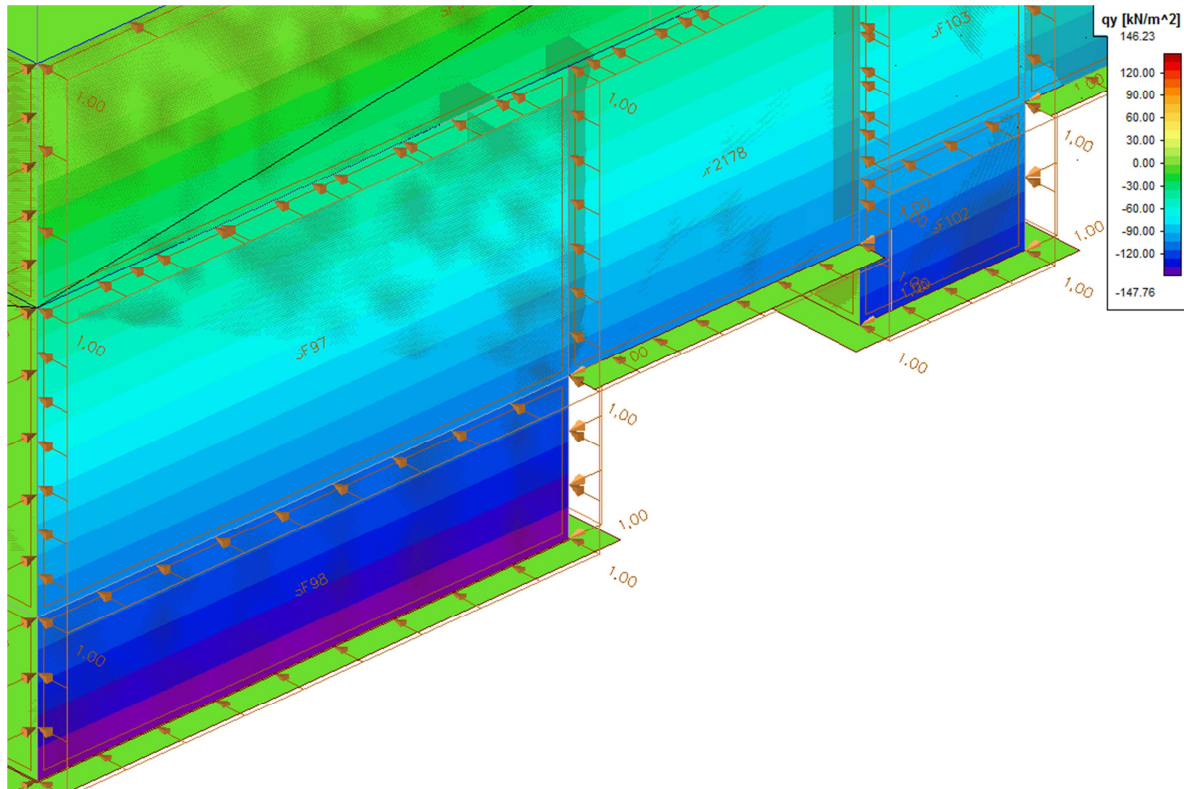
LC4 Sníh navátý



Obrázek 6 LC4 Sníh navátý

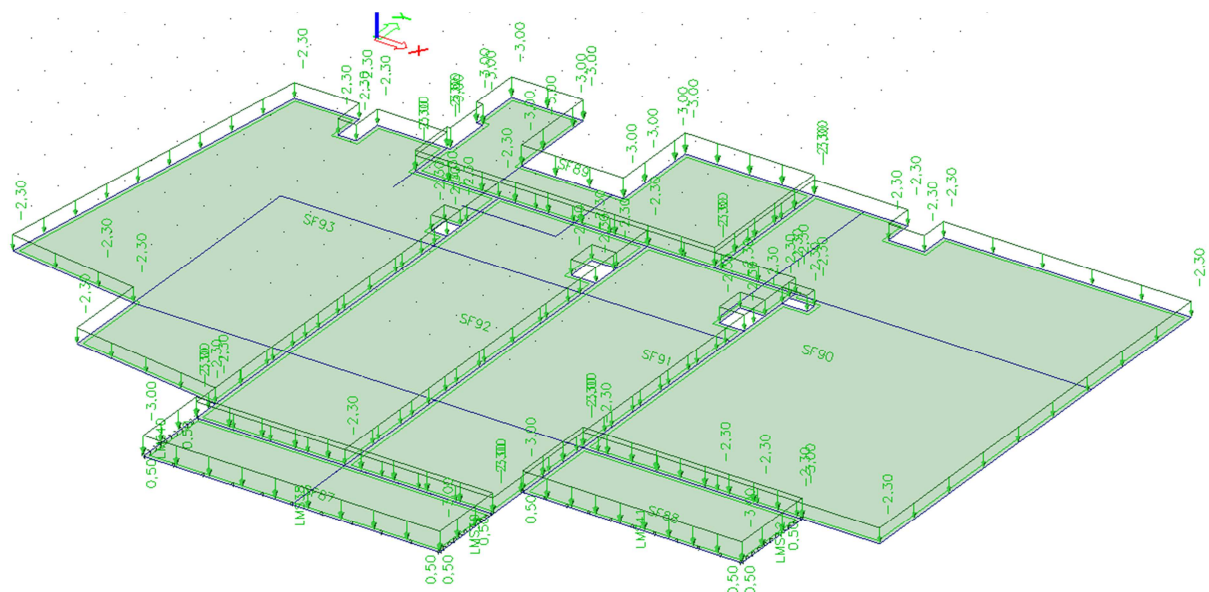
LC5 Zemní tlak

Zemní tlak byl vygenerován programem na základě zadaných vrtů a geologického profilu. Na obrázku je schématické rozdělení zemního tlaku po výšce zadní stěny objektu.



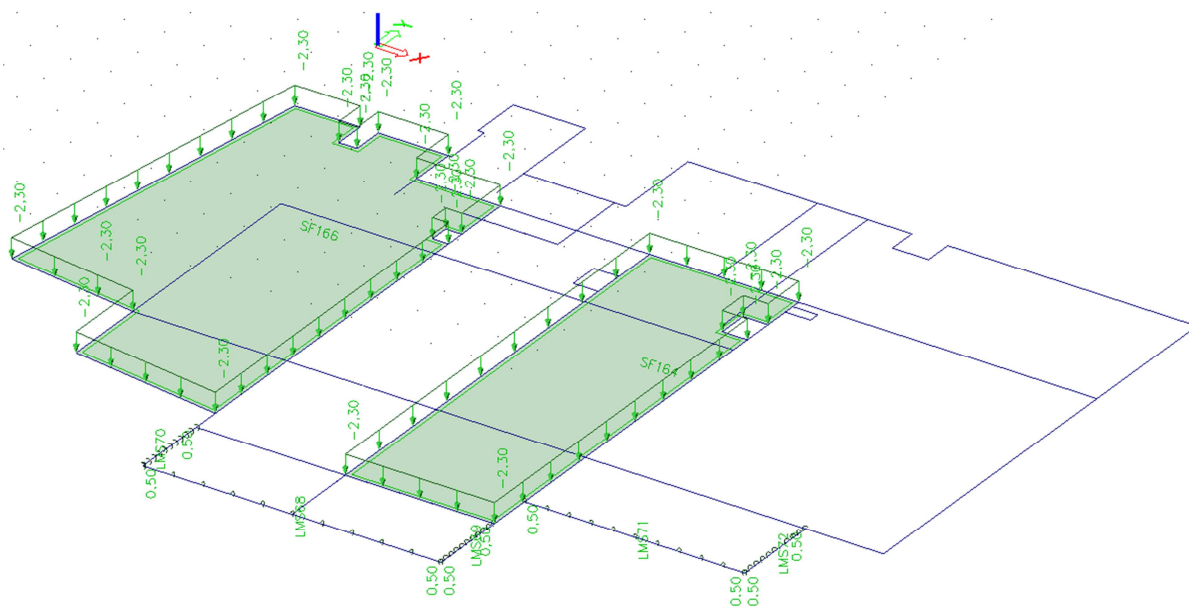
Obrázek 7 LC5 Zemní tlak

LC6 Užitéčné plné



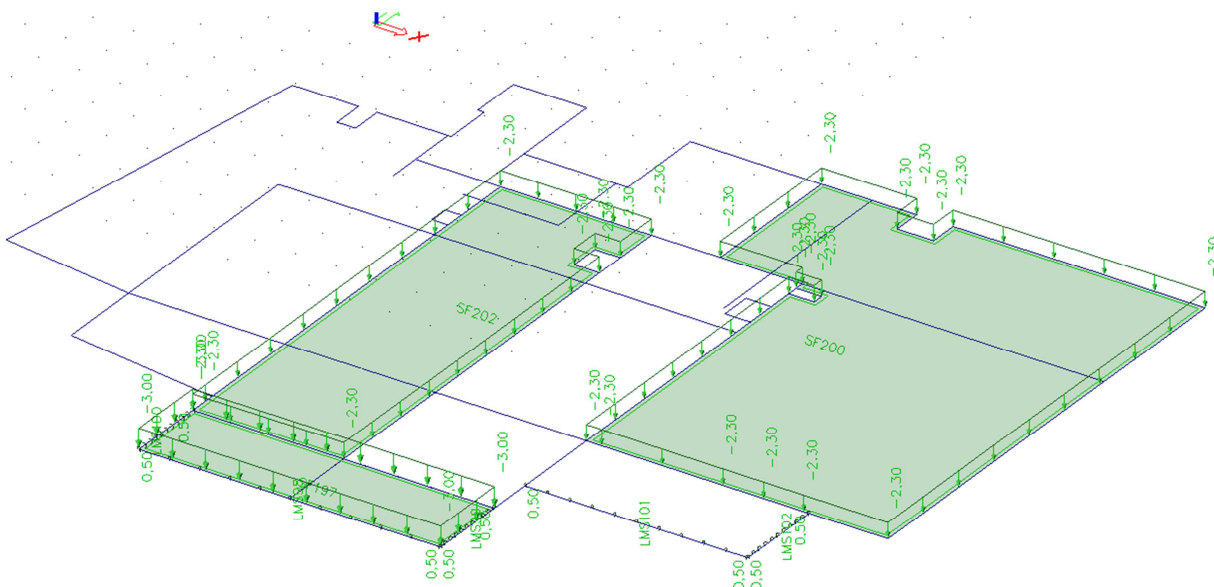
Obrázek 8 LC6 Užité plné

LC7 Užiténé ŠACH1



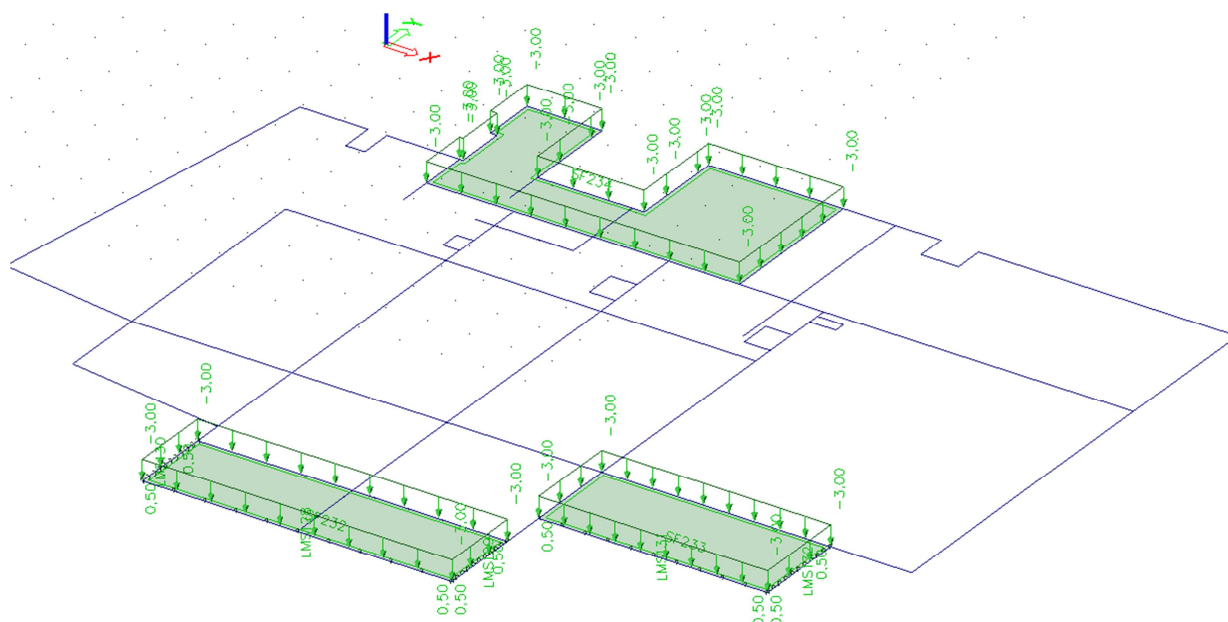
Obrázek 9 LC7 Užité ŠACH1

LC8 Užiténé ŠACH2



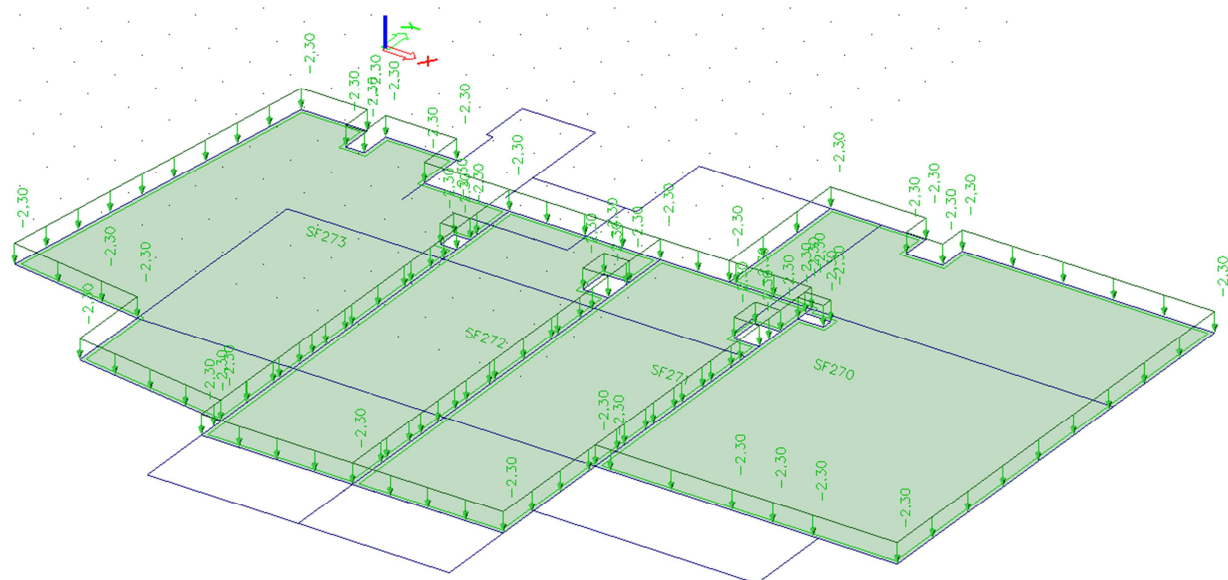
Obrázek 10 LC8 Užité ŠACH2

LC9 Užiténé ŠACH3



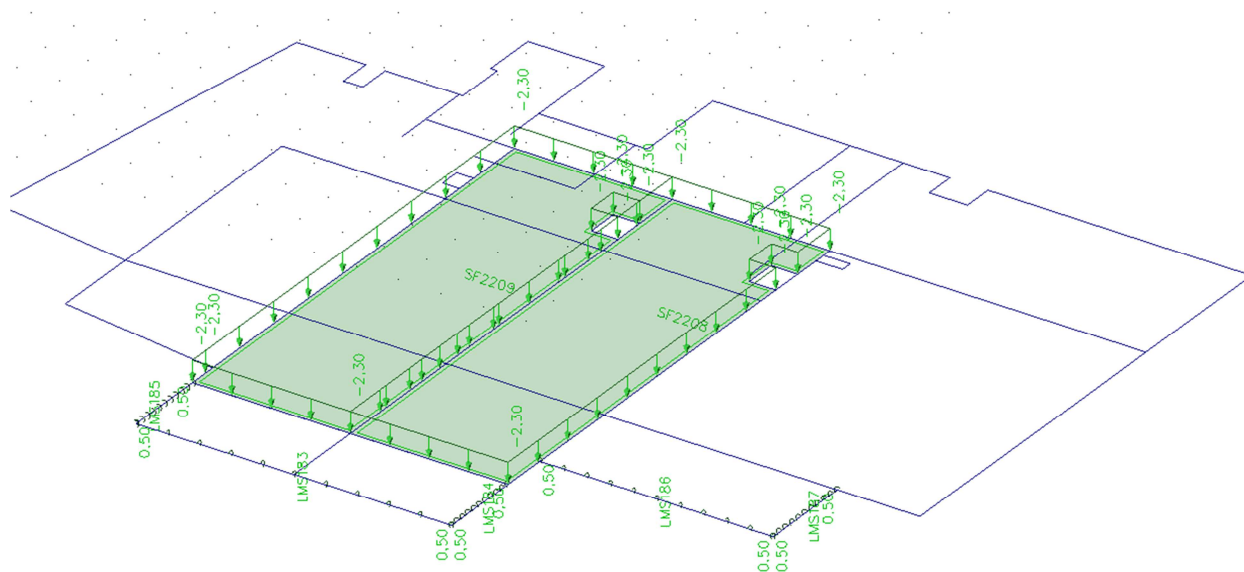
Obrázek 11 LC9 Užité ŠACH3

LC10 Užiténé ŠACH4



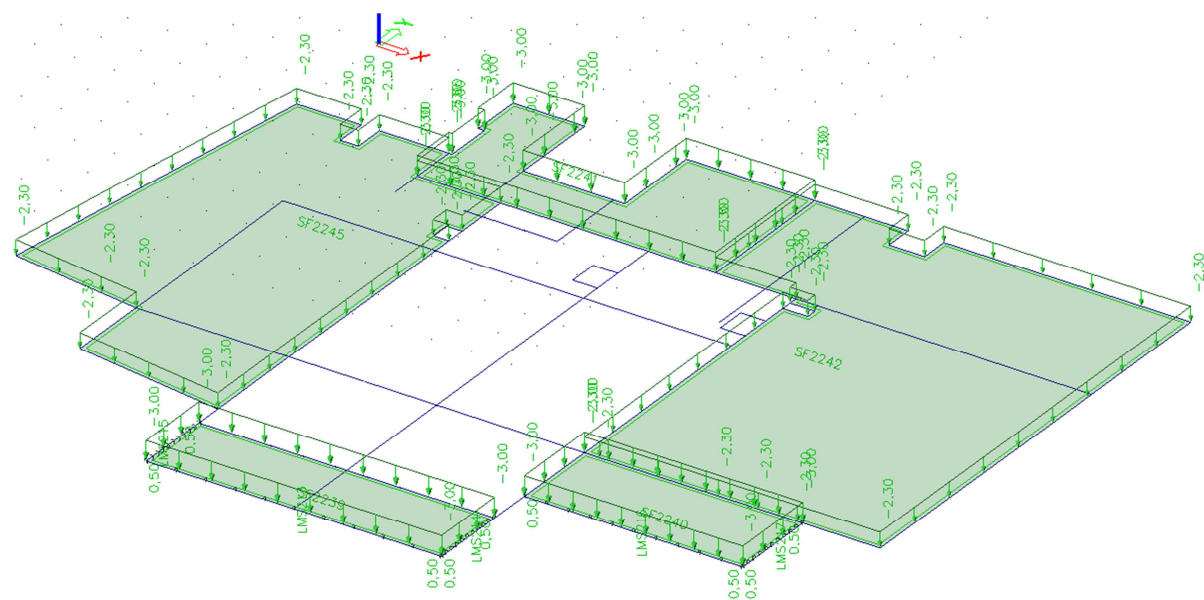
Obrázek 12 LC10 Užité ŠACH4

LC11 Užité ŠACH5



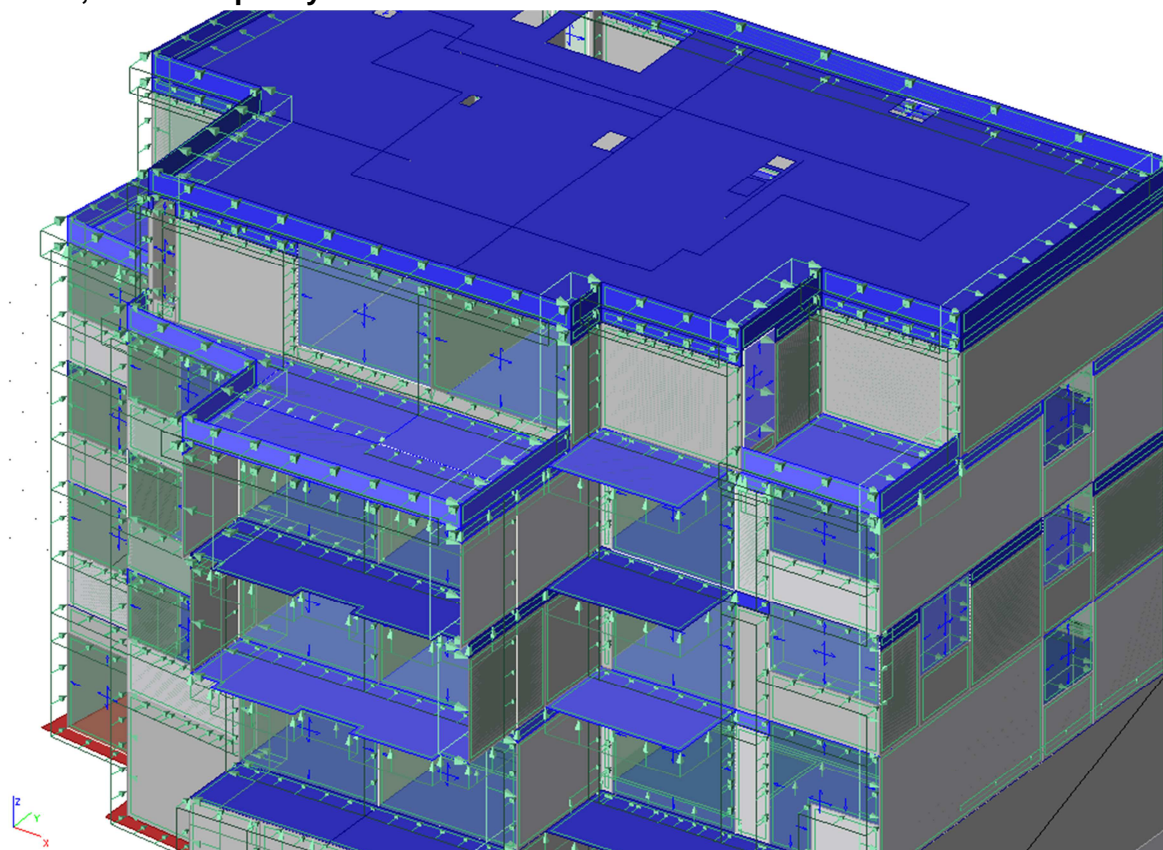
Obrázek 13 LC11 Užité ŠACH5

LC12 Užité ŠACH6



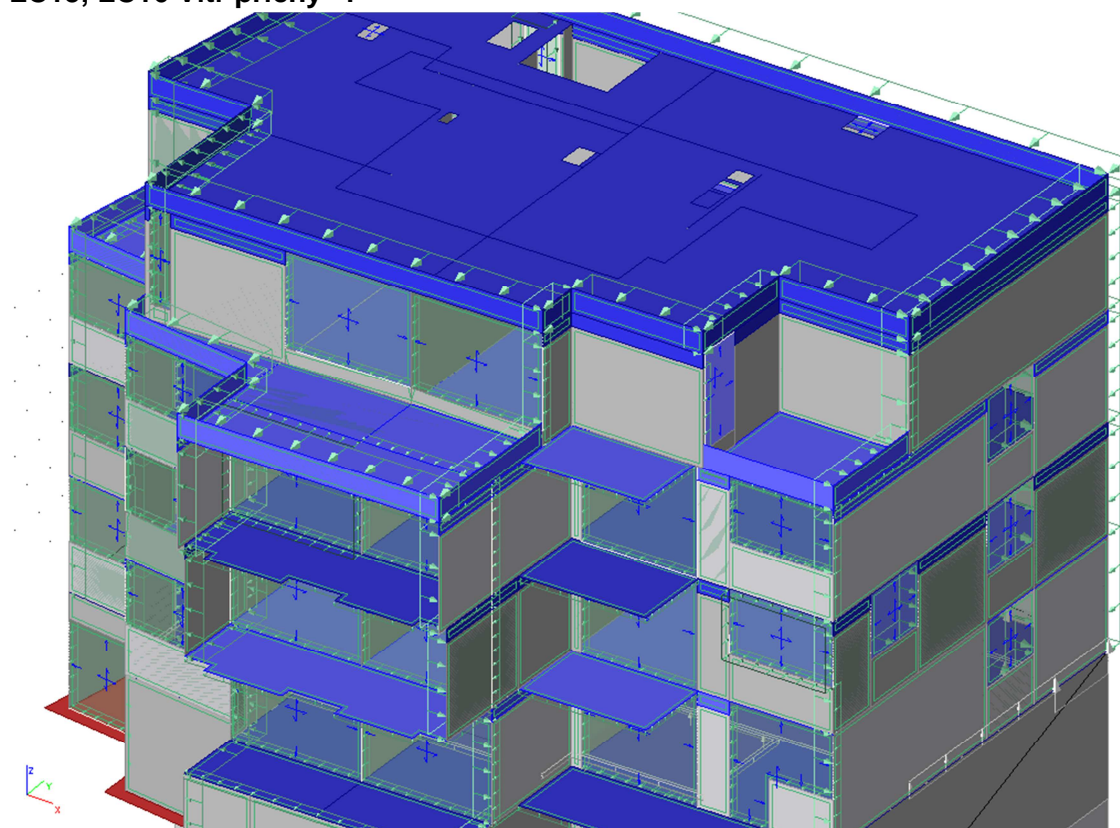
Obrázek 14 LC12 Užité ŠACH6

LC13, LC14 Vítr příčný +Y



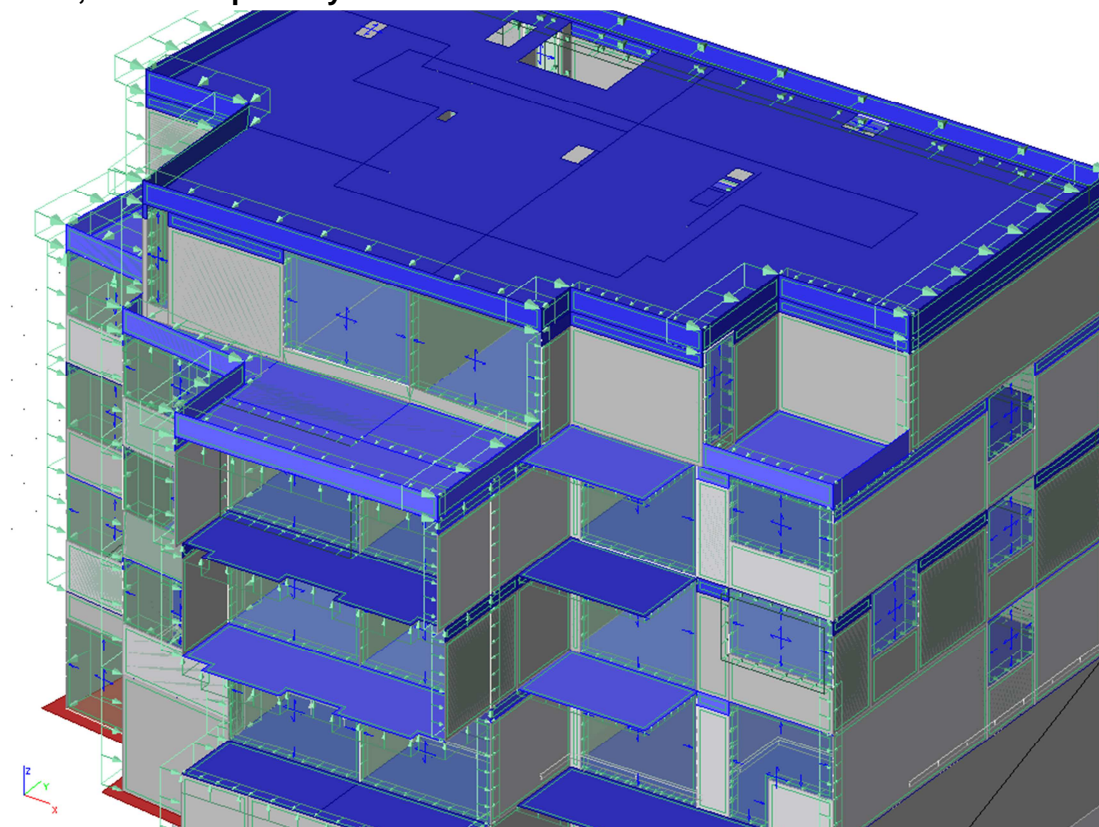
Obrázek 15 LC13, LC14 Vítr příčný +Y

LC15, LC16 Vítr příčný -Y



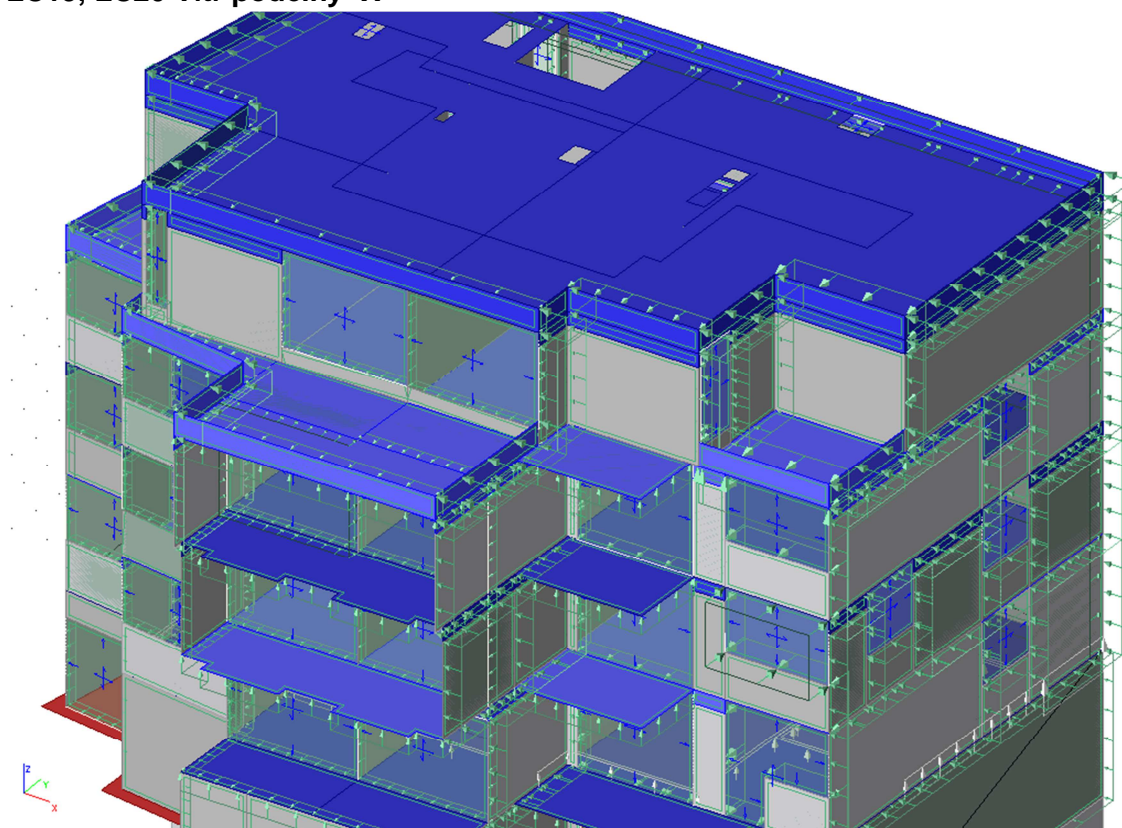
Obrázek 16 LC15, LC16 Vítr příčný -Y

LC17, LC18 Vítr podélný +X



Obrázek 17 LC17, LC18 Vítr podélný +X

LC19, LC20 Vítr podélný -X



Obrázek 18 LC19, LC20 Vítr podélný -X

3.4 SKUPINY ZATÍŽENÍ

LG1	LC1 Vlastní tíha LC2 Stálé + podvěsy LC5 Zemní tlak	Stálé
LG2	LC3 Sníh nenavátý LC4 Sníh navátý	Výběrové
LG3	LC6 Užité plné LC7 Užité ŠACH1 LC8 Užité ŠACH2 LC9 Užité ŠACH3 LC10 Užité ŠACH4 LC11 Užité ŠACH5 LC12 Užité ŠACH6	Výběrové
LG4	LC13 Vítr příčný +Y -sání LC14 Vítr příčný +Y -tlak LC15 Vítr příčný -Y -sání LC16 Vítr příčný -Y -tlak LC17 Vítr podélný +X -sání LC18 Vítr podélný +X -tlak LC19 Vítr podélný -X -sání LC20 Vítr podélný -X -tlak	Výběrové

3.5 KOMBINACE

Kombinace pro výpočet návrhových hodnot byly vytvořeny výpočtovým programem Scia Engineer 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 užitná zatížení $\psi_0 = 0,7$

$$\xi = 0,85$$

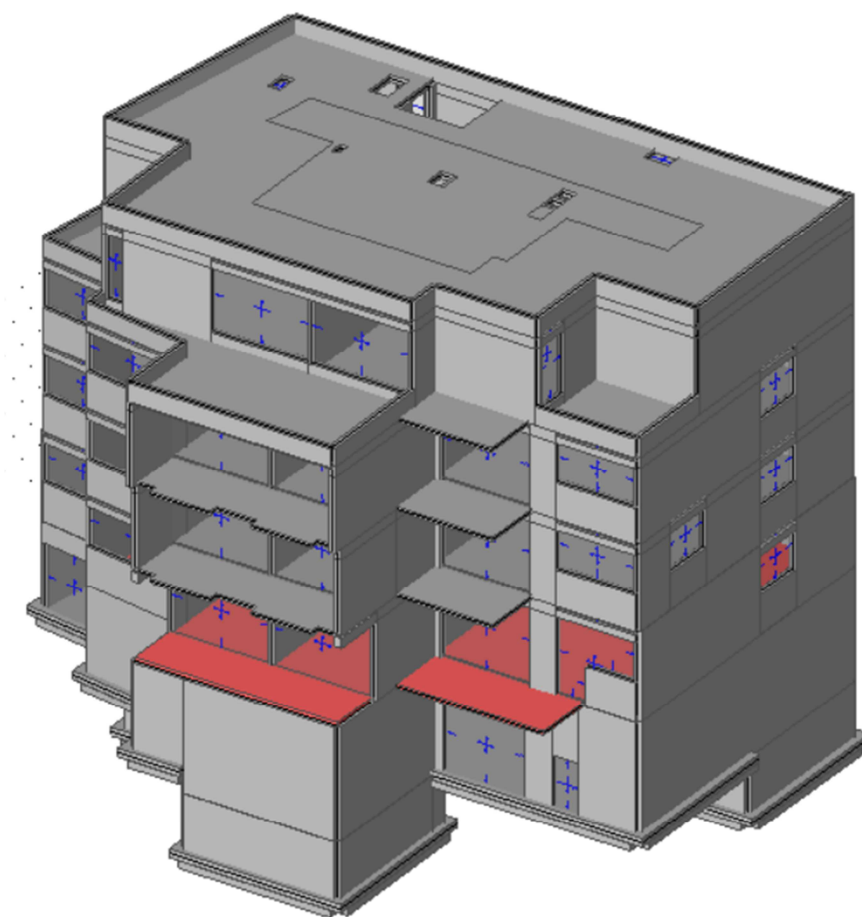
pro zatížení sněhem pro stavby umístěné ve výšce $H \leq 1000$ m n. m. $\psi_0 = 0,5$

pro zatížení větrem $\psi_0 = 0,6$

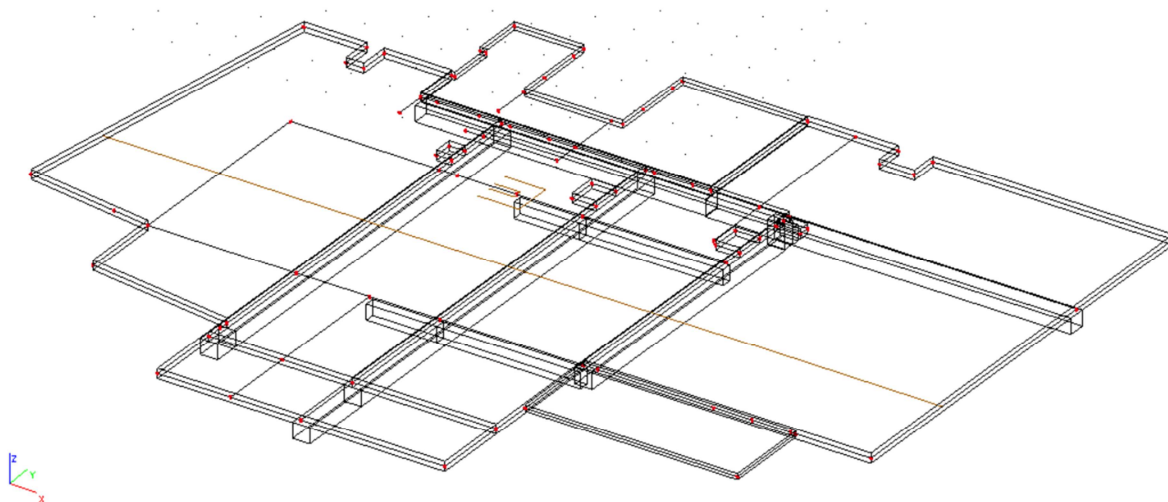
4 STROPNÍ DESKA D1 (NAD 1.PP)

4.1 MODEL

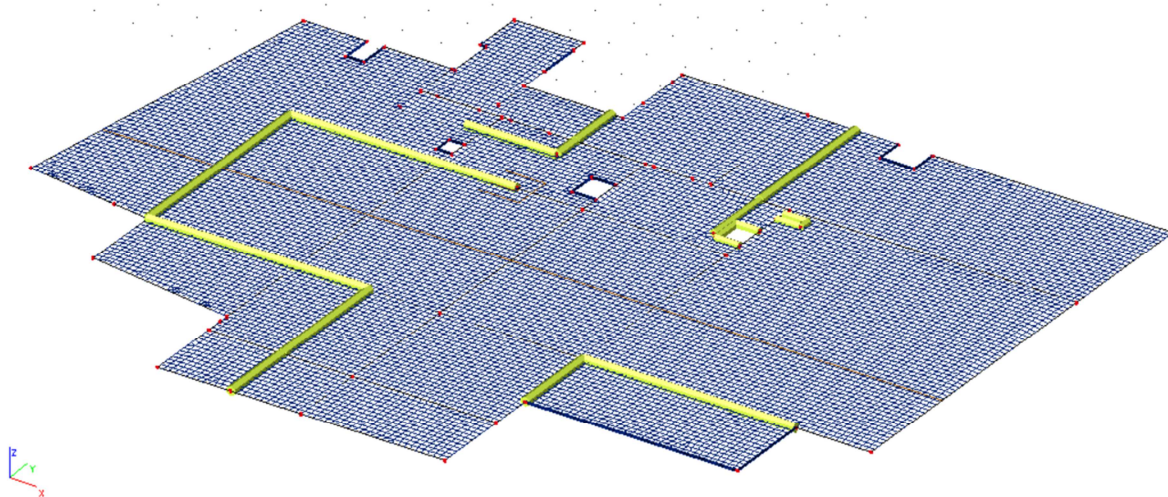
Objekt byl vymodelován za pomoci studentské verze výpočetního programu Scia Engineer 2015 jako celek. Byla prováděna postupná kontrola správnosti výsledků pomocí 2D modelů jednotlivých podlaží a zjednodušujících dílčích modelů žeber. Zjistila jsem, že vypočtené vnitřní síly se lišily jen minimálně a to na základě zvolených podpor jako náhrady nosných stěn. Jednotlivá podlaží byla následně spojena stěnami - v nižších částech železobetonovými, ve vyšších podlažích potom z uměle vytvořeného materiálu, který svými charakteristikami odpovídá stěně vyzděné z keramických tvarovek POROTHERM. Zděné stěny byly se stropními deskami spojeny kloubově.



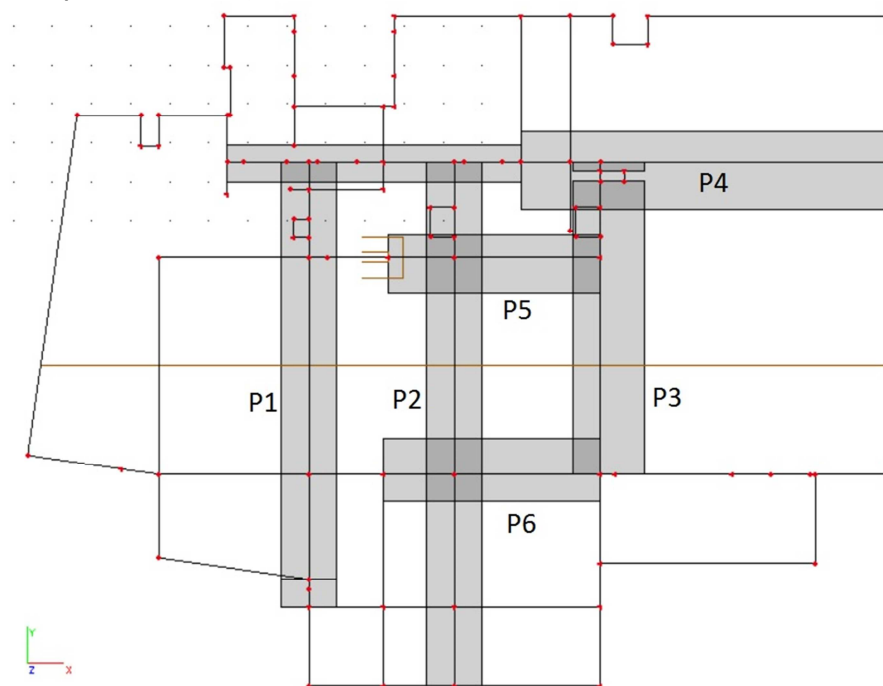
Obrázek 19 3D model



Obrázek 20 Model stropu nad 1.PP



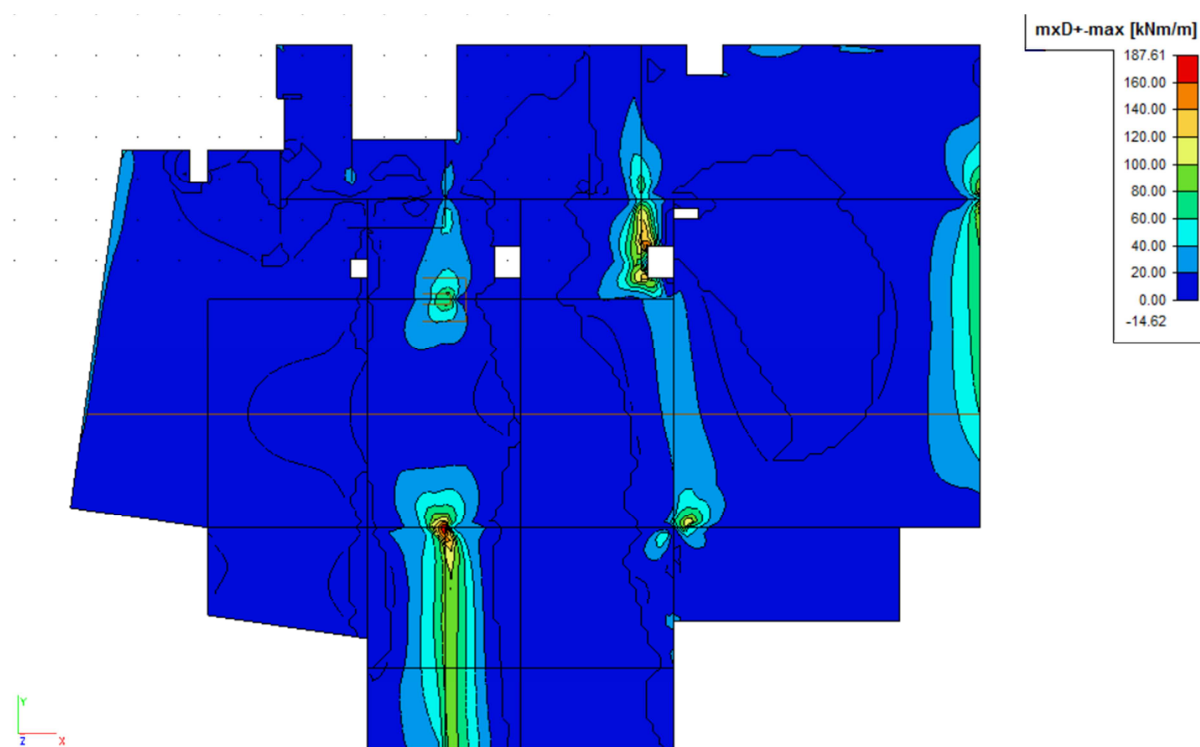
Obrázek 21 Model stropu nad 1.PP – síť á 0,15 m



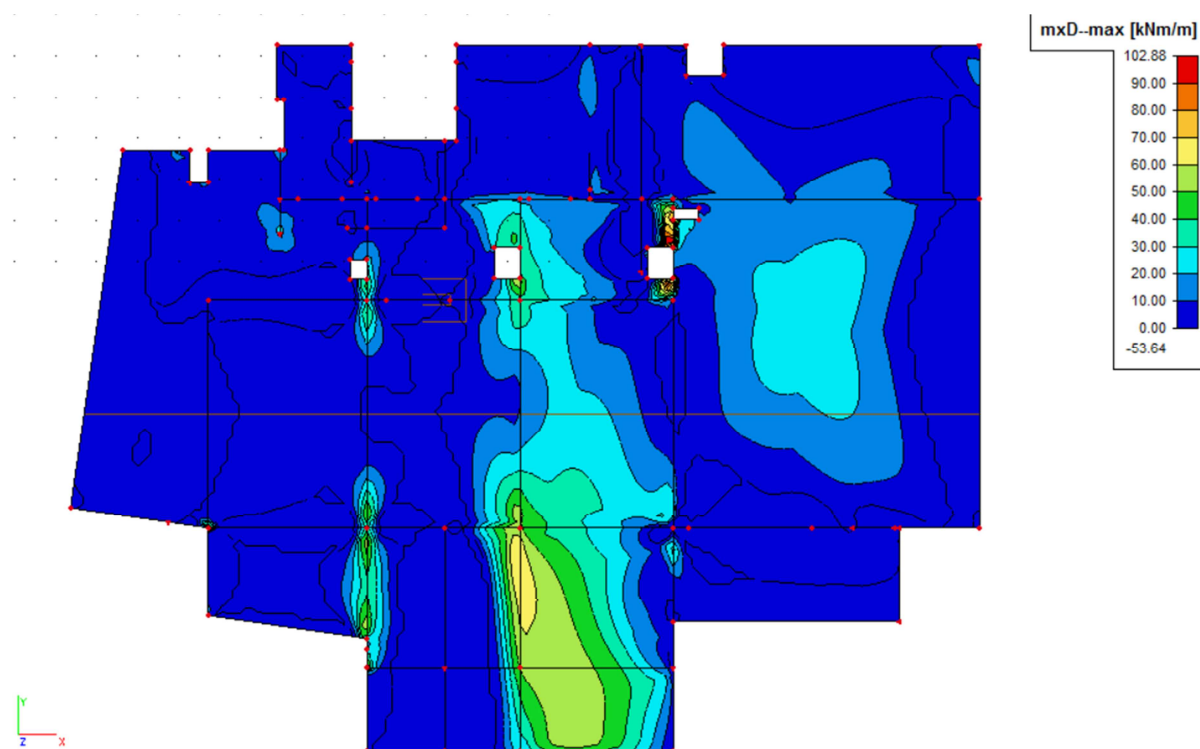
Obrázek 22 Popis a efektivní šířka žeber

4.2 DESKA D1

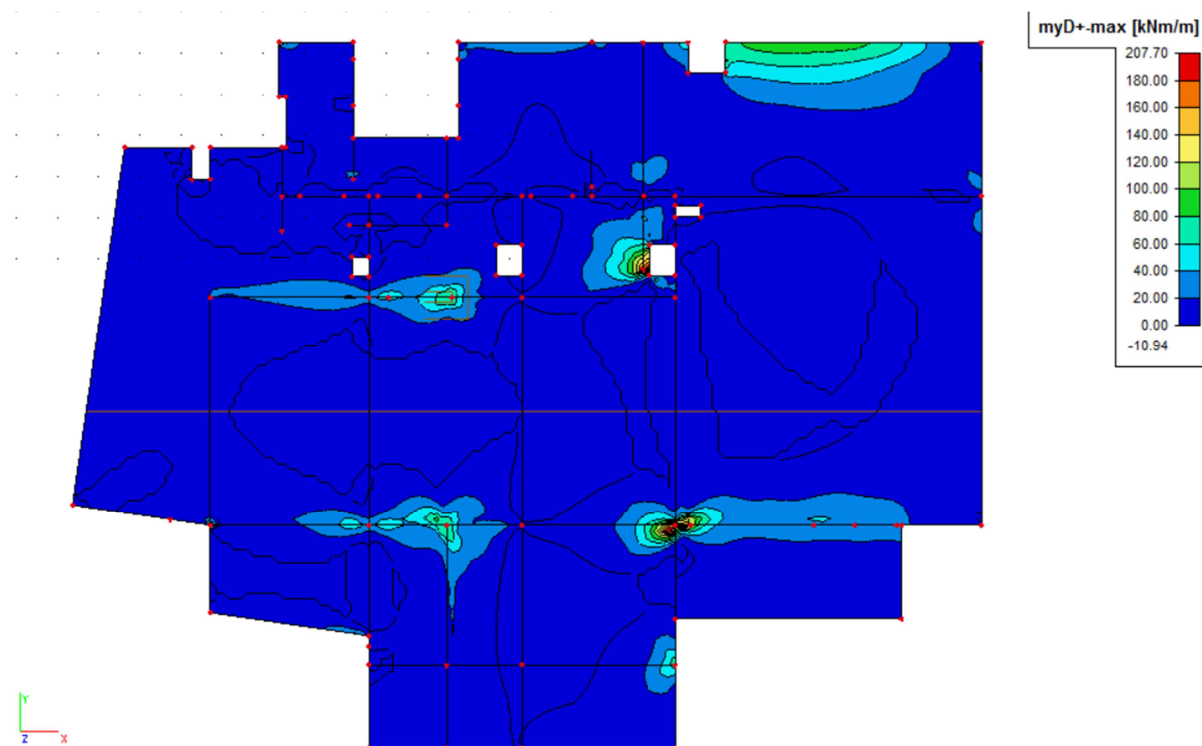
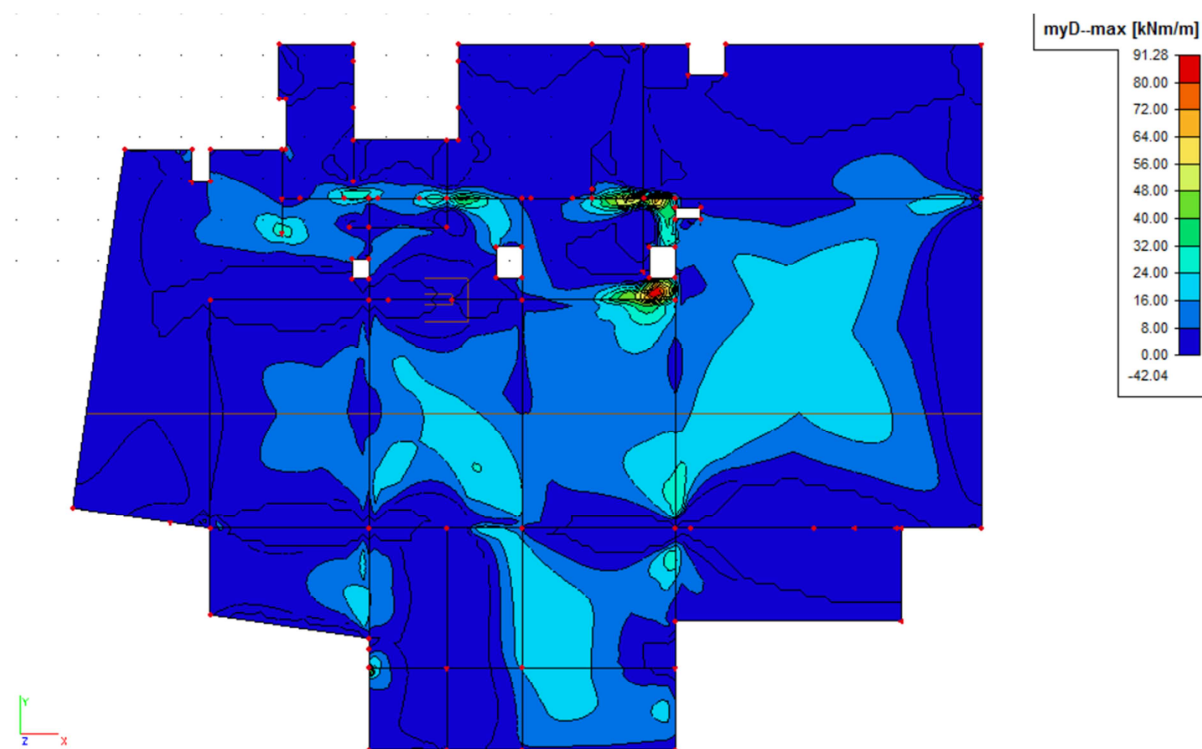
4.2.1 Vnitřní síly

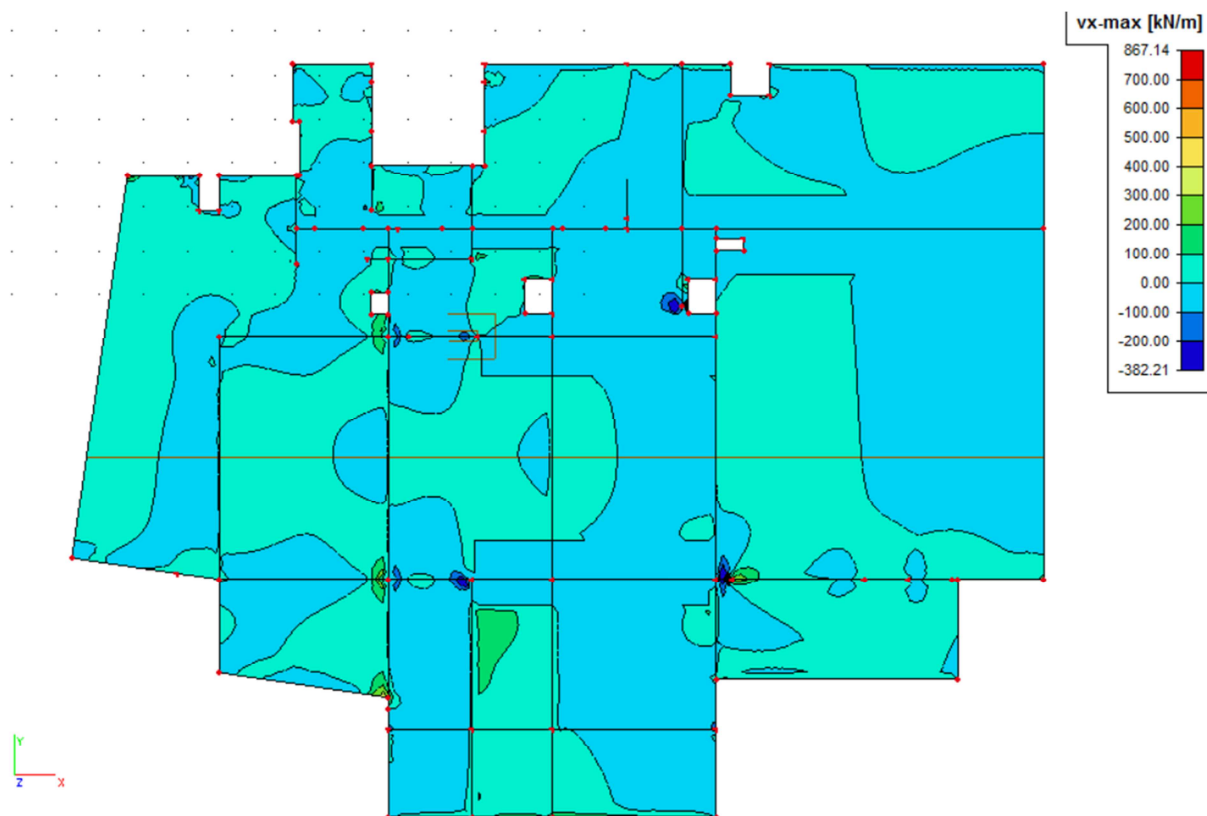
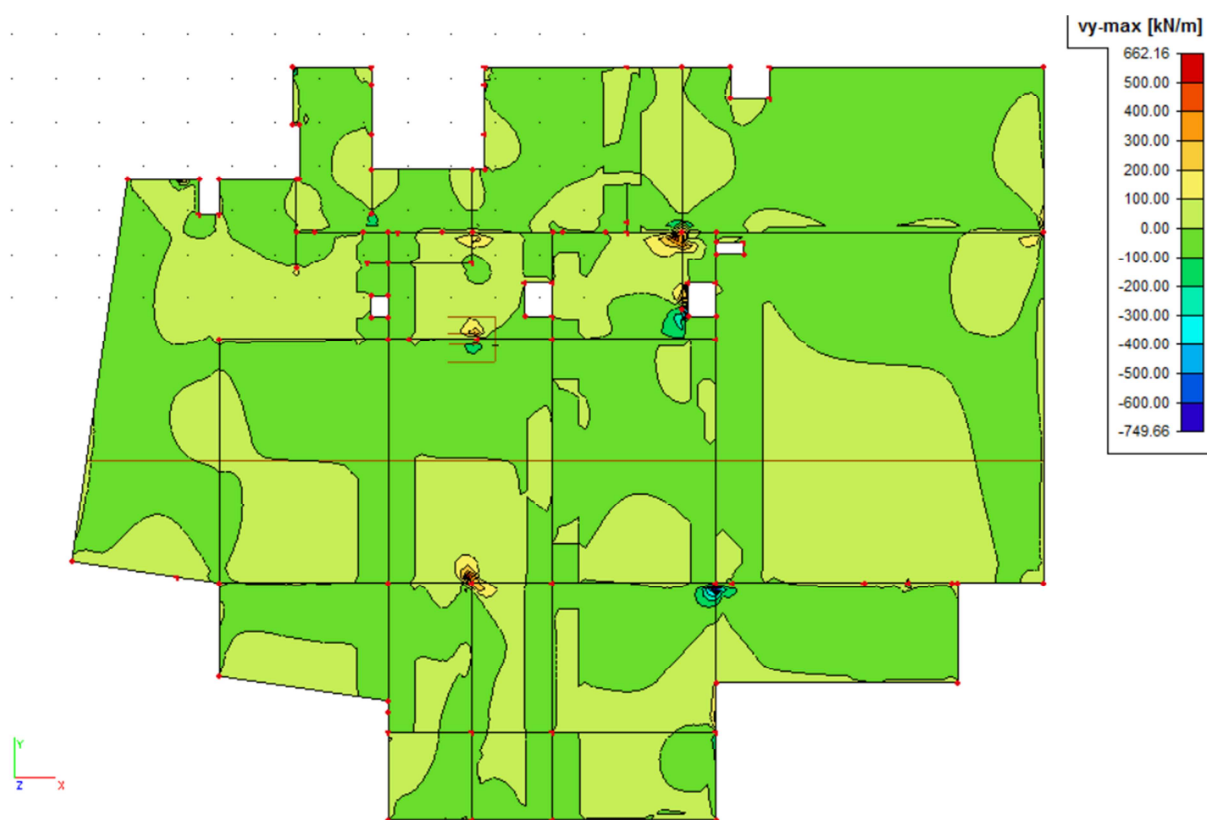


Obrázek 23 Deska D1 - mxD+



Obrázek 24 Deska D1 - mxD-

Obrázek 25 Deska D1 - $myD+$ Obrázek 26 Deska D1 - $myD-$

Obrázek 27 Deska D1 - V_x Obrázek 28 Deska D1 - V_y

4.2.2 Dimenzování

4.2.2.1 Ohyb

Základní rastr výztuže desky v obou směrech byl navržen na základě minimální nutné plochy výztuže při obou površích a v obou směrech s tím, že 1. vrstva výztuže (vrstva položená blíže příslušnému povrchu) je ve směru y.

Rozměry :

šířka průřezu

b= 1000 mm

výška průřezu

h= 250 mm

Profil spodní výztuže

 $\Phi_{sl}^D = 10$ mm

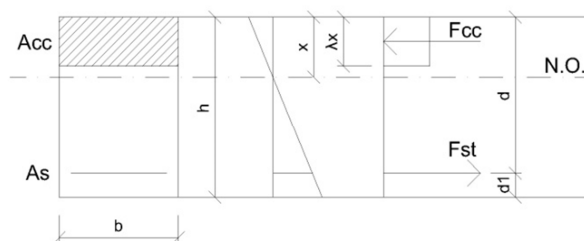
Profil horní výztuže

 $\Phi_{sl}^H = 10$ mm

Krytí :

 $c_{min,b} = 10$ mm $\Delta c_{dev} = 10$ mm $c_{min,dur} = 10$ mm $c_{dur,y} = 0$ mm $\Delta c_{dur,st} = 0$ mm $\Delta c_{dur,add} = 0$ mm
 $c_{min} = \max(c_{min,b} ; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} ; 10 \text{ mm}) =$
 $\max(10 ; 10 + 0 - 0 - 0 ; 10) = 10 \text{ mm}$
 $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} =$
 $10 + 10 = 20 \text{ mm}$

MINIMÁLNÍ VÝZTUŽ 1. SMĚR :

 $d_1 = c_{nom} + \Phi_{sl}/2 = 20 + 10/2 = 25 \text{ mm}$ $d = h - d_1 = 250 - 25 = 225 \text{ mm}$ 

- plocha výztuže

 $A_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,2/500 \cdot 1000 \cdot 225) = 2,93E-04 \text{ m}^2$ $0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 225$ $A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 250 = 1,00E-02 \text{ m}^2$

NÁVRH

 $\Phi = 10$ mm

á 250 mm

 $A_s = 3,14E-04 \text{ m}^2/\text{m}$
 $\langle A_{s,min} ; A_s ; A_{s,max} \rangle$
 $\langle 0,000293 ; 0,000314 ; 0,01 \rangle$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

 $s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl} ; d_g + 5 \text{ mm} ; 20 \text{ mm}) = \max(1,2 \cdot 10 ; 16 + 5 ; 20) = 21 \text{ mm}$ $s_{max} = \min(2h ; 300 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 250 ; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}$
 $\langle s_{min} ; s ; s_{max} \rangle$
 $\langle 21 ; 250 ; 300 \rangle$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = \frac{(A_s \cdot f_{yd})}{(\lambda \cdot b \cdot f_{cd})} = \frac{(314 \cdot 434,78)}{(0,8 \cdot 1000 \cdot 13,333)} = 12,80 \text{ mm}$$

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3}/x = \epsilon_s/(d-x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d-x)/x = 0,0035 \cdot (225-12,8)/12,8 = 5,8 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$$

$$5,8 \% \geq 0,207 \%$$

VYHOVUJE

- únosnost minimální výztuže

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x/2) = 314 \cdot 434,78 \cdot (225 - (0,8 \cdot 12,8)/2) = 30,018 \text{ kNm}$$

Základní podélná výztuž v 1. směru - návrh $\Phi R10/250\text{mm}$ o únosnosti $M_{rd} = 30,018 \text{ kNm}$ **MINIMÁLNÍ VÝZTUŽ 2. SMĚR :**

$$d_1 = c_{nom} + \phi_{sl} + \phi_{sl}/2 = 20 + 10 + 10/2 = 35 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 250 - 35 = 215 \text{ mm}$$

- plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,2/500 \cdot 1000 \cdot 215 = 2,80E-04 \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 215$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 250 = 1,00E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH **Φ 10 mm** **\bar{a} 250 mm**

$$A_s = 3,14E-04 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$\langle A_{s,min}; A_s; A_{s,max} \rangle \\ \langle 0,00028; 0,000314; 0,01 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \phi_{sl}; d_g + 5\text{mm}; 20\text{mm}) = \max(1,2 \cdot 10; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$\min(2h; 300$$

$$s_{max} = \min(2 \cdot 250; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}$$

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

$$\langle 21; 250; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = \frac{(A_s \cdot f_{yd})}{(\lambda \cdot b \cdot f_{cd})} = \frac{(314 \cdot 434,78)}{(0,8 \cdot 1000 \cdot 13,333)} = 12,80 \text{ mm}$$

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3}/x = \epsilon_s/(d-x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d-x)/x = 0,0035 \cdot (215-12,8)/12,8 = 5,53 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$$

$$5,53 \% \geq 0,207 \%$$

VYHOVUJE

- únosnost minimální výztuže

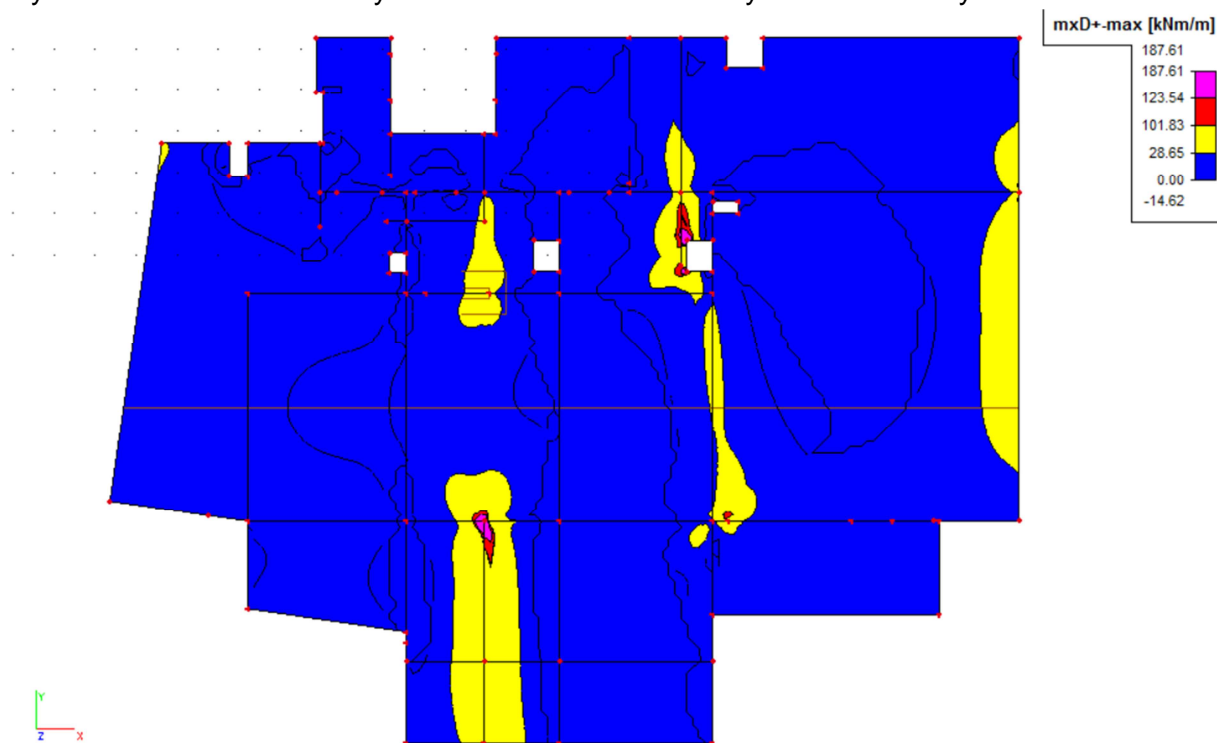
$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x/2) = 314 \cdot 434,78 \cdot (215 - (0,8 \cdot 12,8)/2) = 28,653 \text{ kNm}$$

Základní podélná výztuž v 2. směru - návrh $\Phi R10/250\text{mm}$ o únosnosti $M_{rd} = 28,653 \text{ kNm}$

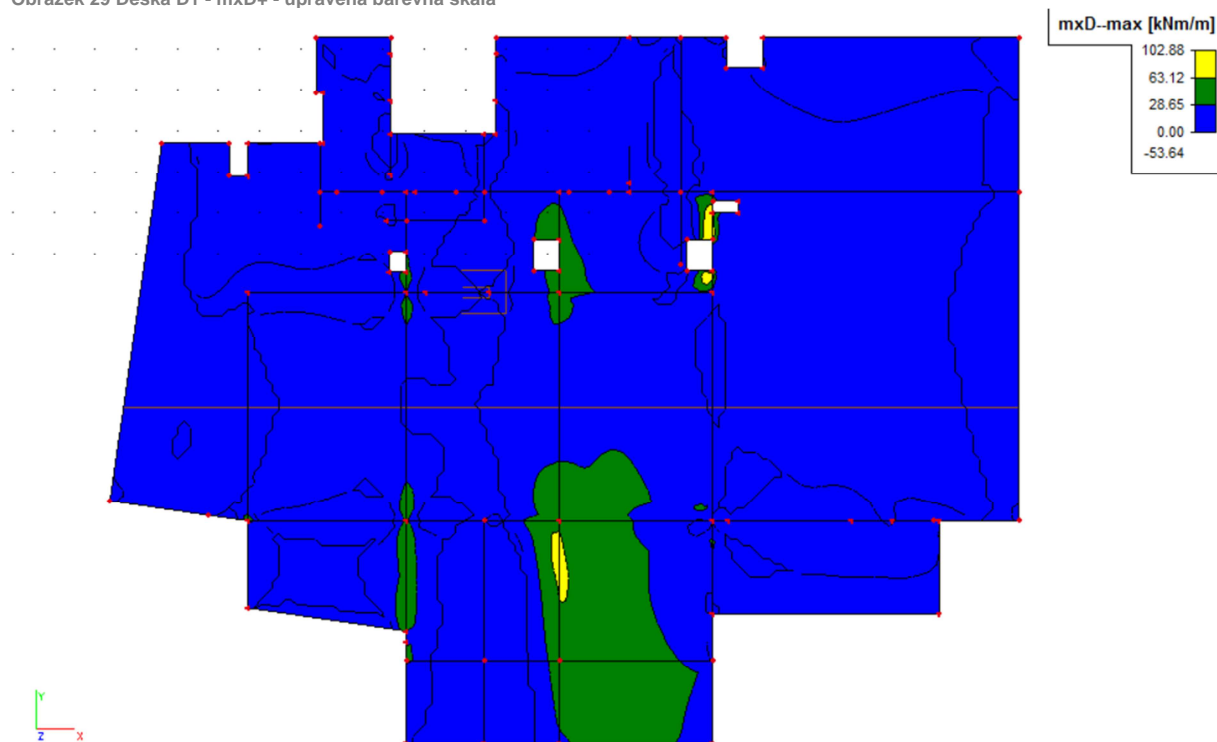
Oblasti, pro které základní rastr není dostačující budou dovyztuženy :

	A_s [m ² /m]	d_x [mm]	d_y [mm]	x [mm]	ε_x [%]	ε_y [%]	$M_{rd,x}$ [kNm]	$M_{rd,y}$ [kNm]
ΦR10/250	3,14E-4	215	225	12,80	5,53	5,80	28,65	30,02
ΦR10/250 + ΦR12/250	7,66E-4	202	214	31,22	1,91	2,05	63,12	67,11
ΦR10/250 + ΦR12/125	1,22E-3	212	222	49,69	1,07	1,14	101,83	103,89
ΦR10/250 + ΦR14/125	1,55E-3	199	213	63,02	0,76	0,83	123,54	126,23

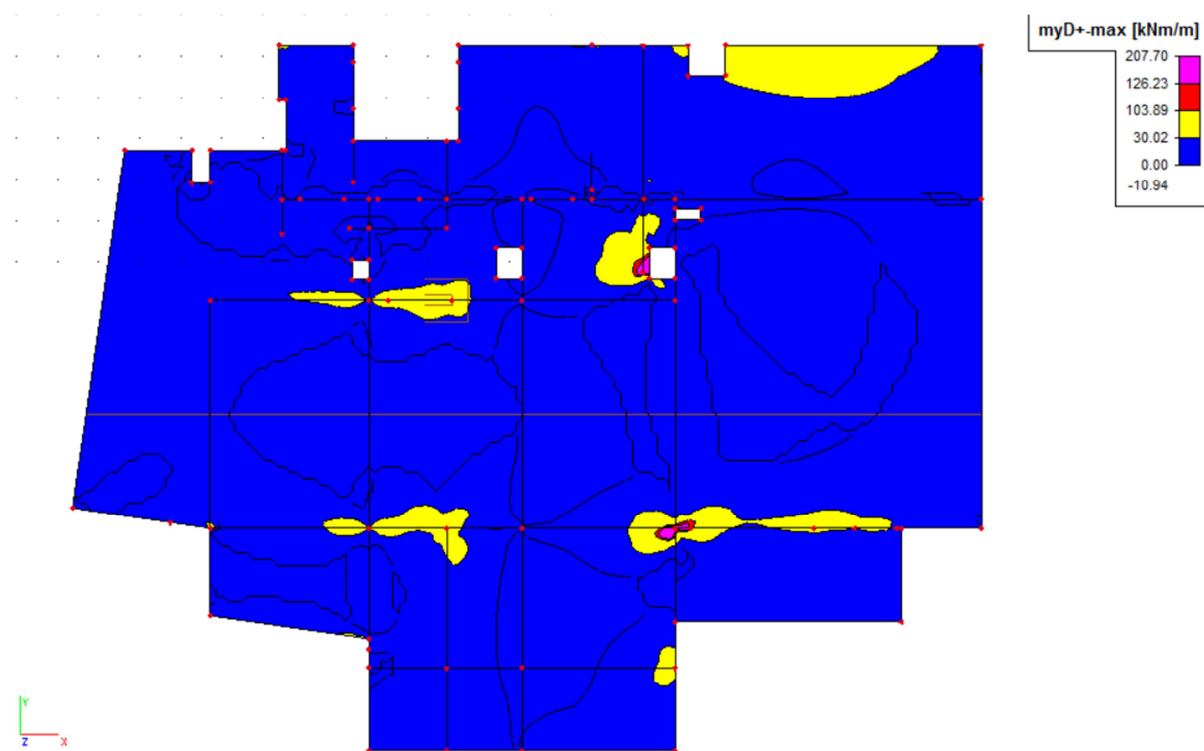
Vykreslení vnitřních sil desky s nastavením barevné škály dle navržené výztuže :



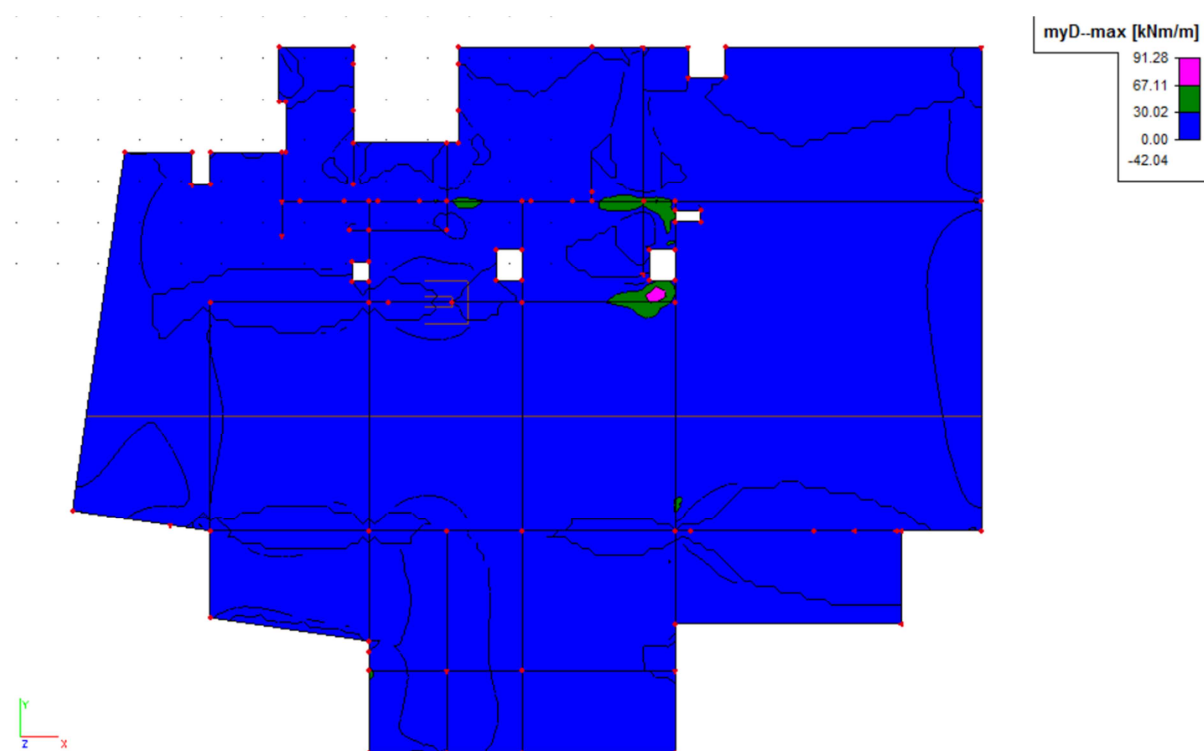
Obrázek 29 Deska D1 - mxD+ - upravená barevná škála



Obrázek 30 Deska D1 - mxD- - upravená barevná škála



Obrázek 31 Deska myD+ - upravená škála



Obrázek 32 Deska D1 - myD- - upravená škála

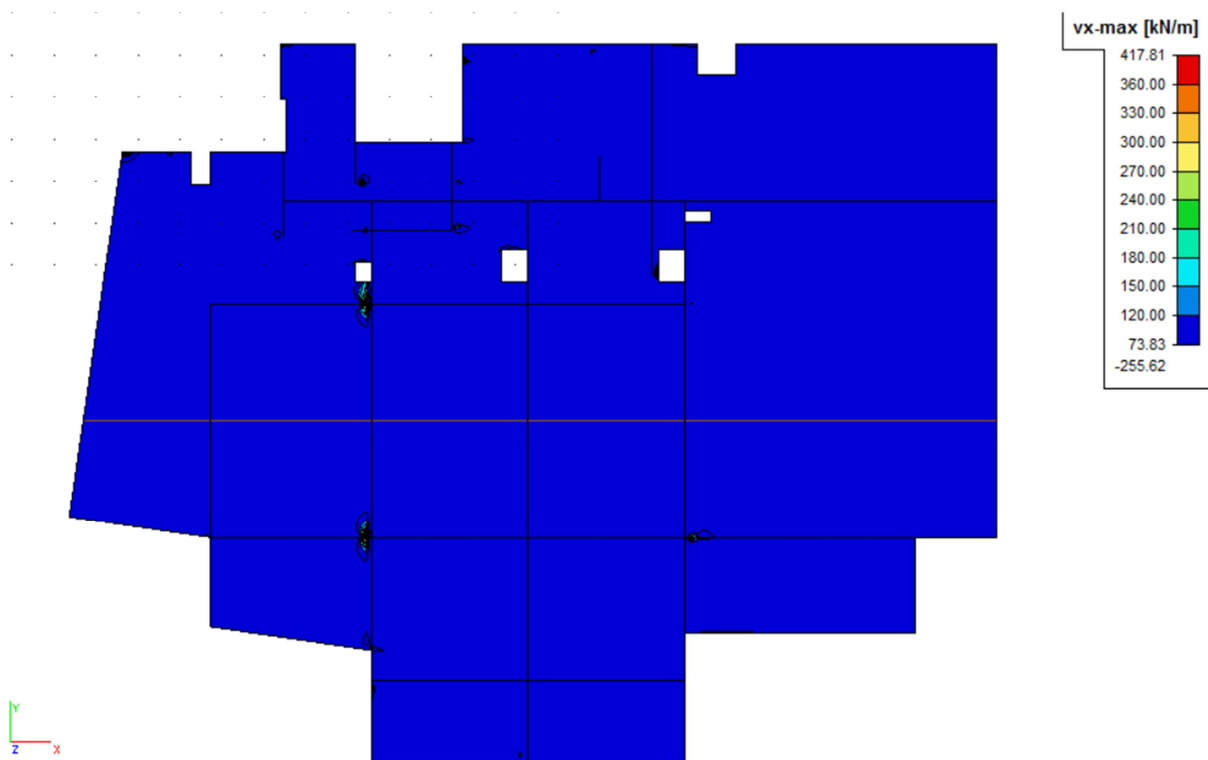
4.2.2.2 Smyk

SMYKOVÁ ÚNOSNOST – pro základní rastr výztuže $\Phi R10/250 \times 250$ mm

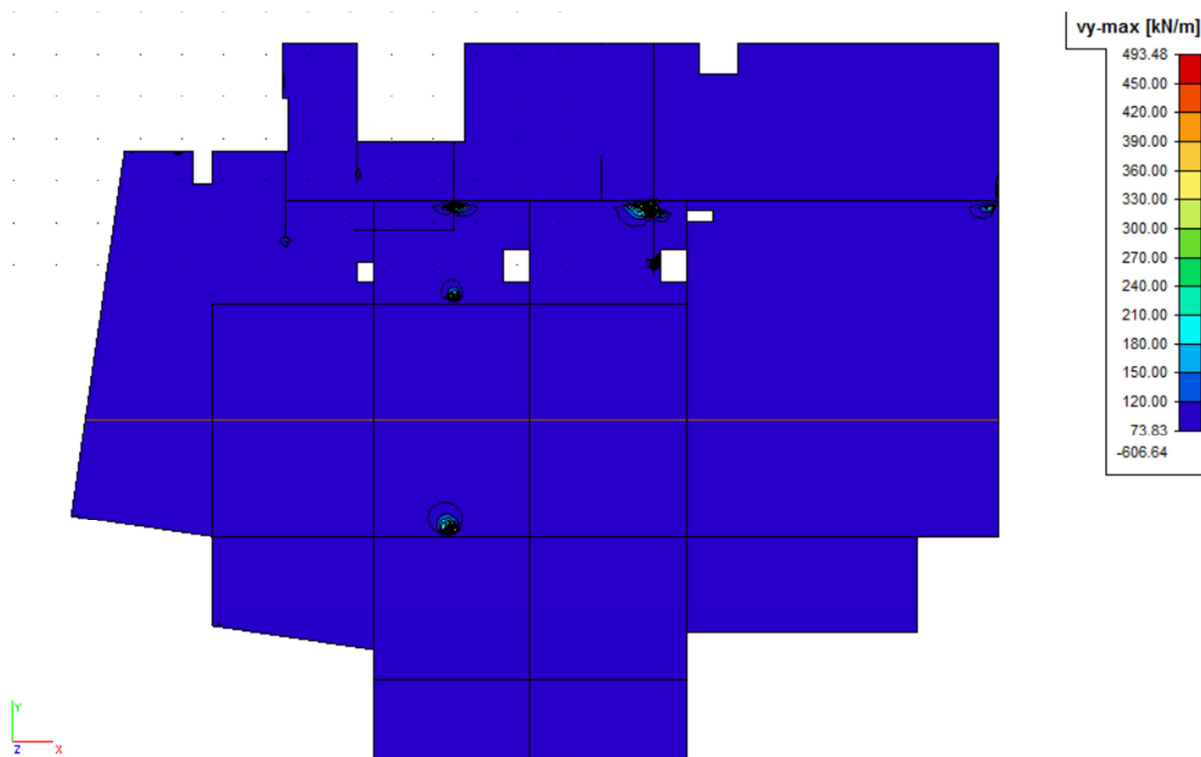
$C_{Rd,c} =$	$0,18/\gamma_c =$	$0,18/1,5 =$	$0,12$	
$k =$	$1 + ODM(200/d) =$	$1 + ODM(200/225) =$	$1,94$	≤ 2
				$k = 1,94$
$\rho_l =$	$A_{sl}/(b_w \cdot d) =$	$314/(1000 \cdot 225) =$	$0,0014$	$\leq 0,02$
				$\rho_l = 0,0014$
$V'_{Rd,c} =$	$[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d =$			
	$[0,12 \cdot 1,94 \cdot (100 \cdot 0,0014 \cdot 20)^{1/3}] \cdot 1000 \cdot 225/1000 =$		$73,828$	kN
$V_{min} =$	$0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	$0,035 \cdot 1,94^{2/3} \cdot 20^{1/2} =$	$0,243$	
$V_{Rd,c,min} =$	$V_{min} \cdot b_w \cdot d =$	$0,243 \cdot 1000 \cdot 225/1000 =$	$54,675$	kN

- smyková únosnost desky se započítáním pouze základního rastru výztuže

$$V_{Rd,c} = \max(V'_{Rd,c} ; V_{Rd,c,min}) = \max(73,828 ; 54,675) = 73,828 \text{ kN}$$



Obrázek 33 Deska D1 - V_x - upravená škála

Obrázek 34 Deska D1 - V_y - upravená škála

Celá stropní deska vyhovuje na smykovou únosnost až na pár špiček vzniklých na koncích podpor, avšak v rámci tloušťky stěny, a v křížení podpor s průvlaky. Tyto jsou vykryty vrámcí výztuže průvlaků.

4.2.2.3 Kotevní délka

1. Kotvení $\Phi = 10$ mm (dobré podmínky soudržnosti)

mezní napětí v soudržnosti

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

základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \Phi/4 \cdot f_{yd}/f_{bd} = 10/4 \cdot 434,78/3,3 = 329 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{b,min} = \text{MAX}(0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\Phi; 100 \text{ mm}) =$$

$$\text{MAX}(0,3 \cdot 329; 10 \cdot 10; 100 \text{ mm}) = 100 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 235 \text{ mm}$$

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

$$235 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

stykový délka

$$l_{0,min} = \text{MAX}(0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}; 15\Phi; 200 \text{ mm}) =$$

$$\begin{aligned} \text{MAX}(0,3 \cdot 1 \cdot 329; 15 \cdot 10; 200 \text{ mm}) &= 200 \text{ mm} \\ l_0 &= \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 495 \text{ mm} \\ l_0 &\geq l_{0,min} \\ 495 \text{ mm} &\geq 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

2. Kotvení $\Phi = 12$ mm (dobré podmínky soudržnosti)

mezní napětí v soudržnosti

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

základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \Phi/4 \cdot f_{yd}/f_{bd} = 12/4 \cdot 434,78/3,3 = 395 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$\begin{aligned} l_{b,min} &= \text{MAX}(0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\Phi; 100 \text{ mm}) = \\ &= \text{MAX}(0,3 \cdot 395; 10 \cdot 12; 100 \text{ mm}) = 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 280 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{bd} &\geq l_{b,min} \\ 280 \text{ mm} &\geq 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

stykovací délka

$$\begin{aligned} l_{0,min} &= \text{MAX}(0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}; 15\Phi; 200 \text{ mm}) = \\ &= \text{MAX}(0,3 \cdot 1 \cdot 395; 15 \cdot 12; 200 \text{ mm}) = 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 595 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_0 &\geq l_{0,min} \\ 595 \text{ mm} &\geq 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

3. Kotvení $\Phi = 14$ mm (dobré podmínky soudržnosti)

mezní napětí v soudržnosti

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

základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \Phi/4 \cdot f_{yd}/f_{bd} = 14/4 \cdot 434,78/3,3 = 461 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$\begin{aligned} l_{b,min} &= \text{MAX}(0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\Phi; 100 \text{ mm}) = \\ &= \text{MAX}(0,3 \cdot 461; 10 \cdot 14; 100 \text{ mm}) = 140 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 325 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{bd} &\geq l_{b,min} \\ 325 \text{ mm} &\geq 140 \text{ mm} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

stykovací délka

$$\begin{aligned}
 l_{0,\min} &= \text{MAX} (0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,\text{rqd}} ; 15\Phi ; 200 \text{ mm}) = \\
 &\text{MAX} (0,3 \cdot 1 \cdot 461 ; 15 \cdot 14 ; 200 \text{ mm}) = 210 \text{ mm} \\
 l_0 &= \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,\text{rqd}} = 695 \text{ mm} \\
 l_0 &\geq l_{0,\min} \\
 695 \text{ mm} &\geq 210 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

VYHOVUJE

4.2.3 Návrh isokorbů

Ruční výpočet ohybových momentů ve vetknutí balkónu :

-zatížení:

- vlastní tíha	$25 \cdot 0,2 =$	$5,00 \text{ kN/m}^2$
- podlaha		$1,67 \text{ kN/m}^2$
- užité		$3,00 \text{ kN/m}^2$
- vítr		$0,16 \text{ kN/m}^2$
- zábradlí		$0,50 \text{ kNm/m}$

-kombinace $f_d = (5+1,67) \cdot 1,35 + 3 \cdot 1,5 + 0,16 \cdot 1,5 \cdot 0,6 = 13,65 \text{ kN/m}^2$

$M_d = 0,5 \cdot 1,5 = 0,75 \text{ kNm/m}$

-rozdělení zatížení do směru x a y – vycházím z rovnosti průhybu na konci konzol

$$w_x = w_y$$

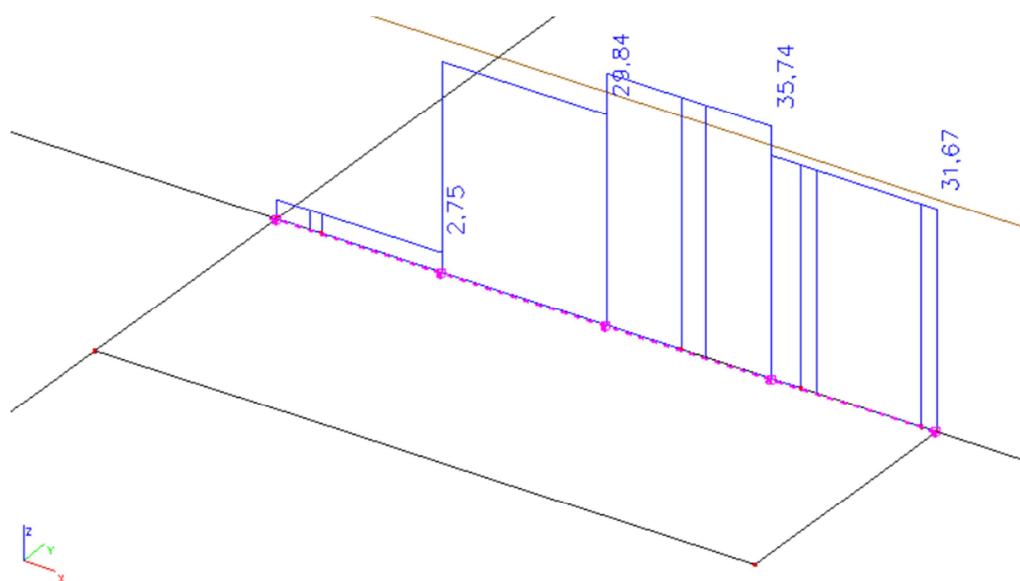
$$f_x \cdot l_x^4 / (8EI) + M_d \cdot l_x^2 / (2EI) = f_y \cdot l_y^4 / (8EI) + M_d \cdot l_y^2 / (2EI)$$

$$f_d \cdot \alpha_x \cdot l_x^4 + 4 \cdot M_d \cdot l_x^2 = f_d \cdot (1 - \alpha_x) \cdot l_y^4 + 4 \cdot M_d \cdot l_y^2$$

$$\alpha_x = \frac{f_d \cdot l_y^4 + 4 \cdot M_d \cdot (l_y^2 - l_x^2)}{f_d \cdot (l_x^4 + l_y^4)} = \frac{13,65 \cdot 2,15^4 + 4 \cdot 0,75 \cdot (2,15^2 - 5,38^2)}{13,65 \cdot (5,38^4 + 2,15^4)} = 0,0186$$

→ zatížení je přenášeno zejména v kratším směru

$$M_y = 0,5 \cdot f_d \cdot (1 - \alpha_x) \cdot l_y^2 + M_d = 0,5 \cdot 13,65 \cdot (1 - 0,0186) \cdot 2,15^2 + 0,75 = 31,712 \text{ kNm/m}$$



Obrázek 35 Deska D1 - isokorby – myD+

NÁVRH ISOKORB K70M - CV30 - V8 - H200 - R120

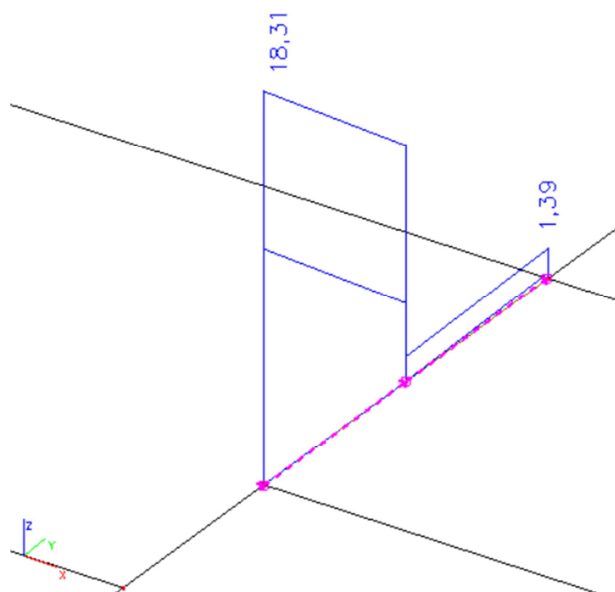
Schöck Isokorb® typ			K60S	K70M	K80M	K90M	K100M
Vnitřní síly na mezi únosnosti	krytí výztuže CV [mm]		pevnost betonu ≥ C25/30				
	CV30	CV50	$m_{Ed,y}$ [kNm/m]				
Výška prvku H [mm]	160	180	-30,8	-33,8	-42,3	-50,7	-59,2
	170	190	-34,3	-37,8	-47,2	-56,6	-66,1
	180	200	-37,8	-41,7	-52,1	-62,5	-73,0
	190	210	-41,3	-45,6	-57,0	-68,4	-79,9
	200	220	-44,8	-49,6	-62,0	-74,3	-86,7
	210	230	-48,3	-53,5	-66,9	-80,2	-93,6
	220	240	-51,8	-57,4	-71,8	-86,2	-100,5
	230	250	-55,2	-61,4	-76,7	-92,1	-107,4
	240	260	-58,7	-65,3	-81,6	-98,0	-114,3
	250	270	-62,2	-69,2	-86,5	-103,9	-121,2
	260	280	-65,7	-73,2	-91,5	-109,8	-128,0
	270		-69,2	-77,1	-96,4	-115,7	-134,9
	280		-72,7	-81,0	-101,3	-121,6	-141,8
Třída únosnosti ve smyku			$v_{Rd,y}$ [kN/m]				
	V8		54,8	82,1	82,1	82,1	82,1
	V10		-	136,9	136,9	136,9	136,9
	VV		-	82,1/-54,8	82,1/-54,8	82,1/-54,8	82,1/-54,8

Schöck Isokorb® typ	K60S	K70M	K80M	K90M	K100M
Délka prvku [mm]	1000	1000	1000	1000	1000
Tažená výztuž	16 Ø 8	8 Ø 12	10 Ø 12	12 Ø 12	14 Ø 12
Smyková výztuž V8	4 Ø 8	6 Ø 8	6 Ø 8	6 Ø 8	6 Ø 8
Smyková výztuž V10	-	10 Ø 8	10 Ø 8	10 Ø 8	10 Ø 8
Smyková výztuž VV	-	6 Ø 8 + 4 Ø 8	6 Ø 8 + 4 Ø 8	6 Ø 8 + 4 Ø 8	6 Ø 8 + 4 Ø 8
Tlaková ložiska V8/V10/VV (ks)	8	14	14	16	16

$$M_{ED} = 35,74 \cdot 1,075 = 37,81 \text{ kNm}$$

$$M_{RD} = 49,6 \text{ kNm}$$

$$M_{RD} \leq M_{ED} \quad \text{VYHOVUJE}$$



Obrázek 36 Deska D1 - isokorby – mxD+

NÁVRH ISOKORB K30S – CV50 - V8 - H200 - R120

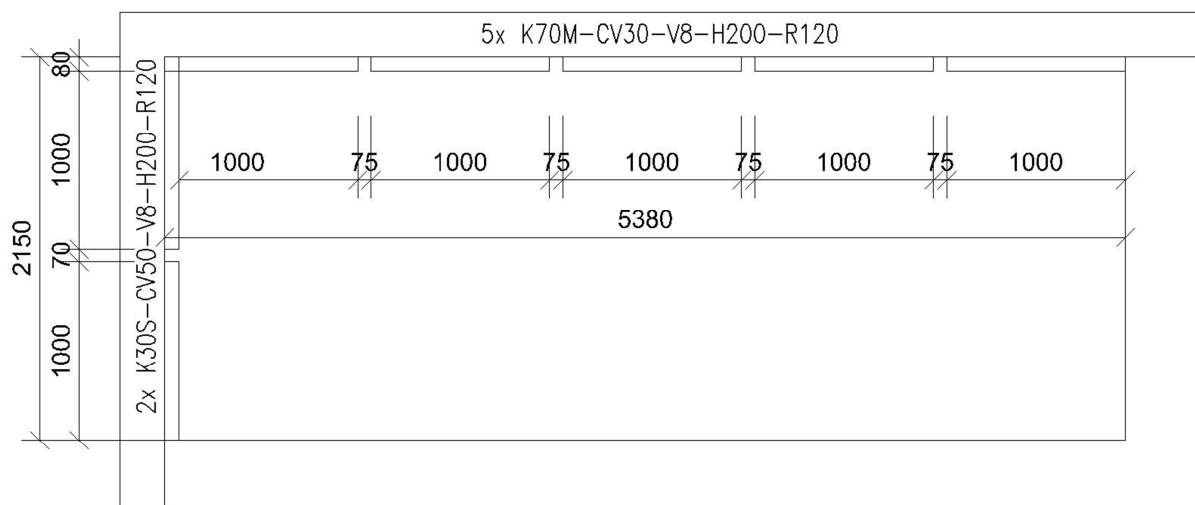
Schöck Isokorb® typ			K10S	K20S	K30S	K40S	K50S
Vnitřní síly na mezi únosnosti	krytí výztuže CV [mm]		pevnost betonu $\geq C25/30$				
	CV30	CV50	$m_{rd,y}$ [kNm/m]				
Výška prvku H [mm]	160	180	-7,7	-15,4	-19,2	-23,1	-26,9
	170	190	-8,6	-17,1	-21,4	-25,7	-30,0
	180	200	-9,4	-18,9	-23,6	-28,3	-33,0
	190	210	-10,3	-20,6	-25,8	-30,9	-36,1
	200	220	-11,2	-22,4	-28,0	-33,6	-39,2
	210	230	-12,1	-24,1	-30,2	-36,2	-42,2
	220	240	-12,9	-25,9	-32,3	-38,8	-45,3
	230	250	-13,8	-27,6	-34,5	-41,4	-48,3
	240	260	-14,7	-29,4	-36,7	-44,1	-51,4
	250	270	-15,6	-31,1	-38,9	-46,7	-54,5
	260	280	-16,4	-32,9	-41,1	-49,3	-57,5
	270		-17,3	-34,6	-43,3	-51,9	-60,6
	280		-18,2	-36,4	-45,5	-54,5	-63,6
Třída únosnosti ve smyku			$v_{rd,z}$ [kN/m]				
	V8		54,8	54,8	54,8	54,8	54,8

Schöck Isokorb® typ	K10S	K20S	K30S	K40S	K50S
Délka prvku [mm]	1000	1000	1000	1000	1000
Tažená výztuž	4 \emptyset 8	8 \emptyset 8	10 \emptyset 8	12 \emptyset 8	14 \emptyset 8
Smyková výztuž V8	4 \emptyset 8	4 \emptyset 8	4 \emptyset 8	4 \emptyset 8	4 \emptyset 8
Tlaková ložiska V8 (ks)	4	4	6	6	8

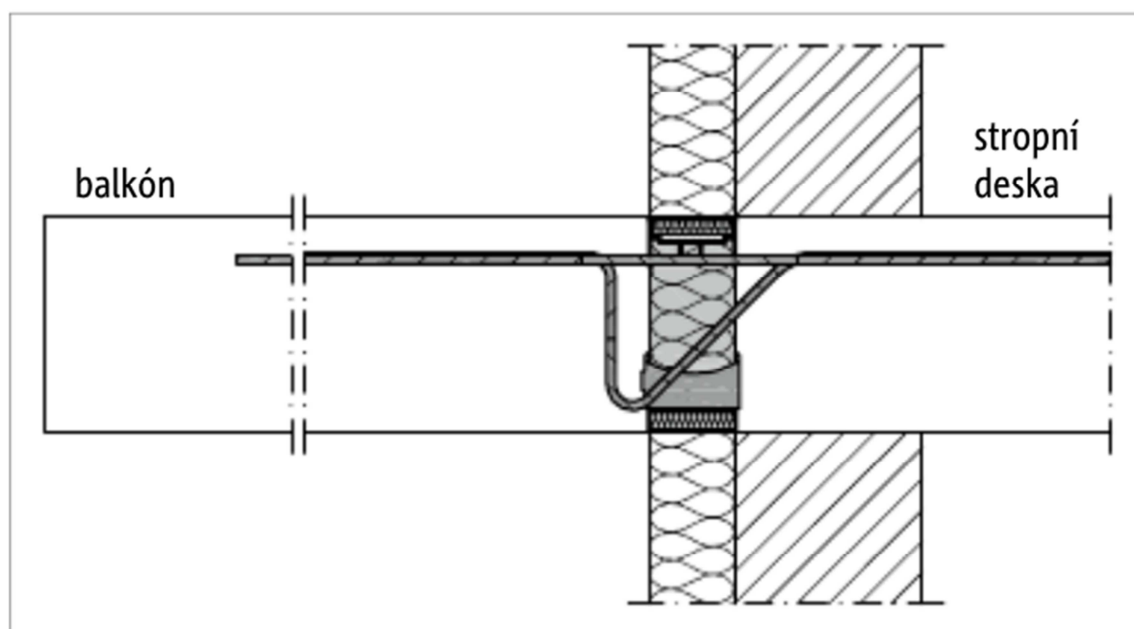
$$M_{ED} = 18,31 \cdot 1,075 = 19,68 \text{ kNm}$$

$$M_{RD} = 23,6 \text{ kNm}$$

$$M_{RD} \leq M_{ED} \quad \text{VYHOVUJE}$$



Obrázek 37 Schéma rozmístění isokorbů

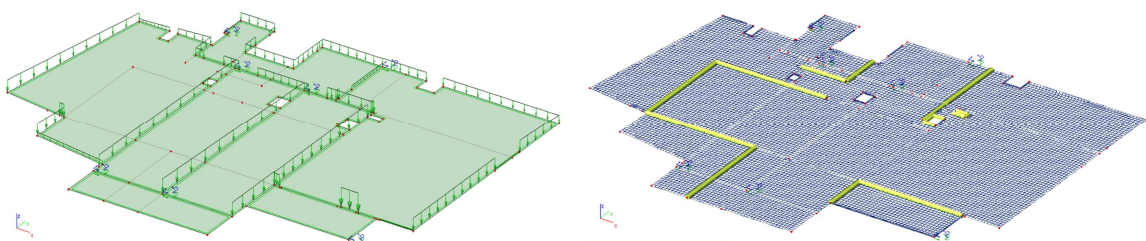


Obrázek 38 Schéma isokorbu typu K

4.2.4 II. MS

Výpočet 2. mezního stavu byl provdén softwarem Scia Engineer 2015 s nastavenými nelinearitami pro železobeton a zadanou výztuží.

Vzhledem k náročnosti výpočtu a omezenému technickému vybavení byl pro tento výpočet vytvořen zjednodušený model patra zatížený průměrnými reakcemi od odebrané části konstrukce a síť konečných prvků musela být zvětšena na oblasti po 0,20 m.



Byla vytvořena kvazistálá kombinace pro beton dle:

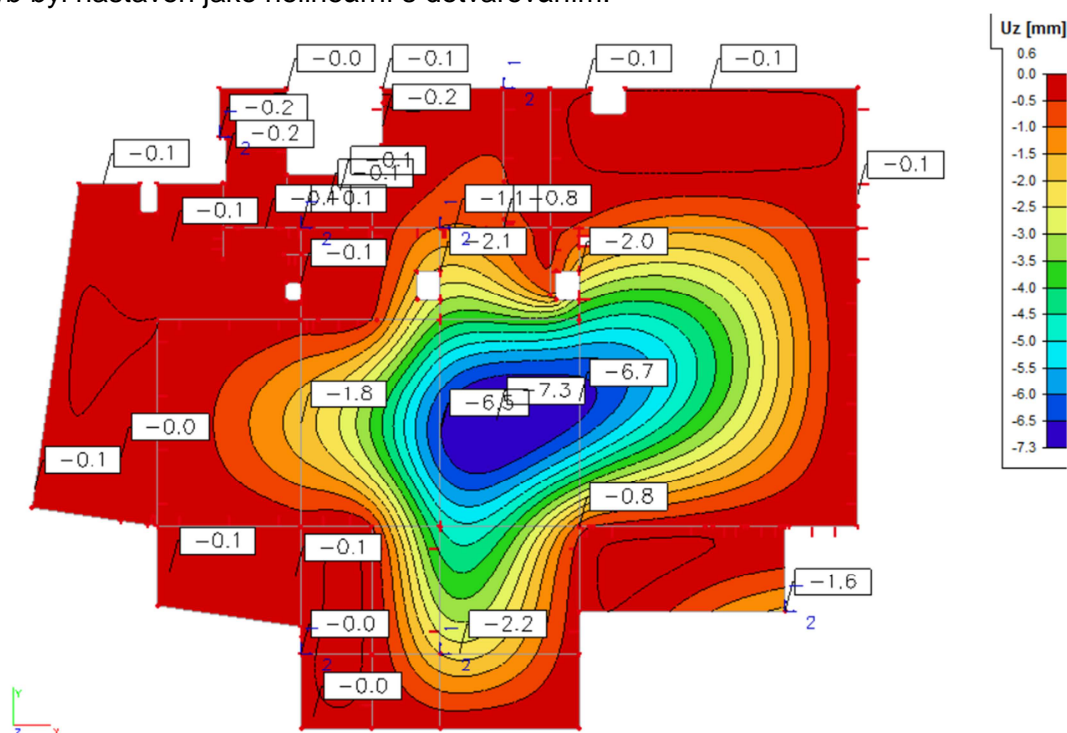
$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

kde byly použity součinitele $\psi_2 = 0,3$ pro užiténé 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.



Obrázek 39 Deska D1 - u_z - nelineární s dotvarováním

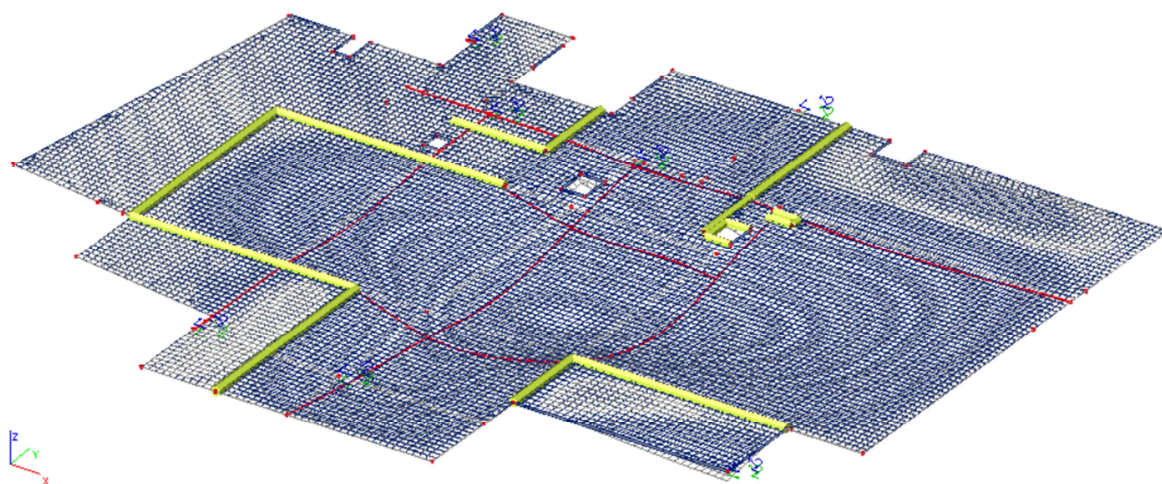
$$w_{\max} = 7,3 \text{ mm}$$

$$w_{\lim} = l/250 = 6100/250 = 24,4 \text{ mm}$$

$$w_{\max} \leq w_{\lim}$$

$$7,3 \text{ mm} \leq 24,4 \text{ mm}$$

→ VYHOVUJE 30%

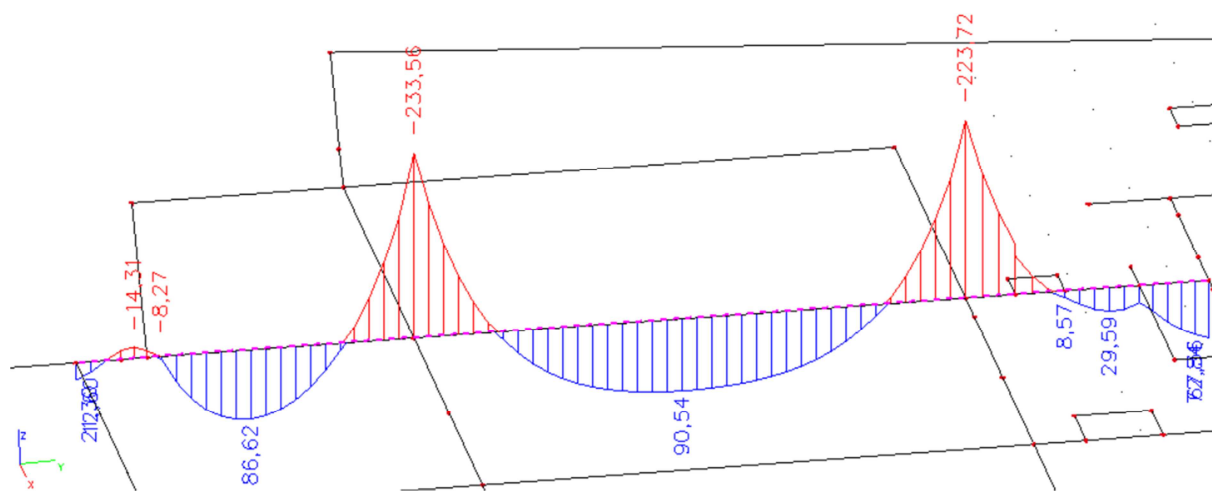


Obrázek 40 Deska D1 - deformovaná konstrukce

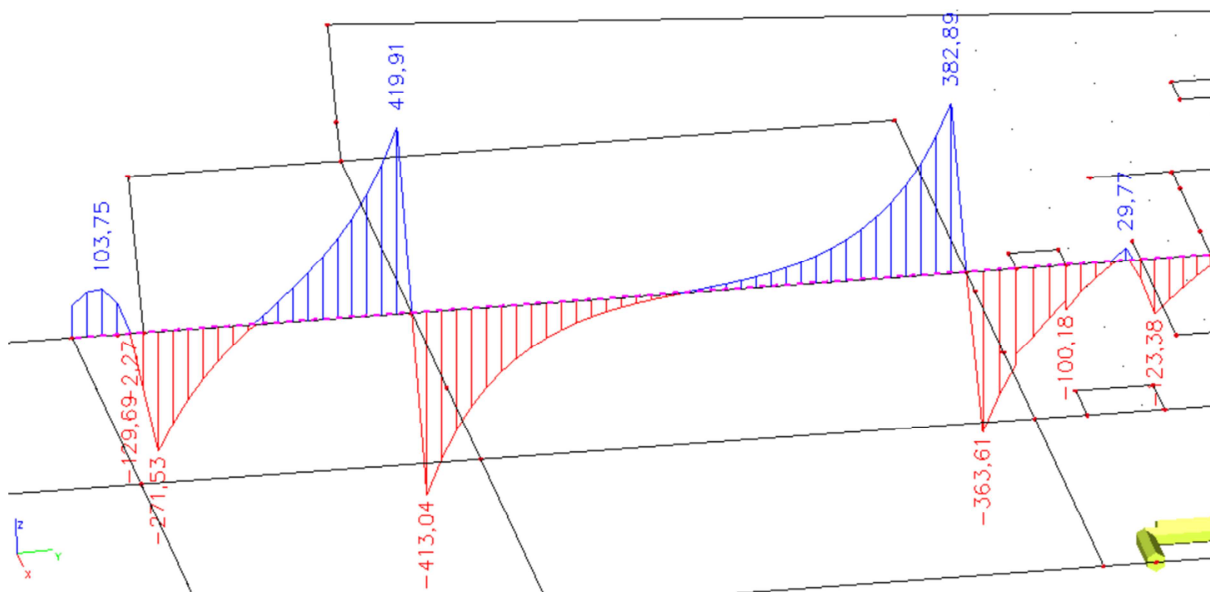
4.3 PRŮVLAK P1

- Celková světlá délka průvlaku $l = 10,050 \text{ m}$

4.3.1 Vnitřní síly



Obrázek 41 Průvlak P1 – My



Obrázek 42 Průvlak P1 – Vz

4.3.2 Dimenzování

4.3.2.1 Ohyb

DIMENZOVÁNÍ NA OHYB dle ČSN EN 1992-1-1 - PRŮVLAK P1 (EXTRÉMY)

Geometrie :

podpora $l_0 = 0,15(l_1 + l_2) = 0,15 \cdot (2,73 + 5,55) = 1,242 \text{ m}$

spolupůsobící šířka desky - levá $b_{efL} = 0,2 \cdot b_L / 2 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 1,8625 + 0,1 \cdot 1,242 = 497 \text{ mm}$

spolupůsobící šířka desky - pravá $b_{efP} = 0,2 \cdot b_P / 2 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 1,925 + 0,1 \cdot 1,242 = 509 \text{ mm}$

celková šířka spolupůsobící desky $b_{ef} = b_{efL} + b + b_{efP} = 497 + 450 + 509 = 1456 \text{ mm}$

pole $l_0 = 0,7 \cdot l = 0,7 \cdot 5,55 = 3,885 \text{ m}$

spolupůsobící šířka desky - levá $b_{efL} = 0,2 \cdot b_L / 2 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 1,8625 + 0,1 \cdot 3,885 = 761 \text{ mm}$

spolupůsobící šířka desky - pravá $b_{efP} = 0,2 \cdot b_P / 2 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 1,925 + 0,1 \cdot 3,885 = 647 \text{ mm}$

celková šířka spolupůsobící desky $b_{ef} = b_{efL} + b + b_{efP} = 761 + 450 + 647 = 1858 \text{ mm}$

Rozměry :

šířka průřezu

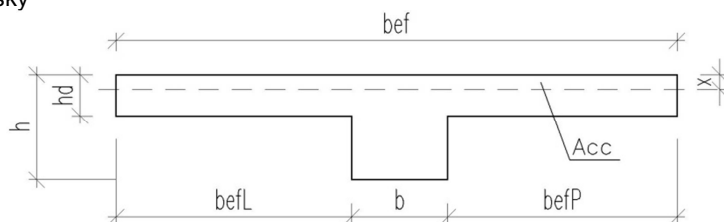
$b = 450 \text{ mm}$

výška průřezu

$h = 650 \text{ mm}$

výška desky

$h_d = 250 \text{ mm}$



Vnitřní síly :

Moment v poli (návrhová hodnota)

$$M_{Ed}^- = 90,540 \text{ kNm}$$

Moment nad podporou (návrhová hodnota)

$$M_{Ed}^+ = 233,920 \text{ kNm}$$

Profil spodní výztuže

$$\Phi_{sl}^D = 12 \text{ mm}$$

Profil horní výztuže

$$\Phi_{sl}^H = 16 \text{ mm}$$

Profil třmínku

$$\Phi_{tr} = 8 \text{ mm}$$

Krytí :

$$c_{min,b} = 16 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = 15 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 15 \text{ mm}$$

$$c_{dur,y} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$$

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

$$\max(16 ; 15 + 0 - 0 - 0 ; 10) =$$

$$16 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 16 + 15 =$$

$$35 \text{ mm}$$

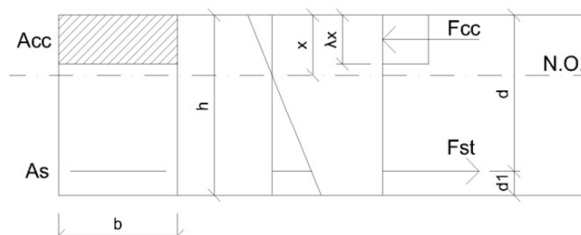
Dimenzování dolní výztuže :

$$d_1 = c_{nom} + \Phi_{tr} + \Phi_{sl}/2 = 35 + 8 + 12/2 =$$

$$49 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 650 - 49 =$$

$$601 \text{ mm}$$

**- plocha výztuže**

$$A_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,9/500 \cdot 450 \cdot 601 ; 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 450 \cdot 601) = 4,08E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 0,676 = 2,70E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH

$$4 \Phi 12 \text{ mm}$$

$$A_s = 4,52E-04 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$\langle A_{s,min} ; A_s ; A_{s,max} \rangle \\ \langle 0,000408 ; 0,000452 ; 0,02706 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s = (b - 2c_{nom} - 2\Phi_{tr} - \Phi_{sl})/(s-1) - \Phi_{sl} = 105,3 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl} ; d_g + 5 \text{ mm} ; 20 \text{ mm}) = \max(1,2 \cdot 12 ; 16 + 5 ; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 300 \text{ mm}$$

$$\langle s_{min} ; s ; s_{max} \rangle \\ \langle 21 ; 105,3 ; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd})/(\lambda \cdot b_{eff} \cdot f_{cd}) = (452 \cdot 434,78)/(0,8 \cdot 1985 \cdot 20) = 6,61 \text{ mm}$$

x < h_s -> N.O. leží v desce**- kontrola přetvoření výztuže**

$$\epsilon_{cu3}/x = \epsilon_s/(d-x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d-x)/x = 0,0035 \cdot (601 - 6,61)/6,61 = 31,47 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$$

$$31,47 \% \geq 0,217 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 452.434,78 \cdot (601 - (0,8 \cdot 6,61) / 2) = 117,589 \text{ kNm}$$

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

$$117,589 \text{ kNm} \geq 90,54 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

77,0 %

Spodní podélná výztuž - návrh 4 x Φ R12 mm

Dimenzování horní výztuže :

$$d_1 = c_{nom} + \Phi_{tř} + \Phi_{sl} / 2 = 35 + 8 + 16 / 2 = 51 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 650 - 51 = 599 \text{ mm}$$

- plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm} / f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,9 / 500 \cdot 450 \cdot 599 = 4,06E-04 \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 450 \cdot 599$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 450 \cdot 650 = 1,17E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH

5

 Φ

16 mm

 $A_s =$ 1,01E-03 m²/m

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

$$\langle 0,000406; 0,001005; 0,0117 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s = (b - 2c_{nom} - 2\Phi_{tř} - \Phi_{sl}) / (s - 1) - \Phi_{sl} = 71 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl}; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1,2 \cdot 16; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 300 \text{ mm}$$

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

$$\langle 21; 71; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = (1005.434,78) / (0,8 \cdot 450 \cdot 20) = 60,69 \text{ mm}$$

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3} / x = \epsilon_s / (d - x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d - x) / x = 0,0035 \cdot (599 - 60,69) / 60,69 = 3,1 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$$

$$3,1 \% \geq 0,217 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 1005.434,78 \cdot (599 - (0,8 \cdot 60,69) / 2) = 251,128 \text{ kNm}$$

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

$$251,128 \text{ kNm} \geq 233,92 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

93,1 %

Horní podélná výztuž - návrh 5 x Φ R16 mmSpodní výztuž po celé délce prvku - 4 Φ R12Horní výztuž nad podporami - 5 Φ R16

4.3.2.2 Smyk

POSOUZENÍ NA SMYK

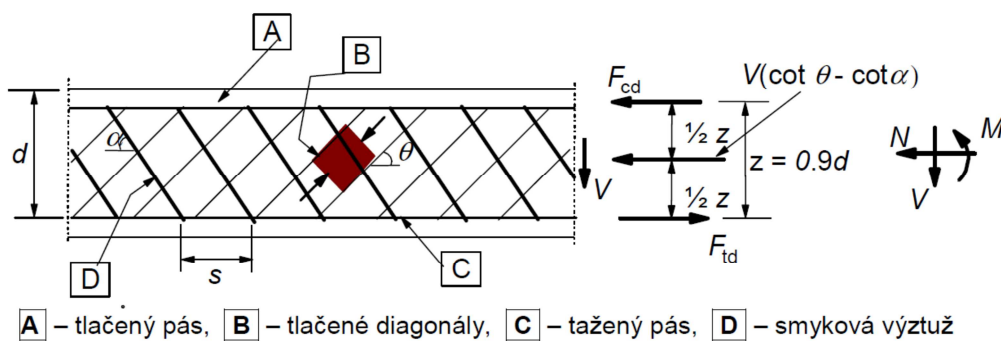
			$V_{ed,max} =$	419,910	kN
$C_{Rd,c} =$	$0,18/\gamma_c =$	$0,18/1,5 =$		0,12	
$k =$	$1 + ODM(200/d) =$	$1 + ODM(200/601) =$		1,58	≤ 2
					$k = 1,58$
$\rho_l =$	$A_{sl}/(b_w \cdot d) =$	$452/(450 \cdot 601) =$		0,00167	$\leq 0,02$
					0,0016
					$\rho_l = 7$
$V'_{Rd,c} =$	$[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d =$				
	$[0,12 \cdot 1,58 \cdot (100 \cdot 0,00167 \cdot 30)^{1/3}] \cdot 450 \cdot 601/1000 =$			87,741	kN
$V_{min} =$	$0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	$0,035 \cdot 1,58^{2/3} \cdot 30^{1/2} =$		0,26	
$V_{Rd,c,min} =$	$V_{min} \cdot b_w \cdot d =$	$0,26 \cdot 450 \cdot 601/1000 =$		70,317	kN
$V_{Rd,c} =$	$\max(V'_{Rd,c}; V_{Rd,c,min}) =$	$\max(87,741; 70,317) =$		87,741	kN

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

$$87,741 \text{ kN} \geq 419,91 \text{ kN}$$

NEVYHOVUJE!

>> Nutný návrh smykové výztuže



Návrh smykové výztuže :

Úhel mezi smyk. výztuží a osou nosníku

$\alpha = 0^\circ$

Úhel mezi bet. tlakovými diagonálami a osou nosníku

$\cotg \theta = 2$ $1 \leq \cotg \theta \leq 2,5$

osová vzdálenost smykových výztuží

$s = 0,1 \text{ m}$

průměr smykové výztuže

$\phi_{sw} = 0,008 \text{ m}$

počet stříhů

$n = 2$

plocha smykové výztuže

$A_{sw} = 1,01E-04 \text{ m}^2$

1. Únosnost tlačené diagonály

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

$V_{Rd,max} = (v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot \cotg \theta) / (\cotg^2 \theta - 1) = (0,528 \cdot 20 \cdot 450 \cdot 2) / (4 - 1) = 1900,800 \text{ kN}$

$V_{ed,max} \leq V_{Rd,max}$

$419,91 \text{ kN} \leq 1900,8 \text{ kN}$

VYHOVUJE

1. Únosnost tažené diagonály

$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 0,601 = 0,539 \text{ m}$

$s' = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \cotg \theta / V_{ed,max} = 101 \cdot 434,78 \cdot 539 \cdot 2 / 419910 = 113 \text{ mm}$

$s_{max} = \text{MIN}(0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg \alpha); 400 \text{ mm}) = (0,75 \cdot 601; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$

$s \leq s_{max}$
 $100 \text{ mm} \leq 400 \text{ mm}$

VYHOVUJE

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta = (101/100) \cdot 539 \cdot 434,78 \cdot 2 = 473,380 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = (b_w \cdot z \cdot v \cdot f_{cd}) / (\cot \theta + \tan \theta) = (450 \cdot 0,539 \cdot 0,528 \cdot 20) / (2 + 0,5) = 1024,531 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max}) = \min(473,38; 1024,531) = 473,380 \text{ kN}$$

$$V_{ed,max} \leq V_{Rd}$$

$$419,91 \text{ kN} \leq 473,38 \text{ kN}$$

VYHOVUJE 88,7 %

- stupeň vyztužení

$$\rho_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin \alpha) = 101 / (100 \cdot 450) = 2,24E-03$$

$$\rho_{w,min} = (0,08 \cdot f_{ck}^{1/2}) / f_{yk} = (0,08 \cdot 30^{1/2}) / 500 = 8,80E-04$$

$$\rho_{w,min} \leq \rho_w$$

$$0,00088 \leq 0,00224$$

VYHOVUJE

$$(A_{sw} \cdot f_{ywd}) / (b_w \cdot s) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$(101 \cdot 434,78) / (450 \cdot 100) \leq (0,5 \cdot 0,528 \cdot 20)$$

$$0,976 \leq 5,28$$

VYHOVUJE

Smyková výztuž - návrh 2* třmínky $\Phi R8 / 100 \text{ mm}$

DALŠÍ OBLASTI	$V_{Rd,c,max}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
2* $\Phi 8 / 150$	1900,8	315,59	1024,53	315,59
2* $\Phi 8 / 250$	1900,8	189,52	1024,53	189,52

4.3.2.3 Kotevní délka**1. Kotvení $\Phi = 12 \text{ mm}$ (dobré podmínky soudržnosti)**

mezni napětí v soudržnosti

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

základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \Phi / 4 \cdot f_{yd} / f_{bd} = 12 / 4 \cdot 434,78 / 3,3 = 395 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{b,min} = \max(0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\Phi; 100 \text{ mm}) =$$

$$\max(0,3 \cdot 395; 10 \cdot 12; 100 \text{ mm}) = 120 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 280 \text{ mm}$$

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

$$280 \text{ mm} \geq 120 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

stykovací délka

$$l_{0,min} = \max(0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}; 15\Phi; 200 \text{ mm}) =$$

$$l_0 = \text{MAX}(0,3 \cdot 1 \cdot 395; 15 \cdot 12; 200 \text{ mm}) = 200 \text{ mm}$$

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 595 \text{ mm}$$

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

$$595 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2. Kotvení $\Phi = 16 \text{ mm}$ (špatné podmínky soudržnosti)

mezní napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 2,2/1,5 = 2,31 \text{ MPa}$$

základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \Phi/4 \cdot f_{yd}/f_{bd} = 16/4 \cdot 434,78/2,31 = 753 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{b,min} = \text{MAX}(0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\Phi; 100 \text{ mm}) =$$

$$\text{MAX}(0,3 \cdot 753; 10 \cdot 16; 100 \text{ mm}) = 225,9 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 530 \text{ mm}$$

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

$$530 \text{ mm} \geq 225,9 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

stykovací délka

$$l_{0,min} = \text{MAX}(0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}; 15\Phi; 200 \text{ mm}) =$$

$$\text{MAX}(0,3 \cdot 1 \cdot 753; 15 \cdot 16; 200 \text{ mm}) = 240 \text{ mm}$$

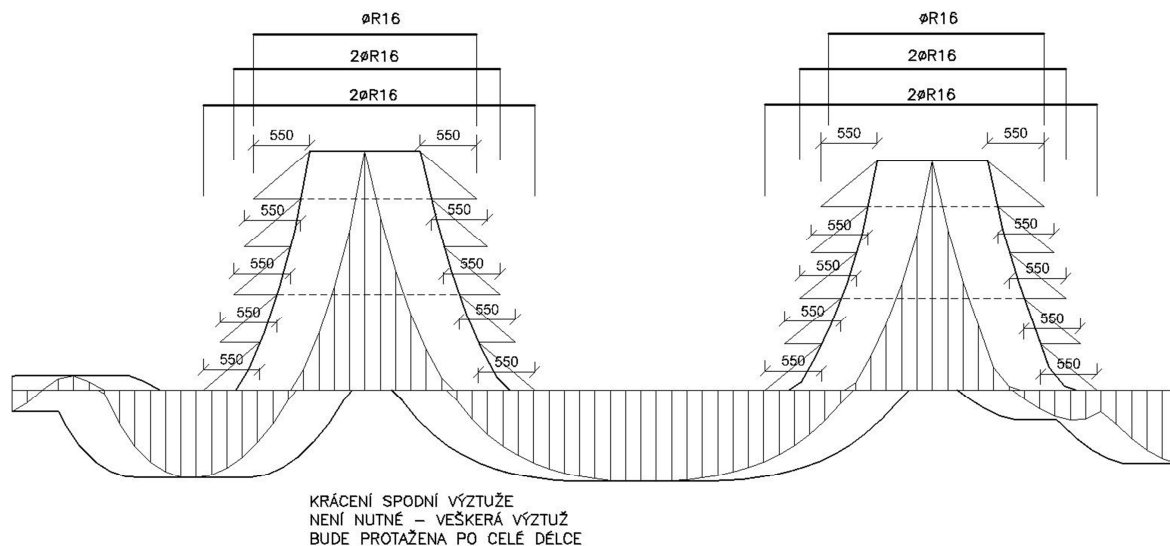
$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 1130 \text{ mm}$$

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

$$1130 \text{ mm} \geq 240 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

4.3.2.4 Rozdělení materiálu

Krácení spodní výztuže není nutné, veškerá výztuž bude protažena po celé délce prvku, proto bylo rozdělení materiálu provedeno pouze pro horní zónu.

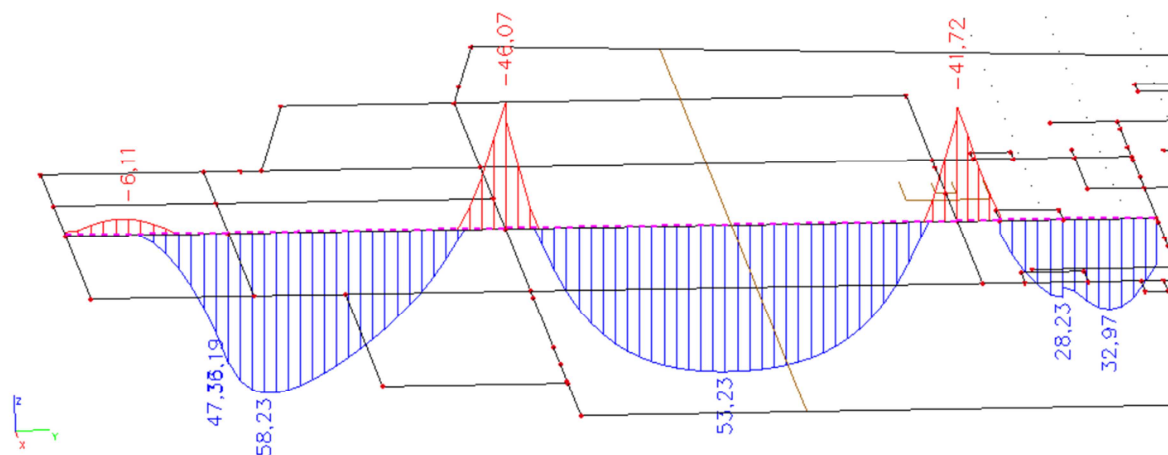


Obrázek 43 Průvlak P1 - schéma rozdělení materiálů

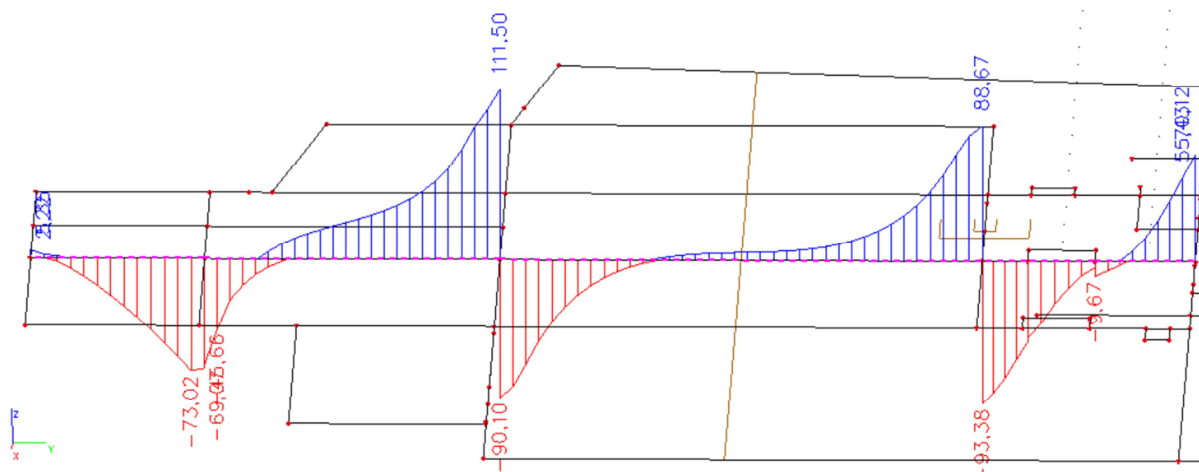
4.4 PRŮVLAK P2

- Celková světlá délka průvlastu $l = 13,050 \text{ m}$

4.4.1 Vnitřní síly



Obrázek 44 Průvlak P2 – M_y



Obrázek 45 Průvlak P2 – Vz

4.4.2 Dimenzování

4.4.2.1 Ohyb

DIMENZOVÁNÍ NA OHYB dle ČSN EN 1992-1-1 - PRŮVLAK P2 (EXTRÉMY)

Geometrie :

podpora $l_0 = 0,15(l_1 + l_2) = 0,15(5,35 + 5,55) = 1,635 \text{ m}$

spolupůsobící šířka desky - levá $b_{efL} = 0,2 \cdot b_L / 2 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 1,8625 + 0,1 \cdot 1,635 = 536 \text{ mm}$

spolupůsobící šířka desky - pravá $b_{efP} = 0,2 \cdot b_P / 2 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 1,8625 + 0,1 \cdot 1,635 = 536 \text{ mm}$

celková šířka spolupůsobící desky $b_{ef} = b_{efL} + b + b_{efP} = 536 + 450 + 536 = 1522 \text{ mm}$

pole $l_0 = 0,85 \cdot l = 0,85 \cdot 5,35 = 4,548 \text{ m}$

spolupůsobící šířka desky - levá $b_{efL} = 0,2 \cdot b_L / 2 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 1,8625 + 0,1 \cdot 4,548 = 827 \text{ mm}$

spolupůsobící šířka desky - pravá $b_{efP} = 0,2 \cdot b_P / 2 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 1,8625 + 0,1 \cdot 4,548 = 827 \text{ mm}$

celková šířka spolupůsobící desky $b_{ef} = b_{efL} + b + b_{efP} = 827 + 450 + 827 = 2104 \text{ mm}$

Rozměry :

šířka průřezu

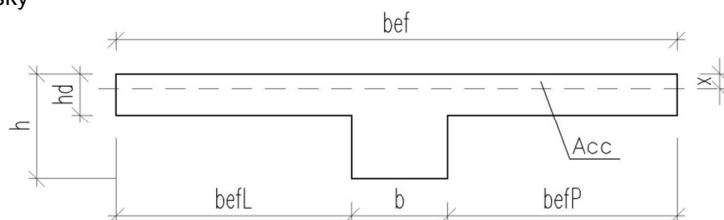
$b = 450 \text{ mm}$

výška průřezu

$h = 650 \text{ mm}$

výška desky

$h_d = 250 \text{ mm}$



Vnitřní síly :

Moment v poli (návrhová hodnota)

$M_{Ed}^- = 58,230 \text{ kNm}$

Moment nad podporou (návrhová hodnota)

$M_{Ed}^+ = 46,070 \text{ kNm}$

Profil spodní výztuže

$\Phi_{sl}^D = 12 \text{ mm}$

Profil horní výztuže

$\Phi_{sl}^H = 12 \text{ mm}$

Profil třmínku

 $\Phi_{tr} = 8$ mm

Krytí :

$c_{min,b} =$	12 mm	$\Delta c_{dev} =$	20 mm (vzhledem k výztuži desky)
$c_{min,dur} =$	15 mm		
$c_{dur,\gamma} =$	0 mm		
$\Delta c_{dur,st} =$	0 mm		
$\Delta c_{dur,add} =$	0 mm		

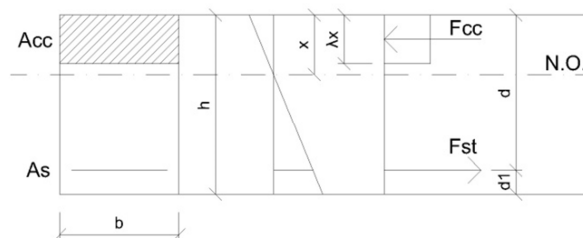
$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}) = \max(12; 15 + 0 - 0 - 0; 10) = 15 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 15 + 20 = 35 \text{ mm}$$

Dimenzování dolní výztuže :

$$d_1 = c_{nom} + \Phi_{tr} + \Phi_{sl}/2 = 35 + 8 + 12/2 = 49 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 650 - 49 = 601 \text{ mm}$$



- plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,9/500 \cdot 450 \cdot 601; 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 450 \cdot 601) = 4,08E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 0,561 = 2,24E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH 4 Φ 12 mm $A_s = 4,52E-04 \text{ m}^2/\text{m}$

$$\langle A_{s,min}; A_s; A_{s,max} \rangle = \langle 0,000408; 0,000452; 0,0224 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s = (b - 2c_{nom} - 2\Phi_{tr} - \Phi_{sl}) / (s - 1) - \Phi_{sl} = 105,3 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl}; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1,2 \cdot 12; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 300 \text{ mm}$$

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

$$\langle 21; 105,3; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = (452 \cdot 434,78) / (0,8 \cdot 1522 \cdot 20) = 8,07 \text{ mm}$$

 $x < h_s \rightarrow$ N.O. leží v desce

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3}/x = \epsilon_s / (d - x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d - x) / x = 0,0035 \cdot (606 - 8,07) / 8,07 = 25,72 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$$

$$25,72 \% \geq 0,217 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 452 \cdot 434,78 \cdot (601 - (0,8 \cdot 8,07) / 2) = 117,474 \text{ kNm}$$

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

$$117,474 \text{ kNm} \geq 58,23 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

49,6 %

Spodní podélná výztuž - návrh 4 x Φ R12 mm

Dimenzování horní výztuže :

$$d_1 = c_{nom} + \Phi_{tf} + \Phi_{sl}/2 = 35 + 8 + 12/2 = 49 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 650 - 49 = 601 \text{ mm}$$

- plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,9/500 \cdot 450 \cdot 601 = 4,08E-04 \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 450 \cdot 601$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 450 \cdot 650 = 1,17E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH **4** **Φ** **12 mm** **A_s=** **4,52E-04 m²/m**

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

$$\langle 0,000408; 0,000452; 0,0117 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s = (b - 2c_{nom} - 2\Phi_{tf} - \Phi_{sl}) / (s-1) - \Phi_{sl} = 105,3 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl}; d_g + 5\text{mm}; 20\text{mm}) = \max(1,2 \cdot 12; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 300 \text{ mm}$$

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

$$\langle 21; 105,3; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = (452 \cdot 434,78) / (0,8 \cdot 450 \cdot 20) = 27,29 \text{ mm}$$

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3}/x = \epsilon_s / (d - x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d - x) / x = 0,0035 \cdot (601 - 27,29) / 27,29 = 7,36 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$$

$$7,36 \% \geq 0,217 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 452 \cdot 434,78 \cdot (606 - (0,8 \cdot 27,29) / 2) = 116,946 \text{ kNm}$$

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

$$116,946 \text{ kNm} \geq 46,07 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

39,4 %

Horní podélná výztuž - návrh 4 x ΦR12 mm

4.4.2.2 Smyk

NÁVRH SMYKOVÉ VÝZTUŽE

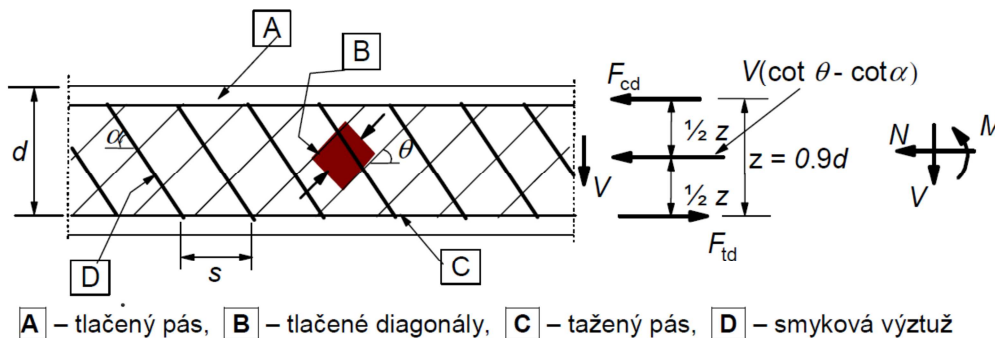
			$V_{ed,max} =$	111,500	kN
$C_{Rd,c} =$	$0,18/\gamma_c =$	$0,18/1,5 =$		0,12	
$k =$	$1 + ODM(200/d) =$	$1 + ODM(200/601) =$		1,58	≤ 2
					$k = 1,58$
$\rho_l =$	$A_{sl}/(b_w \cdot d) =$	$452/(450 \cdot 601) =$		0,00167	$\leq 0,02$
					$\rho_l = 0,00167$
$V'_{Rd,c} =$	$[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d =$				
	$[0,12 \cdot 1,58 \cdot (100 \cdot 0,00167 \cdot 30)^{1/3}] \cdot 450 \cdot 601/1000 =$			87,741	kN
$V_{min} =$	$0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	$0,035 \cdot 1,58^{2/3} \cdot 30^{1/2} =$		0,26	
$V_{Rd,c,min} =$	$V_{min} \cdot b_w \cdot d =$	$0,259 \cdot 450 \cdot 601/1000 =$		70,317	kN
$V_{Rd,c} =$	$\max(V'_{Rd,c}; V_{Rd,c,min}) =$	$\max(87,736; 70,629) =$		87,741	kN

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

$$87,741 \text{ kN} \geq 171,87 \text{ kN}$$

NEVYHOVUJE!

>> Nutný návrh smykové výztuže

**Návrh smykové výztuže :**

Úhel mezi smyk. výztuží a osou nosníku	$\alpha =$	0	°
Úhel mezi bet. tlakovými diagonálami a osou nosníku	$\cotg \theta =$	2	$1 \leq \cotg \theta \leq 2,5$
osová vzdálenost smykových výztuží	$s =$	0,25	m
průměr smykové výztuže	$\phi_{sw} =$	0,008	m
počet stříhů	$n =$	2	
plocha smykové výztuže	$A_{sw} =$	1,01E-04	m ²

1. Únosnost tlačené diagonály

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

$$V_{Rd,max} = (v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot \cotg \theta) / (\cotg^2 \theta - 1) = (0,528 \cdot 20 \cdot 450 \cdot 2) / (4 - 1) = 1900,800 \text{ kN}$$

$$V_{ed,max} \leq V_{Rd,max}$$

$$111,50 \text{ kN} \leq 1900,8 \text{ kN}$$

VYHOVUJE1. Únosnost tažené diagonály

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 0,601 = 0,541 \text{ m}$$

$$s' = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \cotg \theta / V_{ed,max} = 101 \cdot 434,78 \cdot 545 \cdot 2 / 111500 = 426 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \text{MIN}(0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg \alpha); 400 \text{ mm}) = (0,75 \cdot 601; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{max}$$

$$250 \text{ mm} \leq 400 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta = (101/250) \cdot 541 \cdot 434,78 \cdot 2 = 190,055 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = (b_w \cdot z \cdot v \cdot f_{cd}) / (\cot \theta + \tan \theta) = (450 \cdot 0,541 \cdot 0,528 \cdot 20) / (2 + 0,5) = 1028,333 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max}) = \min(190,055; 1028,333) = 190,055 \text{ kN}$$

$$V_{ed,max} \leq V_{Rd}$$

$$111,50 \text{ kN} \leq 190,055 \text{ kN}$$

VYHOVUJE 58,7 %

- stupeň vyztužení

$$\rho_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin \alpha) = 101 / (250 \cdot 450) = 9,00E-04$$

$$\rho_{w,min} = (0,08 \cdot f_{ck}^{1/2}) / f_{yk} = (0,08 \cdot 30^{1/2}) / 500 = 8,80E-04$$

$$\rho_{w,min} \leq \rho_w$$

$$0,00088 \leq 0,0009$$

VYHOVUJE

$$(A_{sw} \cdot f_{ywd}) / (b_w \cdot s) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$(101 \cdot 434,78) / (450 \cdot 250) \leq (0,5 \cdot 0,528 \cdot 20)$$

$$0,39 \leq 0,528$$

VYHOVUJE

Smyková výztuž - návrh 2* třmínky $\Phi R8 / 250 \text{ mm}$ **4.4.2.3 Kotevní délka****1. Kotvení $\Phi = 12 \text{ mm}$ (dobré podmínky soudržnosti)**

mezni napětí v soudržnosti

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

základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \Phi / 4 \cdot f_{yd} / f_{bd} = 12 / 4 \cdot 434,78 / 3,3 = 395 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{b,min} = \max(0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\Phi; 100 \text{ mm}) =$$

$$\max(0,3 \cdot 395; 10 \cdot 12; 100 \text{ mm}) = 120 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 280 \text{ mm}$$

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

$$280 \text{ mm} \geq 120 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

styková délka

$$l_{0,min} = \max(0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}; 15\Phi; 200 \text{ mm}) =$$

$$\max(0,3 \cdot 1 \cdot 395; 15 \cdot 12; 200 \text{ mm}) = 200 \text{ mm}$$

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 595 \text{ mm}$$

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

$$595 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

2. Kotvení $\Phi = 12 \text{ mm}$ (špatné podmínky soudržnosti)

mezni napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 2,2/1,5 = 2,31 \text{ MPa}$$

základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \Phi / 4 \cdot f_{yd} / f_{bd} = 12 / 4 \cdot 434,78 / 2,31 = 565 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{b,min} = \text{MAX}(0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\Phi; 100 \text{ mm}) =$$

$$\text{MAX}(0,3 \cdot 565; 10 \cdot 12; 100 \text{ mm}) = 169,5 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 400 \text{ mm}$$

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

$$400 \text{ mm} \geq 169,5 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

stykovací délka

$$l_{0,min} = \text{MAX}(0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}; 15\Phi; 200 \text{ mm}) =$$

$$\text{MAX}(0,3 \cdot 1 \cdot 565; 15 \cdot 12; 200 \text{ mm}) = 200 \text{ mm}$$

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 850 \text{ mm}$$

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

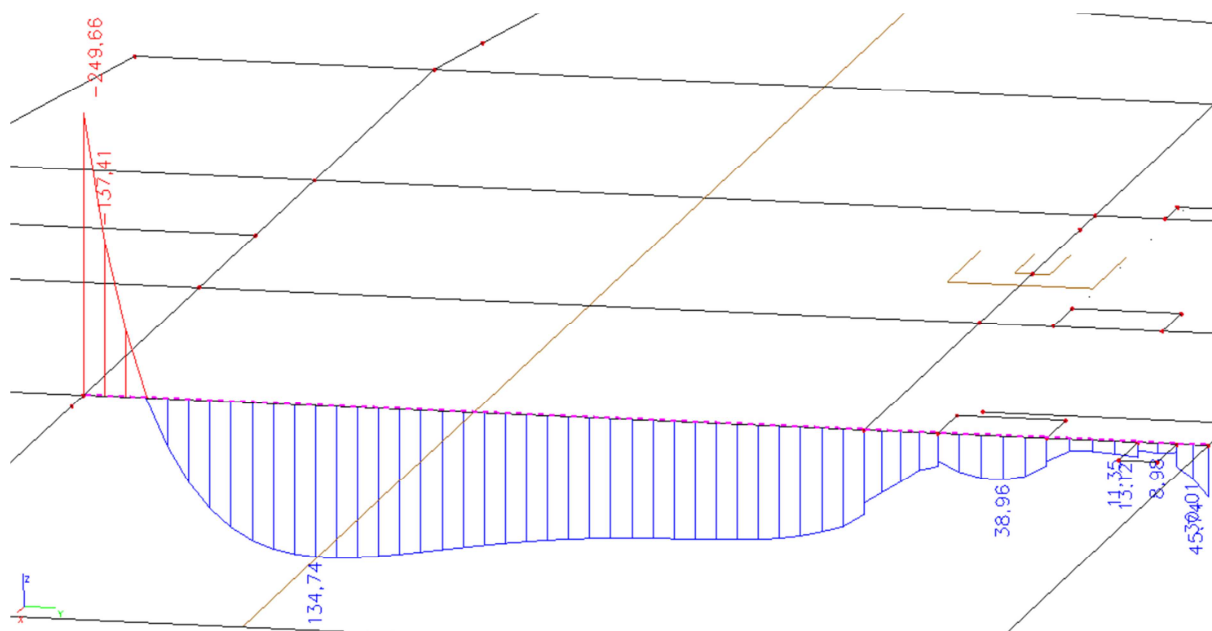
$$850 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

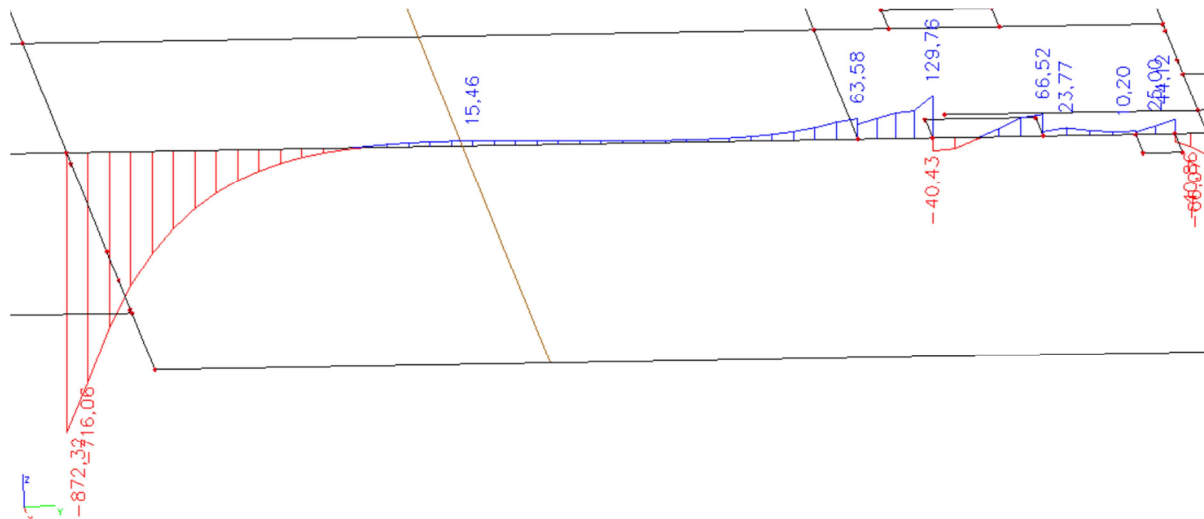
4.5 PRŮVLAK P3

- Celková světlá délka průvlastu $l = 7,650 \text{ m}$

4.5.1 Vnitřní síly



Obrázek 46 Průvlak P3 - My



Obrázek 47 Průvlak P3 - Vz

4.5.2 Dimenzování

4.5.2.1 Ohyb

DIMENZOVÁNÍ NA OHYB dle ČSN EN 1992-1-1 - PRŮVLAK P3

Geometrie :

podpora $l_0 = 0,15(l_L + l_P) = 0,15 \cdot (8,25 + 0) = 1,238 \text{ m}$

spolupůsobící šířka desky - levá $b_{efL} = 0,2 \cdot b_L / 2 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 1,8625 + 0,1 \cdot 1,238 = 496 \text{ mm}$

spolupůsobící šířka desky - pravá	$b_{\text{efP}} = 0,2 \cdot b_P / 2 + 0,1 \cdot l_0 =$	$0,2 \cdot 3,725 + 0,1 \cdot 1,238 =$	869 mm
celková šířka spolupůsobící desky	$b_{\text{ef}} = b_{\text{efL}} + b + b_{\text{efP}} =$	$496 + 450 + 869 =$	1815 mm

pole $l_0 = 0,85 \cdot l = 0,85 \cdot 8,25 = 7,013 \text{ m}$

spolupůsobící šířka desky - levá	$b_{efL}=0,2 \cdot b_L/2+0,1 \quad l_0=$	$0,2 \cdot 1,8625 + 0,1 \cdot 7,013 =$	1074 mm
spolupůsobící šířka desky - pravá	$b_{efP}=0,2 \cdot b_P/2+0,1 \quad l_0=$	$0,2 \cdot 3,725 + 0,1 \cdot 7,013 =$	1446 mm
celková šířka spolupůsobící desky	$b_{ef} = b_{efL} + b + b_{efP} =$	$1074 + 450 + 1446 =$	2970 mm

Rozměry :

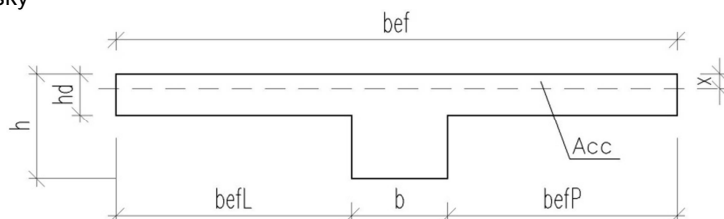
šířka průřezu

výška průřezu

výška desky

b= 450 mm

h= 650 mm

$$h_d = 250 \text{ mm}$$


Vnitřní síly :

Moment v poli (návrhová hodnota)

Moment nad podporou (návrhová hodnota)

$$M_{Ed} = 134,740 \text{ kNm}$$
$$M_{Ed}^+ = 249,660 \text{ kNm}$$

Profil spodní výztuže

Profil horní výztuže

Profil třmínku

$$\Phi_{sl}^D = 12 \text{ mm}$$
$$\Phi_{sl}^H = 16 \text{ mm}$$
 $\phi_{fr} = 8 \text{ mm}$

Krytí :

$c_{min,b} = 16 \text{ mm}$ $\Delta c_{dev} = 15 \text{ mm}$

$C_{min,dur} = 15 \text{ mm}$

 $C_{dur,y} = 0 \text{ mm}$ $\Delta C_{dur,st} = 0 \text{ mm}$ $\Delta C_{dur,add} = 0 \text{ mm}$
$$C_{min} = \max(C_{min,b} ; C_{min,dur} + \Delta C_{dur,y} - \Delta C_{dur,s} t - \Delta C_{dur,add} ; 10 \text{ mm}) =$$
$$\max(16 ; 15 + 0 - 0 - 0 ; 10) =$$

16 mm

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev} = 16 + 15 =$$

35 mm

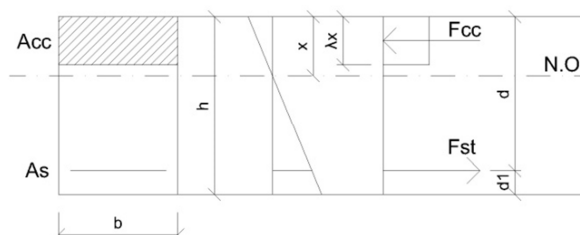
Dimenzování dolní výztuže :

$$d_1 = c_{nom} + \Phi_{tr} + \Phi_{sl}/2 = 35 + 8 + 12/2 =$$

49 mm

$$d = \quad \quad \quad h - d_1 = \quad \quad \quad 650 - 49 =$$

601 mm



- plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,9/500 \cdot 450 \cdot 601 = 4,08E-04 \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 450 \cdot 601$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 0,923 = 3,69E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH **5** Φ **12 mm** **$A_s = 5,65E-04 \text{ m}^2/\text{m}$**

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

$$\langle 0,000408; 0,000565; 0,03692 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s = (b - 2c_{nom} - 2\Phi_{tř} - \Phi_{sl}) / (s-1) - \Phi_{sl} = 76 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl}; d_g + 5\text{mm}; 20\text{mm}) = \max(1,2 \cdot 12; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 300 \text{ mm}$$

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

$$\langle 21; 76; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = (565 \cdot 434,78) / (0,8 \cdot 2970 \cdot 20) = 5,17 \text{ mm}$$

$x < h_s$ -> N.O. leží v desce

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3}/x = \epsilon_s/(d-x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d-x)/x = 0,0035 \cdot (601 - 5,17)/5,17 = 40,34 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$$

$$40,34 \% \geq 0,217 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x/2) = 565 \cdot 434,78 \cdot (601 - (0,8 \cdot 5,17)/2) = 147,128 \text{ kNm}$$

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

$$147,128 \text{ kNm} \geq 134,74 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

91,6 %

Spodní podélná výztuž - návrh 5 x $\Phi R12$ mm

Dimenzování horní výztuže :

$$d_1 = c_{nom} + \Phi_{tř} + \Phi_{sl}/2 = 35 + 8 + 16/2 = 51 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 650 - 51 = 599 \text{ mm}$$

- plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,9/500 \cdot 450 \cdot 599 = 4,06E-04 \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 450 \cdot 599$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 450 \cdot 650 = 1,17E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH **6** Φ **16 mm** **$A_s = 1,21E-03 \text{ m}^2/\text{m}$**

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

$$\langle 0,000406; 0,001206; 0,0117 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s = (b - 2c_{nom} - 2\Phi_{tř} - \Phi_{sl}) / (s-1) - \Phi_{sl} = 53,6 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl}; d_g + 5\text{mm}; 20\text{mm}) = \max(1,2 \cdot 16; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 300 \text{ mm}$$

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

$$\langle 21; 53,6; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = (1206 \cdot 434,78) / (0,8 \cdot 450 \cdot 20) = 72,83 \text{ mm}$$

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3}/x = \epsilon_s/(d-x)$$

$\epsilon_s =$	$\epsilon_{cu3} \cdot (d-x)/x =$	$0,0035 \cdot (599-72,83)/72,83 =$	$2,53 \%$
		$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$	
		$2,53 \% \geq 0,217 \%$	VYHOVUJE
<i>- ověření únosnosti</i>			
$M_{Rd} =$	$A_s \cdot f_{yd} \cdot (d-\lambda x/2) =$	$1206,434,78 \cdot (599-(0,8 \cdot 72,83)/2) =$	$298,807 \text{ kNm}$
		$M_{Rd} \geq M_{Ed}$	
		$298,807 \text{ kNm} \geq 249,66 \text{ kNm}$	VYHOVUJE
			83,6 %

Horní podélná výztuž - návrh 6 x Φ R16 mm

4.5.2.2 Smyk

NÁVRH SMYKOVÉ VÝZTUŽE

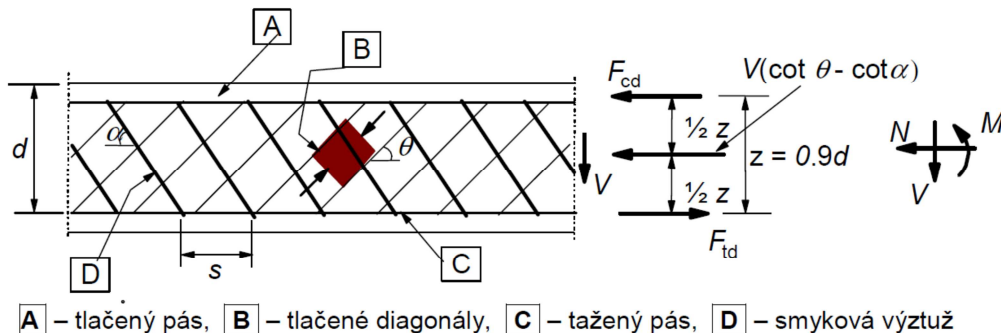
			$V_{ed,max} =$	716,000	kN
$C_{Rd,c} =$	$0,18/\gamma_c =$	$0,18/1,5 =$		0,12	
$k =$	$1 + ODM(200/d) =$	$1 + ODM(200/601) =$		1,58	≤ 2
					$k = 1,58$
$\rho_l =$	$A_{sl}/(b_w \cdot d) =$	$565/(450 \cdot 601) =$		0,00209	$\leq 0,02$
					$\rho_l = 0,00209$
$V'_{Rd,c} =$	$[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d =$				
	$[0,12 \cdot 1,58 \cdot (100 \cdot 0,00209 \cdot 30)^{1/3}] \cdot 450 \cdot 601/1000 =$			94,554	kN
$V_{min} =$	$0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	$0,035 \cdot 1,58^{2/3} \cdot 30^{1/2} =$		0,26	
$V_{Rd,c,min} =$	$V_{min} \cdot b_w \cdot d =$	$0,26 \cdot 450 \cdot 601/1000 =$		70,317	kN
$V_{Rd,c} =$	$\max(V'_{Rd,c}; V_{Rd,c,min}) =$	$\max(94,554; 70,317) =$		94,554	kN

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

$$94,554 \text{ kN} \geq 716 \text{ kN}$$

NEVYHOVUJE!

>> Nutný návrh smykové výztuže

**Návrh smykové výztuže :**

Úhel mezi smyk. výztuží a osou nosníku

$\alpha = 0^\circ$

Úhel mezi bet. tlakovými diagonálami a osou nosníku

$\cotg \theta = 2 \quad 1 \leq \cotg \theta \leq 2,5$

osová vzdálenost smykových výztuží

$s = 0,05 \text{ m}$

průměr smykové výztuže

$\phi_{sw} = 0,008 \text{ m}$

počet stříhů

$n = 2$

plocha smykové výztuže

$A_{sw} = 1,01E-04 \text{ m}^2$

1. Únosnost tlačené diagonály

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

$V_{Rd,max} = (v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot \cotg \theta) / (\cotg 2\theta - 1) = (0,528 \cdot 20 \cdot 450 \cdot 2) / (4 + 1) = 1900,800 \text{ kN}$

$$V_{ed,max} \leq V_{Rd,max}$$

$$716 \text{ kN} \leq 1900,8 \text{ kN}$$

VYHOVUJE1. Únosnost tažené diagonály

$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 0,601 = 0,539 \text{ m}$

$s' = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \cotg \theta / V_{ed,max} = 101 \cdot 434,78 \cdot 539 \cdot 2 / 716000 = 66 \text{ mm}$

$s_{max} = \text{MIN}(0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg \alpha); 400 \text{ mm}) = (0,75 \cdot 601; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$

$$s \leq s_{max}$$

$$50 \text{ mm} \leq 400 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta = (101/50) \cdot 539 \cdot 434,78 \cdot 2 = 946,760 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = (b_w \cdot z \cdot v \cdot f_{cd}) / (\cot \theta + \tan \theta) = (450 \cdot 0,539 \cdot 0,528 \cdot 20) / (2 + 0,5) = 1024,531 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max}) = \min(946,76; 1024,531) = 946,760 \text{ kN}$$

$$V_{ed,max} \leq V_{Rd}$$

$$716 \text{ kN} \leq 946,76 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

75,6 %

- stupeň vyztužení

$$\rho_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin \alpha) = 101 / (50 \cdot 450) = 4,49E-03$$

$$\rho_{w,min} = (0,08 \cdot f_{ck}^{1/2}) / f_{yk} = (0,08 \cdot 30^{1/2}) / 500 = 8,80E-04$$

$$\rho_{w,min} \leq \rho_w$$

$$0,00088 \leq 0,00449$$

VYHOVUJE

$$(A_{sw} \cdot f_{ywd}) / (b_w \cdot s) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$(101 \cdot 434,78) / (450 \cdot 50) \leq (0,5 \cdot 0,528 \cdot 20)$$

$$1,952 \leq 5,28$$

VYHOVUJE

Smyková výztuž - návrh 2* třmínky $\Phi R8 / 50 \text{ mm}$

DALŠÍ OBLASTI	$V_{Rd,c,max}$ [kN]	$V_{rd,s}$ [kN]	$V_{rd,max}$ [kN]	V_{rd} [kN]
2* $\Phi 8 / 100$	1900,8	473,38	1024,53	473,38
2* $\Phi 8 / 150$	1900,8	315,59	1024,53	315,59
2* $\Phi 8 / 250$	1900,8	189,35	1024,53	189,35

4.5.2.3 Kotevní délka

1. Kotvení $\Phi = 12 \text{ mm}$ (dobré podmínky soudržnosti)

mezni napětí v soudržnosti

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

základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \Phi / 4 \cdot f_{yd} / f_{bd} = 12 / 4 \cdot 434,78 / 3,3 = 395 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{b,min} = \max(0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\Phi; 100 \text{ mm}) =$$

$$\max(0,3 \cdot 395; 10 \cdot 12; 100 \text{ mm}) = 120 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 280 \text{ mm}$$

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

$$280 \text{ mm} \geq 120 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

stykovací délka

$$l_{0,min} = \max(0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}; 15\Phi; 200 \text{ mm}) =$$

$$\max(0,3 \cdot 1 \cdot 395; 15 \cdot 12; 200 \text{ mm}) = 200 \text{ mm}$$

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rd} = 595 \text{ mm}$$

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

$$595 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2. Kotvení $\Phi = 16 \text{ mm}$ (špatné podmínky soudržnosti)

mezni napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 2,2/1,5 = 2,31 \text{ MPa}$$

základní kotevní délka

$$l_{b,rd} = \Phi/4 \cdot f_{yd}/f_{bd} = 16/4 \cdot 434,78/2,31 = 753 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{b,min} = \text{MAX}(0,3 \cdot l_{b,rd} ; 10\Phi ; 100 \text{ mm}) =$$

$$\text{MAX}(0,3 \cdot 753 ; 10 \cdot 16 ; 100 \text{ mm}) = 225,9 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rd} = 530 \text{ mm}$$

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

$$530 \text{ mm} \geq 225,9 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

stykovací délka

$$l_{0,min} = \text{MAX}(0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rd} ; 15\Phi ; 200 \text{ mm}) =$$

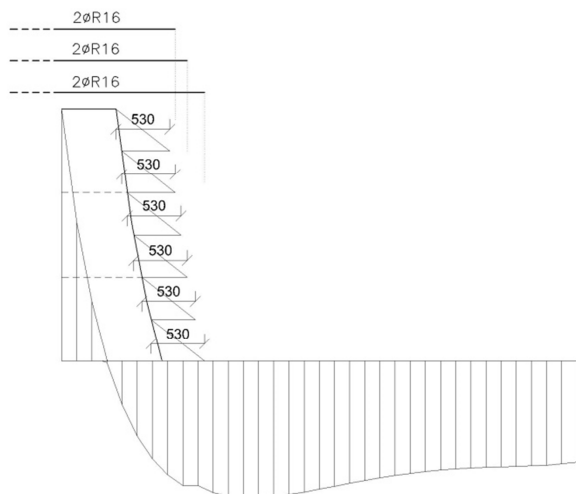
$$\text{MAX}(0,3 \cdot 1 \cdot 753 ; 15 \cdot 16 ; 200 \text{ mm}) = 240 \text{ mm}$$

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rd} = 1130 \text{ mm}$$

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

$$1130 \text{ mm} \geq 240 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

4.5.2.4 Rozdělení materiálů

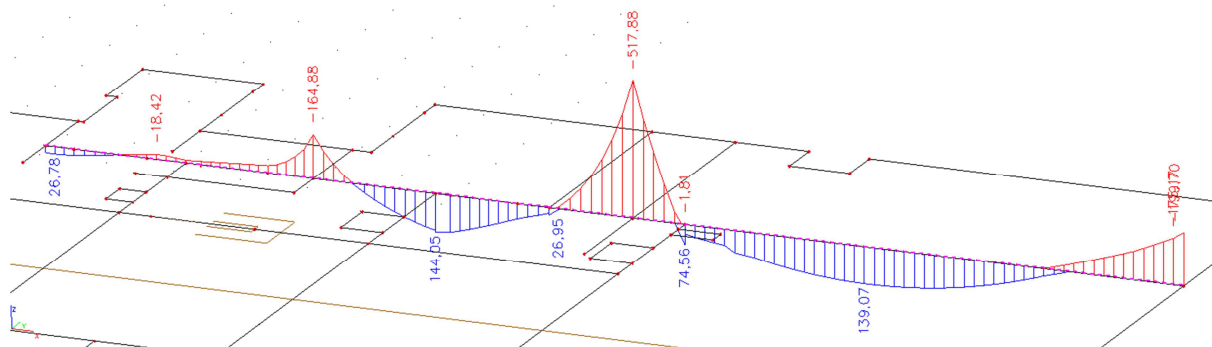
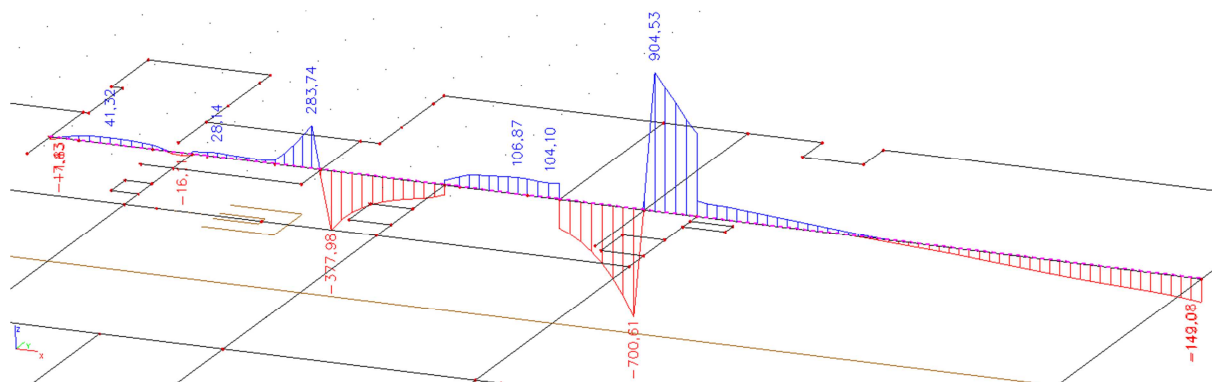


Obrázek 48 Průvlak P3 - schéma rozdělení materiálů

4.6 PRŮVLAK P4

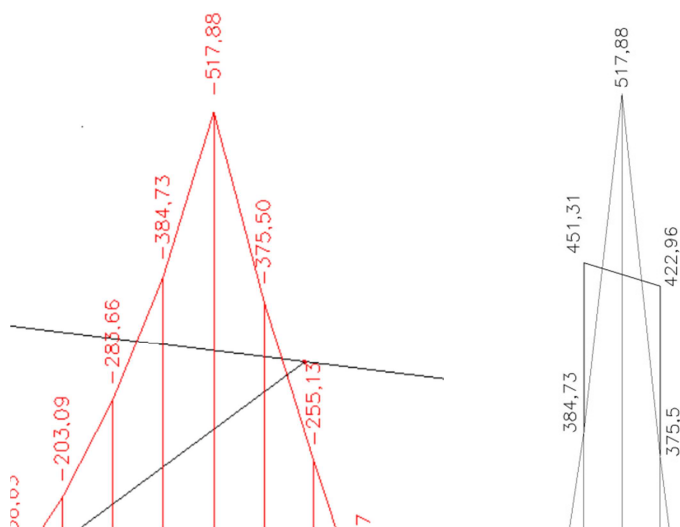
- Celková světlá délka průvlastu $l = 16,75 \text{ m}$

4.6.1 Vnitřní síly

Obrázek 49 Průvlak P4 – M_y Obrázek 50 Průvlak P4 – V_z

4.6.2 Dimenzování

4.6.2.1 Ohyb



DIMENZOVÁNÍ NA OHYB dle ČSN EN 1992-1-1 – PRŮVLAK P4

Geometrie :

$$\text{podpora} \quad l_0 = 0,15(l_1 + l_2) = 0,15 \cdot (8,25 + 4,775) = 1,954 \text{ m}$$

$$\text{spolupůsobící šířka desky - levá} \quad b_{efL} = 0,2 \cdot b_L / 2 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 1,954 = 1378 \text{ mm}$$

$$\text{spolupůsobící šířka desky - pravá} \quad b_{efP} = 0,2 \cdot b_P / 2 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 1,875 + 0,1 \cdot 1,954 = 953 \text{ mm}$$

$$\text{celková šířka spolupůsobící desky} \quad b_{ef} = b_{efL} + b + b_{efP} = 1378 + 450 + 953 = 2781 \text{ mm}$$

$$\text{pole} \quad l_0 = 0,7 \cdot l = 0,7 \cdot 8,25 = 5,775 \text{ m}$$

$$\text{spolupůsobící šířka desky - levá} \quad b_{efL} = 0,2 \cdot b_L / 2 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 1,763 = 976 \text{ mm}$$

$$\text{spolupůsobící šířka desky - pravá} \quad b_{efP} = 0,2 \cdot b_P / 2 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 1,875 + 0,1 \cdot 1,763 = 551 \text{ mm}$$

$$\text{celková šířka spolupůsobící desky} \quad b_{ef} = b_{efL} + b + b_{efP} = 976 + 450 + 551 = 1977 \text{ mm}$$

Rozměry :

$$\text{šířka průřezu} \quad b = 450 \text{ mm}$$

$$\text{výška průřezu} \quad h = 650 \text{ mm}$$

$$\text{výška desky} \quad h_d = 250 \text{ mm}$$

Vnitřní síly :

$$\text{Moment v poli (návrhová hodnota)} \quad M_{Ed}^- = 139,070 \text{ kNm}$$

$$\text{Moment nad podporou (návrhová hodnota)} \quad M_{Ed}^+ = 451,313 \text{ kNm}$$

$$\text{Profil spodní výztuže} \quad \Phi_{sl}^D = 14 \text{ mm}$$

$$\text{Profil horní výztuže} \quad \Phi_{sl}^H = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Profil třmínku} \quad \Phi_{tr} = 8 \text{ mm}$$

Krytí :

$$c_{min,b} = 20 \text{ mm} \quad \Delta c_{dev} = 15 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 15 \text{ mm}$$

$$c_{dur,y} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max(c_{min,b} ; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} ; 10 \text{ mm}) = \max(20 ; 15 + 0 - 0 - 0 ; 10) = 20 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 20 + 15 = 35 \text{ mm}$$

Dimenzování dolní výztuže :

$$d_1 = c_{nom} + \Phi_{tr} + \Phi_{sl}/2 = 35 + 8 + 14/2 = 50 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 650 - 50 = 600 \text{ mm}$$

- plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d ; 0,0013 \cdot b \cdot d) = \max(0,26 \cdot 2,9/500 \cdot 450 \cdot 600 ; 0,0013 \cdot 450 \cdot 600) = 4,07E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 0,875 = 3,50E-02 \text{ m}^2$$

$$\text{NÁVRH} \quad 4 \quad \Phi \quad 14 \text{ mm} \quad A_s = 6,16E-04 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$\begin{aligned} &<A_{s,min} ; A_s ; A_{s,max}> \\ &<0,000407 ; 0,000616 ; 0,035> \end{aligned}$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s = (b - 2c_{\text{nom}} - 2\Phi_{\text{tr}} - \Phi_{\text{sl}}) / (s - 1) - \Phi_{\text{sl}} = 102,7 \text{ mm}$$

$$s_{\text{min}} = \max(1,2 \cdot \Phi_{\text{sl}}; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1,2 \cdot 14; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{\text{max}} = 300 \text{ mm}$$

$$\langle s_{\text{min}}; s; s_{\text{max}} \rangle$$

$$\langle 21; 102,7; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b_{\text{eff}} \cdot f_{cd}) = (616.434,78) / (0,8.2781.20) = 6,02 \text{ mm}$$

x < h_s -> N.O. leží v desce

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{\text{cu3}} / x = \epsilon_s / (d - x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{\text{cu3}} \cdot (d - x) / x = 0,0035 \cdot (600 - 6,02) / 6,02 = 34,53 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{\text{yd}}$$

$$34,53 \% \geq 0,217 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{\text{Rd}} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 616.434,78 \cdot (600 - (0,8 \cdot 6,02) / 2) = 160,050 \text{ kNm}$$

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

$$160,050 \text{ kNm} \geq 139,07 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

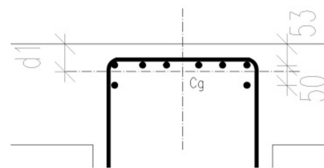
87 %

Spodní podélná výztuž - návrh 4 x ØR14 mm

Dimenzování horní výztuže :

$$d_1 = 90,5 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 650 - 90,5 = 559,5 \text{ mm}$$



- plocha výztuže

$$A_{s,\text{min}} = \max(0,26 \cdot f_{\text{ctm}} / f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,9 / 500 \cdot 450 \cdot 559,5 = 3,80 \text{E-}04 \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 450 \cdot 559,5$$

$$A_{s,\text{max}} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 450 \cdot 650 = 1,17 \text{E-}02 \text{ m}^2$$

NÁVRH **6+2** **Φ** **20 mm** **A_s = 2,51E-03 m²/m**

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

$$\langle 0,00038; 0,002513; 0,0117 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s = (b - 2c_{\text{nom}} - 2\Phi_{\text{tr}} - \Phi_{\text{sl}}) / (s - 1) - \Phi_{\text{sl}} = 48,8 \text{ mm}$$

$$s_{\text{min}} = \max(1,2 \cdot \Phi_{\text{sl}}; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1,2 \cdot 20; 16 + 5; 20) = 24 \text{ mm}$$

$$s_{\text{max}} = 300 \text{ mm}$$

$$\langle s_{\text{min}}; s; s_{\text{max}} \rangle$$

$$\langle 24; 48,8; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = (2513.434,78) / (0,8.450.20) = 151,75 \text{ mm}$$

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{\text{cu3}} / x = \epsilon_s / (d - x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{\text{cu3}} \cdot (d - x) / x = 0,0035 \cdot (537 - 151,75) / 151,75 = 0,89 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{\text{yd}}$$

$$0,89 \% \geq 0,217 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 2513.434,78 \cdot (559,5 - (0,8 \cdot 151,75) / 2) = 544,990 \text{ kNm}$$

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

$$544,99 \text{ kNm} \geq 451,313 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

82,8 %

Horní podélná výztuž - návrh 6+2 x ØR20 mm

4.6.2.2 Smyk

NÁVRH SMYKOVÉ VÝZTUŽE

$$V_{ed,max} = 904,530 \text{ kN}$$

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

$$k = 1 + ODM(200/d) = 1 + ODM(200/600) = 1,58 \leq 2$$

$$k = 1,58$$

$$\rho_i = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 616 / (450 \cdot 600) = 0,00228 \leq 0,02$$

$$\rho_i = 0,00228$$

$$V'_{Rd,c} = [c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_i \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d =$$

$$[0,12 \cdot 1,58 \cdot (100 \cdot 0,00228 \cdot 30)^{1/3}] \cdot 450 \cdot 600 / 1000 =$$

$$97,175 \text{ kN}$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,58^{2/3} \cdot 30^{1/2} =$$

$$0,26$$

$$V_{Rd,c,min} = V_{min} \cdot b_w \cdot d = 0,26 \cdot 450 \cdot 600 / 1000 =$$

$$70,2 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \max(V'_{Rd,c}; V_{Rd,c,min}) = \max(97,175; 70,2) =$$

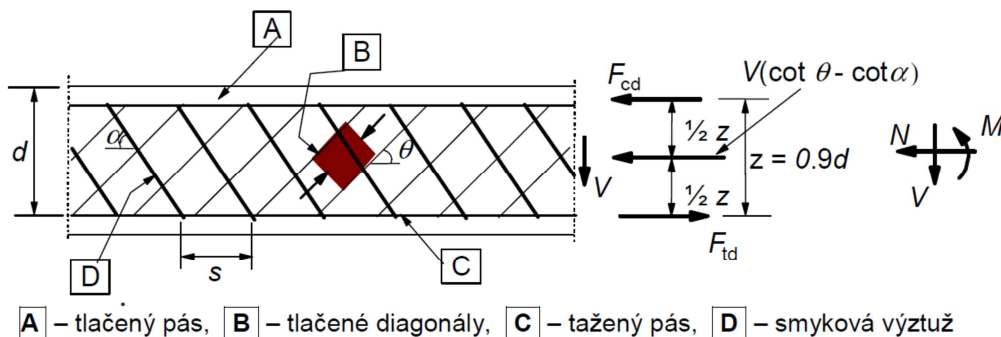
$$97,175 \text{ kN}$$

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

$$97,175 \text{ kN} \geq 904,53 \text{ kN}$$

NEVYHOVUJE!

>> Nutný návrh smykové výztuže



Návrh smykové výztuže :

Úhel mezi smyk. výztuží a osou nosníku

$$\alpha = 0^\circ$$

Úhel mezi bet. tlakovými diagonálami a osou nosníku

$$\cotg \theta = 2 \quad 1 \leq \cotg \theta \leq 2,5$$

osová vzdálenost smykových výztuží

$$s = 0,05 \text{ m}$$

průměr smykové výztuže

$$\phi_{sw} = 0,008 \text{ m}$$

počet stříhů

$$n = 4$$

plocha smykové výztuže

$$A_{sw} = 2,01E-04 \text{ m}^2$$

1. Únosnost tlačené diagonály

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

$$V_{Rd,max} = (v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot \cotg \theta) / (\cotg \theta - 1) = (0,528 \cdot 20 \cdot 450 \cdot 2) / (4 + 1) =$$

$$1900,800 \text{ kN}$$

$$V_{ed,max} \leq V_{Rd,max}$$

$$904,53 \text{ kN} \leq 1900,8 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

1. Únosnost tažené diagonály

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 0,6 = 0,504 \text{ m}$$

$$s' = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \cot \theta / V_{ed,max} = 201 \cdot 434,78 \cdot 0,504 \cdot 2 / 904530 = 97 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \min(0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha); 400 \text{ mm}) = (0,75 \cdot 600; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{max} \\ 50 \text{ mm} \leq 400 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta = (201/50) \cdot 0,504 \cdot 434,78 \cdot 2 = 1761,798 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = (b_w \cdot z \cdot v \cdot f_{cd}) / (\cot \theta + \tan \theta) = (450 \cdot 0,504 \cdot 0,528 \cdot 20) / (2 + 0,5) = 958,003 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max}) = \min(1761,798; 958,003) = 958,003 \text{ kN}$$

$$V_{ed,max} \leq V_{Rd} \\ 904,53 \text{ kN} \leq 958,003 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

94,4 %

- stupeň vyztužení

$$\rho_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin \alpha) = 201 / (50 \cdot 450) = 8,93 \text{E-}03$$

$$\rho_{w,min} = (0,08 \cdot f_{ck}^{1/2}) / f_{yk} = (0,08 \cdot 30^{1/2}) / 500 = 8,80 \text{E-}04$$

$$\rho_{w,min} \leq \rho_w \\ 0,00088 \leq 0,00893$$

VYHOVUJE

$$(A_{sw} \cdot f_{ywd}) / (b_w \cdot s) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \\ (201 \cdot 434,78) / (450 \cdot 50) \leq (0,5 \cdot 0,528 \cdot 20) \\ 3,884 \leq 5,28$$

VYHOVUJE

Smyková výztuž - návrh 4* třmínky Φ 8 /50 mm

DALŠÍ OBLASTI	$V_{Rd,c,max}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
4* Φ 8 /100	1900,8	880,90	958,00	880,90
2* Φ 8 /100	1900,8	442,64	958,00	442,64
2* Φ 8 /250	1900,8	177,06	958,00	177,06

4.6.2.3 Kotevní délka1. Kotvení $\Phi = 14$ mm (dobré podmínky soudržnosti)

mezni napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 0,01 \cdot 0,22 / 1,5 = 3,3 \text{ MPa}$$

základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \Phi / 4 \cdot f_{yd} / f_{bd} = 14 / 4 \cdot 434,78 / 3,3 = 461 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{b,min} = \begin{aligned} & \text{MAX} (0,3 \cdot l_{b,rqd} ; 10\Phi ; 100 \text{ mm}) = \\ & \text{MAX} (0,3 \cdot 461 ; 10 \cdot 14 ; 100 \text{ mm}) = \end{aligned} \quad 140 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = \quad 325 \text{ mm}$$

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

$$325 \text{ mm} \geq 140 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

stykovací délka

$$l_{0,min} = \begin{aligned} & \text{MAX} (0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} ; 15\Phi ; 200 \text{ mm}) = \\ & \text{MAX} (0,3 \cdot 1 \cdot 461 ; 15 \cdot 14 ; 200 \text{ mm}) = \end{aligned} \quad 210 \text{ mm}$$

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = \quad 695 \text{ mm}$$

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

$$695 \text{ mm} \geq 210 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2. Kotvení $\Phi = 20$ mm (špatné podmínky soudržnosti)

mezni napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 2,2/1,5 = \quad 2,31 \text{ MPa}$$

základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \Phi/4 \cdot f_{yd}/f_{bd} = 20/4 \cdot 434,78/2,31 = \quad 941 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1,0 \\ \alpha_2 &= 1,0 \\ \alpha_3 &= 1,0 \\ \alpha_4 &= 0,7 \\ \alpha_5 &= 1,0 \\ \alpha_6 &= 1,5 \end{aligned}$$

$$l_{b,min} = \begin{aligned} & \text{MAX} (0,3 \cdot l_{b,rqd} ; 10\Phi ; 100 \text{ mm}) = \\ & \text{MAX} (0,3 \cdot 941 ; 10 \cdot 20 ; 100 \text{ mm}) = \end{aligned} \quad 282,3 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = \quad 660 \text{ mm}$$

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

$$660 \text{ mm} \geq 282,3 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

stykovací délka

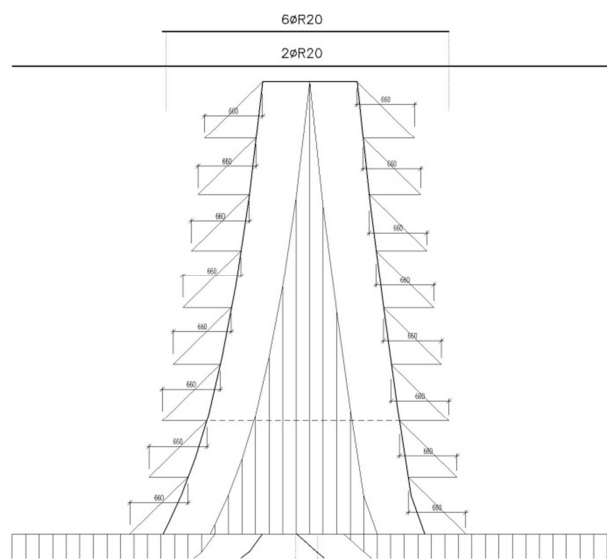
$$l_{0,min} = \begin{aligned} & \text{MAX} (0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} ; 15\Phi ; 200 \text{ mm}) = \\ & \text{MAX} (0,3 \cdot 1 \cdot 941 ; 15 \cdot 20 ; 200 \text{ mm}) = \end{aligned} \quad 300 \text{ mm}$$

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = \quad 1415 \text{ mm}$$

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

$$1415 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

4.6.2.4 Rozdělení materiálů

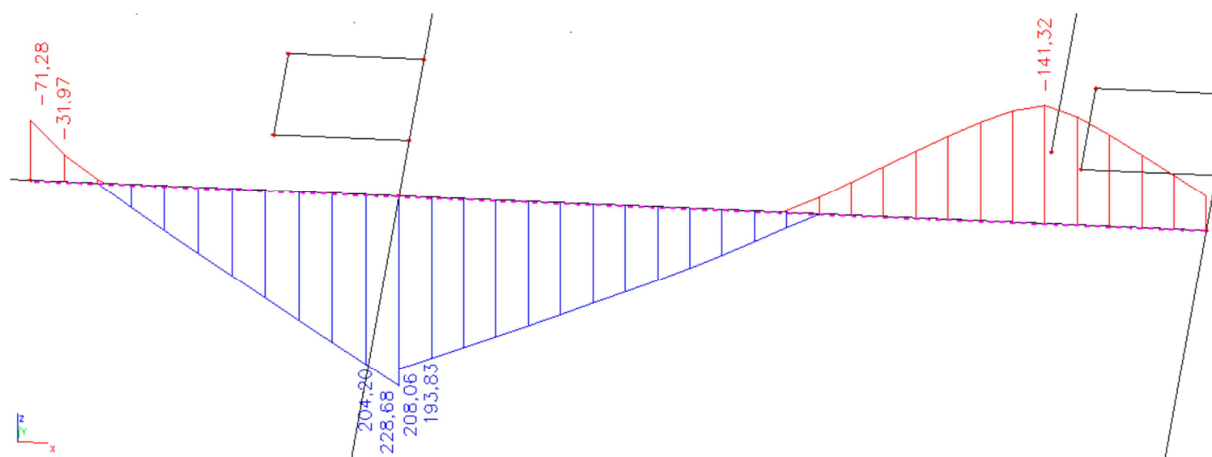


Obrázek 51 Průvlak P4 - schéma rozdělení materiálů

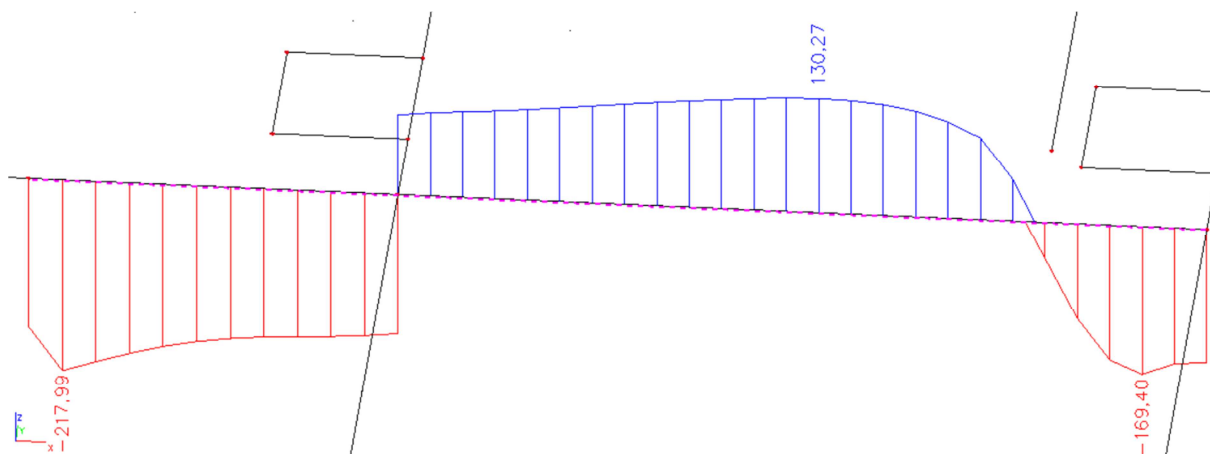
4.7 PRŮVLAK P5

- Celková světlá délka průvluhu $l = 5,200 \text{ m}$

4.7.1 Vnitřní síly



Obrázek 52 Průvlak P5 – My



Obrázek 53 Průvlak P5 – Vz

4.7.2 Dimenzování

4.7.2.1 Ohyb

DIMENZOVÁNÍ NA OHYB dle ČSN EN 1992-1-1 – PRŮVLAK P5

Geometrie :

‘podpora’ $l_0 = 0,15(l_1 + l_2) = 0,15 \cdot (5,425) = 0,814 \text{ m}$

spolupůsobící šířka desky - levá $b_{efL} = 0,2 \cdot b_L / 2 + 0,1 l_0 = 0,2 \cdot 2,775 + 0,1 \cdot 0,814 = 636 \text{ mm}$

spolupůsobící šířka desky - pravá $b_{efP} = 0,2 \cdot b_P / 2 + 0,1 l_0 = 0,2 \cdot 1,225 + 0,1 \cdot 0,814 = 326 \text{ mm}$

celková šířka spolupůsobící desky $b_{ef} = b_{efL} + b + b_{efP} = 636 + 250 + 326 = 1212 \text{ mm}$

pole $l_0 = 0,7 \cdot l = 0,7 \cdot 5,425 = 3,798 \text{ m}$

spolupůsobící šířka desky - levá $b_{efL} = 0,2 \cdot b_L / 2 + 0,1 l_0 = 0,2 \cdot 2,775 + 0,1 \cdot 3,798 = 935 \text{ mm}$

spolupůsobící šířka desky - pravá $b_{efP} = 0,2 \cdot b_P / 2 + 0,1 l_0 = 0,2 \cdot 1,225 + 0,1 \cdot 3,798 = 625 \text{ mm}$

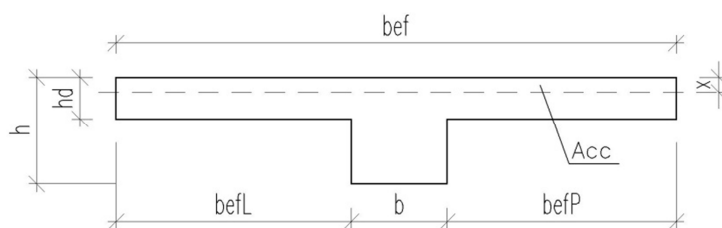
celková šířka spolupůsobící desky $b_{ef} = b_{efL} + b + b_{efP} = 935 + 250 + 625 = 1810 \text{ mm}$

Rozměry :

šířka průřezu $b = 250 \text{ mm}$

výška průřezu $h = 650 \text{ mm}$

výška desky $h_d = 250 \text{ mm}$



Vnitřní síly :

Moment v poli (návrhová hodnota)

$M_{Ed}^- = 228,680 \text{ kNm}$

Moment nad podporou (návrhová hodnota)

$M_{Ed}^+ = 141,320 \text{ kNm}$

Profil spodní výztuže

$\Phi_{sl}^D = 18 \text{ mm}$

Profil horní výztuže

$\Phi_{sl}^H = 14 \text{ mm}$

Profil třmínku

$\Phi_{tr} = 8 \text{ mm}$

Krytí :

$c_{min,b} =$	18 mm	$\Delta c_{dev} =$	15 mm
$c_{min,dur} =$	15 mm		
$c_{dur,y} =$	0 mm		
$\Delta c_{dur,st} =$	0 mm		
$\Delta c_{dur,add} =$	0 mm		

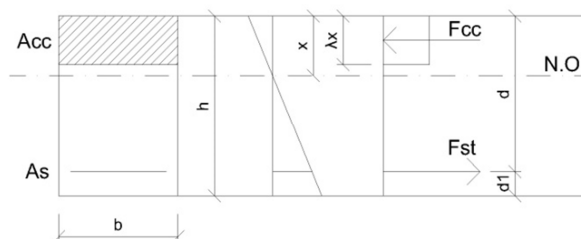
$$c_{min} = \max(c_{min,b} ; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} ; 10 \text{ mm}) = \max(18 ; 15 + 0 - 0 - 0 ; 10) = 18 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 18 + 15 = 35 \text{ mm}$$

Dimenzování dolní výztuže :

$$d_1 = c_{nom} + \Phi_{tf} + \Phi_{sl}/2 = 35 + 8 + 18/2 = 52 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 650 - 52 = 598 \text{ mm}$$

*- plocha výztuže*

$$A_{s,min} = \max \left(\begin{array}{l} 0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,9/500 \cdot 250 \cdot 598 \\ 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 250 \cdot 598 \end{array} \right) = 2,25E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 0,553 = 2,21E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH **4** Φ **18 mm** **$A_s =$** **1,02E-03 m²/m**

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

$$\langle 0,000225 ; 0,001018 ; 0,02212 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s = (b - 2c_{nom} - 2\Phi_{tf} - \Phi_{sl}) / (s - 1) - \Phi_{sl} = 30,7 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl} ; d_g + 5 \text{ mm} ; 20 \text{ mm}) = \max(1,2 \cdot 18 ; 16 + 5 ; 20) = 21,6 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 300 \text{ mm}$$

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

$$\langle 21,6 ; 30,7 ; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b_{eff} \cdot f_{cd}) = (1018,434,78) / (0,8 \cdot 1810 \cdot 20) = 15,28 \text{ mm}$$

$x < h_s \rightarrow$ N.O. leží v desce

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3}/x = \epsilon_s / (d - x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d - x) / x = 0,0035 \cdot (598 - 15,28) / 15,28 = 13,35 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$$

$$13,35 \% \geq 0,217 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 1018,434,78 \cdot (598 - (0,8 \cdot 15,28) / 2) = 261,973 \text{ kNm}$$

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

$$261,973 \text{ kNm} \geq 228,68 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

87,37 %

Spodní podélná výztuž - návrh 4 x Φ R18 mm

Dimenzování horní výztuže :

$$d_1 = c_{nom} + \Phi_{tř} + \Phi_{sl}/2 = 35 + 8 + 14/2 = 50 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 650 - 50 = 600 \text{ mm}$$

- plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,9/500 \cdot 250 \cdot 600 = 2,26E-04 \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 250 \cdot 601$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 250 \cdot 650 = 6,50E-03 \text{ m}^2$$

NÁVRH **5** Φ **14 mm** **$A_s = 7,70E-04 \text{ m}^2/\text{m}$**

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

$$\langle 0,000226; 0,00077; 0,0065 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s = (b - 2c_{nom} - 2\Phi_{tř} - \Phi_{sl}) / (s-1) - \Phi_{sl} = 23,5 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl}; d_g + 5\text{mm}; 20\text{mm}) = \max(1,2 \cdot 14; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 300 \text{ mm}$$

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

$$\langle 21; 23,5; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = (770 \cdot 434,78) / (0,8 \cdot 250 \cdot 20) = 83,70 \text{ mm}$$

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3}/x = \epsilon_s / (d-x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d-x) / x = 0,0035 \cdot (600 - 83,70) / 83,70 = 2,16 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$$

$$2,16 \% \geq 0,217 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 770 \cdot 434,78 \cdot (600 - (0,8 \cdot 83,70) / 2) = 189,660 \text{ kNm}$$

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

$$188,660 \text{ kNm} \geq 141,32 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

74,5 %

Horní podélná výztuž - návrh 5 x Φ R14 mm

4.7.2.2 Smyk

NÁVRH SMYKOVÉ VÝZTUŽE – P5

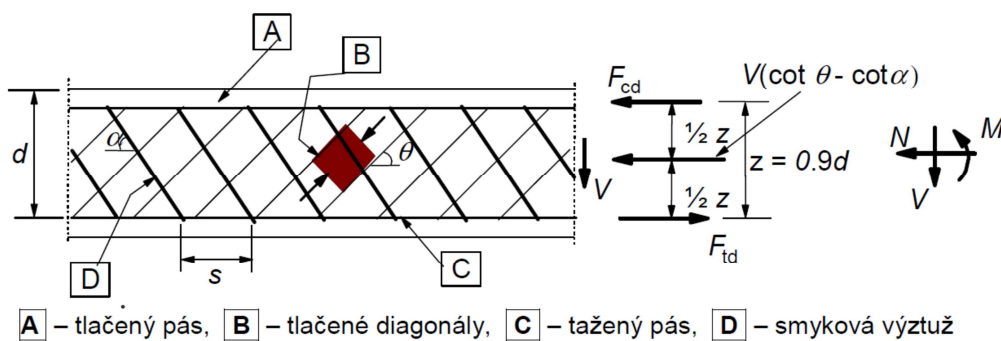
			$V_{ed,max} =$	217,990	kN
$C_{Rd,c} =$	$0,18/\gamma_c =$	$0,18/1,5 =$		0,12	
$k =$	$1 + ODM(200/d) =$	$1 + ODM(200/598) =$		1,58	≤ 2
					$k = 1,58$
$\rho_l =$	$A_{sl}/(b_w \cdot d) =$	$1018/(250 \cdot 598) =$		0,00681	$\leq 0,02$
					$\rho_l = 0,00681$
$V'_{Rd,c} =$	$[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d =$			77,488	kN
	$[0,12 \cdot 1,58 \cdot (100 \cdot 0,00681 \cdot 30)^{1/3}] \cdot 250 \cdot 598 / 1000 =$				
$V_{min} =$	$0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	$0,035 \cdot 1,58^{2/3} \cdot 30^{1/2} =$		0,26	
$V_{Rd,c,min} =$	$V_{min} \cdot b_w \cdot d =$	$0,26 \cdot 250 \cdot 598 / 1000 =$		38,87	kN
$V_{Rd,c} =$	$\max(V'_{Rd,c}; V_{Rd,c,min}) =$	$\max(77,488; 38,87) =$		77,488	kN

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

$$77,488 \text{ kN} \geq 217,99 \text{ kN}$$

NEVYHOVUJE!

>> Nutný návrh smykové výztuže

**Návrh smykové výztuže :**

Úhel mezi smyk. výztuží a osou nosníku	$\alpha =$	0	°
Úhel mezi bet. tlakovými diagonálami a osou nosníku	$\cotg \theta =$	2	$1 \leq \cotg \theta \leq 2,5$
osová vzdálenost smykových výztuží	$s =$	0,2	m
průměr smykové výztuže	$\phi_{sw} =$	0,008	m
počet stříhů	$n =$	2	
plocha smykové výztuže	$A_{sw} =$	1,01E-04	m ²

1. Únosnost tlačené diagonály

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

$$V_{Rd,max} = (v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot \cotg \theta) / (\cotg^2 \theta - 1) = (0,528 \cdot 20 \cdot 250 \cdot 2) / (4 - 1) = 1056,000 \text{ kN}$$

$$V_{ed,max} \leq V_{Rd,max}$$

$$217,99 \text{ kN} \leq 1056 \text{ kN}$$

VYHOVUJE1. Únosnost tažené diagonály

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 0,598 = 0,54 \text{ m}$$

$$s' = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \cotg \theta / V_{ed,max} = 101 \cdot 434,78 \cdot 540 \cdot 2 / 217990 = 218 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \text{MIN}(0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg \alpha); 400 \text{ mm}) = (0,75 \cdot 598; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{\max}$$

$$200 \text{ mm} \leq 400 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta = (101/200) \cdot 540 \cdot 434,78 \cdot 2 = 237,129 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = (b_w \cdot z \cdot v \cdot f_{cd}) / (\cot \theta + \tan \theta) = (250 \cdot 0,54 \cdot 0,528 \cdot 20) / (2 + 0,5) = 570,240 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max}) = \min(237,129; 570,24) = 237,129 \text{ kN}$$

$$V_{ed,max} \leq V_{Rd}$$

$$217,99 \text{ kN} \leq 237,129 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

91,9 %

- stupeň vyztužení

$$\rho_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin \alpha) = 101 / (200 \cdot 250) = 2,02E-03$$

$$\rho_{w,min} = (0,08 \cdot f_{ck}^{1/2}) / f_{yk} = (0,08 \cdot 30^{1/2}) / 500 = 8,80E-04$$

$$\rho_{w,min} \leq \rho_w$$

$$0,00088 \leq 0,00202$$

VYHOVUJE

$$(A_{sw} \cdot f_{ywd}) / (b_w \cdot s) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$(101 \cdot 434,78) / (250 \cdot 200) \leq (0,5 \cdot 0,528 \cdot 20)$$

$$0,878 \leq 5,28$$

VYHOVUJE

Smyková výztuž - návrh 2* třmínky $\Phi R8$ /200 mm

DALŠÍ OBLASTI	$V_{Rd,c,max}$ [kN]	$V_{rd,s}$ [kN]	$V_{rd,max}$ [kN]	V_{rd} [kN]
2* $\Phi 8$ /350	1056	135,20	570,24	135,20
2* $\Phi 8$ /250	1056	189,70	570,24	189,70

4.7.2.3 Kotevní délka**1. Kotvení $\Phi = 14$ mm (špatné podmínky soudržnosti)**

mezní napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 2,2/1,5 = 2,31 \text{ MPa}$$

základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \Phi / 4 \cdot f_{yd} / f_{bd} = 14 / 4 \cdot 434,78 / 2,31 = 659 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{b,min} = \max(0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\Phi; 100 \text{ mm}) = \max(0,3 \cdot 659; 10 \cdot 14; 100 \text{ mm}) = 197,7 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 465 \text{ mm}$$

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

$$465 \text{ mm} \geq 197,7 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

stykový délka

$$l_{0,min} = \text{MAX} (0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} ; 15\Phi ; 200 \text{ mm}) =$$

$$\text{MAX} (0,3 \cdot 1 \cdot 659 ; 15 \cdot 14 ; 200 \text{ mm}) = 210 \text{ mm}$$

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 990 \text{ mm}$$

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

$$990 \text{ mm} \geq 210 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2. Kotvení $\Phi = 18 \text{ mm}$ (dobré podmínky soudržnosti)

mezní napětí v soudržnosti

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

základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \Phi/4 \cdot f_{yd}/f_{bd} = 18/4 \cdot 434,78/3,3 = 593 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{b,min} = \text{MAX} (0,3 \cdot l_{b,rqd} ; 10\Phi ; 100 \text{ mm}) =$$

$$\text{MAX} (0,3 \cdot 593 ; 10 \cdot 18 ; 100 \text{ mm}) = 180 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 420 \text{ mm}$$

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

$$420 \text{ mm} \geq 180 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

stykovací délka

$$l_{0,min} = \text{MAX} (0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} ; 15\Phi ; 200 \text{ mm}) =$$

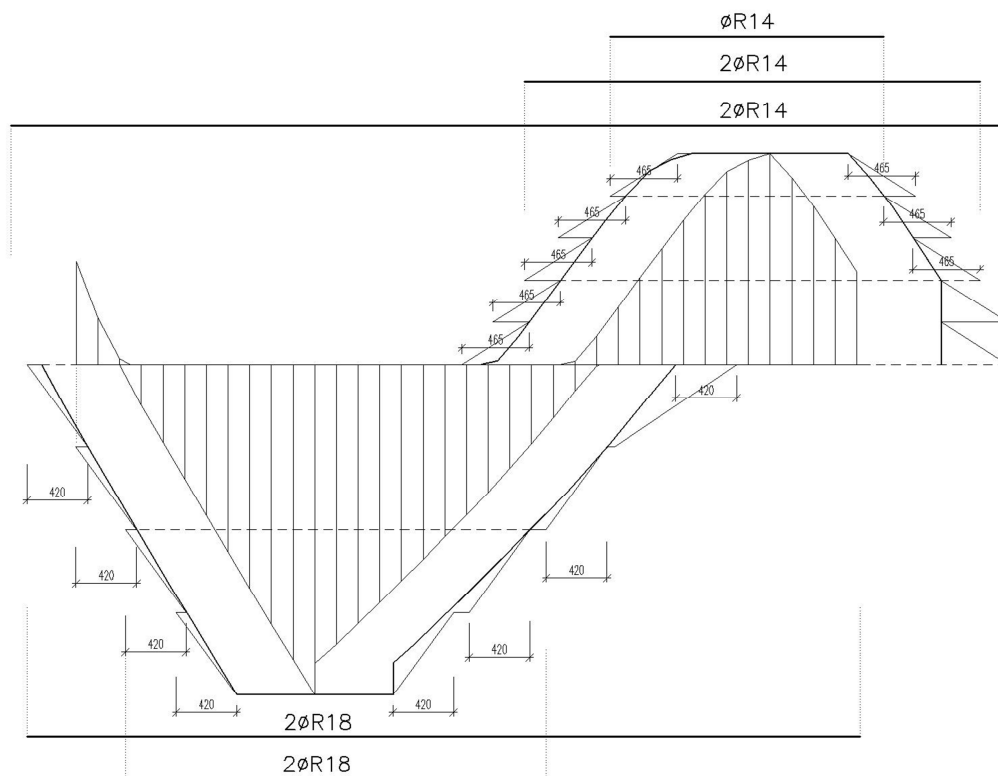
$$\text{MAX} (0,3 \cdot 1 \cdot 593 ; 15 \cdot 18 ; 200 \text{ mm}) = 270 \text{ mm}$$

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 890 \text{ mm}$$

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

$$890 \text{ mm} \geq 270 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

4.7.2.4 Rozdělení materiálů

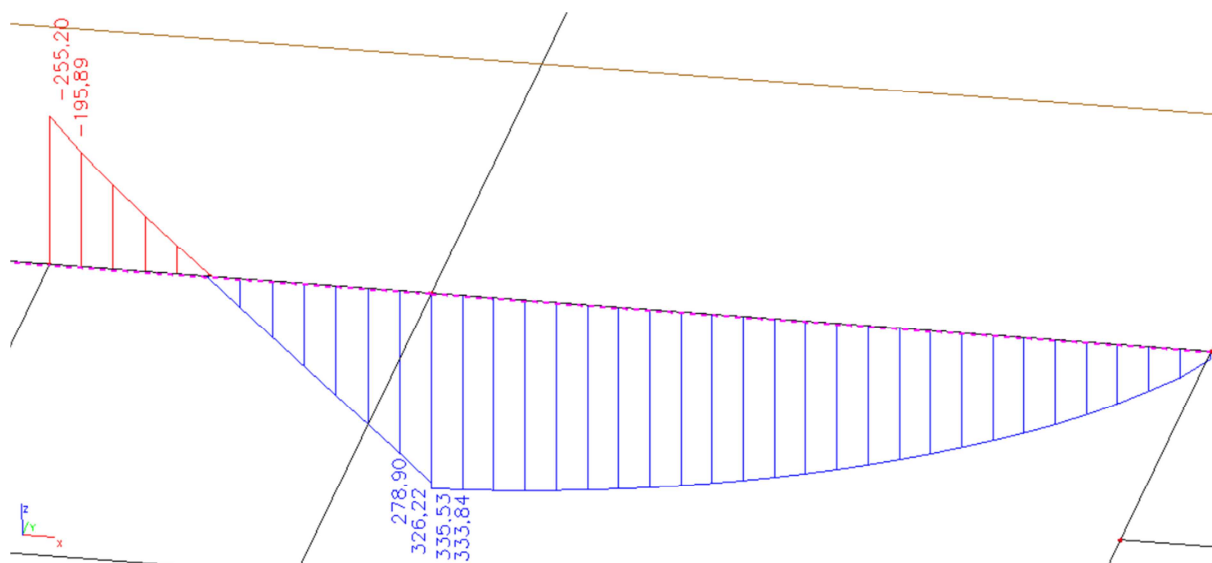


Obrázek 54 Průvlak P5 – schéma rozdělení materiálů

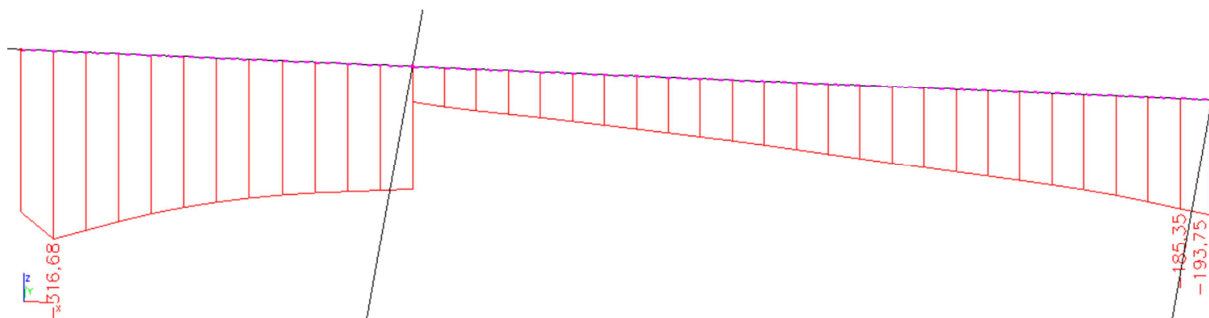
4.8 PRŮVLAK P6

- Celková světlá délka průvlaku $l = 5,200 \text{ m}$

4.8.1 Vnitřní síly



Obrázek 55 Průvlak P6 – My



Obrázek 56 Průvlak P6 - Vz

4.8.2 Dimenzování

4.8.2.1 Ohyb

DIMENZOVÁNÍ NA OHYB dle ČSN EN 1992-1-1 - PRŮVLAK P6

Geometrie :

podpora $l_0 = 0,15(l_1 + l_2) = 0,15 \cdot (5,425 + 0) = 0,814 \text{ m}$

spolupůsobící šířka desky - levá $b_{efL} = 0,2 \cdot l_L / 2 + 0,1 l_0 = 0,2 \cdot 2,775 + 0,1 \cdot 0,814 = 636 \text{ mm}$

spolupůsobící šířka desky - pravá $b_{efP} = 0,2 \cdot l_P / 2 + 0,1 l_0 = 0,2 \cdot 1,7 + 0,1 \cdot 0,814 = 421 \text{ mm}$

celková šířka spolupůsobící desky $b_{ef} = b_{efL} + b + b_{efP} = 636 + 250 + 421 = 1307 \text{ mm}$

pole $l_0 = 0,85 l = 0,85 \cdot 5,425 = 4,611 \text{ m}$

spolupůsobící šířka desky - levá $b_{efL} = 0,2 \cdot l_L / 2 + 0,1 l_0 = 0,2 \cdot 2,775 + 0,1 \cdot 4,611 = 1016 \text{ mm}$

spolupůsobící šířka desky - pravá $b_{efP} = 0,2 \cdot l_P / 2 + 0,1 l_0 = 0,2 \cdot 1,7 + 0,1 \cdot 4,611 = 801 \text{ mm}$

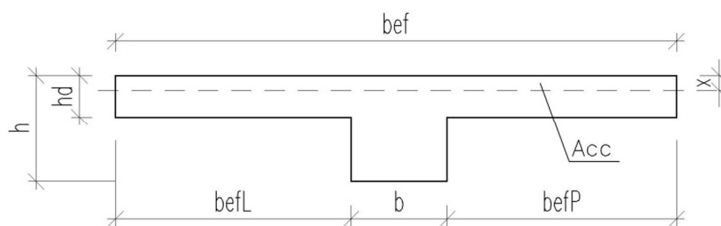
celková šířka spolupůsobící desky $b_{ef} = b_{efL} + b + b_{efP} = 1016 + 250 + 801 = 2067 \text{ mm}$

Rozměry :

šířka průřezu $b = 250 \text{ mm}$

výška průřezu $h = 650 \text{ mm}$

výška desky $h_d = 250 \text{ mm}$



Vnitřní síly :

Moment v poli (návrhová hodnota)

$M_{Ed}^- = 335,530 \text{ kNm}$

Moment nad podporou (návrhová hodnota)

$M_{Ed}^+ = 114,240 \text{ kNm}$

Profil spodní výztuže

$\Phi_{sl}^D = 18 \text{ mm}$

Profil horní výztuže

$\Phi_{sl}^H = 16 \text{ mm}$

Profil třmínku

$\Phi_{tr} = 8 \text{ mm}$

Krytí :

$c_{min,b} = 18 \text{ mm}$ $\Delta c_{dev} = 15 \text{ mm}$

$c_{min,dur} = 15 \text{ mm}$

$c_{dur,y} = 0 \text{ mm}$

$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$$

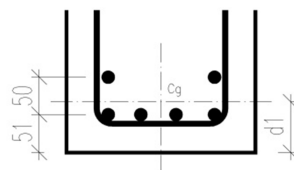
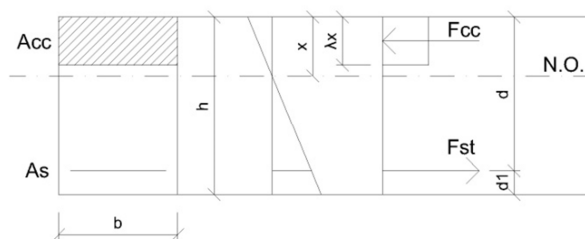
$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}) = \max(18; 15 + 0 - 0 - 0; 10) = 18 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 18 + 15 = 35 \text{ mm}$$

Dimenzování dolní výztuže :

$$d_1 = 67,67 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 650 - 67,67 = 582,33 \text{ mm}$$



- plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm} / f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,9 / 500 \cdot 250 \cdot 582,33; 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 250 \cdot 582,33) = 2,20E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 0,617 = 2,47E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH **4 + 2** Φ **18 mm** **$A_s = 1,53E-03 \text{ m}^2/\text{m}$**

$$\langle A_{s,min}; A_s; A_{s,max} \rangle = \langle 0,00022; 0,001527; 0,02468 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s = (b - 2c_{nom} - 2\Phi_{tr} - \Phi_{sl}) / (s - 1) - \Phi_{sl} = 30,7 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl}; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1,2 \cdot 18; 16 + 5; 20) = 21,6 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 300 \text{ mm}$$

$$\langle s_{min}; s; s_{max} \rangle = \langle 21,6; 30,7; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}) = (1527 \cdot 434,78) / (0,8 \cdot 2067 \cdot 20) = 20,07 \text{ mm}$$

$x < h_s \rightarrow \text{N.O. leží v desce}$

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3} / x = \epsilon_s / (d - x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d - x) / x = 0,0035 \cdot (582,33 - 20,07) / 20,07 = 9,81 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd} \\ 9,81 \% \geq 0,217 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 1527 \cdot 434,78 \cdot (582,33 - (0,8 \cdot 20,07) / 2) = 381,284 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed} \\ 381,284 \text{ kNm} \geq 355,530 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

88,0 %

Spodní podélná výztuž - návrh 4 + 2 x Φ R18 mm

Dimenzování horní výztuže :

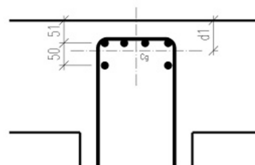
$$d_1 =$$

$$67,67 \text{ mm}$$

$$d =$$

$$h - d_1 = 650 - 67,67 =$$

$$582,33 \text{ mm}$$



- plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max \left(0,26 \cdot f_{ctm} / f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,9 / 500 \cdot 250 \cdot 582,33 = 2,20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \right. \\ \left. 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 250 \cdot 601 \right)$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 250 \cdot 650 = 6,50 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

NÁVRH

4+2

Φ

16 mm

 $A_s =$ 1,21E-03 m²/m

$$\langle A_{s,min} ; A_s ; A_{s,max} \rangle \\ \langle 0,000220 ; 0,001206 ; 0,0065 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s = (b - 2c_{nom} - 2\Phi_{tr} - \Phi_{sl}) / (s - 1) - \Phi_{sl} = 33 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl} ; d_g + 5 \text{ mm} ; 20 \text{ mm}) = \max(1,2 \cdot 12 ; 16 + 5 ; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 300 \text{ mm}$$

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

$$\langle 21 ; 33 ; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = (565 \cdot 434,78) / (0,8 \cdot 250 \cdot 20) = 131,09 \text{ mm}$$

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3} / x = \epsilon_s / (d - x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d - x) / x = 0,0035 \cdot (601 - 131,09) / 131,09 = 1,2 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$$

$$1,2 \% \geq 0,217 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 1206 \cdot 434,78 \cdot (582,33 - (0,8 \cdot 131,09) / 2) = 277,847 \text{ kNm}$$

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

$$277,847 \text{ kNm} \geq 255,2 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

$$91,8 \%$$

Horní podélná výztuž - návrh 4+2 x ΦR16 mm

4.8.2.2 Smyk

NÁVRH SMYKOVÉ VÝZTUŽE – P6

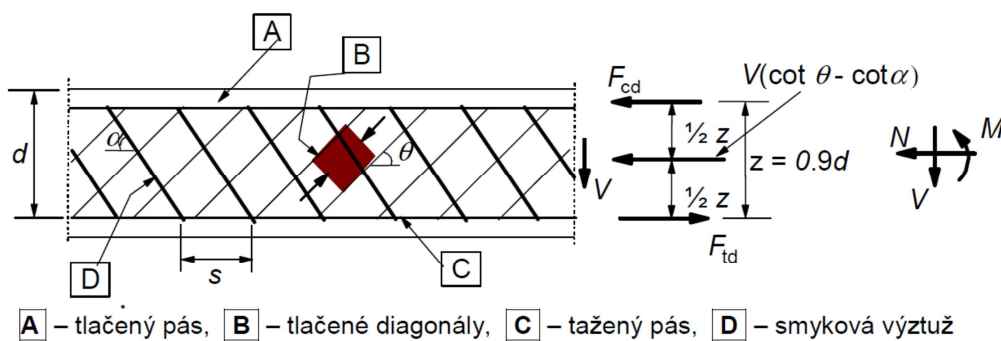
			$V_{ed,max} =$	316,680	kN
$C_{Rd,c} =$	$0,18/\gamma_c =$	$0,18/1,5 =$		0,12	
$k =$	$1 + ODM(200/d) =$	$1 + ODM(200/582,33) =$		1,59	≤ 2
					$k = 1,59$
$\rho_l =$	$A_{sl}/(b_w \cdot d) =$	$1527/(250 \cdot 582,33) =$		0,01049	$\leq 0,02$
					$\rho_l = 0,01049$
$V'_{Rd,c} =$	$[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d =$				
	$[0,12 \cdot 1,59 \cdot (100 \cdot 0,01049 \cdot 30)^{1/3}] \cdot 250 \cdot 582,33/1000 =$			87,697	kN
$V_{min} =$	$0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	$0,035 \cdot 1,59^{2/3} \cdot 30^{1/2} =$		0,261	
$V_{Rd,c,min} =$	$V_{min} \cdot b_w \cdot d =$	$0,261 \cdot 250 \cdot 582,33/1000 =$		37,997	kN
$V_{Rd,c} =$	$\max(V'_{Rd,c}; V_{Rd,c,min}) =$	$\max(87,697; 37,997) =$		87,697	kN

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

$$87,697 \text{ kN} \geq 316,68 \text{ kN}$$

NEVYHOVUJE!

>> Nutný návrh smykové výztuže



Návrh smykové výztuže :

Úhel mezi smyk. výztuží a osou nosníku

$$\alpha = 0^\circ$$

Úhel mezi bet. tlakovými diagonálami a osou nosníku

$$\cotg \theta = 2$$

$$1 \leq \cotg \theta \leq 2,5$$

osová vzdálenost smykových výztuží

$$s = 0,12 \text{ m}$$

průměr smykové výztuže

$$\phi_{sw} = 0,008 \text{ m}$$

počet stříhů

$$n = 2$$

plocha smykové výztuže

$$A_{sw} = 1,01E-04 \text{ m}^2$$

1. Únosnost tlačené diagonály

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

$$0,6 \cdot (1 - 30/250) =$$

$$0,528$$

$$V_{Rd,max} = (v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot \cotg \theta) / (\cotg 2\theta - 1) =$$

$$(0,528 \cdot 20 \cdot 250 \cdot 2) / (4 + 1) =$$

$$1056,000 \text{ kN}$$

$$V_{ed,max} \leq V_{Rd,max}$$

$$316,68 \text{ kN} \leq 1056 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

1. Únosnost tažené diagonály

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 0,58233 =$$

$$0,541 \text{ m}$$

$$s' = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \cotg \theta / V_{ed,max} = 101 \cdot 434,78 \cdot 0,541 \cdot 2 / 316680 =$$

$$150 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \text{MIN}(0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg \alpha); 400 \text{ mm}) = (0,75 \cdot 582,33; 400 \text{ mm}) =$$

$$400 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{\max}$$

$$120 \text{ mm} \leq 400 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta = (101/120) \cdot 541 \cdot 434,78 \cdot 2 = 395,947 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = (b_w \cdot z \cdot v \cdot f_{cd}) / (\cot \theta + \tan \theta) = (250 \cdot 0,541 \cdot 0,528 \cdot 20) / (2 + 0,5) = 571,296 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max}) = \min(395,947; 571,296) = 395,947 \text{ kN}$$

$$V_{ed,max} \leq V_{Rd}$$

$$316,68 \text{ kN} \leq 395,947 \text{ kN}$$

VYHOVUJE 80 %

- stupeň vyztužení

$$\rho_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin \alpha) = 101 / (120 \cdot 250) = 3,37E-03$$

$$\rho_{w,min} = (0,08 \cdot f_{ck}^{1/2}) / f_{yk} = (0,08 \cdot 30^{1/2}) / 500 = 8,80E-04$$

$$\rho_{w,min} \leq \rho_w$$

$$0,00088 \leq 0,00337$$

VYHOVUJE

$$(A_{sw} \cdot f_{ywd}) / (b_w \cdot s) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$(101 \cdot 434,78) / (250 \cdot 120) \leq (0,5 \cdot 0,528 \cdot 20)$$

$$1,464 \leq 5,28$$

VYHOVUJE

Smyková výztuž - návrh 2* třmínky $\Phi R8 / 120 \text{ mm}$

DALŠÍ OBLASTI	$V_{Rd,c,max}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
2* $\Phi 8 / 250$	1056	190,06	571,30	190,06

4.8.2.3 Kotevní délky**1. Kotvení $\Phi = 18 \text{ mm}$ (dobré podmínky soudržnosti)**

mezni napětí v soudržnosti

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

základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \Phi / 4 \cdot f_{yd} / f_{bd} = 18 / 4 \cdot 434,78 / 3,3 = 593 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{b,min} = \max(0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\Phi; 100 \text{ mm}) =$$

$$\max(0,3 \cdot 593; 10 \cdot 18; 100 \text{ mm}) = 180 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 420 \text{ mm}$$

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

$$420 \text{ mm} \geq 180 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

stykovací délka

$$l_{0,min} = \max(0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}; 15\Phi; 200 \text{ mm}) =$$

$$\begin{aligned}
 & \text{MAX}(0,3 \cdot 1 \cdot 593 ; 15 \cdot 18 ; 200 \text{ mm}) = 270 \text{ mm} \\
 l_0 = & \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 890 \text{ mm} \\
 & l_0 \geq l_{0,min} \\
 & 890 \text{ mm} \geq 270 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

2. Kotvení $\Phi = 16$ mm (špatné podmínky soudržnosti)

mezní napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 2,2/1,5 = 2,31 \text{ MPa}$$

základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \Phi/4 \cdot f_{yd}/f_{bd} = 16/4 \cdot 434,78/2,31 = 753 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

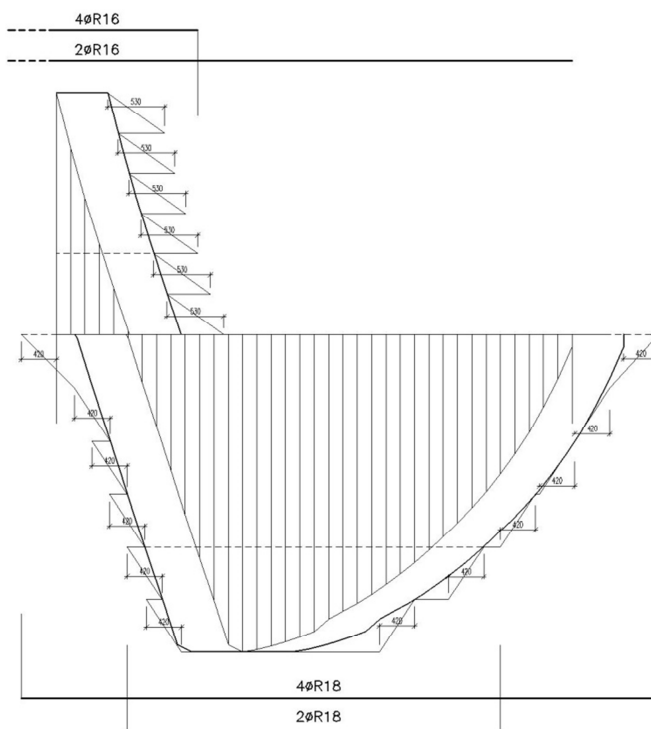
$$\begin{aligned}
 \alpha_1 &= 1,0 \\
 \alpha_2 &= 1,0 \\
 \alpha_3 &= 1,0 \\
 \alpha_4 &= 0,7 \\
 \alpha_5 &= 1,0 \\
 \alpha_6 &= 1,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{b,min} &= \text{MAX}(0,3 \cdot l_{b,rqd} ; 10\Phi ; 100 \text{ mm}) = \\
 & \text{MAX}(0,3 \cdot 753 ; 10 \cdot 16 ; 100 \text{ mm}) = 225,9 \text{ mm} \\
 l_{bd} &= \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 530 \text{ mm} \\
 & l_{bd} \geq l_{b,min} \\
 & 530 \text{ mm} \geq 225,9 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

stykovací délka

$$\begin{aligned}
 l_{0,min} &= \text{MAX}(0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} ; 15\Phi ; 200 \text{ mm}) = \\
 & \text{MAX}(0,3 \cdot 1 \cdot 753 ; 15 \cdot 16 ; 200 \text{ mm}) = 240 \text{ mm} \\
 l_0 &= \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 1130 \text{ mm} \\
 & l_0 \geq l_{0,min} \\
 & 1130 \text{ mm} \geq 240 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

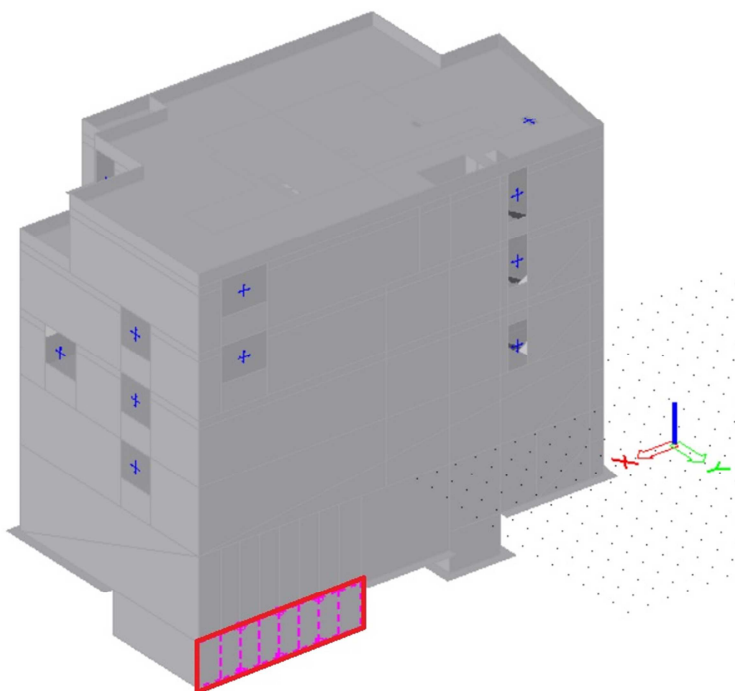
4.8.2.4 Rozdělení materiálů



Obrázek 57 Průvlak P6 - rozdělení materiálů

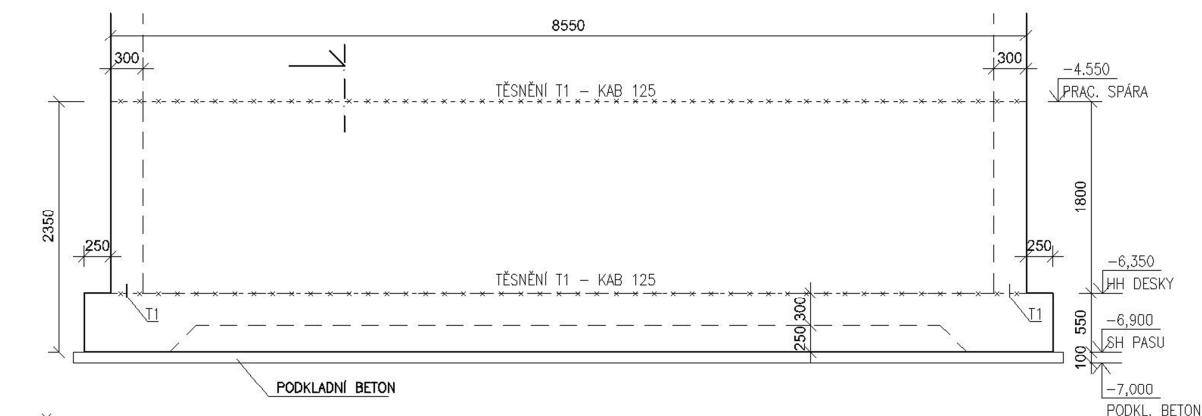
5 SUTERÉNNÍ STĚNA

V rámci diplomové práce byla posouzena jedna suterénní stěna, konkrétně zadní stěna šachty pro parkovací zakladač od hrany základu po pracovní spáru na úrovni -4,550 m. Poloha řešené konstrukce dle schématu :

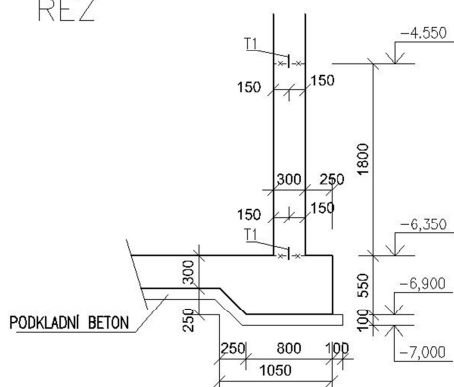


Obrázek 58 Suterénní stěna – pozice

POHLED Z EXTERIÉRU



ŘEZ



TLOUŠŤKA $h = 0,30 \text{ m}$
 DÉLKA $b = 8,55 \text{ m}$
 VÝŠKA PO PRAC. SPÁRU $a = 1,80 \text{ m}$
 SVĚTLÁ VÝŠKA PO STROP NAD 1.PP $l_n = 5,85 \text{ m}$
 KONSTRUKČNÍ VÝŠKA $l_k = 6,10 \text{ m}$
 VZPĚRNÁ DÉLKA $l_0 = 0,7 \cdot 6,1 = 4,27 \text{ m}$

Obrázek 59 Suterénní stěna – geometrie

5.1 Vnitřní síly

- V patě stěny

CO1

$$N_{\text{MAX}} = -291,09 \text{ kN/m}$$

$$M = 177,72 \text{ kNm/m}$$

CO2

$$N = -270,32 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{MAX}} = 396,96 \text{ kNm/m}$$

- V hlavě stěny

CO3

$$N_{\text{MAX}} = -258,36 \text{ kN/m}$$

$$M = 84,28 \text{ kNm/m}$$

CO4

$$N = -168,73 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{MAX}} = 141,00 \text{ kNm/m}$$

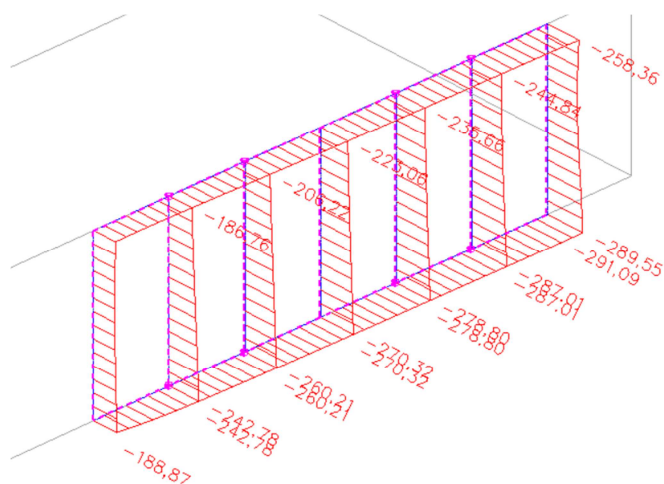
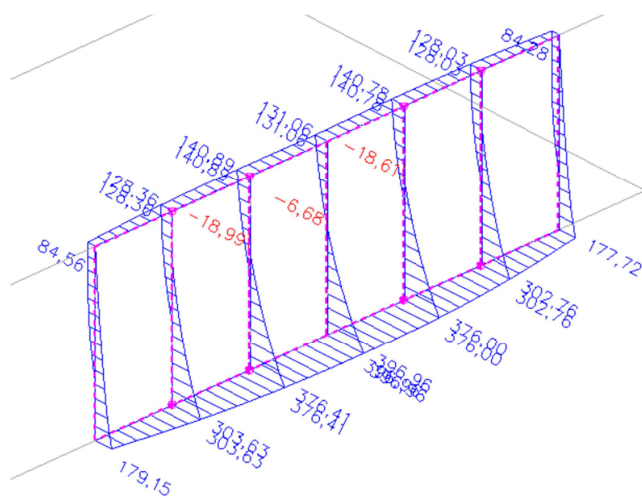
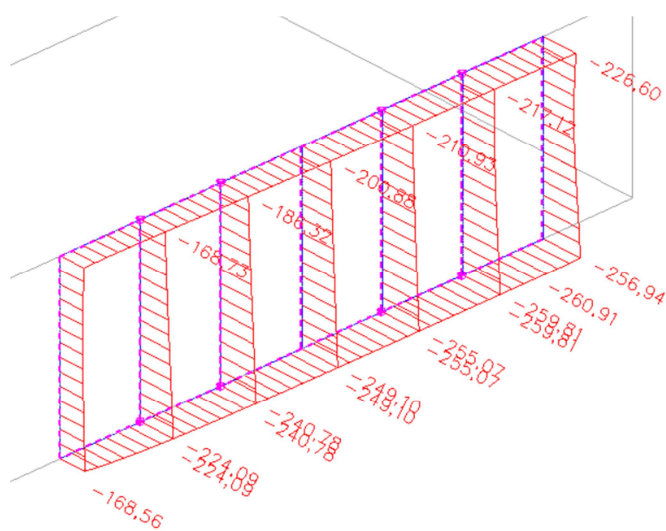
Ruční kontrola normálové síly v patě stěny:

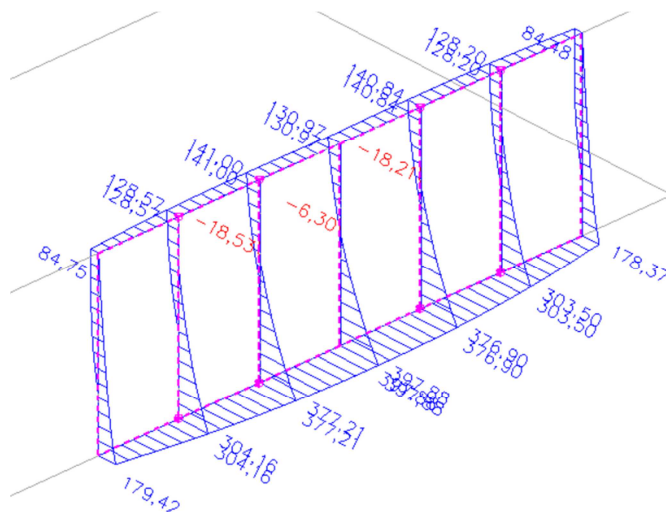
	počet	výška	šířka / ZŠ	obj. hm.	zatížení	char. hodnota			návrhová hodnota
STÁLÉ	n [-]	h [m]	b [m]	γ [kN/m ³]	f_k [kN/m ²]	g_k [kN/m]	γ_f	ψ_0	g_d [kN/m]
tíha žb. stěny	1	9,25	0,3	25		69,38	1,35	1	93,66
tíha zděné stěny	3	2,55	0,25	9		17,21	1,35	1	23,24
tíha věnců	3	0,5	0,25	25		9,38	1,35	1	12,66
tíha atiky	1	0,65	0,25	25		4,06	1,35	1	5,48
tíha stropu nad 4.NP	1	0,25	2	25		12,50	1,35	1	16,88
tíha stropu nad 3.NP	1	0,25	1,75	25		10,94	1,35	1	14,77
tíha stropu nad 2.NP	1	0,25	1,75	25		10,94	1,35	1	14,77
tíha stropu nad 1.NP	1	0,25	1,75	25		10,94	1,35	1	14,77
tíha stropu nad 1.PP	1	0,25	1,85	25		11,56	1,35	1	15,61
střecha	1		2		1,48	2,96	1,35	1	4,00
podlaha 4.NP	1		1,75		1,7	2,98	1,35	1	4,02
podlaha 3.NP	1		1,75		1,7	2,98	1,35	1	4,02
podlaha 2.NP	1		1,75		1,7	2,98	1,35	1	4,02
podlaha 1.NP	1		1,75		1,7	2,98	1,35	1	4,02
podlaha 1.PP	1		1,85		1,8	3,33	1,35	1	4,50
					Σ	175,09		Σ	236,37

	počet	šířka / ZŠ	zatížení	char. hodnota			návrhová hodnota
NAHODILÉ	n [-]	b [m]	f_k [kN/m ²]	q_k [kN/m]	γ_f	ψ_0	q_d [kN/m]
užitné - jedn. podlaží	4	1,75	2,3	16,1	1,5	1	24,15
sníh navátý na střechu	1	2	0,97	1,94	1,5	0,5	1,46

KOMBINACE 261,98 kN/m

Ruční výpočet je zjednodušený a nezapočítává svislou složku od zemního tlaku, avšak vypočtená hodnota normálového zatížení řádově odpovídá hodnotám z výpočetního programu. Předpokládám tedy správnost hodnot.

Obrázek 60 Suterénní stěna – N , N_{MAX} v patě, N_{MAX} v hlavěObrázek 61 Suterénní stěna – M , M_{MAX} v patě, M v hlavěObrázek 62 Suterénní stěna – N v hlavě

Obrázek 63 Suterénní stěna – M_{MAX} v hlavěÚČINKY 1. ŘÁDU – GEOMETRICKÉ IMPERFEKCE

$$M_{0Ed} = N_{Ed} \left(\frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} + e_i \right)$$

$$e_i = \frac{l_0}{400} = \frac{4,27}{400} = 0,011 \text{ m}$$

		N_{Ed} [kN/m]	M_{0Ed} [kNm/m]
V PATĚ	CO1	-291,09	180,92
	CO2	-270,32	399,93
V HLAVĚ	CO3	-258,36	87,12
	CO4	-141,00	142,86

ÚČINKY 2. ŘÁDU

$$i = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{0,3}{\sqrt{12}} = 0,087$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{4,27}{0,087} = 49,08$$

$$A_c = 1 \cdot 0,3 = 0,3 \text{ m}^2$$

$$n_1 = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}}$$

$$\lambda_{lim} = 20 \cdot \frac{A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n_1}}$$

	N_{Ed} [kN]	A	B	C	n_1	λ_{lim}		λ
CO1	291,09	0,7	1,1	0,7	0,042	52,86	\geq	49,08
CO2	270,32				0,039	54,86	\geq	
CO3	258,36				0,037	56,11	\geq	
CO4	168,73				0,024	69,43	\geq	

$\lambda \leq \lambda_{lim} \dots$ ÚČINKY 2. ŘÁDU LZE ZANEDBAT

5.2 Dimenzování

Návrh - $\Phi R16/100$ mm; $A_s = 2,01 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ při vnějším povrchu
 - $\Phi R14/100$ mm; $A_s = 1,54 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ při vnitřním povrchu.

KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

- plocha výztuže

$$A_{s,min} = 0,002 \cdot A_c = 0,002 \cdot 1 \cdot 0,3 = 6,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1 \cdot 0,3 = 0,012 \text{ m}^2$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 2,01 \cdot 10^{-3} + 1,54 \cdot 10^{-3} = 3,55 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} \leq A_s \leq A_{s,max}$$

$$6,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \leq 3,55 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \leq 0,012 \text{ m}^2$$

- vzdálenost výztuže

$$s_{s,min} = \text{MAX} \left(\begin{matrix} 1,2 \cdot \phi \\ d_g + 5 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{matrix} \right) = \text{MAX} \left(\begin{matrix} 19,2 \\ 21 \\ 20 \end{matrix} \right) = 21 \text{ mm}$$

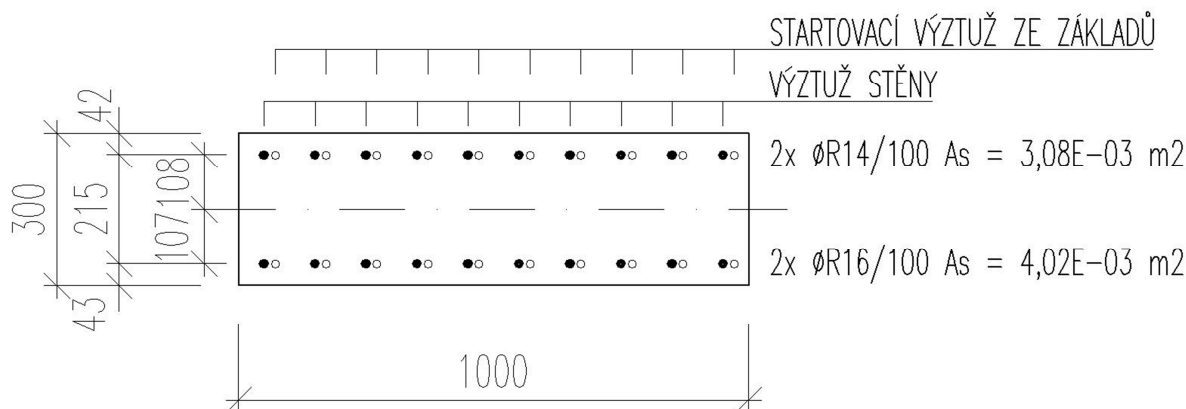
$$s_{s,max} = \text{MIN} \left(\begin{matrix} 3h \\ 400 \end{matrix} \right) = \text{MIN} \left(\begin{matrix} 3 \cdot 300 \\ 400 \end{matrix} \right) = \text{MIN} \left(\begin{matrix} 900 \\ 400 \end{matrix} \right) = 400 \text{ mm}$$

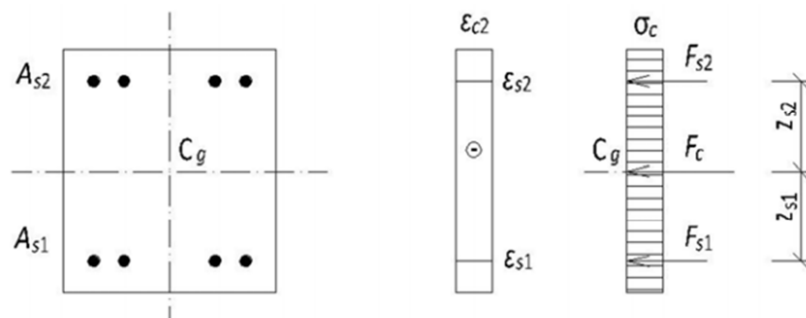
$$s_{s,min} \leq s_s \leq s_{s,max}$$

$$21 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm} \leq 400 \text{ mm}$$

5.2.1 Interakční diagram pro patu stěny

Ze základové desky budou do stěny vytaženy startovací výztuže dle příslušného vyztužení stěny. Tyto pruty budou započítány do únosnosti v patě stěny.

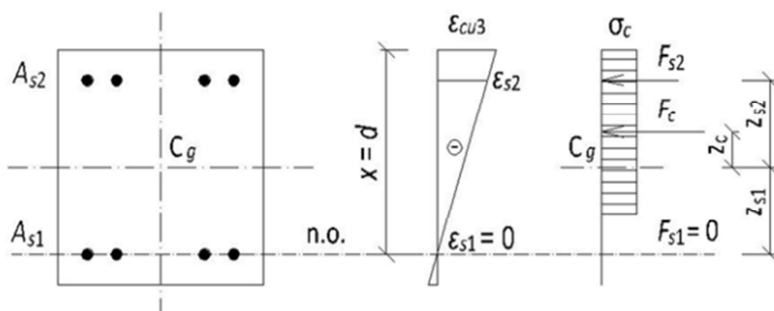


BOD 0

$$\sigma_s = \varepsilon_{s2} \cdot E_s = 0,02 \cdot 200 \cdot 10^3 = 400 \text{ MPa}$$

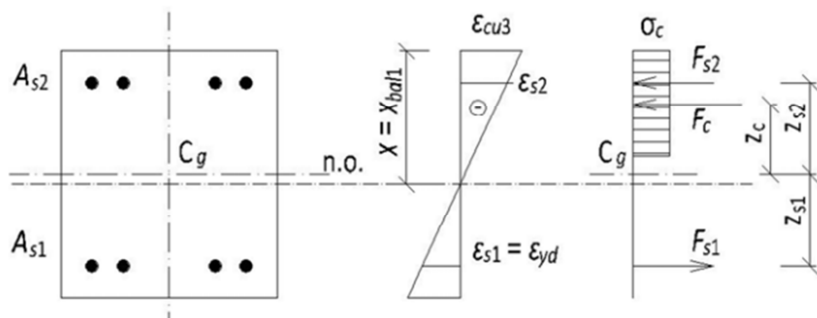
$$N_{Rd,0} = -\left(b \cdot h \cdot \eta \cdot f_{cd} + \sum A_s \cdot \sigma_s\right) = -(1,0,3 \cdot 1 \cdot 23,33 \cdot 10^3 + 7,1 \cdot 10^{-3} \cdot 400 \cdot 10^3) = -9839 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,0} = (A_{s2} \cdot z_{s2} - A_{s1} \cdot z_{s1}) \cdot \sigma_s = (3,08 \cdot 10^{-3} \cdot 0,108 - 4,02 \cdot 10^{-3} \cdot 0,107) \cdot 400 \cdot 10^3 = -39 \text{ kNm}$$

BOD 1

$$N_{Rd,1} = -(\lambda \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot f_{yd}) = -(0,8 \cdot 1 \cdot 0,257 \cdot 23,33 \cdot 10^3 + 3,08 \cdot 10^{-3} \cdot 434,78 \cdot 10^3) = -6136 \text{ kN}$$

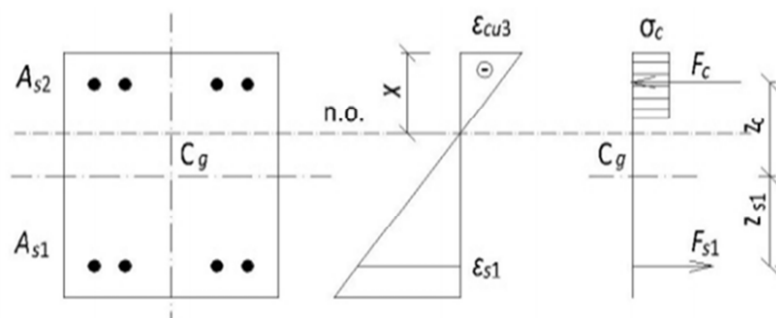
$$\begin{aligned} M_{Rd,1} &= \lambda \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot \frac{h - \lambda d}{2} + A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot z_2 \\ &= 0,8 \cdot 1 \cdot 0,257 \cdot 23,33 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,3 - 0,8 \cdot 0,257}{2} + 3,08 \cdot 10^{-3} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot 0,108 \\ &= 371 \text{ kNm} \end{aligned}$$

BOD 2

$$\xi_{bal1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd}} = \frac{3,5}{3,5 + 2,17} = 0,617$$

$$\begin{aligned} N_{Rd,2} &= -(\lambda \cdot \xi_{bal1} \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} + (A_{s2} - A_{s1}) \cdot f_{yd}) \\ &= -(0,8 \cdot 0,617 \cdot 1 \cdot 0,257 \cdot 23,33 \cdot 10^3 + (3,08 \cdot 10^{-3} - 4,02 \cdot 10^{-3}) \cdot 434,78 \cdot 10^3) \\ &= -2551 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Rd,2} &= \lambda \cdot \xi_{bal1} \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot \frac{h - \lambda \cdot \xi_{bal1} \cdot d}{2} + A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot z_2 + A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot z_1 \\ &= 0,8 \cdot 0,617 \cdot 1 \cdot 0,257 \cdot 23,33 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,3 - 0,8 \cdot 0,617 \cdot 0,257}{2} \\ &\quad + 3,08 \cdot 10^{-3} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot 0,108 + 4,02 \cdot 10^{-3} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot 0,107 = 588 \text{ kNm} \end{aligned}$$

BOD 3

šířka průřezu	b=	1000	mm	OCEL	B500B		
výška průřezu	h=	300	mm	f _{yk} =	500	MPa	γ _s = 1,15
krytí	c=	35	mm	f _{yd} =	434,78	MPa	
třmínek	Φtř=	0	mm	E=	200	GPa	
				ε _{yd} =	0,002174	m/m	
počet vrstev výztuže	n=	2		BETON	c30/37		
	Δh=	215	mm	f _{ck} =	30	MPa	γ _c = 1,5
zatížení	N=	0	kN	f _{cd} =	20,00	MPa	
	M=	0	kNm	f _{ctm} =	2,9	MPa	
				f _{ctk,0,05} =	2	MPa	
				E _{cm} =	33	GPa	
				ε _{cu3} =	0,0035	m/m	
				ε _{c2} =	0,002	m/m	

výška tlačné oblasti $x =$ 63,186 mm $\Delta x =$ 6,319 $A_{ci} =$ 6,32E-03 m²

ŘEŠENÍ

VÝZTUŽ - pracovní diagram bez zpevnění										
vrstva	prutů ve vrstvě	průměr prutu	plocha 1 prutu	plocha celkem	poloha	vzd. od těžiště	přetvoření vrstvy	napětí ve vrstvě	síla ve vrstvě	moment od vrstvy
i	n	Φ [mm]	A_{s1} [m ²]	A_s [m ²]	h_i [mm]	z_i [mm]	ϵ_{si}	σ_{si} [MPa]	F_{si} [kN]	M_{si} [kNm]
1	20	14	1,54E-04	3,08E-03	42	-108	-1,17E-03	-234,71	-722,905	78,074
2	20	16	2,01E-04	4,02E-03	257	107	1,07E-02	434,78	1747,826	187,017
									Σ 1024,921	265,091

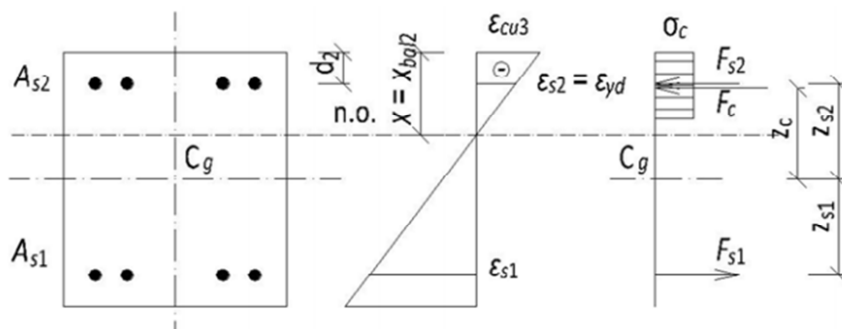
BETON - parabolicko rektangulární pracovní diagram						
vrstva	poloha těžiště vrstvy	vzd. od těžiště	přetvoření vrstvy	napětí ve vrstvě	síla ve vrstvě	moment od vrstvy
i	h_{ci} [mm]	z_i [mm]	ϵ_{ci}	σ_{si} [MPa]	F_{ci} [kN]	M_{ci} [kNm]
1	3,16	-146,84	-3,33E-03	-20,000	-126,373	18,557
2	9,48	-140,52	-2,98E-03	-20,000	-126,373	17,758
3	15,80	-134,20	-2,63E-03	-20,000	-126,373	16,960
4	22,12	-127,88	-2,28E-03	-20,000	-126,373	16,161
5	28,43	-121,57	-1,93E-03	-19,972	-126,195	15,341
6	34,75	-115,25	-1,58E-03	-19,097	-120,666	13,906
7	41,07	-108,93	-1,23E-03	-16,997	-107,397	11,699
8	47,39	-102,61	-8,75E-04	-13,672	-86,388	8,864
9	53,71	-96,29	-5,25E-04	-9,122	-57,638	5,550
10	60,03	-89,97	-1,75E-04	-3,347	-21,148	1,903
					Σ -1024,921	126,699

	N_{RD} [kN]	M_{RD} [kNm]
Výztuž	1024,921	265,091
Beton	-1024,921	126,699
Σ	0,000	391,790

R-E= 0,000

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

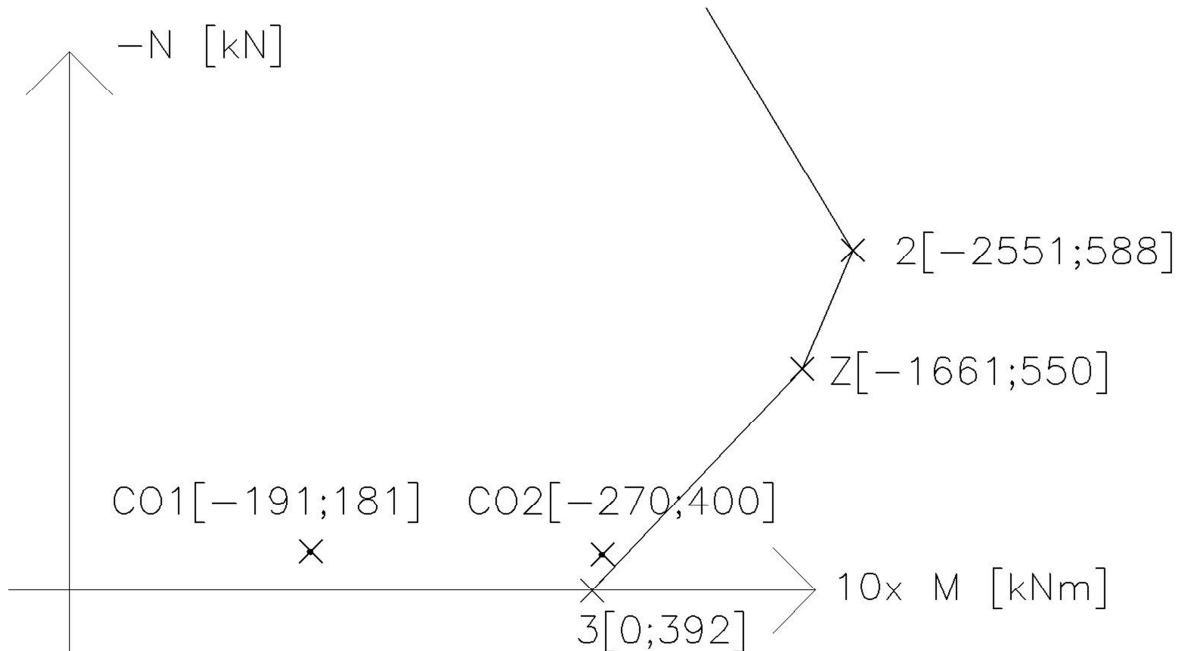
$$M_{Rd,3} = 392 \text{ kNm}$$

BOD Z

$$\xi_{bal2} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} - \epsilon_{yd}} = \frac{3,5}{3,5 - 2,17} = 2,64$$

$$\begin{aligned} N_{Rd,Z} &= -(\lambda \cdot \xi_{bal2} \cdot b \cdot d_2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + (A_{s2} - A_{s1}) \cdot f_{yd}) \\ &= -(0,8 \cdot 2,64 \cdot 1 \cdot 0,042 \cdot 23,33 \cdot 10^3 + (3,08 \cdot 10^{-3} - 4,02 \cdot 10^{-3}) \cdot 434,78 \cdot 10^3) \\ &= -1661 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Rd,Z} &= \lambda \cdot \xi_{bal2} \cdot b \cdot d_2 \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot \frac{h - \lambda \cdot \xi_{bal2} \cdot d_2}{2} + A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot z_2 + A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot z_1 \\ &= 0,8 \cdot 2,64 \cdot 1 \cdot 0,042 \cdot 23,33 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,3 - 0,8 \cdot 2,64 \cdot 0,042}{2} \\ &\quad + 3,08 \cdot 10^{-3} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot 0,108 + 4,02 \cdot 10^{-3} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot 0,107 = 550 \text{ kNm} \end{aligned}$$



Obrázek 64 Suterenní stěna - výsek z interakčního diagramu pro patu stěny

STĚNA V PATĚ VYHOVUJE

5.2.2 Iterační výpočet pro patu stěny

– ověření pro CO2 [-270,32 ; 399,93]

šířka průřezu	b=	1000	mm	OCEL	B500B		
výška průřezu	h=	300	mm	f_{yk} =	500	MPa	γ_s = 1,15
krytí	c=	35	mm	f_{yd} =	434,78	MPa	
třmínek	Φ_{tr} =	0	mm	E=	200	GPa	
				ϵ_{yd} =	0,002174	m/m	
počet vrstev výztuže	n=	2		BETON	C30/37		
	Δh =	215	mm	f_{ck} =	30	MPa	γ_c = 1,5
zatížení	N=	-270,32	kN	f_{cd} =	20,00	MPa	
	M=	399,93	kNm	f_{ctm} =	2,9	MPa	
				$f_{ctk,0,05}$ =	2	MPa	
				E_{cm} =	33	GPa	
				ϵ_{cu3} =	0,0035	m/m	
				ϵ_{c2} =	0,002	m/m	

ŘEŠENÍ

výška tlačné oblasti	x=	70,588	mm
	Δx =	7,059	
	A_{ci} =	7,06E-03	m ²

VÝZTUŽ - pracovní diagram bez zpevnění										
vrstva	prutů ve vrstvě	průměr prutu	plocha 1 prutu	plocha celkem	poloha	vzd. od těžiště	přetvoření vrstvy	napětí ve vrstvě	síla ve vrstvě	moment od vrstvy
i	n	Φ [mm]	A_{s1} [m ²]	A_s [m ²]	h_i [mm]	z_i [mm]	ϵ_{si}	σ_{si} [MPa]	F_{si} [kN]	M_{si} [kNm]
1	20	14	1,54E-04	3,08E-03	42	-108	-1,42E-03	-283,50	-873,170	94,302
2	20	16	2,01E-04	4,02E-03	257	107	9,24E-03	434,78	1747,826	187,017
Σ									874,656	281,320

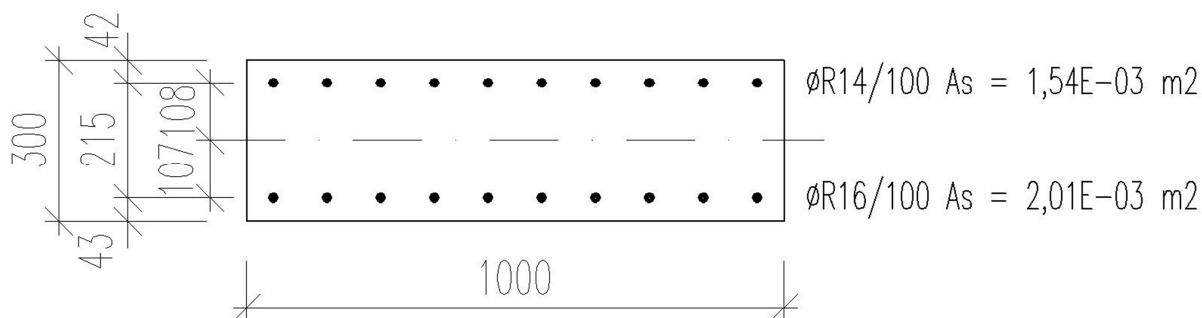
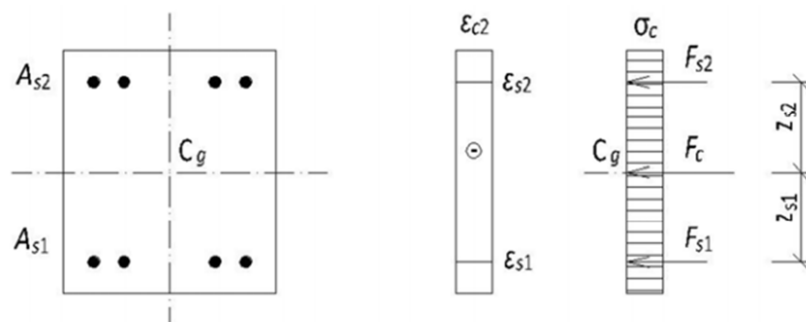
BETON - parabolicko rektangulární pracovní diagram						
vrstva	poloha těžiště vrstvy	vzd. od těžiště	přetvoření vrstvy	napětí ve vrstvě	síla ve vrstvě	moment od vrstvy
i	h_{ci} [mm]	z_i [mm]	ϵ_{ci}	σ_{si} [MPa]	F_{ci} [kN]	M_{ci} [kNm]
1	3,53	-146,47	-3,33E-03	-20,000	-141,175	20,678
2	10,59	-139,41	-2,98E-03	-20,000	-141,175	19,682
3	17,65	-132,35	-2,63E-03	-20,000	-141,175	18,685
4	24,71	-125,29	-2,28E-03	-20,000	-141,175	17,688
5	31,76	-118,24	-1,93E-03	-19,972	-140,977	16,668
6	38,82	-111,18	-1,58E-03	-19,097	-134,800	14,987
7	45,88	-104,12	-1,23E-03	-16,997	-119,977	12,492
8	52,94	-97,06	-8,75E-04	-13,672	-96,507	9,367
9	60,00	-90,00	-5,25E-04	-9,122	-64,389	5,795
10	67,06	-82,94	-1,75E-04	-3,347	-23,625	1,959
Σ					-1144,976	138,001

	N_{RD} [kN]	M_{RD} [kNm]
Výztuž	874,656	281,320
Beton	-1144,976	138,001
Σ	-270,320	419,321

R-E= 0,000

M_{RD}	\geq	M_{ED}
419,321	\geq	399,930
VYHOVUJE		

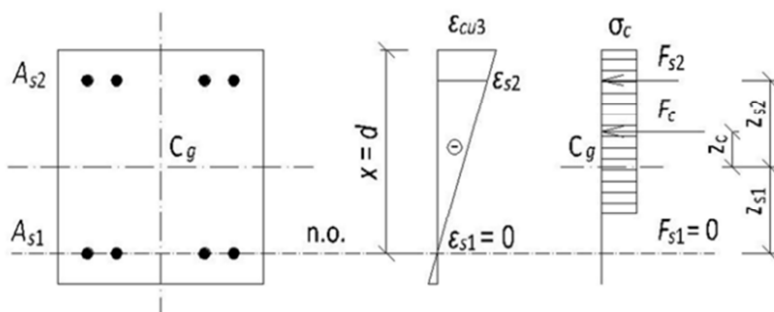
5.2.3 Interakční diagram pro hlavu stěny

BOD 0

$$\sigma_s = \varepsilon_{s2} \cdot E_s = 0,02 \cdot 200 \cdot 10^3 = 400 \text{ MPa}$$

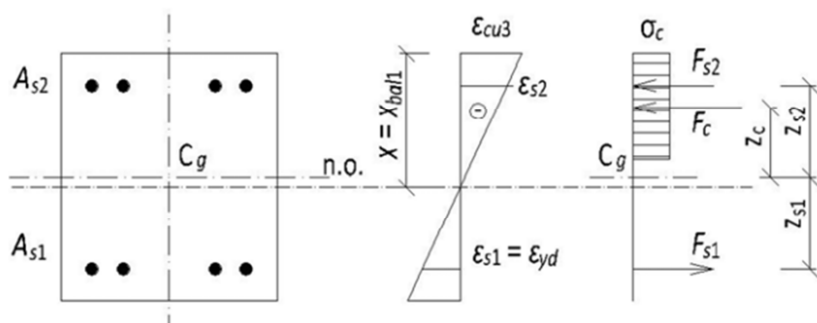
$$N_{Rd,0} = -\left(b \cdot h \cdot \eta \cdot f_{cd} + \sum A_s \cdot \sigma_s\right) = -(1,03 \cdot 1 \cdot 23,33 \cdot 10^3 + 3,55 \cdot 10^{-3} \cdot 400 \cdot 10^3) = -8419 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,0} = (A_{s2} \cdot z_{s2} - A_{s1} \cdot z_{s1}) \cdot \sigma_s = (2,01 \cdot 10^{-3} \cdot 0,107 - 1,54 \cdot 10^{-3} \cdot 0,108) \cdot 400 \cdot 10^3 = 19,5 \text{ kNm}$$

BOD 1

$$N_{Rd,1} = -(\lambda \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot f_{yd}) = -(0,81 \cdot 0,258 \cdot 23,33 \cdot 10^3 + 2,01 \cdot 10^{-3} \cdot 434,78 \cdot 10^3) = -5689 \text{ kN}$$

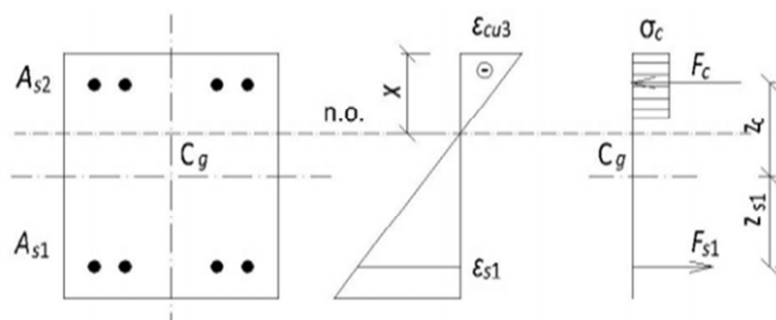
$$\begin{aligned}
 M_{Rd,1} &= \lambda \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot \frac{h - \lambda d}{2} + A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot z_2 \\
 &= 0,8 \cdot 1 \cdot 0,258 \cdot 23,33 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,3 - 0,8 \cdot 0,258}{2} + 2,01 \cdot 10^{-3} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot 0,107 \\
 &= 319 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

BOD 2

$$\xi_{bal1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd}} = \frac{3,5}{3,5 + 2,17} = 0,617$$

$$\begin{aligned}
 N_{Rd,2} &= -(\lambda \cdot \xi_{bal1} \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} + (A_{s2} - A_{s1}) \cdot f_{yd}) \\
 &= -(0,8 \cdot 0,617 \cdot 1 \cdot 0,258 \cdot 23,33 \cdot 10^3 + (2,01 \cdot 10^{-3} - 1,54 \cdot 10^{-3}) \cdot 434,78 \cdot 10^3) \\
 &= -3175 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Rd,2} &= \lambda \cdot \xi_{bal1} \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot \frac{h - \lambda \cdot \xi_{bal1} \cdot d}{2} + A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot z_2 + A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot z_1 \\
 &= 0,8 \cdot 0,617 \cdot 1 \cdot 0,258 \cdot 23,33 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,3 - 0,8 \cdot 0,617 \cdot 0,258}{2} \\
 &\quad + 2,01 \cdot 10^{-3} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot 0,107 + 1,54 \cdot 10^{-3} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot 0,108 = 422 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

BOD 3

šířka průřezu	b=	1000	mm
výška průřezu	h=	300	mm
krytí	c=	35	mm
třmínek	Φtř=	0	mm

počet vrstev výztuže	n=	2
	Δh =	215 mm

zatižení	N=	0	kN
	M=	0	kNm

OCEL	B500B	
$f_{yk} =$	500	MPa
$f_{yd} =$	434,78	MPa
$E =$	200	GPa
$\varepsilon_{yd} =$	0,002174	m/m

$$\gamma_s = 1,15$$

BETON	c30/37
$f_{ck}=$	30 MPa
$f_{cd}=$	20,00 MPa
$f_{ctm}=$	2,9 MPa

$$\gamma_c = 1,5$$

$f_{ctk,0,05} = 2$ MPa
 $E_{cm} = 33$ GPa
 $\varepsilon_{cu3} = 0,0035$ m/m
 $\varepsilon_{c2} = 0,002$ m/m

výška tlačné oblasti $x = 42,435$ mm
 $\Delta x = 4,243$
 $A_{ci} = 4,24E-03$ m²

ŘEŠENÍ

VÝZTUŽ - pracovní diagram bez zpevnění										
vrstva	prutů ve vrstvě	průměr prutu	plocha 1 prutu	plocha celkem	poloha	vzd. od těžiště	přetvoření vrstvy	napětí ve vrstvě	síla ve vrstvě	moment od vrstvy
i	n	Φ [mm]	A_{s1} [m ²]	A_s [m ²]	h_i [mm]	z_i [mm]	ε_{si}	σ_{si} [MPa]	F_{si} [kN]	M_{si} [kNm]
1	10	16	2,01E-04	2,01E-03	43	-107	4,66E-05	9,33	18,750	-2,006
2	10	14	1,54E-04	1,54E-03	258	108	1,78E-02	434,78	669,565	72,313
Σ									688,315	70,307

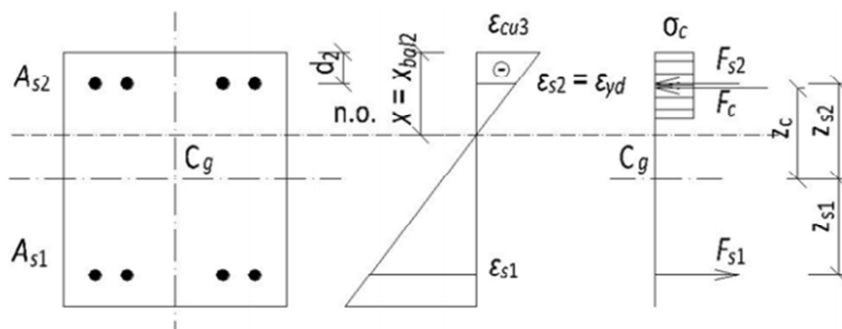
BETON - parabolicko rektangulární pracovní diagram						
vrstva	poloha těžiště vrstvy	vzd. od těžiště	přetvoření vrstvy	napětí ve vrstvě	síla ve vrstvě	moment od vrstvy
i	h_{ci} [mm]	z_i [mm]	ε_{ci}	σ_{si} [MPa]	F_{ci} [kN]	M_{ci} [kNm]
1	2,12	-147,88	-3,33E-03	-20,000	-84,869	12,550
2	6,37	-143,63	-2,98E-03	-20,000	-84,869	12,190
3	10,61	-139,39	-2,63E-03	-20,000	-84,869	11,830
4	14,85	-135,15	-2,28E-03	-20,000	-84,869	11,470
5	19,10	-130,90	-1,93E-03	-19,972	-84,750	11,094
6	23,34	-126,66	-1,58E-03	-19,097	-81,037	10,264
7	27,58	-122,42	-1,23E-03	-16,997	-72,125	8,829
8	31,83	-118,17	-8,75E-04	-13,672	-58,016	6,856
9	36,07	-113,93	-5,25E-04	-9,122	-38,708	4,410
10	40,31	-109,69	-1,75E-04	-3,347	-14,202	1,558
Σ					-688,314	91,052

	N_{RD} [kN]	M_{RD} [kNm]
Výztuž	688,315	70,307
Beton	-688,314	91,052
Σ	0,001	161,359

R-E= 0,001

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

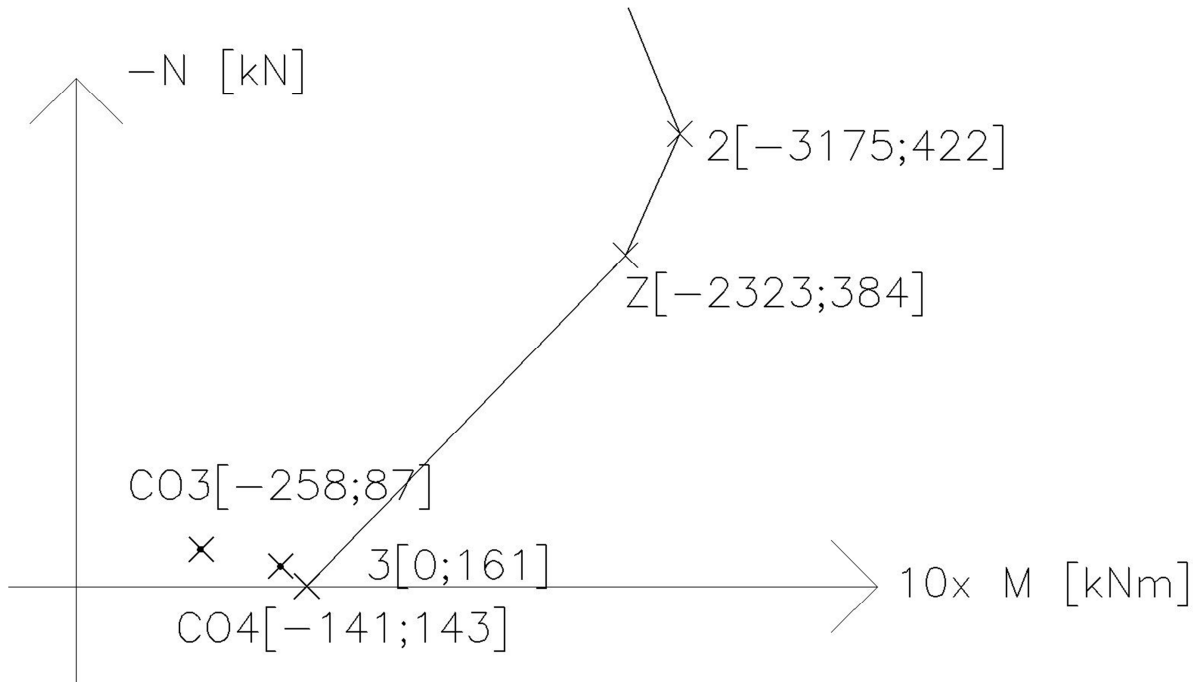
$$M_{Rd,3} = 161 \text{ kNm}$$

BOD Z

$$\xi_{bal2} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} - \varepsilon_{yd}} = \frac{3,5}{3,5 - 2,17} = 2,64$$

$$\begin{aligned} N_{Rd,Z} &= -(\lambda \cdot \xi_{bal2} \cdot b \cdot d_2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + (A_{s2} - A_{s1}) \cdot f_{yd}) \\ &= -(0,8 \cdot 2,64 \cdot 1 \cdot 0,043 \cdot 23,33 \cdot 10^3 + (2,01 \cdot 10^{-3} - 1,54 \cdot 10^{-3}) \cdot 434,78 \cdot 10^3) \\ &= -2323 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Rd,Z} &= \lambda \cdot \xi_{bal2} \cdot b \cdot d_2 \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot \frac{h - \lambda \cdot \xi_{bal2} \cdot d_2}{2} + A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot z_2 + A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot z_1 \\ &= 0,8 \cdot 2,64 \cdot 1 \cdot 0,043 \cdot 23,33 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,3 - 0,8 \cdot 2,64 \cdot 0,043}{2} \\ &\quad + 2,01 \cdot 10^{-3} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot 0,107 + 1,54 \cdot 10^{-3} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot 0,108 = 387 \text{ kNm} \end{aligned}$$



Obrázek 65 Suterenní stěny - výsek z interakčního diagramu pro hlavu stěny

5.2.4 Iterační výpočet pro patu stěny

- ověření pro CO4 [-141,0 ; 142,86]

šířka průřezu	b=	1000	mm	OCEL	B500B		
výška průřezu	h=	300	mm	f_{yk} =	500	MPa	γ_s = 1,15
krytí	c=	35	mm	f_{yd} =	434,78	MPa	
třmínek	Φ_{tr} =	0	mm	E=	200	GPa	
				ϵ_{yd} =	0,002174	m/m	
počet vrstev výztuže	n=	2		BETON	c30/37		
	Δh =	215	mm	f_{ck} =	30	MPa	γ_c = 1,5
zatížení	N=	-141	kN	f_{cd} =	20,00	MPa	
	M=	142,86	kNm	f_{ctm} =	2,9	MPa	
				$f_{ctk,0,05}$ =	2	MPa	
				E_{cm} =	33	GPa	
				ϵ_{cu3} =	0,0035	m/m	
				ϵ_{c2} =	0,002	m/m	

ŘEŠENÍ

výška tlačné oblasti	x=	45,395	mm
	Δx =	4,539	
	A_{ci} =	4,54E-03	m ²

VÝZTUŽ - pracovní diagram bez zpevnění										
vrstva	prutů ve vrstvě	průměr prutu	plocha 1 prutu	plocha celkem	poloha	vzd. od těžiště	přetvoření vrstvy	napětí ve vrstvě	síla ve vrstvě	moment od vrstvy
i	n	Φ [mm]	A_{s1} [m ²]	A_s [m ²]	h_i [mm]	z_i [mm]	ϵ_{si}	σ_{si} [MPa]	F_{si} [kN]	M_{si} [kNm]
1	10	16	2,01E-04	2,01E-03	43	-107	-1,85E-04	-36,93	-74,231	7,943
2	10	14	1,54E-04	1,54E-03	258	108	1,64E-02	434,78	669,565	72,313
Σ									595,335	80,256

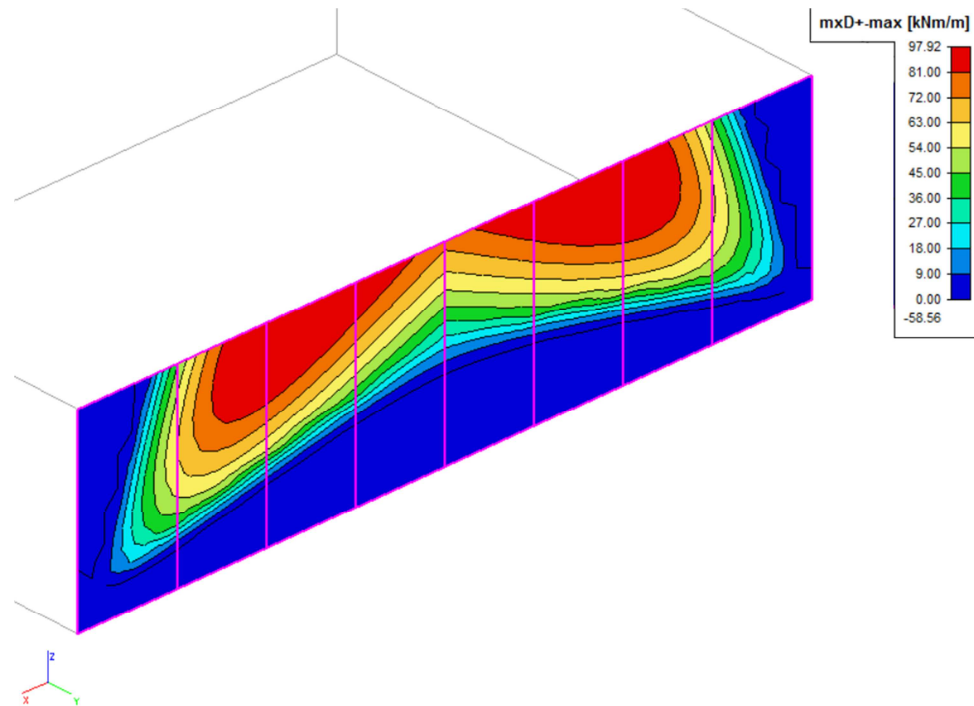
BETON - parabolicko rektangulární pracovní diagram						
vrstva	poloha těžiště vrstvy	vzd. od těžiště	přetvoření vrstvy	napětí ve vrstvě	síla ve vrstvě	moment od vrstvy
i	h_{ci} [mm]	z_i [mm]	ϵ_{ci}	σ_{si} [MPa]	F_{ci} [kN]	M_{ci} [kNm]
1	2,27	-147,73	-3,33E-03	-20,000	-90,790	13,412
2	6,81	-143,19	-2,98E-03	-20,000	-90,790	13,000
3	11,35	-138,65	-2,63E-03	-20,000	-90,790	12,588
4	15,89	-134,11	-2,28E-03	-20,000	-90,790	12,176
5	20,43	-129,57	-1,93E-03	-19,972	-90,662	11,747
6	24,97	-125,03	-1,58E-03	-19,097	-86,690	10,839
7	29,51	-120,49	-1,23E-03	-16,997	-77,157	9,297
8	34,05	-115,95	-8,75E-04	-13,672	-62,063	7,196
9	38,59	-111,41	-5,25E-04	-9,122	-41,409	4,614
10	43,13	-106,87	-1,75E-04	-3,347	-15,193	1,624
Σ					-736,334	96,494

	N_{RD} [kN]	M_{RD} [kNm]
Výztuž	595,335	80,256
Beton	-736,334	96,494
Σ	-141,000	176,750

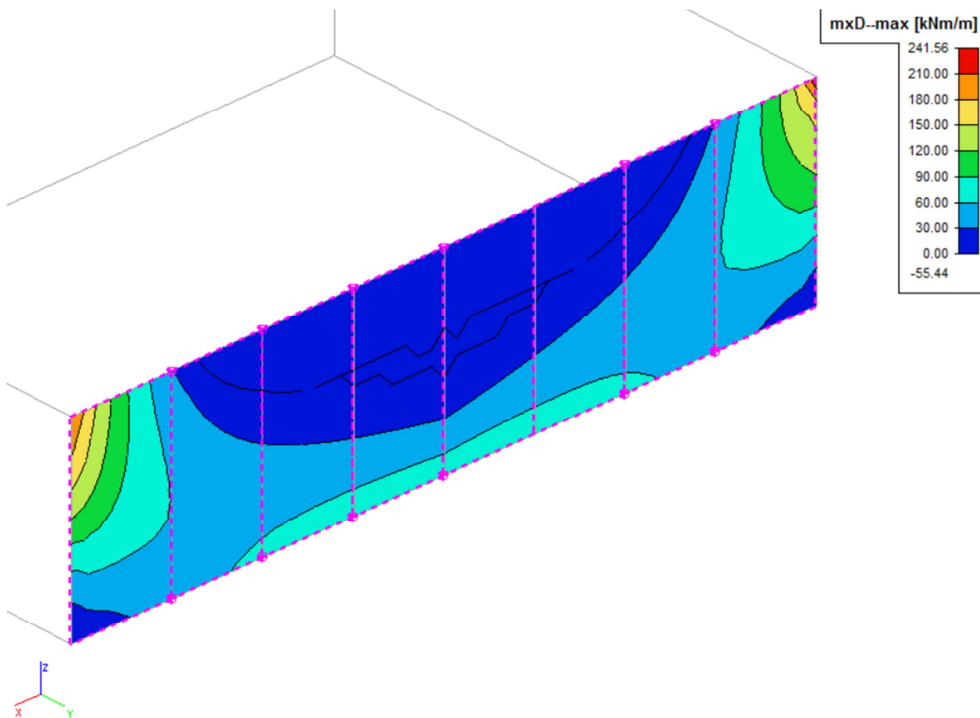
R-E= 0,000

M_{RD}	\geq	M_{ED}
176,750	\geq	142,860
VYHOVUJE		

5.2.5 Rozdělovací výztuž



Obrázek 66 Suterénní stěna - mxD+



Obrázek 67 Suterénní stěna - mxD-

Krytí :

C _{min,b} =	12 mm
C _{min,dur} =	25 mm
C _{dur,y} =	0 mm
ΔC _{dur,st} =	0 mm
ΔC _{dur,add} =	0 mm

ΔC_{dev}= 10 mm

$$c_{min} = \max(c_{min,b} ; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} ; 10 \text{ mm}) = \max(12 ; 25 + 0 - 0 - 0 ; 10) = 25 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 25 + 10 = 35 \text{ mm}$$

Dimenzování dolní výztuže :

$$d_1 = c_{nom} + \phi_{sl} + \phi/2 = 35 + 16 + 12/2 = 57 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 300 - 57 = 243 \text{ mm}$$

- plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,2/500 \cdot 1000 \cdot 243 = 3,16E-04 \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 243$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 300 = 1,20E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH

Φ 12 mm

á 150 mm

$A_s = 7,54E-04 \text{ m}^2/\text{m}$

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

$$\langle 0,000316 ; 0,000754 ; 0,012 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl} ; d_g + 5 \text{ mm} ; 20 \text{ mm}) = \max(1,2 \cdot 12 ; 16 + 5 ; 20) = 21 \text{ mm}$$

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

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

$$\langle 21 ; 150 ; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = (754.434,78) / (0,8 \cdot 1000 \cdot 13,333) = 30,73 \text{ mm}$$

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3}/x = \epsilon_s / (d - x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d - x) / x = 0,0035 \cdot (243 - 30,73) / 30,73 = 2,42 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$$

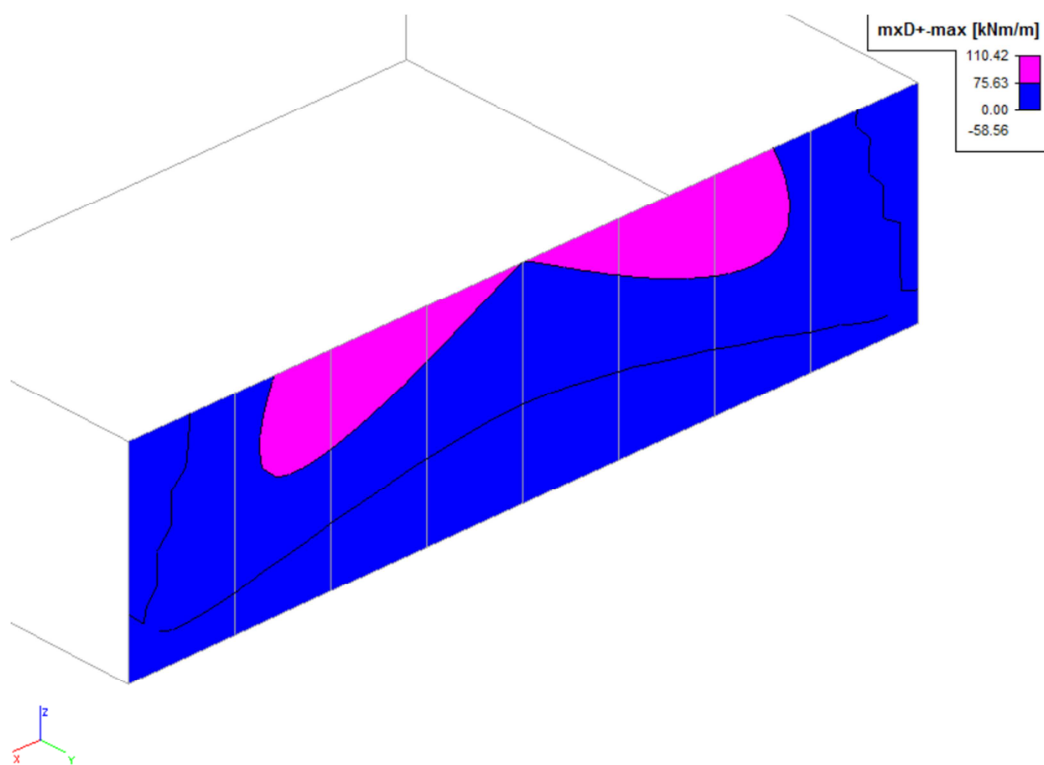
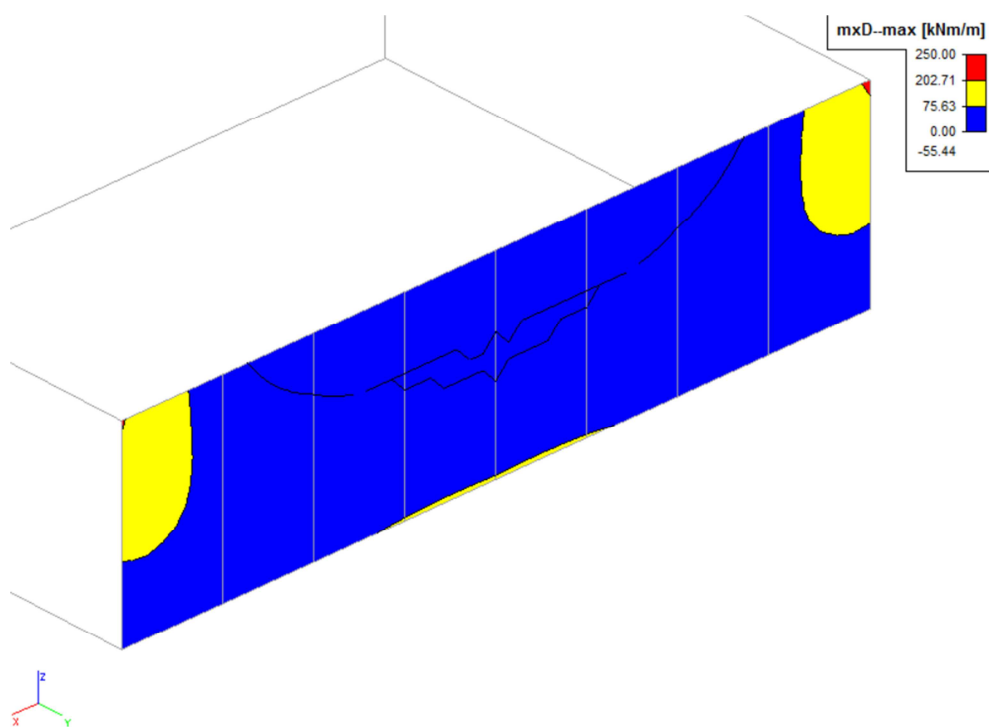
$$2,42 \% \geq 0,207 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 754.434,78 \cdot (243 - (0,8 \cdot 30,73) / 2) = 75,632 \text{ kNm}$$

	A_s [m ² /m]	d [mm]	x [mm]	ϵ [%]	M_{rd} [kNm]
ΦR12/150	7,54E-4	243	30,73	2,42	75,632
ΦR12/100	1,13E-3	243	46,10	1,49	110,42
ΦR12/50	2,26E-3	243	92,20	0,57	202,71

Obrázek 68 Suterénní stěna - $mxD+$ s nastavenou barevnou škálouObrázek 69 Suterénní stěna - $mxD-$ s nastavenou barevnou škálou

5.2.6 Kotevní délka

Kotvení $\Phi 16$ mm

mezni napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 2,2/1,5 = 2,31 \text{ MPa}$$

základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \Phi/4 \cdot f_{yd}/f_{bd} = 16/4 \cdot 434,78/2,31 = 753 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{b,min} = \text{MAX}(0,3 \cdot l_{b,rqd} ; 10\Phi ; 100 \text{ mm}) =$$

$$\text{MAX}(0,3 \cdot 753 ; 10 \cdot 16 ; 100 \text{ mm}) = 225,9 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 530 \text{ mm}$$

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

$$530 \text{ mm} \geq 225,9 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

stykovací délka

$$l_{0,min} = \text{MAX}(0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} ; 15\Phi ; 200 \text{ mm}) =$$

$$\text{MAX}(0,3 \cdot 1 \cdot 753 ; 15 \cdot 16 ; 200 \text{ mm}) = 240 \text{ mm}$$

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 1130 \text{ mm}$$

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

$$1130 \text{ mm} \geq 240 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Kotvení $\Phi 14$ mm

mezni napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 2,2/1,5 = 2,31 \text{ MPa}$$

základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \Phi/4 \cdot f_{yd}/f_{bd} = 14/4 \cdot 434,78/2,31 = 659 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{b,min} = \text{MAX}(0,3 \cdot l_{b,rqd} ; 10\Phi ; 100 \text{ mm}) =$$

$$\text{MAX}(0,3 \cdot 659 ; 10 \cdot 14 ; 100 \text{ mm}) = 197,7 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 465 \text{ mm}$$

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

$$465 \text{ mm} \geq 197,7 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

stykovací délka

$$l_{0,min} = \text{MAX}(0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} ; 15\Phi ; 200 \text{ mm}) =$$

$$\text{MAX}(0,3 \cdot 1 \cdot 659 ; 15 \cdot 14 ; 200 \text{ mm}) = 210 \text{ mm}$$

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 990 \text{ mm}$$

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

$$990 \text{ mm} \geq 210 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Kotvení $\Phi 12$ mm

mezní napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 2,2/1,5 = 2,31 \text{ MPa}$$

základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \Phi/4 \cdot f_{yd}/f_{bd} = 12/4 \cdot 434,78/2,31 = 565 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_2 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{b,min} = \text{MAX}(0,3 \cdot l_{b,rqd} ; 10\Phi ; 100 \text{ mm}) =$$

$$\text{MAX}(0,3 \cdot 565 ; 10 \cdot 12 ; 100 \text{ mm}) = 169,5 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 400 \text{ mm}$$

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

$$400 \text{ mm} \geq 169,5 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

stykovací délka

$$l_{0,min} = \text{MAX}(0,3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} ; 15\Phi ; 200 \text{ mm}) =$$

$$\text{MAX}(0,3 \cdot 1 \cdot 565 ; 15 \cdot 12 ; 200 \text{ mm}) = 200 \text{ mm}$$

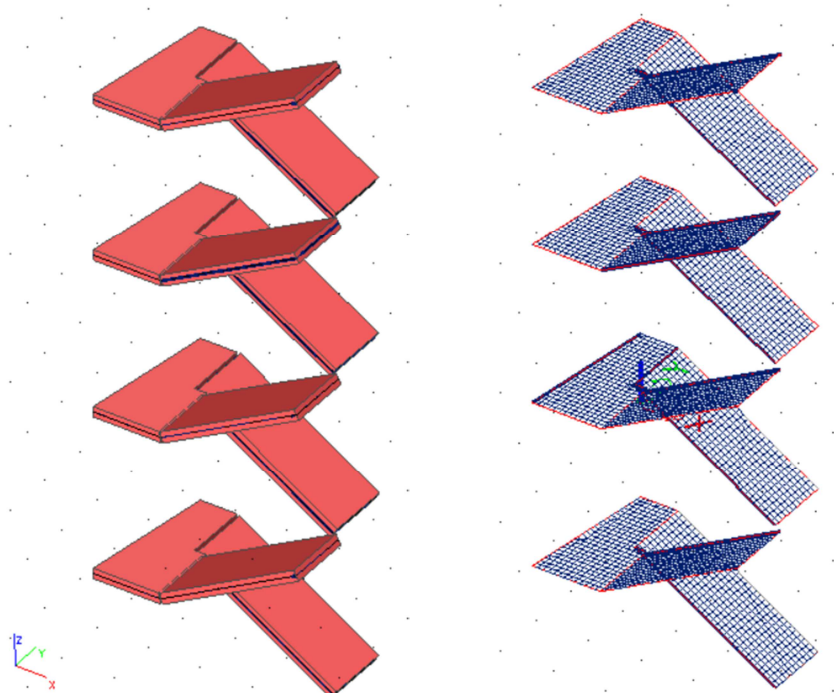
$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 850 \text{ mm}$$

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

$$850 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

6 PREFABRIKOVANÁ SCHODIŠŤOVÁ RAMENA S1 – S4

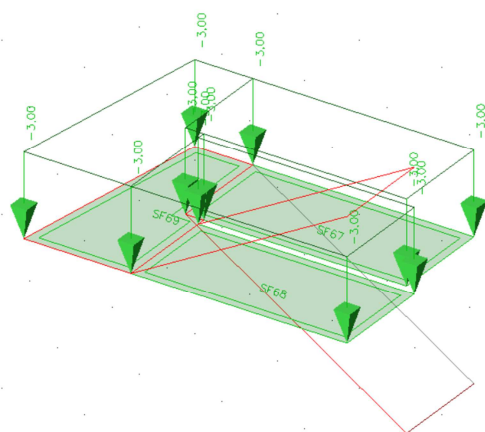
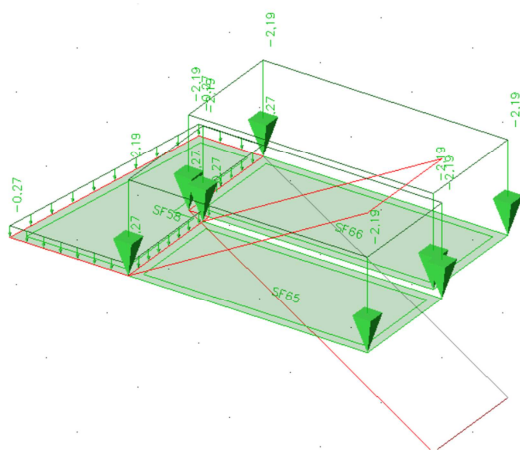


Obrázek 70 Model schodiště

6.1 ZATÍŽENÍ

- Stálé

- nahodilé



6.2 KOMBINACE

- Ruční výpočet :

Stálé zatížení - podlaha	0,265	= 0,265 kN/m´
- stupně	(9. 25. 0,28. 0,171. 0,5) /2,8	= 1,924kN/m´
- deska	25. 0,2 . 3,4/2,8	= 6,071 kN/m´
		<hr/>
	g_k	= 8,260 kN/m´

Užitné zatížení $q_k = 3,0 \text{ kN/m'}$

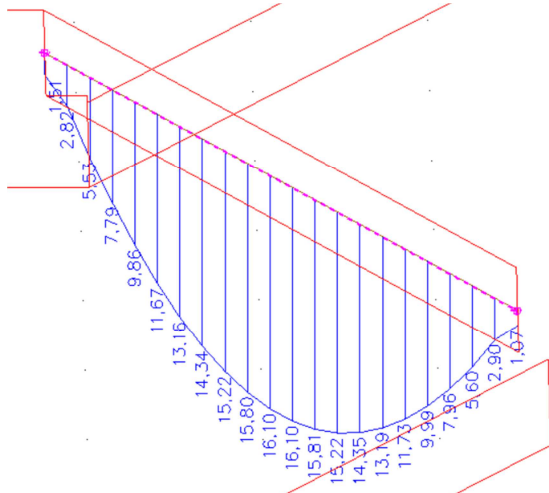
$$f_d = g_k \cdot \gamma_g + q_k \cdot \gamma_q = 8,260 \cdot 1,35 + 3,0 \cdot 1,5 = 15,651 \text{ kN/m'}$$

- Vnitřní síly

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f_d \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 15,651 \cdot 2,8^2 = 15,338 \text{ kNm}$$

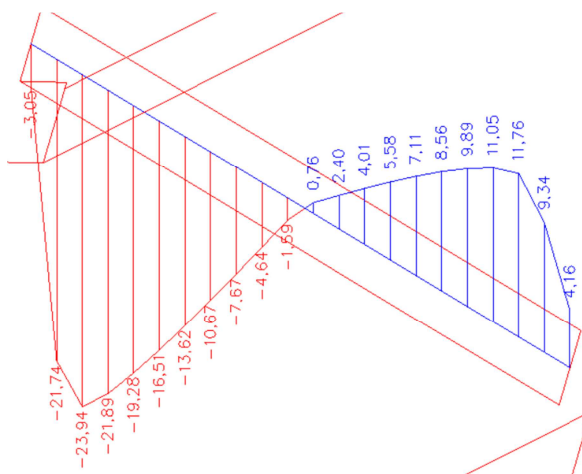
$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot f_d \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 15,651 \cdot 2,8 = 21,911 \text{ kN}$$

- Vnitřní síly vypočtené programem :



$M_{Ed} = 16,10 \text{ kNm}$

Obrázek 71 Schodiště M_{Ed}



Obrázek 72 Schodiště V_{Ed} – minimum / maximum

$V_{Ed} = 23,94 \text{ kN}$

6.3 Dimenzování

DIMENZOVÁNÍ NA OHYB dle ČSN EN 1992-1-1

Rozměry :

šířka průřezu

$b = 1000 \text{ mm}$

výška průřezu

$h = 200 \text{ mm}$

Vnitřní síly :

Moment v poli (návrhová hodnota)

$M_{Ed}^- = 16,100 \text{ kNm}$

Moment nad podporou (návrhová hodnota)

25% M_{Ed}^-

$M_{Ed}^+ = 4,052 \text{ kNm}$

Posouvající síla

$$V_{Ed} = 23,940 \text{ kN}$$

Profil spodní výztuže

$$\Phi_{sl}^D = 8 \text{ mm}$$

Profil horní výztuže

$$\Phi_{sl}^H = 6 \text{ mm}$$

Krytí :

$$\begin{aligned} c_{min,b} &= 8 \text{ mm} & \Delta c_{dev} &= 10 \text{ mm} \\ c_{min,dur} &= 10 \text{ mm} \\ c_{dur,y} &= 0 \text{ mm} \\ \Delta c_{dur,st} &= 0 \text{ mm} \\ \Delta c_{dur,add} &= 0 \text{ mm} \end{aligned}$$

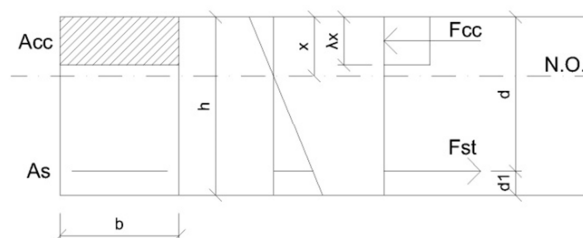
$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}) = \max(8; 10 + 0 - 0 - 0; 10) = 10 \text{ mm}$$

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

Dimenzování dolní výztuže :

$$d_1 = c_{nom} + \varphi_{sl} + \varphi_{sl}/2 = 20 + 8 + 8/2 = 32 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 200 - 32 = 168 \text{ mm}$$



- plocha výztuže

Fcc = Fst

$$A_{s,rd} = b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = 1000 \cdot 168 \cdot (13,333/434,78) \cdot \text{ODM}(1 - (1 - (2,16,1)/(1000 \cdot 168^2 \cdot 13,333))) = 2,20\text{E-}04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,2/500 \cdot 1000 \cdot 168; 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 168) = 2,18\text{E-}04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 200 = 8,00\text{E-}03 \text{ m}^2$$

NÁVRH

Φ 8 mm

á 150 mm

$$A_s = 3,35\text{E-}04 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$\langle A_{s,min}; A_s; A_{s,max} \rangle = \langle 0,000218; 0,000335; 0,008 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl}; d_g + 5\text{mm}; 20\text{mm}) = \max(1,2 \cdot 8; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \min(2h; 300 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 200; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}$$

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

$$\langle 21; 150; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = (335 \cdot 434,78) / (0,8 \cdot 1000 \cdot 13,333) = 13,66 \text{ mm}$$

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3}/x = \epsilon_s/(d-x)$$

$\epsilon_s =$	$\epsilon_{cu3} \cdot (d-x)/x =$	$0,0035 \cdot (168-13,66)/13,66 =$	3,95 %
		$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$	
		$3,95 \% \geq 0,217 \%$	VYHOVUJE
<i>- ověření únosnosti</i>			
$M_{Rd} =$	$A_s \cdot f_{yd} \cdot (d-\lambda x/2) =$	$335.434,78 \cdot (168-(0,8 \cdot 13,66)/2) =$	23,674 kNm
		$M_{Rd} \geq M_{Ed}$	
		$23,674 \text{ kNm} \geq 16,100 \text{ kNm}$	VYHOVUJE 70,3 %

Spodní podélná výztuž - návrh $\Phi 8/150\text{mm}$ **rozdělovací výztuž**

minimální plocha $A_{ss,min} = v \cdot A_{sl} = 0,2 \cdot 0,000335 = 6,70\text{E-}05 \text{ m}^2/\text{m}$

NÁVRH

Φ 8 mm
á 400 mm

$A_s = 1,26\text{E-}04 \text{ m}^2/\text{m}$

$$A_s \geq A_{ss,min}$$

$$0,000126 \geq 0,000067$$

VYHOVUJE

$s_{s,max} = \text{MIN}(3h ; 400 \text{ mm}) = \text{MIN}(3 \cdot 200 ; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$

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

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

VYHOVUJE

Spodní rozdělovací výztuž - návrh $\Phi 8/400\text{mm}$ **Dimenzování horní výztuže :**

$d_1 = c_{nom} + \phi_{sl}/2 = 20 + 6/2 = 23 \text{ mm}$

$d = h - d_1 = 200 - 23 = 177 \text{ mm}$

- plocha výztuže

$F_{cc} = F_{st}$

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

$$1000 \cdot 177 \cdot (13,333/434,78) \cdot \text{ODM}(1 - (1 - (2 \cdot 4,025)/(1000 \cdot 177^2 \cdot 13,333))) = 5,23\text{E-}05 \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d ; 0,0013 \cdot b \cdot d) = \max(0,26 \cdot 2,2/500 \cdot 1000 \cdot 177 ; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 177) = 2,30\text{E-}04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 200 = 8,00\text{E-}03 \text{ m}^2$$

NÁVRH

Φ 6 mm
á 100 mm

$A_s = 2,83\text{E-}04 \text{ m}^2/\text{m}$

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

$$\langle 0,00023 ; 0,000283 ; 0,008 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$s_{min} = \max(1,2 \cdot \phi_{sl} ; d_g + 5\text{mm} ; 20\text{mm}) = \max(1,2 \cdot 6 ; 16 + 5 ; 20) = 21 \text{ mm}$

$s_{max} = \min(2h ; 300 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 200 ; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}$

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

$$\langle 21 ; 100 ; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = (283.434,78) / (0,8 \cdot 1000 \cdot 13,333) = 11,54 \text{ mm}$$

- kontrola přetvoření výztuže

$$\varepsilon_{cu3}/x = \varepsilon_s/(d-x)$$

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{cu3} \cdot (d-x)/x = 0,0035 \cdot (177-11,54)/11,54 = 5,02 \%$$

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

$$5,02 \% \geq 0,217 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x/2) = 283.434,78 \cdot (177 - (0,8 \cdot 11,54)/2) = 21,211 \text{ kNm}$$

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

$$21,211 \text{ kNm} \geq 4,025 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

19,6 %

Horní podélná výztuž - návrh $\Phi 6/100\text{mm}$

rozdělovací výztuž

$$\text{minimální plocha } A_{ss,min} = v \cdot A_{sl} = 0,2 \cdot 0,000283 = 5,66E-05 \text{ m}^2/\text{m}$$

NÁVRH

Φ 6 mm

á 100 mm

$$A_s = 2,83E-04 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$A_s \geq A_{ss,min}$$

$$0,000283 \geq 0,0000566$$

VYHOVUJE

$$s_{s,max} = \text{MIN}(3h; 400 \text{ mm}) = \text{MIN}(3 \cdot 200; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$$

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

$$100 \text{ mm} \leq 400 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Horní rozdělovací výztuž - návrh $\Phi 6/100\text{mm}$

POSOUZENÍ NA SMYK

$$V_{ed,max} = 23,940 \text{ kN}$$

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

$$k = 1 + \text{ODM}(200/d) = 1 + \text{ODM}(200/168) = 2,09 > 2$$

$$k = 2$$

$$\rho_l = A_{sl}/(b_w \cdot d) = 335/(1000 \cdot 168) = 0,00199 \leq 0,02$$

$$\rho_l = 0,00199$$

$$V'_{Rd,c} = [c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d = [0,12 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0,00199 \cdot 20)^{1/3}] \cdot 1000 \cdot 168/1000 = 63,897 \text{ kN}$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 2^{2/3} \cdot 20^{1/2} = 0,248$$

$$V_{Rd,c,min} = V_{min} \cdot b_w \cdot d = 0,248 \cdot 1000 \cdot 168/1000 = 41,664 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \max(V'_{Rd,c}; V_{Rd,c,min}) = \max(63,897; 41,664) = 63,897 \text{ kN}$$

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

$$63,897 \text{ kN} \geq 23,94 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

37,5 %

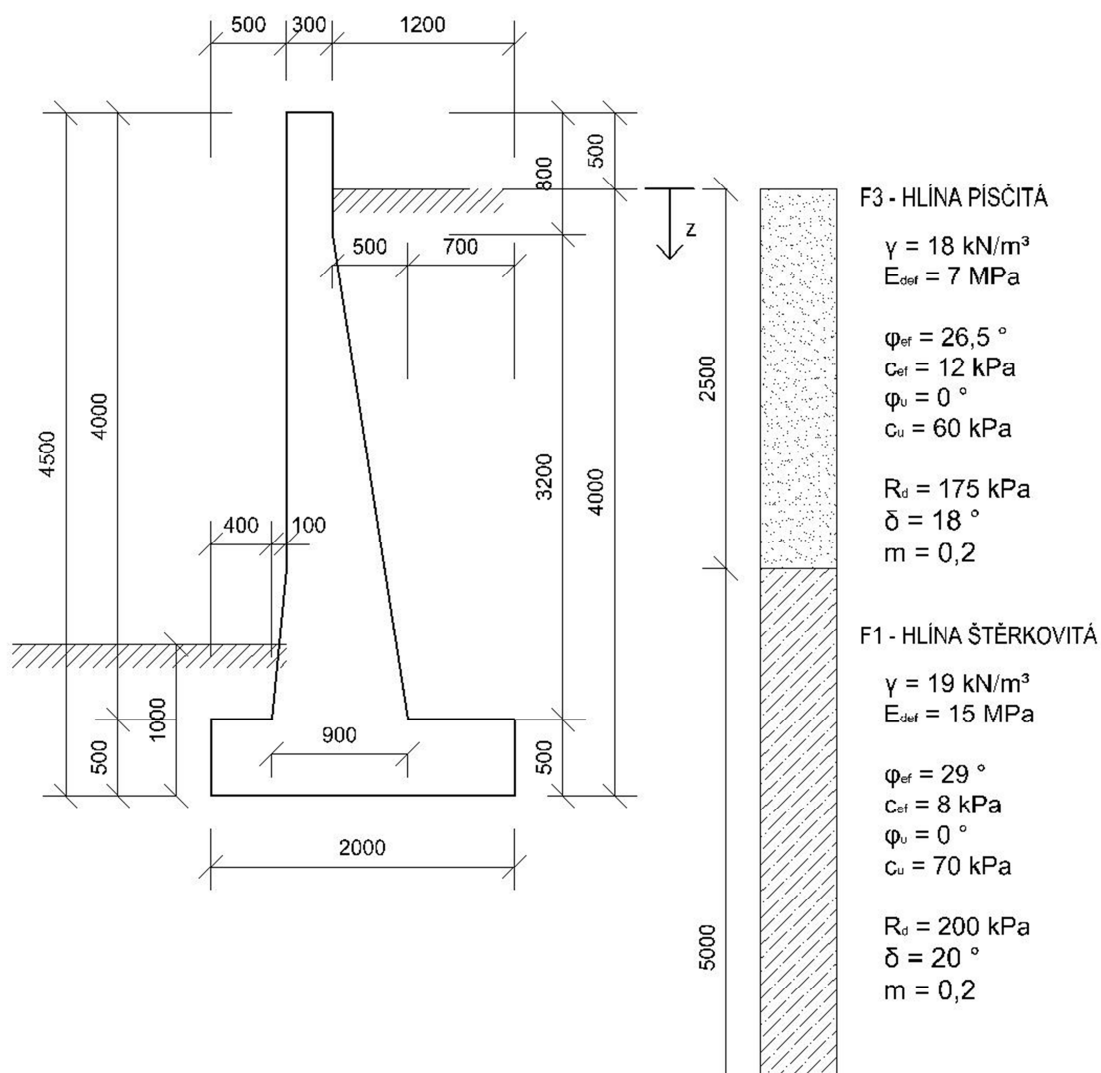
>> Smyková výztuž není nutná

7 OPĚRNÁ STĚNA

Za objektem byla navržena železobetonová opěrná stěna vytvářející volný prostor teras a podporující severozápadní svah. Stěna je uvažována jako úhlová zeď rozdělená na 3 výškové úrovně.

Byl proveden návrh tvaru nejkritičtější části opěrné stěny, tvar zbylých dvou celků byl od něj odvozen. Pro účely posouzení stěny na překlopení v pracovní spáře, posunutí a překlopení v základové spáře nebylo uvažováno s účinky pasivního zemního tlaku ani s přetížením na lici konstrukce, protože by mohlo dojít k odkopání zeminy např. při opravách teras. Tento stav je velmi kritický a ve skutečnosti by neměl nastat (bez konzultace se statikem a návrhu postupu prací). V rámci diplomové práce byla stěna navržena tak, aby vyhověla i v tomto případě, byť lehce nehospodárně. Pro posouzení napětí v základové spáře již bylo uvažováno se všemi účinky zatížení.

7.1 STĚNA VÝŠKY 4 m



Obrázek 73 Opěrná stěna výšky 4 m

7.1.1 Zatížení

1. AKTIVNÍ ZEMNÍ TLAK

$$k_a^{F3} = \tan^2(45 - \varphi^{F3}/2) = \tan^2(45 - 26,5/2) = 0,383$$

$$k_a^{F1} = \tan^2(45 - \varphi^{F1}/2) = \tan^2(45 - 29/2) = 0,347$$

$$\text{přítížení } q = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

hloubka od terénu	vertikální tlak	horizontální tlak pod úhlem δ	vodorovná složka	svislá složka
$z \text{ [m]}$	$\sigma_v \text{ [kPa]}$	$\sigma_h \text{ [kPa]}$	$\sigma_x \text{ [kPa]}$	$\sigma_z \text{ [kPa]}$
0,0	1,5	-14,278	-13,580	-4,412
2,5	46,5	2,957	2,812	0,914

2,5	46,5	6,710	6,306	2,295
3,5	65,5	13,303	12,501	4,550
4,0	75	16,600	15,599	5,678

2. PASIVNÍ ZEMNÍ TLAK

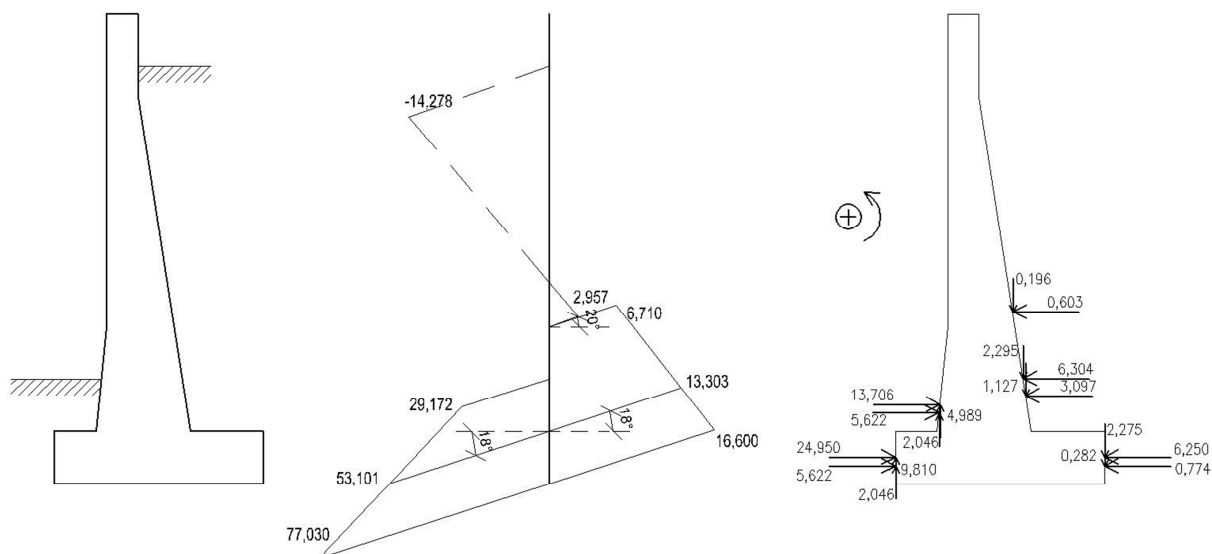
$$k_p^{F1} = \operatorname{tg}^2(45 + \varphi^{F1}/2) = \operatorname{tg}^2(45 + 29/2) = 2,882$$

$$\text{přítížení } q = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

hloubka od terénu z [m]	vertikální tlak σ_v [kPa]	horizontální tlak pod úhlem δ σ_h [kPa]	vodorovná složka σ_x [kPa]	svislá složka σ_z [kPa]
0,0	1,5	29,172	27,413	9,977
0,5	11	53,101	49,899	18,162
1,0	20,5	77,030	72,385	26,346

	výslednice			rameno k bodu 0		moment M_0 [kNm]
	F [kN]	F_x [kN]	F_z [kN]	r_z [m]	r_x [m]	
AKTIVNÍ	0,634	0,603	0,196	1,643	1,148	0,766
	6,709	6,304	2,295	1,000	1,222	3,500
	3,296	3,097	1,127	0,833	1,248	1,173
	6,652	6,250	2,275	0,150	2,000	-3,612
	0,824	0,774	0,282	0,167	2,000	-0,435
PASIVNÍ	14,586	13,706	4,989	0,750	0,425	-8,160
	5,983	5,622	2,046	0,667	0,417	-2,897
	26,551	24,950	9,081	0,250	0,000	-6,237
	5,983	5,622	2,046	0,167	0,000	-0,939

ZEMNÍ TLAK



Obrázek 74 OS výšky 4 m – zemní tlak

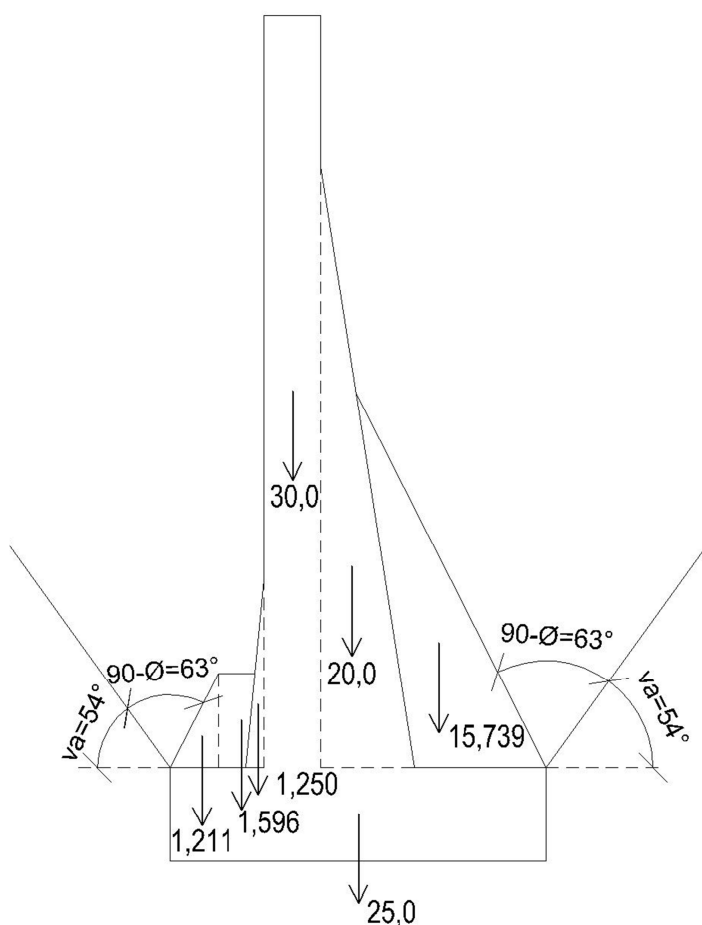
3. VLASTNÍ TÍHA A PŘÍTÍŽENÍ ZEMINOU

	F_z [kN]	r_x [m]	M_0 [kNm]
VLASTNÍ TÍHA	30,000	0,650	-19,500
	19,838	0,965	-19,144
	25,000	1,000	-25,000
	1,25	0,467	-0,584
PŘÍTÍŽENÍ ZEMINOU	1,211	0,170	-0,206
	1,596	0,377	-0,602
	15,739	1,428	-22,475

$$\begin{aligned}
 \cotg \varepsilon &= \tg(\varphi - \alpha) + \frac{1}{\cos(\varphi + \alpha)} \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cos(\alpha - \beta)}{\sin(\varphi - \beta) \cos(\alpha + \delta)}} \\
 &= \tg(27 - 0) + \frac{1}{\cos(27 + 0)} \sqrt{\frac{\sin(27 + 19) \cos(0 - 0)}{\sin(27 - 0) \cos(0 + 0)}} = 1,9624
 \end{aligned}$$

$$\varepsilon = 27^\circ$$

$$v_a = \varphi + \varepsilon = 27 + 27 = 54^\circ$$



Obrázek 75 OS výšky 4 m - vl.tíha a přitížení zeminou

7.1.2 Posouzení

1. PŘEKLOPENÍ V ZÁKLADOVÉ SPÁŘE

$$\Sigma F_7 = 98,002 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_0 = -85,310 \text{ kNm}$$

$$a_r = \Sigma M_o / \Sigma F_z = 85,31 / 98,002 = 0,870 \text{ m}$$

$$e = b/2 - ar = 2/2 - 0,87 = 0,130 \text{ m}$$

e	≤	b/6
0,130 m	≤	0,333 m
VYHOVUJE		39 %

2. POSUNUTÍ V ZÁKLADOVÉ SPÁŘE

$$\Sigma F_{xa} = 17,029 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_7 = 98,002 \text{ kN}$$

$$A_{\text{eff}} = 1 \cdot (b - 2e) = 1 \cdot (2,0 - 2 \cdot 0,13) = 1,74 \text{ m}^2$$

ΣF_{xa}	\leq	$(\Sigma F_z \cdot \operatorname{tg} \varphi + c_d \cdot A_{\text{eff}}) \cdot \gamma_{\text{spd}}$
17,029 kN	\leq	55,381 kN
VYHOVUJE		31 %

3. PŘEKLOPENÍ V PRACOVNÍ SPÁŘE

výslednice			rameno k bodu 0		moment	
	F [kN]	F _x [kN]	F _z [kN]	r _z [m]	r _x [m]	M ₀ [kNm]
AKTIVNÍ	0,634	0,603	0,196	1,143	0,748	0,543
	6,709	6,304	2,295	0,500	0,822	1,266
	3,296	3,097	1,127	0,333	0,848	0,075
PASIVNÍ	14,586	13,706	4,989	0,250	0,000	-3,427
	5,983	5,622	2,046	0,167	0,000	-0,939

	F _z [kN]	r _x [m]	M ₀ [kNm]
VLASTNÍ TÍHA	30,000	0,250	-7,500
	20,000	0,567	-11,340
	1,250	0,067	-0,084

$$\Sigma M_1 = -17,040 \text{ kNm}$$

$$\Sigma F_z = 54,868 \text{ kN}$$

$$a_r = \Sigma M_0 / \Sigma F_z = 17,04 / 54,868 = 0,311 \text{ m}$$

$$e = b/2 - a_r = 0,9/2 - 0,311 = 0,139 \text{ m}$$

$$e \leq b/6$$

$$0,139 \text{ m} \leq 0,15 \text{ m}$$

VYHOVUJE 93 %

4. NAPĚTÍ V ZÁKLADOVÉ SPÁŘE

$$\Sigma F_z = 118,971 \text{ kN}$$

$$A_{\text{eff}} = 1 \cdot (b - 2e) = 1 \cdot (2,0 - 2 \cdot 0,13) = 1,74 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \Sigma F_z / A_{\text{eff}} = 68,374 \text{ kPa}$$

$$\sigma \leq R_d$$

$$68,374 \text{ kPa} \leq 200 \text{ kPa}$$

VYHOVUJE 34 %

7.1.3 Dimenzování

7.1.3.1 Stěna

1. Hodnoty zemního tlaku pro dimenzování stěny

hloubka od terénu z [m]	vertikální tlak od zeminy σ_v [kPa]	minimální dimenzační tlak $\sigma_{x,min}$ [kPa]
0,0	0	0
2,5	45	9
2,5	45	9
3,5	64	12,8

$$\sigma_{x,min} = 0,2 \cdot \sigma_v$$

2. Horizontální tlak od přetížení $q_{xk} = q_k \cdot k_a = 1,5 \cdot 0,383 = 0,575 \text{ kN/m}^2$

3. Zatížení větrem

- II. větrná oblast

- III. kategorie terénu

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

$$v_m(h) = c_r(h) \cdot c_0(h) \cdot v_b = 0,738 \cdot 1,0 \cdot 25 = 18,45$$

$$z \leq z_{min}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow c_r(0,5) = c_r(3,5) = c_r(z_{min}) &= k_r \cdot \ln(z_{min}/z_0) = 0,19 \cdot (z_0/z_{0II})^{0,07} \cdot \ln(z_{min}/z_0) = \\ &= 0,19 \cdot (5/0,05)^{0,07} \cdot \ln(5/0,3) = 0,738 \end{aligned}$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(h) = [1 + 7 \cdot 0,355] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 18,45^2 = 741 \text{ Pa}$$

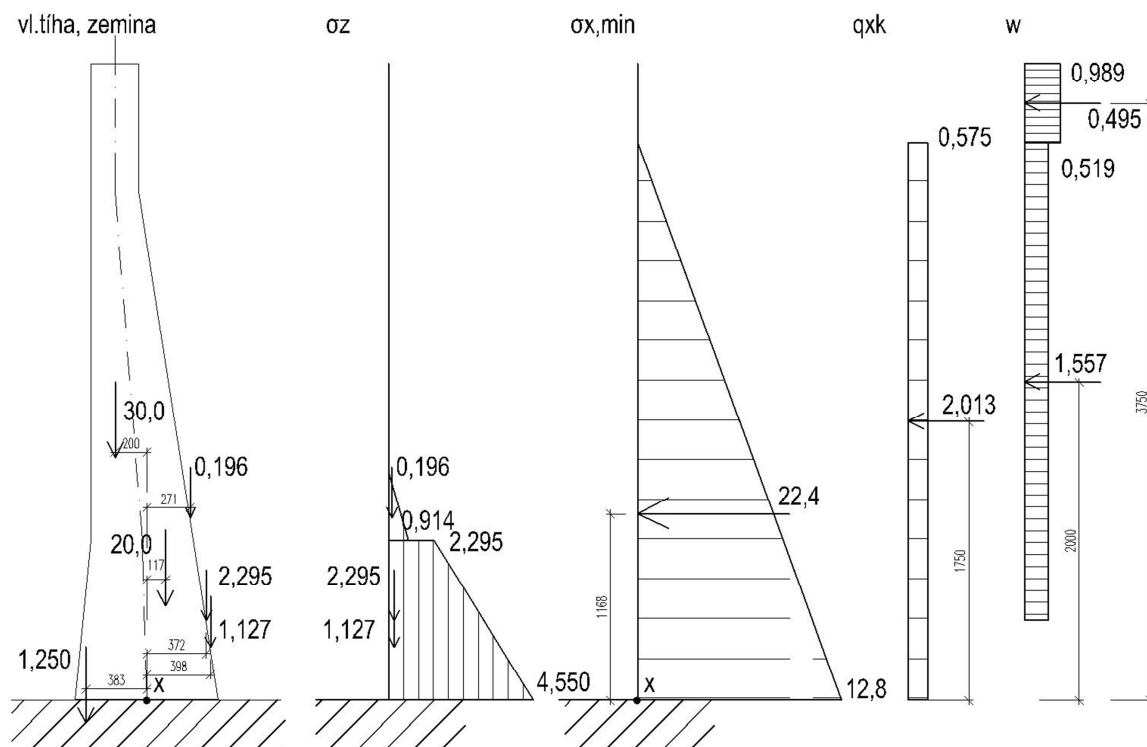
$$z \leq z_{min}$$

$$\begin{aligned} I_v(z) = I_v(z_{min}) &= k_I / [c_0(z_{min}) \cdot \ln(z_{min}/z_0)] = 1 / [1 \\ \rightarrow \cdot \ln(5/0,3)] &= 0,355 \end{aligned}$$

$$w_{eD(0,5)} = q_p(z) \cdot c_{pe,10(0,5)} = 0,741 \cdot 0,8 = 0,593 \text{ kPa}$$

$$w_{eE(0,5)} = q_p(z) \cdot c_{pe,10(0,5)} = 0,741 \cdot (-0,534) = -0,396 \text{ kPa}$$

$$w_{eE(3,5)} = q_p(z) \cdot c_{pe,10(3,5)} = 0,741 \cdot (-0,7) = -0,519 \text{ kPa}$$



Obrázek 76 OS výšky 4 m - zatížení stěna

Vnitřní síly v pracovní spáře

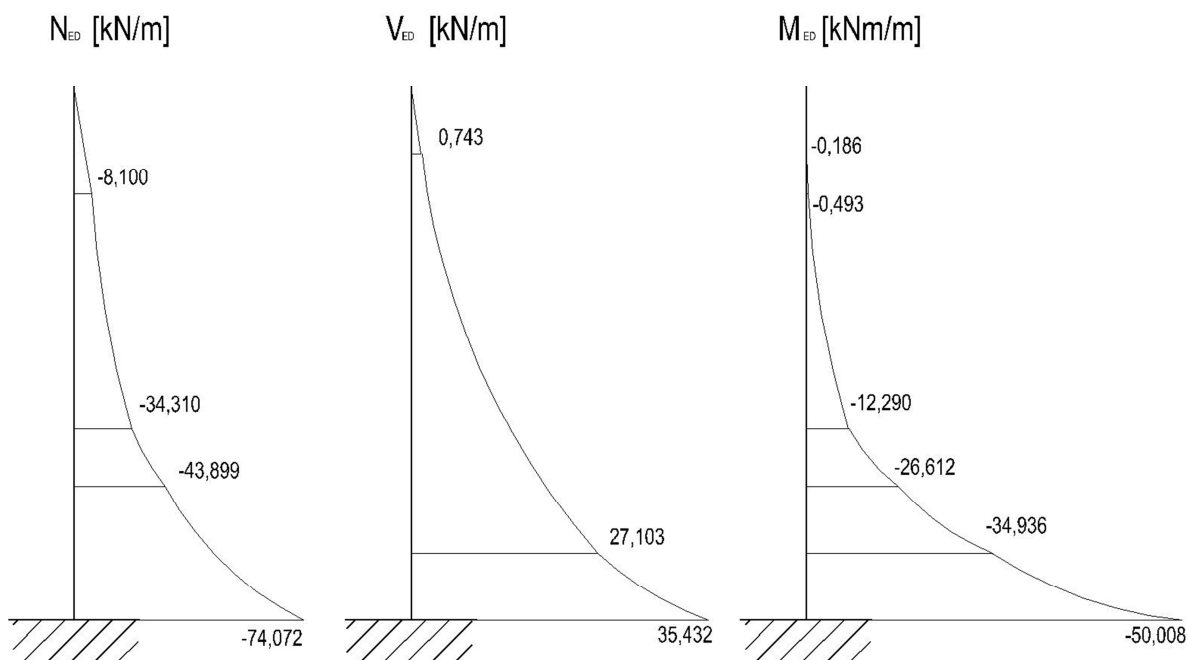
Kombinace byly vytvořeny použitím rovnice 6.10 dle ČSN EN 1990:

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

$$M_{ed} = (30 \cdot 0,2 - 20 \cdot 0,117 + 1,25 \cdot 0,25) \cdot 1,35 - (0,196 \cdot 0,271 + 2,295 \cdot 0,372 + 1,127 \cdot 0,398) \cdot 1,35 + 22,4 \cdot 1,168 \cdot 1,35 + 2,013 \cdot 1,75 \cdot 1,5 \cdot 0,7 + (1,557 \cdot 2,0 + 0,495 \cdot 3,75) \cdot 1,5 = 50,008 \text{ kNm}$$

$$V_{ed} = 22,4 \cdot 1,35 + 2,013 \cdot 1,5 \cdot 0,7 + (1,557 + 0,495) \cdot 1,5 = 35,432 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = (30,0 + 20,0 + 1,25) \cdot 1,35 + (0,196 + 2,295 + 1,127) \cdot 1,35 = 74,072 \text{ kN}$$



Obrázek 77 OS výšky 4 m - vnitřní síly

ÚČINKY 1. ŘÁDU – GEOMETRICKÉ IMPERFEKCE

$$M_{0Ed} = N_{Ed} \left(\frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} + e_i \right) = 74,072 \left(\frac{50,008}{74,072} + 0,02 \right) = 51,489 \text{ kNm}$$

$$e_i = \frac{l_0}{400} = \frac{2 \cdot 4}{400} = 0,02 \text{ m}$$

ÚČINKY 2. ŘÁDU

$$i = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{0,9}{\sqrt{12}} = 0,260$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{8}{0,260} = 30,769$$

$$A_c = 1 \cdot 0,9 = 0,9 \text{ m}^2$$

$$n_1 = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{74,072}{0,9 \cdot 16,67 \cdot 10^3} = 0,005$$

$$\lambda_{lim} = 20 \cdot \frac{A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n_1}} = 20 \cdot \frac{0,7 \cdot 1,1 \cdot 0,7}{\sqrt{0,005}} = 152,45$$

$\lambda \leq \lambda_{lim} \dots$ ÚČINKY 2. ŘÁDU LZE ZANEDBAT

$$N_{ED} = 74,072 \text{ kN}$$

$$M_{ED} = 51,489 \text{ kNm}$$

Návrh výztuže

a) Ohybový moment se započítáním pouze tažené výztuže

DIMENZOVÁNÍ NA OHYB dle ČSN EN 1992-1-1

Rozměry :

šířka průřezu

b= 1000 mm

výška průřezu

h= 900 mm

Vnitřní síly :

Ohybový moment (návrhová hodnota)

 $M_{Ed}^+ = 51,489$ kNm

Posouvající síla (návrhová hodnota)

 $V_{Ed} = 35,423$ kN

Profil horní výztuže

 $\Phi_{sl}^H = 12$ mm

Krytí :

 $c_{min,b} = 12$ mm $\Delta c_{dev} = 45$ mm $c_{min,dur} = 10$ mm $c_{dur,y} = 0$ mm $\Delta c_{dur,st} = 0$ mm $\Delta c_{dur,add} = 0$ mm
$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}) =$$

$$\max(12; 10 + 0 - 0 - 0; 10) =$$

12 mm

 $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 12 + 45 =$

60 mm

Dimenzování horní výztuže :

 $d_1 = c_{nom} + \phi_{sl}/2 = 60 + 12/2 =$

66 mm

 $d = h - d_1 = 900 - 66 =$

834 mm

- plocha výztuže

 $F_{cc} = F_{st}$

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

$$1000 \cdot 834 \cdot (13,333/434,78) \cdot \text{ODM}(1 - (1 - (2 \cdot 51,489)/(1000 \cdot 834^2 \cdot 13,333))) = 1,42E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d) = \max(0,26 \cdot 2,2/500 \cdot 1000 \cdot 834; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 834) = 1,08E-03 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 900 = 3,60E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH

 Φ 12 mm

á 100 mm

 $A_s = 1,13E-03 \text{ m}^2/\text{m}$

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

$$\langle 0,001084; 0,001131; 0,036 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl}; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1,2 \cdot 12; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \min(2h; 300 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 900; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}$$

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

$$\langle 21; 100; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = (1131 \cdot 434,78) / (0,8 \cdot 1000 \cdot 13,333) = 46,10 \text{ mm}$$

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3}/x = \epsilon_s / (d - x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d - x) / x = 0,0035 \cdot (834 - 46,1) / 46,1 = 5,98 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$$

$$5,98 \% \geq 0,217 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 1131 \cdot 434,78 \cdot (834 - (0,8 \cdot 46,1) / 2) = 401,040 \text{ kNm}$$

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

$$401,04 \text{ kNm} \geq 51,489 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

12,8 %

Horní podélná výztuž - návrh $\Phi 12/100 \text{ mm}$ (minimální plocha výztuže)**b) Kombinace M+N se započítáním tlačných prutů****ZADÁNÍ:**

šířka průřezu	b=	1000 mm	OCEL	B500B		
výška průřezu	h=	900 mm	f_{yk} =	500 MPa	γ_s =	1,15
krytí	c=	60 mm	f_{yd} =	434,78 MPa		
třmínek	Φ_{tr} =	0 mm	E=	200 GPa		
			ϵ_{yd} =	0,002174 m/m		
počet vrstev výztuže	n=	2				
	Δh =	768 mm	BETON	C25/30		
			f_{ck} =	25 MPa	γ_c =	1,5
zatížení	N=	-74,072 kN	f_{cd} =	16,67 MPa		
	M=	51,489 kNm	f_{ctm} =	2,6 MPa		
			$f_{ctk,0,05}$ =	1,8 MPa		
			E_{cm} =	31 GPa		
			ϵ_{cu3} =	0,0035 m/m		
			ϵ_{c2} =	0,002		

výška tlačné oblasti $x =$ **54,359** mm $\Delta x =$ 5,436 $A_{ci} =$ 5,44E-03 m²

VÝZTUŽ - pracovní diagram bez zpevnění										
vrstva	prutů ve vrstvě	průměr prutu	plocha 1 prutu	plocha celkem	poloha	vzd. od těžiště	přetvoření vrstvy	napětí ve vrstvě	síla ve vrstvě	moment od vrstvy
i	n	Φ	A_{s1}	A_s	h_i	z_i	ϵ_{si}	σ_{si}	F_{si}	M_{si}
		[mm]	[m ²]	[m ²]	[mm]	[mm]		[MPa]	[kN]	[kNm]
1	10	12	1,13E-04	1,13E-03	66	-384	7,50E-04	149,91	169,399	-65,049
2	10	12	1,13E-04	1,13E-03	834	384	5,02E-02	434,78	491,304	188,661
Σ									660,704	123,611

BETON - parabolicko rektangulární pracovní diagram						
vrstva	poloha těžiště vrstvy	vzd. od těžiště	přetvoření vrstvy	napětí ve vrstvě	síla ve vrstvě	moment od vrstvy
i	h_{ci}	z_i	ϵ_{ci}	σ_{si}	F_{ci}	M_{ci}
	[mm]	[mm]		[MPa]	[kN]	[kNm]
1	2,72	-447,28	-3,33E-03	-16,667	-90,598	40,523
2	8,15	-441,85	-2,98E-03	-16,667	-90,598	40,030
3	13,59	-436,41	-2,63E-03	-16,667	-90,598	39,538
4	19,03	-430,97	-2,28E-03	-16,667	-90,598	39,045
5	24,46	-425,54	-1,93E-03	-16,643	-90,470	38,499
6	29,90	-420,10	-1,58E-03	-15,914	-86,507	36,342
7	35,33	-414,67	-1,23E-03	-14,164	-76,994	31,927
8	40,77	-409,23	-8,75E-04	-11,393	-61,932	25,345
9	46,20	-403,80	-5,25E-04	-7,602	-41,321	16,685
10	51,64	-398,36	-1,75E-04	-2,789	-15,161	6,040
Σ					-734,776	313,972

	N_{RD} [kN]	M_{RD} [kNm]
Výztuž	660,704	123,611
Beton	-734,776	313,972
Σ	-74,072	437,584

R-E= 0,000

M_{RD}	\geq	M_{ED}
437,584	\geq	51,489
VYHOVUJE		

Únosnost průřezu při výpočtu pro kombinaci M+N je vyšší, protože tlaková normálová síla působí příznivě. Proto při výpočtu dalších částí opěrné stěny bude uvažováno jen zatížení ohybovým momentem. Výztuž je navržena na základě minimální nutné plochy výztuže.

c) Smyk

POSOUZENÍ NA SMYK			
		Ved,max =	35,423 kN
$c_{Rd,c} =$	$0,18/\gamma_c =$	$0,18/1,5 =$	0,12
$k =$	$1 + ODM(200/d) =$	$1 + ODM(200/834) =$	1,49 \leq 2
			$k = 1,49$
$\rho_I =$	$A_{sl}/(b_w \cdot d) =$	$1131/(1000 \cdot 834) =$	0,00136 \leq 0,02

$$\rho_l = 0,0014$$

$$V'_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d =$$

$$[0,12 \cdot 1,49 \cdot (100 \cdot 0,00136 \cdot 20)^{1/3}] \cdot 1000 \cdot 834 / 1000 = 208,156 \text{ kN}$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,49^{2/3} \cdot 20^{1/2} = 0,204$$

$$V_{Rd,c,min} = V_{min} \cdot b_w \cdot d = 0,204 \cdot 1000 \cdot 834 / 1000 = 170,136 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \max(V'_{Rd,c}; V_{Rd,c,min}) = \max(208,156; 170,136) = 208,156 \text{ kN}$$

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

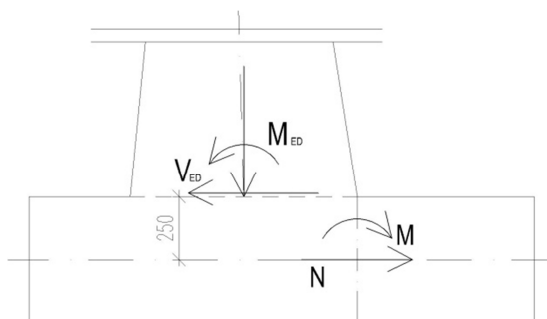
$$208,156 \text{ kN} \geq 35,423 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

>> Smyková výztuž není nutná

7.1.3.2 Deska

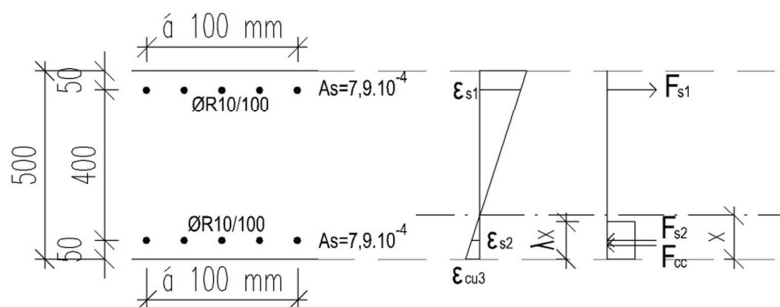
- Horní výztuž



$$M = M_{ED} + V_{ED} \cdot e = 50,008 + 35,432 \cdot 0,25 = 58,866 \text{ kNm}$$

$$N = V_{ED} = 35,432 \text{ kN}$$

Kombinace M+N – iterační postup



šířka průřezu	b=	1000	mm	OCEL	B500B		
výška průřezu	h=	500	mm	f_{yk} =	500	MPa	γ_s = 1,15
krytí	c=	45	mm	f_{yd} =	434,78	MPa	
třmínek	Φ_{tr} =	0	mm	E=	200	GPa	
				ϵ_{yd} =	0,002174	m/m	
počet vrstev výztuže	n=	2		BETON	C25/30		
	Δh =	400	mm	f_{ck} =	25	MPa	γ_c = 1,5
zatížení	N=	-35,432	kN	f_{cd} =	16,67	MPa	
	M=	58,866	kNm	f_{ctm} =	2,6	MPa	
				$f_{ctk,0,05}$ =	1,8	MPa	
				E_{cm} =	31	GPa	
				ϵ_{cu3} =	0,0035	m/m	
				ϵ_{c2} =	0,002	m/m	

výška tlačné oblasti $x = 39,244$ mm
 $\Delta x = 3,924$
 $A_{ci} = 3,92E-03$ m²

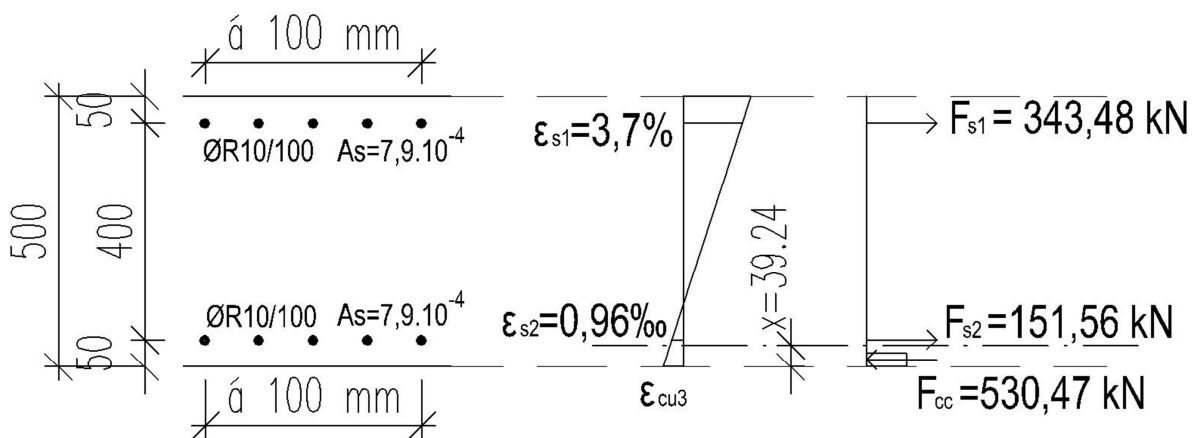
VÝZTUŽ - pracovní diagram bez zpevnění										
vrstva	prutů ve vrstvě	průměr prutu	plocha 1 prutu	plocha celkem	poloha	vzd. od těžiště	přetvoření vrstvy	napětí ve vrstvě	síla ve vrstvě	moment od vrstvy
i	n	Φ [mm]	A_{s1} [m ²]	A_s [m ²]	h_i [mm]	z_i [mm]	ϵ_{si}	σ_{si} [MPa]	F_{si} [kN]	M_{si} [kNm]
1	10	10	7,90E-05	7,90E-04	50	-200	9,59E-04	191,85	151,562	-30,312
2	10	10	7,90E-05	7,90E-04	450	200	3,66E-02	434,78	343,478	68,696
Σ									495,040	38,383

BETON - parabolicko rektangulární pracovní diagram						
vrstva	poloha těžiště vrstvy	vzd. od těžiště	přetvoření vrstvy	napětí ve vrstvě	síla ve vrstvě	moment od vrstvy
i	h_{ci} [mm]	z_i [mm]	ϵ_{ci}	σ_{si} [MPa]	F_{ci} [kN]	M_{ci} [kNm]
1	1,96	-248,04	-3,33E-03	-16,667	-65,407	16,223
2	5,89	-244,11	-2,98E-03	-16,667	-65,407	15,967
3	9,81	-240,19	-2,63E-03	-16,667	-65,407	15,710
4	13,74	-236,26	-2,28E-03	-16,667	-65,407	15,453
5	17,66	-232,34	-1,93E-03	-16,643	-65,315	15,175
6	21,58	-228,42	-1,58E-03	-15,914	-62,454	14,265
7	25,51	-224,49	-1,23E-03	-14,164	-55,586	12,479
8	29,43	-220,57	-8,75E-04	-11,393	-44,712	9,862
9	33,36	-216,64	-5,25E-04	-7,602	-29,832	6,463
10	37,28	-212,72	-1,75E-04	-2,789	-10,945	2,328
Σ					-530,472	123,926

	N_{RD} [kN]	M_{RD} [kNm]
Výztuž	495,040	38,383
Beton	-530,472	123,926
Σ	-35,432	162,309

R-E= 0,000

M_{RD}	\geq	M_{ED}
162,309	\geq	58,866
VYHOVUJE		



Konstrukční zásady

- plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max \left(\begin{array}{l} 0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,2/500 \cdot 1000 \cdot 450 \\ 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 450 \end{array} \right) = 5,85E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 500 = 2,00E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH**ΦR 10 á 100 mm****A_s = 7,90E-04 m²/m**

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

$$\langle 0,000585; 0,000785; 0,02 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl}; d_g + 5\text{mm}; 20\text{mm}) = \max(1,2 \cdot 10; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \min(2h; 300 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 500; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}$$

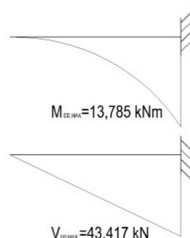
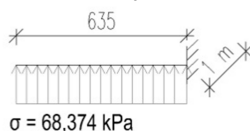
$$\langle s_{min}; s; s_{max} \rangle$$

$$\langle 21; 100; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

Horní podélná výztuž - návrh Φ10/100mm

• Dolní výztuž



$$M_{ED} = 68,374 \cdot 0,635^2 / 2 = 13,785 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = 68,374 \cdot 0,635 = 43,417 \text{ kN}$$

DIMENZOVÁNÍ NA OHYB dle ČSN EN 1992-1-1

Rozměry :

šířka průřezu

b = 1000 mm

výška průřezu

h = 500 mm

Vnitřní síly :

Moment v poli (návrhová hodnota)

 $M_{Ed} = 13,785 \text{ kNm}$

Posouvající síla

 $V_{Ed} = 43,417 \text{ kN}$

Profil spodní výztuže

 $\Phi_{sl}^D = 10 \text{ mm}$

Profil horní výztuže

 $\Phi_{sl}^H = 10 \text{ mm}$ **Krytí :** $c_{min,b} = 10 \text{ mm}$ $\Delta c_{dev} = 35 \text{ mm}$ $c_{min,dur} = 10 \text{ mm}$ $c_{dur,y} = 0 \text{ mm}$ $\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$ $\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}) = \max(10; 10 + 0 - 0 - 0; 10) = 10 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 10 + 35 = 45 \text{ mm}$$

Dimenzování dolní výztuže :

$$d_1 = c_{nom} + \phi_{sl}/2 = 45 + 10/2 = 50 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 500 - 50 = 450 \text{ mm}$$

- plocha výztuže

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

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

$$1000 \cdot 450 \cdot (13,333/434,78) \cdot ODM(1 - (1 - (2 \cdot 13,785)/(1000 \cdot 450^2 \cdot 13,333))) = 7,05E-05 \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = \max \left(\begin{array}{l} 0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,2/500 \cdot 1000 \cdot 450 \\ 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 450 \end{array} \right) = 5,85E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 500 = 2,00E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH

Φ 10 mm

á 100 mm

A_s = 7,85E-04 m²/m

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

$$\langle 0,000585; 0,000785; 0,02 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl}; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1,2 \cdot 10; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \min(2h; 300 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 500; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}$$

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

$$\langle 21; 100; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = (785 \cdot 434,78) / (0,8 \cdot 1000 \cdot 13,333) = 32,00 \text{ mm}$$

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3}/x = \epsilon_s / (d - x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d - x) / x = 0,0035 \cdot (450 - 32) / 32 = 4,57 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$$

$$4,57 \% \geq 0,217 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 785 \cdot 434,78 \cdot (450 - (0,8 \cdot 32) / 2) = 149,217 \text{ kNm}$$

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

$$149,217 \text{ kNm} \geq 13,785 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

9,2 %

Spodní podélná výztuž - návrh Φ10/100mm

POSOUZENÍ NA SMYK

$$V_{ed,max} = 43,417 \text{ kN}$$

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

$$k = 1 + ODM(200/d) = 1 + ODM(200/450) = 1,67 \leq 2$$

$$\rho_l = A_{sl}/(b_w \cdot d) = 785/(1000 \cdot 450) = 0,00174 \leq 0,02$$

$$\rho_l = 0,00174$$

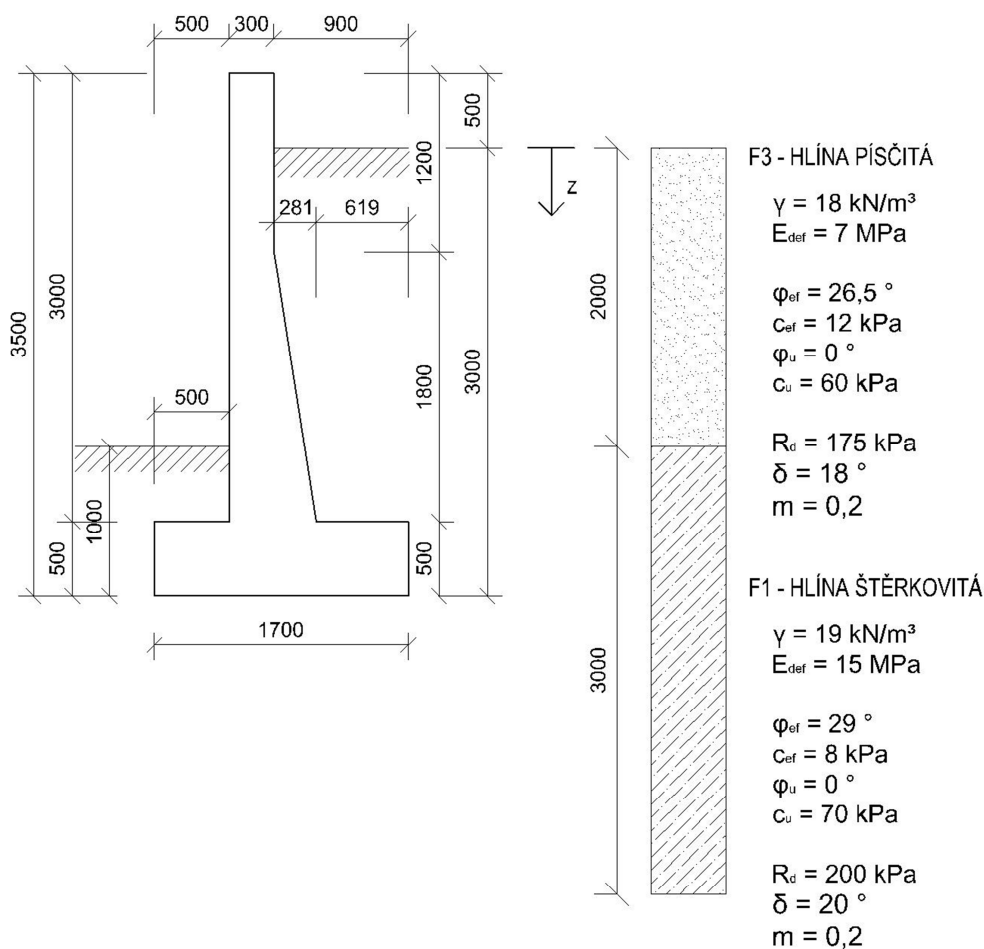
$$\begin{aligned}
 V'_{Rd,c} &= [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d = & 136,658 \text{ kN} \\
 & [0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,00174 \cdot 20)^{1/3}] \cdot 1000 \cdot 450 / 1000 = \\
 V_{min} &= 0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} = & 0,035 \cdot 1,67^{2/3} \cdot 20^{1/2} = & 0,22 \\
 V_{Rd,c,min} &= V_{min} \cdot b_w \cdot d = & 0,22 \cdot 1000 \cdot 450 / 1000 = & 99 \text{ kN} \\
 V_{Rd,c} &= \max(V'_{Rd,c} ; V_{Rd,c,min}) = & \max(136,658 ; 99) = & 136,658 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{Rd,c} &\geq V_{Ed,max} \\
 136,658 \text{ kN} &\geq 43,417 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

VYHOVUJE 31,8 %

>> Smyková výztuž není nutná

7.2 STĚNA VÝŠKY 3 m



Obrázek 78 Opěrná stěna výšky 3 m

7.2.1 Zatížení

1. AKTIVNÍ ZEMNÍ TLAK

$$\begin{aligned}
 k_a^{F3} &= \tan^2(45 - \phi^{F3}/2) = & \tan^2(45 - 26,5/2) = & 0,383 \\
 k_a^{F1} &= \tan^2(45 - \phi^{F1}/2) = & \tan^2(45 - 29/2) = & 0,347
 \end{aligned}$$

$$\text{přetížení } q = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

hloubka od terénu	vertikální tlak	horizontální tlak pod úhlem δ	vodorovná složka	svislá složka
z [m]	σ_v [kPa]	σ_h [kPa]	σ_x [kPa]	σ_z [kPa]
0,0	1,5	-14,278	-13,580	-4,412
2,0	37,5	-0,490	-0,466	-0,152
2,0	37,5	3,587	3,371	1,227
2,5	47	6,884	6,469	2,354
3,0	56,5	10,180	9,566	3,482

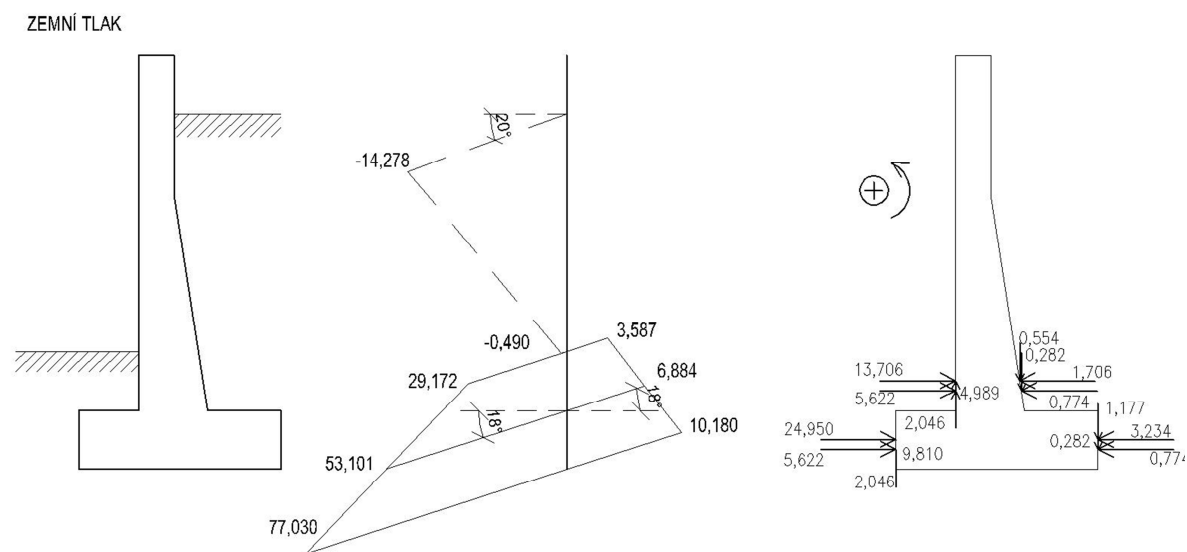
2. PASIVNÍ ZEMNÍ TLAK

$$k_p^{F1} = \quad \operatorname{tg}^2(45+\varphi^{F1}/2) = \quad \operatorname{tg}^2(45+29/2) = \quad 2,882$$

$$\text{přítížení } q = \quad 1,5 \quad \text{kN/m}^2$$

hloubka od terénu	vertikální tlak	horizontální tlak pod úhlem δ	vodorovná složka	svislá složka
z [m]	σ_v [kPa]	σ_h [kPa]	σ_x [kPa]	σ_z [kPa]
0,0	1,5	29,172	27,413	9,977
0,5	11	53,101	49,899	18,162
1,0	20,5	77,030	72,385	26,346

	výslednice			rameno k bodu 0		moment M_0 [kNm]
	F [kN]	F_x [kN]	F_z [kN]	r_z [m]	r_x [m]	
AKTIVNÍ	1,794	1,706	0,554	0,750	1,042	0,702
	0,824	0,774	0,282	0,667	1,055	0,219
	3,442	3,234	1,177	0,250	1,700	-1,193
	0,824	0,774	0,282	0,167	1,700	-0,350
PASIVNÍ	14,586	13,706	4,989	0,750	0,500	-7,785
	5,983	5,622	2,046	0,667	0,500	-2,727
	26,551	24,950	9,081	0,250	0,000	-6,237
	5,983	5,622	2,046	0,167	0,000	-0,939



3. VLASTNÍ TÍHA A PŘÍTÍŽENÍ ZEMINOU

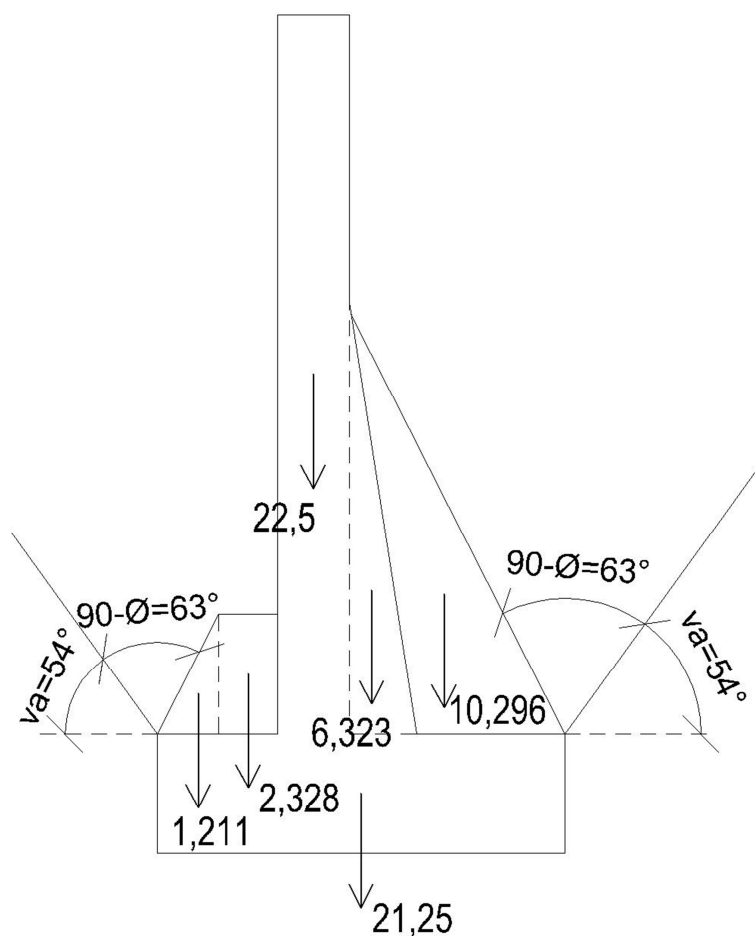
	F_z [kN]	r_x [m]	M_0 [kNm]
VLASTNÍ TÍHA	22,500	0,650	-14,625
	6,323	0,894	-5,653
	21,250	0,850	-18,063
PŘÍTÍŽENÍ ZEMINOU	1,211	0,170	-0,206
	2,328	0,377	-0,878
	10,296	1,196	-12,314

$$\cotg \varepsilon = \operatorname{tg}(\varphi - \alpha) + \frac{1}{\cos(\varphi + \alpha)} \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cos(\alpha - \beta)}{\sin(\varphi - \beta) \cos(\alpha + \delta)}}$$

$$= \operatorname{tg}(27 - 0) + \frac{1}{\cos(27 + 0)} \sqrt{\frac{\sin(27 + 19) \cos(0 - 0)}{\sin(27 - 0) \cos(0 + 0)}} = 1,9624$$

$$\varepsilon = 27^\circ$$

$$\nu_a = \varphi + \varepsilon = 27 + 27 = 54^\circ$$



Obrázek 80 OS výšky 3 m - vl.tíha a přitížení zeminou

7.2.2 Posouzení

1. PŘEKLOPENÍ V ZÁKLADOVÉ SPÁŘE

$$\begin{aligned}\Sigma F_z &= 80,827 \text{ kN} \\ \Sigma M_0 &= -51,276 \text{ kNm} \\ a_r &= \Sigma M_0 / \Sigma F_z = 51,276 / 80,827 = 0,634 \text{ m} \\ e &= b/2 - a_r = 1,7/2 - 0,634 = 0,216 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{array}{ccc} e & \leq & b/6 \\ 0,216 \text{ m} & \leq & 0,283 \text{ m} \\ \text{VYHOVUJE} & & 76 \text{ \%} \end{array}$$

2. POSUNUTÍ V ZÁKLADOVÉ SPÁŘE

$$\begin{aligned}\Sigma F_{xa} &= 6,489 \text{ kN} \\ \Sigma F_z &= 62,664 \text{ kN} \\ A_{\text{eff}} &= 1 \cdot (b - 2e) = 1 \cdot (1,7 - 2 \cdot 0,216) = 1,268 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_{xa} &\leq (\Sigma F_z \cdot \operatorname{tg} \varphi + c_d \cdot A_{\text{eff}}) \cdot \gamma_{\text{spd}} \\ 6,489 \text{ kN} &\leq 36,344 \text{ kN} \\ \text{VYHOVUJE} &\quad 18 \% \end{aligned}$$

3. PŘEKLOPENÍ V PRACOVNÍ SPÁŘE

výslednice			rameno k bodu 0		moment	
	F [kN]	F _x [kN]	F _z [kN]	r _z [m]	r _x [m]	M ₀ [kNm]
AKTIVNÍ	1,794	1,706	0,554	0,250	0,642	0,071
	0,824	0,774	0,282	0,167	0,655	-0,055
PASIVNÍ	14,586	13,706	4,989	0,250	0,000	-3,427
	5,983	5,622	2,046	0,167	0,000	-0,939

	F _z [kN]	r _x [m]	M ₀ [kNm]
VLASTNÍ TÍHA	22,500	0,150	-3,375
	6,323	0,394	-2,491

$$\begin{aligned} \Sigma M_1 &= -5,851 \text{ kNm} \\ \Sigma F_z &= 29,659 \text{ kN} \\ a_r &= \Sigma M_0 / \Sigma F_z = 5,851 / 29,659 = 0,197 \text{ m} \\ e &= b/2 - a_r = 0,581/2 - 0,197 = 0,094 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &\leq b/6 \\ 0,094 \text{ m} &\leq 0,097 \text{ m} \\ \text{VYHOVUJE} &\quad 97 \% \end{aligned}$$

4. NAPĚTÍ V ZÁKLADOVÉ SPÁŘE

$$\begin{aligned} \Sigma F_z &= 84,366 \text{ kN} \\ A_{\text{eff}} &= 1 \cdot (b - 2e) = 1 \cdot (1,7 - 2 \cdot 0,216) = 1,268 \text{ m}^2 \\ \sigma &= \Sigma F_z / A_{\text{eff}} = 66,534 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma &\leq R_d \\ 66,534 \text{ kPa} &\leq 200 \text{ kPa} \\ \text{VYHOVUJE} &\quad 33 \% \end{aligned}$$

7.2.3 Dimenzování

7.2.3.1 Stěna

1. Hodnoty zemního tlaku pro dimenzování stěny

hloubka od terénu z [m]	vertikální tlak od zeminy σ_v [kPa]	vodorovná složka σ_x [kPa]	minimální dimenzační tlak $\sigma_{x,min}$ [kPa]
0,0	0	-13,580	0
2,0	36	-0,466	7,2
2,0	36	3,371	7,2
2,5	45,5	6,469	9,1

$$\sigma_{x,min} = 0,2 \cdot \sigma_v$$

$$2. \text{ Horizontální tlak od přetížení } q_{xk} = q_k \cdot k_a = 1,5 \cdot 0,383 = 0,575 \text{ kN/m}^2$$

3. Zatížení větrem

- II. větrná oblast

- III. kategorie terénu

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

$$v_m(h) = c_r(h) \cdot c_0(h) \cdot v_b = 0,738 \cdot 1,0 \cdot 25 = 18,45$$

$$z \leq z_{min}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow c_r(0,5) &= c_r(2,5) = c_r(z_{min}) = k_r \cdot \ln(z_{min}/z_0) = 0,19 \cdot (z_0/z_{0II})^{0,07} \cdot \ln(z_{min}/z_0) = \\ &= 0,19 \cdot (5/0,05)^{0,07} \cdot \ln(5/0,3) = 0,738 \end{aligned}$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(h) = [1 + 7 \cdot 0,355] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 18,45^2 = 741 \text{ Pa}$$

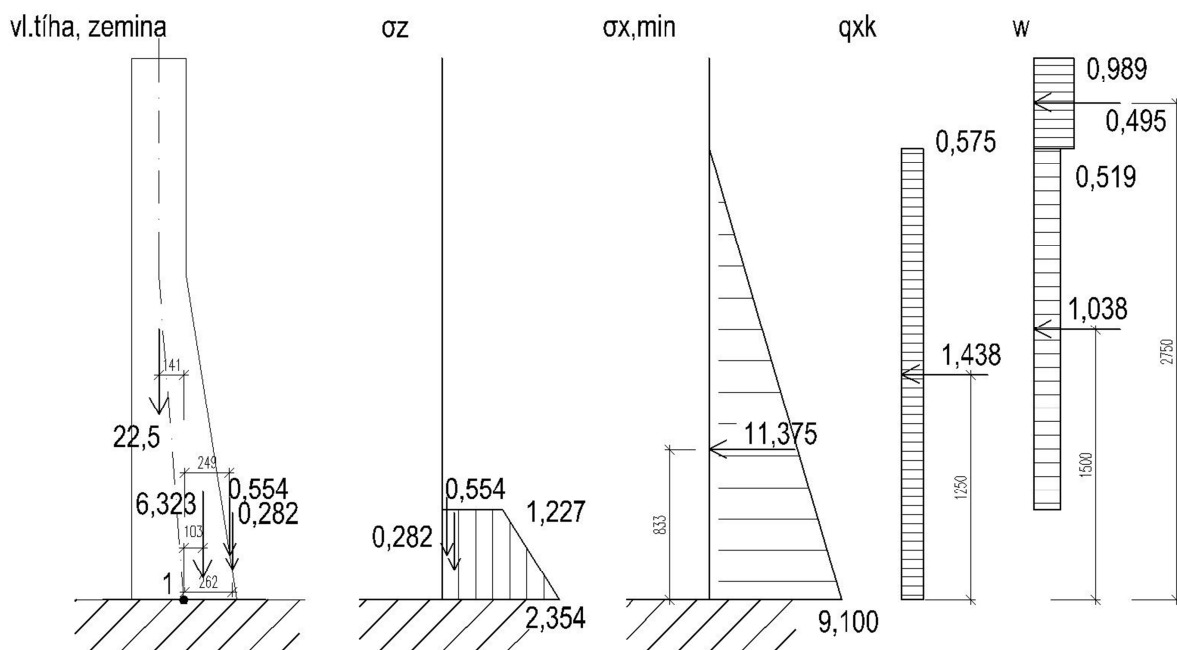
$$z \leq z_{min}$$

$$\rightarrow I_v(z) = I_v(z_{min}) = k_I / [c_0(z_{min}) \cdot \ln(z_{min}/z_0)] = 1 / [1 \cdot \ln(5/0,3)] = 0,355$$

$$w_{eD(0,5)} = q_p(z) \cdot c_{pe,10(0,5)} = 0,741 \cdot 0,8 = 0,593 \text{ kPa}$$

$$w_{eE(0,5)} = q_p(z) \cdot c_{pe,10(0,5)} = 0,741 \cdot (-0,534) = -0,396 \text{ kPa}$$

$$w_{eE(3,5)} = q_p(z) \cdot c_{pe,10(2,5)} = 0,741 \cdot (-0,7) = -0,519 \text{ kPa}$$



Obrázek 81 OS výšky 3 m - zatížení stěna

Vnitřní síly v pracovní spáře

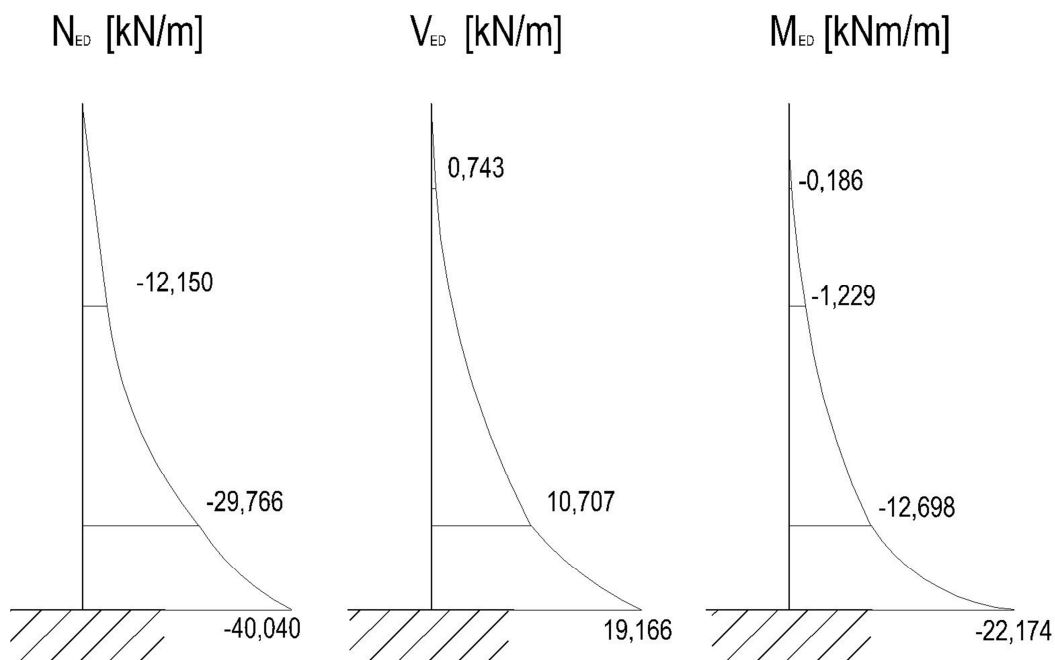
Kombinace byly vytvořeny použitím rovnice 6.10 dle ČSN EN 1990:

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

$$\begin{aligned} M_{ed} &= (22,5 \cdot 0,141 - 6,323 \cdot 0,103) \cdot 1,35 - (0,554 \cdot 0,249 + 0,282 \cdot 0,262) \cdot 1,35 \\ &\quad + (11,375 \cdot 0,833) \cdot 1,35 + 1,438 \cdot 1,25 \cdot 1,5 \cdot 0,7 + (1,038 \cdot 1,5 + 0,495 \cdot 2,75) \cdot 1,5 \\ &= 22,174 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$V_{ed} = 11,375 \cdot 1,35 + 1,438 \cdot 1,5 \cdot 0,7 + (1,038 + 0,495) \cdot 1,5 = 19,166 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = (22,5 + 6,323) \cdot 1,35 + (0,554 + 0,282) \cdot 1,35 = 40,040 \text{ kN}$$



Obrázek 82 OS výšky 3 m - vnitřní síly

ÚČINKY 1. ŘÁDU – GEOMETRICKÉ IMPERFEKCE

$$M_{0Ed} = N_{Ed} \left(\frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} + e_i \right) = 40,040 \cdot \left(\frac{22,174}{40,040} + 0,015 \right) = 22,775 \text{ kNm}$$

$$e_i = \frac{l_0}{400} = \frac{2 \cdot 3}{400} = 0,015 \text{ m}$$

ÚČINKY 2. ŘÁDU

$$i = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{0,581}{\sqrt{12}} = 0,168$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{6}{0,168} = 35,714$$

$$A_c = 1 \cdot 0,581 = 0,581 \text{ m}^2$$

$$n_1 = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{40,040}{0,581 \cdot 16,67 \cdot 10^3} = 0,004$$

$$\lambda_{lim} = 20 \cdot \frac{A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n_1}} = 20 \cdot \frac{0,7 \cdot 1,1 \cdot 0,7}{\sqrt{0,004}} = 170,45$$

$\lambda \leq \lambda_{lim} \dots$ ÚČINKY 2. ŘÁDU LZE ZANEDBAT

$N_{ED} = 40,040 \text{ kN}$

$M_{ED} = 22,775 \text{ kNm}$

Návrh výztuže

a) Ohybový moment se započítáním pouze tažené výztuže

DIMENZOVÁNÍ NA OHYB dle ČSN EN 1992-1-1

Rozměry :

šířka průřezu

b= 1000 mm

výška průřezu

h= 581 mm

Vnitřní síly :

Ohybový moment (návrhová hodnota)

 $M_{Ed}^+ = 22,775$ kNm

Posouvající síla (návrhová hodnota)

 $V_{Ed} = 19,166$ kN

Profil horní výztuže

 $\Phi_{sl}^H = 10$ mm

Krytí :

 $c_{min,b} = 12$ mm $\Delta c_{dev} = 45$ mm $c_{min,dur} = 10$ mm $c_{dur,y} = 0$ mm $\Delta c_{dur,st} = 0$ mm $\Delta c_{dur,add} = 0$ mm
 $c_{min} = \max(c_{min,b} ; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} ; 10 \text{ mm}) =$
 $\max(12 ; 10 + 0 - 0 - 0 ; 10) = 12 \text{ mm}$
 $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} =$
 $12 + 45 = 60 \text{ mm}$

Dimenzování výztuže :

 $d_1 = c_{nom} + \phi_{sl}/2 = 60 + 10/2 = 65 \text{ mm}$ $d = h - d_1 = 581 - 65 = 516 \text{ mm}$

- plocha výztuže

 $F_{cc} = F_{st}$

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

$$1000 \cdot 516 \cdot (13,333/434,78) \cdot ODM(1 - (1 - (2 \cdot 22,775)/(1000 \cdot 516^2 \cdot 13,333))) = 1,02E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,2/500 \cdot 1000 \cdot 516 = 6,71E-04 \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 516$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 581 = 2,32E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH

 Φ 10 mm

á 100 mm

 $A_s = 7,85E-04 \text{ m}^2/\text{m}$ $\langle A_{s,\min}; A_s; A_{s,\max} \rangle$ $\langle 0,000671; 0,000785; 0,02324 \rangle$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

 $s_{\min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl}; d_g + 5\text{mm}; 20\text{mm}) =$ $\max(1,2 \cdot 10; 16 + 5; 20) =$

21 mm

 $s_{\max} = \min(2h; 300 \text{ mm}) =$ $\min(2 \cdot 581; 300 \text{ mm}) =$

300 mm

 $\langle s_{\min}; s; s_{\max} \rangle$ $\langle 21; 100; 300 \rangle$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

 $x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = (785 \cdot 434,78) / (0,8 \cdot 1000 \cdot 13,333) =$

32,00 mm

- kontrola přetvoření výztuže

 $\epsilon_{cu3}/x = \epsilon_s / (d - x)$ $\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d - x) / x = 0,0035 \cdot (516 - 32) / 32 =$

5,29 %

 $\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$ $5,29 \% \geq 0,217 \%$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

 $M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 785 \cdot 434,78 \cdot (516 - (0,8 \cdot 32) / 2) =$

171,743 kNm

 $M_{Rd} \geq M_{Ed}$ $171,743 \text{ kNm} \geq 22,775 \text{ kNm}$

VYHOVUJE

13,3 %

Horní podélná výztuž - návrh $\Phi 10/100\text{mm}$ (minimální plocha výztuže)

a) Smyk

POSOUZENÍ NA SMYK

			V_{ed,max} =	19,166 kN
$c_{Rd,c} =$	$0,18/\gamma_c =$	$0,18/1,5 =$	$0,12$	
$k =$	$1 + ODM(200/d) =$	$1 + ODM(200/515) =$	$1,62 \leq 2$	
			$k = 1,62$	
$\rho_l =$	$A_{sl}/(b_w \cdot d) =$	$1131/(1000 \cdot 515) =$	$0,0022 \leq 0,02$	
			$\rho_l = 0,002$	
$V'_{Rd,c} =$	$[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d =$			
	$[0,12 \cdot 1,62 \cdot (100 \cdot 0,0022 \cdot 20)^{1/3}] \cdot 1000 \cdot 515 / 1000 =$			164,054 kN
$V_{min} =$	$0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	$0,035 \cdot 1,62^{2/3} \cdot 20^{1/2} =$	$0,216$	
$V_{Rd,c,min} =$	$V_{min} \cdot b_w \cdot d =$	$0,216 \cdot 1000 \cdot 515 / 1000 =$		111,24 kN
$V_{Rd,c} =$	$\max(V'_{Rd,c}; V_{Rd,c,min}) = \max(164,054; 111,24) =$			164,054 kN

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

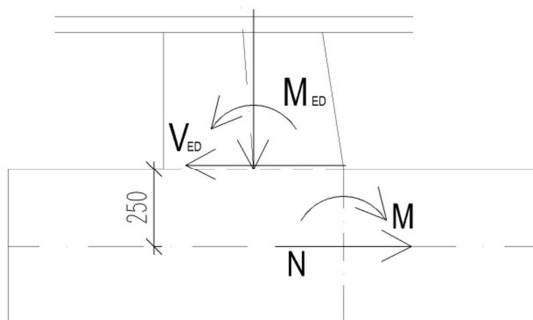
$$164,054 \text{ kN} \geq 19,166 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

>> Smyková výztuž není nutná

7.2.3.2 Deska

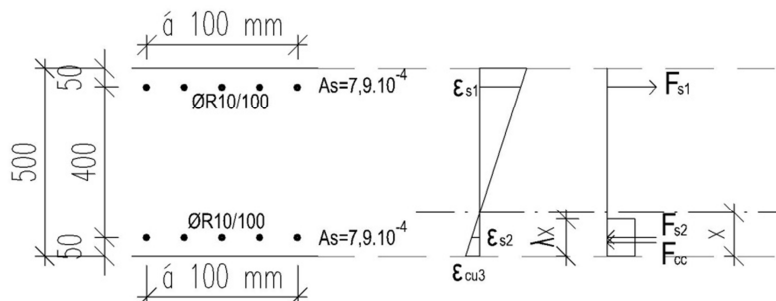
- Horní výztuž



$$M = M_{ED} + V_{ED} \cdot e = 22,174 + 19,166 \cdot 0,25 = 26,966 \text{ kNm}$$

$$N = V_{ED} = 19,166 \text{ kN}$$

Kombinace M+N – iterační postup



šířka průřezu	b=	1000	mm
výška průřezu	h=	500	mm
krytí	c=	45	mm
třmínek	Φtř=	0	mm

OCEL	B500B
$f_{yk} =$	500 MPa
$f_{yd} =$	434,78 MPa
E=	200 GPa
$\epsilon_{yd} =$	0,002174 m/m

$$\gamma_s = 1,15$$

počet vrstev výztuže $n=$ 2
 $\Delta h=$ 400 mm

zatížení $N=$ -19,166 kN
 $M=$ 26,966 kNm

BETON C25/30

$f_{ck}=$ 25 MPa
 $f_{cd}=$ 16,67 MPa
 $f_{ctm}=$ 2,6 MPa
 $f_{ctk,0,05}=$ 1,8 MPa
 $E_{cm}=$ 31 GPa
 $\epsilon_{cu3}=$ 0,0035 m/m
 $\epsilon_{c2}=$ 0,002 m/m

 $\gamma_c=$ 1,5

výška tlačné oblasti $x=$ 38,731 mm
 $\Delta x=$ 3,873
 $A_{ci}=$ 3,87E-03 m²

ŘEŠENÍ

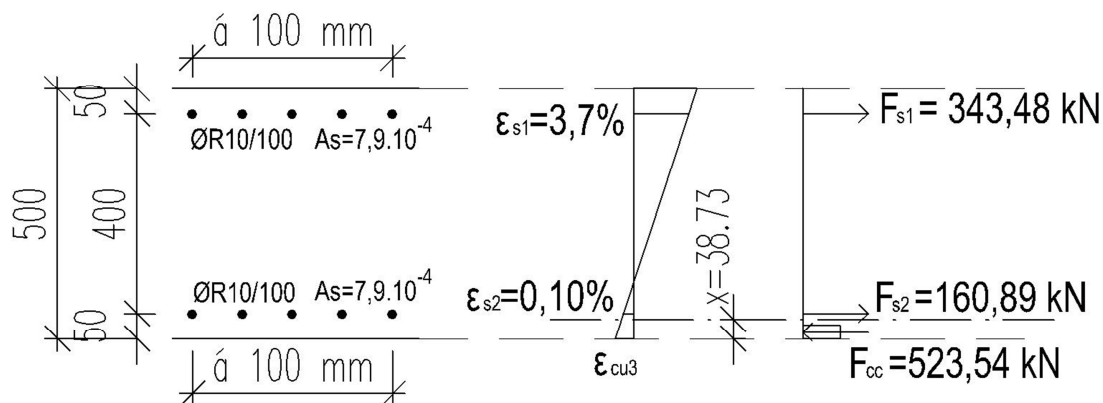
VÝZTUŽ - pracovní diagram bez zpevnění										
vrstva	prutů ve vrstvě	průměr prutu	plocha 1 prutu	plocha celkem	poloha	vzd. od těžiště	přetvoření vrstvy	napětí ve vrstvě	síla ve vrstvě	moment od vrstvy
i	n	Φ [mm]	A_{s1} [m ²]	A_s [m ²]	h_i [mm]	z_i [mm]	ϵ_{si}	σ_{si} [MPa]	F_{si} [kN]	M_{si} [kNm]
1	10	10	7,90E-05	7,90E-04	50	-200	1,02E-03	203,66	160,893	-32,179
2	10	10	7,90E-05	7,90E-04	450	200	3,72E-02	434,78	343,478	68,696
Σ									504,372	36,517

BETON - parabolicko rektangulární pracovní diagram						
vrstva	poloha těžiště vrstvy	vzd. od těžiště	přetvoření vrstvy	napětí ve vrstvě	síla ve vrstvě	moment od vrstvy
i	h_{ci} [mm]	z_i [mm]	ϵ_{ci}	σ_{si} [MPa]	F_{ci} [kN]	M_{ci} [kNm]
1	1,94	-248,06	-3,33E-03	-16,667	-64,552	16,013
2	5,81	-244,19	-2,98E-03	-16,667	-64,552	15,763
3	9,68	-240,32	-2,63E-03	-16,667	-64,552	15,513
4	13,56	-236,44	-2,28E-03	-16,667	-64,552	15,263
5	17,43	-232,57	-1,93E-03	-16,643	-64,461	14,992
6	21,30	-228,70	-1,58E-03	-15,914	-61,637	14,096
7	25,18	-224,82	-1,23E-03	-14,164	-54,859	12,334
8	29,05	-220,95	-8,75E-04	-11,393	-44,127	9,750
9	32,92	-217,08	-5,25E-04	-7,602	-29,442	6,391
10	36,79	-213,21	-1,75E-04	-2,789	-10,802	2,303
Σ					-523,538	122,418

	N_{RD} [kN]	M_{RD} [kNm]
Výztuž	504,372	36,517
Beton	-523,538	122,418
Σ	-19,166	158,935

R-E= 0,000

M_{RD}	\geq	M_{ED}
158,935	\geq	26,966
VYHOVUJE		

**Konstrukční zásady**

- plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max \left(\begin{array}{l} 0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,2/500 \cdot 1000 \cdot 450 \\ 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 450 \end{array} \right) = 5,85E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 500 = 2,00E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH**ΦR 10 á 100 mm****As = 7,90E-04 m²/m**

<As,min ; As ; As,max>

<0,000585 ; 0,000785 ; 0,02>

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl} ; d_g + 5 \text{ mm} ; 20 \text{ mm}) = \max(1,2 \cdot 10 ; 16 + 5 ; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \min(2h ; 300 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 500 ; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}$$

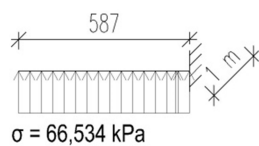
$$<s_{min} ; s ; s_{max}>$$

$$<21 ; 100 ; 300>$$

VYHOVUJE

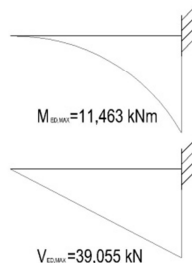
Horní podélná výztuž - návrh Φ10/100mm

• Dolní výztuž



$$M_{ED} = 66,534 \cdot 0,587^2 / 2 = 11,463 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = 66,534 \cdot 0,587 = 39,055 \text{ kN}$$

**DIMENZOVÁNÍ NA OHYB dle ČSN EN 1992-1-1****Rozměry :**

šířka průřezu

b = 1000 mm

výška průřezu

h = 500 mm

Vnitřní síly :

Moment v poli (návrhová hodnota)

M_{Ed} = 11,463 kNm

Posouvající síla

$$V_{Ed} = 39,055 \text{ kN}$$

Profil spodní výztuže

$$\Phi_{sl}^D = 10 \text{ mm}$$

Profil horní výztuže

$$\Phi_{sl}^H = 10 \text{ mm}$$

Krytí :

$$c_{min,b} = 10 \text{ mm} \quad \Delta c_{dev} = 35 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{dur,y} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}) = \max(10; 10 + 0 - 0 - 0; 10) = 10 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 10 + 35 = 45 \text{ mm}$$

Dimenzování dolní výztuže :

$$d_1 = c_{nom} + \Phi_{sl}/2 = 45 + 10/2 = 50 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 500 - 50 = 450 \text{ mm}$$

- plocha výztuže

F_{cc} = F_{st}

$$A_{s,rqd} = b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = 1000 \cdot 450 \cdot (13,333/434,78) \cdot ODM(1 - (1 - (2 \cdot 11,463)/(1000 \cdot 450^2 \cdot 13,333))) = 5,86E-05 \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = \max\left(\frac{0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d}{0,0013 \cdot b \cdot d} = \frac{0,26 \cdot 2,2/500 \cdot 1000 \cdot 450}{0,0013 \cdot 1000 \cdot 450}\right) = 5,85E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 500 = 2,00E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH

Φ 10 mm

á 100 mm

$$A_s = 7,85E-04 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$\langle A_{s,min}; A_s; A_{s,max} \rangle = \langle 0,000585; 0,000785; 0,02 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl}; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1,2 \cdot 10; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \min(2h; 300 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 500; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}$$

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

$$\langle 21; 100; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = (785 \cdot 434,78) / (0,8 \cdot 1000 \cdot 13,333) = 32,00 \text{ mm}$$

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3}/x = \epsilon_s / (d - x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d - x) / x = 0,0035 \cdot (450 - 32) / 32 = 4,57 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$$

$$4,57 \% \geq 0,217 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 785 \cdot 434,78 \cdot (450 - (0,8 \cdot 32) / 2) = 149,217 \text{ kNm}$$

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

$$149,217 \text{ kNm} \geq 11,463 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

7,7 %

Spodní podélná výztuž - návrh $\Phi 10/100\text{mm}$

POSOUZENÍ NA SMYK

$$V_{ed,max} = 39,055 \text{ kN}$$

$c_{Rd,c} =$	$0,18/\gamma_c =$	$0,18/1,5 =$	$0,12$	
$k =$	$1 + ODM(200/d) =$	$1 + ODM(200/450) =$	$1,67$	≤ 2
				$k = 1,67$
$\rho_l =$	$A_{sl}/(b_w \cdot d) =$	$785/(1000 \cdot 450) =$	$0,00174$	$\leq 0,02$
				$\rho_l = 0,00174$
$V'_{Rd,c} =$	$[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d =$			
	$[0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,00174 \cdot 20)^{1/3}] \cdot 1000 \cdot 450/1000 =$		$136,658 \text{ kN}$	
$V_{min} =$	$0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	$0,035 \cdot 1,67^{2/3} \cdot 20^{1/2} =$	$0,22$	
$V_{Rd,c,min} =$	$V_{min} \cdot b_w \cdot d =$	$0,22 \cdot 1000 \cdot 450/1000 =$	99 kN	
$V_{Rd,c} =$	$\max(V'_{Rd,c} ; V_{Rd,c,min}) =$	$\max(136,658 ; 99) =$	$136,658 \text{ kN}$	

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

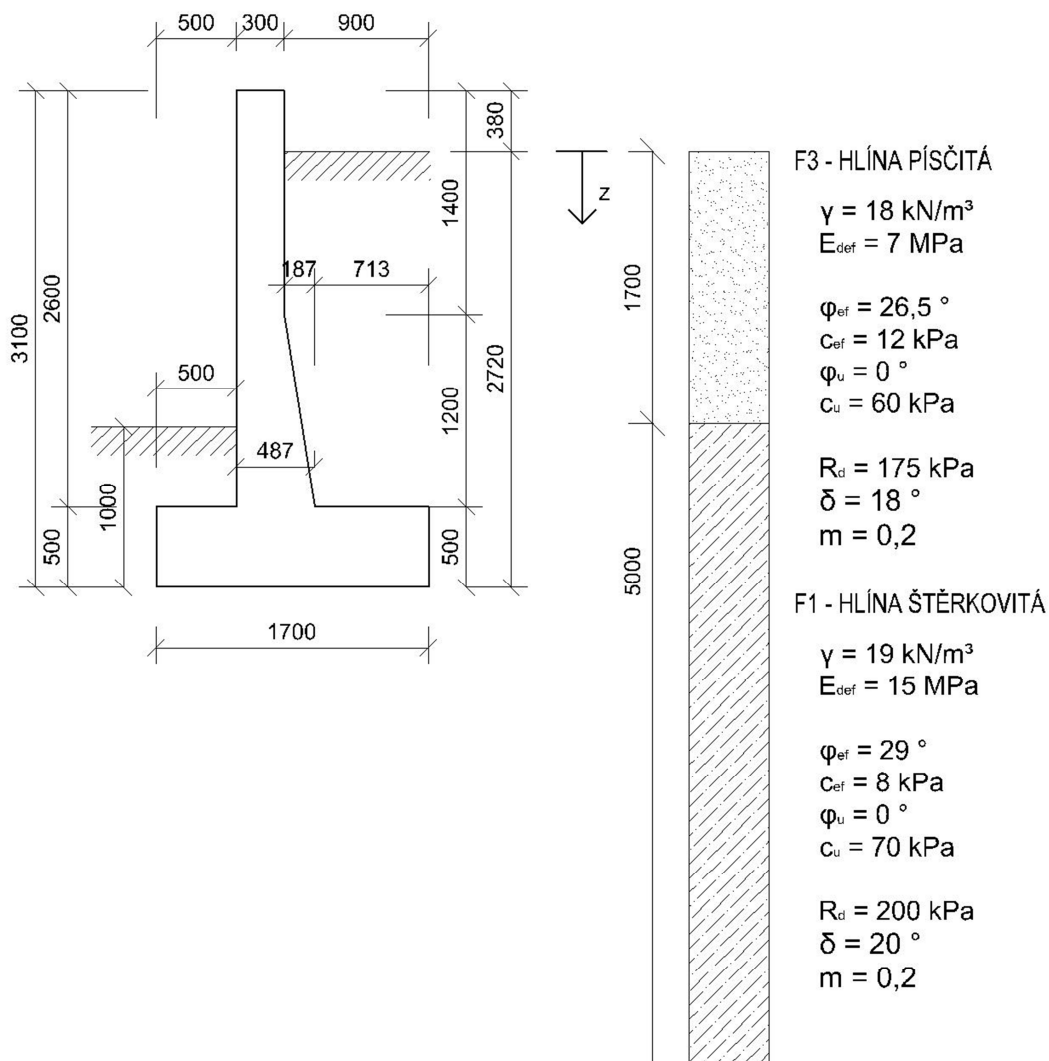
$$136,658 \text{ kN} \geq 39,055 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

28,6 %

>> Smyková výztuž není nutná

7.3 STĚNA VÝŠKY 2,6 m



Obrázek 83 Opěrná stěna výšky 2,6 m

7.3.1 Zatížení

1. AKTIVNÍ ZEMNÍ TLAK

$$k_a^{F3} = \tan^2(45 - \varphi^{F3}/2) = \tan^2(45 - 26,5/2) = 0,383$$

$$k_a^{F1} = \tan^2(45 - \varphi^{F1}/2) = \tan^2(45 - 29/2) = 0,347$$

přetížení $q = 1,5 \text{ kN/m}^2$

hloubka od terénu	vertikální tlak	horizontální tlak pod úhlem δ	vodorovná složka	svislá složka
$z \text{ [m]}$	$\sigma_v \text{ [kPa]}$	$\sigma_h \text{ [kPa]}$	$\sigma_x \text{ [kPa]}$	$\sigma_z \text{ [kPa]}$
0,0	1,5	-14,278	-13,580	-4,412
1,7	32,1	-2,559	-2,433	-0,791
1,7	32,1	1,714	1,610	0,586
2,22	41,98	5,142	4,832	1,759
2,72	51,48	8,438	7,930	2,886

2. PASIVNÍ ZEMNÍ TLAK

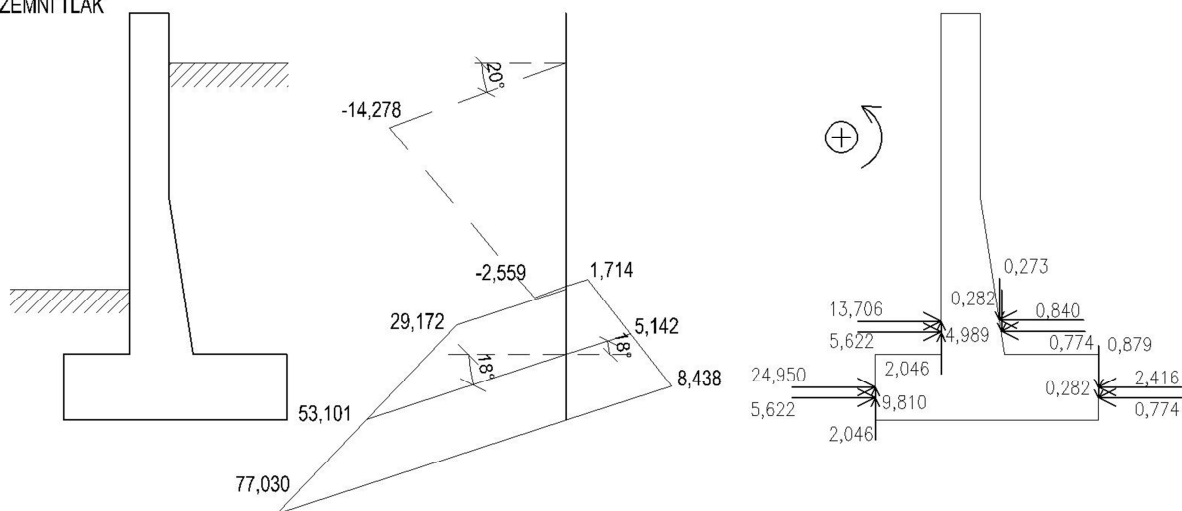
$$k_p^{F1} = \operatorname{tg}^2(45 + \varphi^{F1}/2) = \operatorname{tg}^2(45 + 29/2) = 2,882$$

$$\text{přítížení } q = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

hloubka od terénu z [m]	vertikální tlak σ_v [kPa]	horizontální tlak pod úhlem δ σ_h [kPa]	vodorovná složka σ_x [kPa]	svislá složka σ_z [kPa]
0,0	1,5	29,172	27,413	9,977
0,5	11	53,101	49,899	18,162
1,0	20,5	77,030	72,385	26,346

	výslednice			rameno k bodu 0		moment M_0 [kNm]
	F [kN]	F_x [kN]	F_z [kN]	r_z [m]	r_x [m]	
AKTIVNÍ	0,883	0,840	0,273	0,760	0,947	0,380
	0,824	0,774	0,282	0,673	0,960	0,251
	2,571	2,416	0,879	0,250	1,700	-0,891
	0,824	0,774	0,282	0,167	1,700	-0,350
PASIVNÍ	14,586	13,706	4,989	0,750	0,500	-7,785
	5,983	5,622	2,046	0,667	0,500	-2,727
	26,551	24,950	9,081	0,250	0,000	-6,237
	5,983	5,622	2,046	0,167	0,000	-0,939

ZEMNÍ TLAK



Obrázek 84 OS výšky 2,6 m - zemní tlak

3. VLASTNÍ TÍHA A PŘÍTÍŽENÍ ZEMINOU

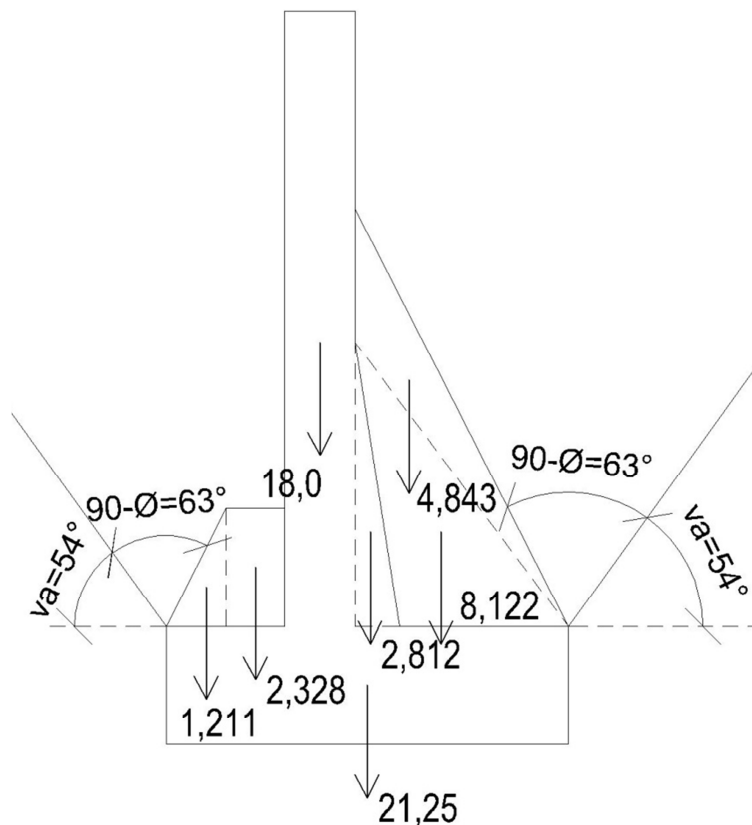
	F_z [kN]	r_x [m]	M_0 [kNm]
VLASTNÍ TÍHA	19,500	0,650	-12,675
	2,812	0,862	-2,424
	21,250	0,850	-18,063
PŘÍTÍŽENÍ ZEMINOU	1,211	0,170	-0,206
	2,328	0,377	-0,878
	8,122	1,162	-9,438
	4,843	1,027	-4,974

$$\cotg \varepsilon = \operatorname{tg}(\varphi - \alpha) + \frac{1}{\cos(\varphi + \alpha)} \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cos(\alpha - \beta)}{\sin(\varphi - \beta) \cos(\alpha + \delta)}}$$

$$= \operatorname{tg}(27 - 0) + \frac{1}{\cos(27 + 0)} \sqrt{\frac{\sin(27 + 19) \cos(0 - 0)}{\sin(27 - 0) \cos(0 + 0)}} = 1,9624$$

$$\varepsilon = 27^\circ$$

$$\nu_a = \varphi + \varepsilon = 27 + 27 = 54^\circ$$



Obrázek 85 OS výšky 2,6 m - vl.tíha a přitížení zeminou

7.3.2 Posouzení

1. PŘEKLOPENÍ V ZÁKLADOVÉ SPÁŘE

$$\begin{aligned}\Sigma F_z &= 58,243 \text{ kN} \\ \Sigma M_0 &= -65,872 \text{ kNm} \\ a_r &= \Sigma M_0 / \Sigma F_z = 65,872 / 58,243 = 1,131 \text{ m} \\ e &= b/2 - a_r = 1,7/2 - 1,131 = 0,281 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}e &\leq b/6 \\ 0,281 \text{ m} &\leq 0,283 \text{ m} \\ \text{VYHOVUJE} & \quad 99 \%\end{aligned}$$

2. POSUNUTÍ V ZÁKLADOVÉ SPÁŘE

$$\begin{aligned}\Sigma F_{xa} &= 4,804 \text{ kN} \\ \Sigma F_z &= 58,243 \text{ kN} \\ A_{\text{eff}} &= 1 \cdot (b - 2e) = 1 \cdot (1,7 - 2 \cdot 0,281) = 1,138 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma F_{xa} &\leq (\Sigma F_z \cdot \tan \varphi + c_d \cdot A_{\text{eff}}) \cdot \gamma_{\text{spd}} \\ 4,804 \text{ kN} &\leq 33,537 \text{ kN} \\ \text{VYHOVUJE} & \quad 14 \%\end{aligned}$$

3. PŘEKLOPENÍ V PRACOVNÍ SPÁŘE

výslednice			rameno k bodu 0		moment	
	F [kN]	F _x [kN]	F _z [kN]	r _z [m]	r _x [m]	M ₀ [kNm]
AKTIVNÍ	0,883	0,840	0,273	0,260	0,447	0,096
	0,824	0,774	0,282	0,173	0,460	0,004
PASIVNÍ	14,586	13,706	4,989	0,250	0,000	-3,427
	5,983	5,622	2,046	0,167	0,000	-0,939

	F _z [kN]	r _x [m]	M ₀ [kNm]
VLASTNÍ TÍHA	19,500	0,150	-2,925
	2,812	0,362	-1,018

$$\begin{aligned}\Sigma M_1 &= -3,842 \text{ kNm} \\ \Sigma F_z &= 22,867 \text{ kN} \\ a_r &= \Sigma M_0 / \Sigma F_z = 3,842 / 22,867 = 0,168 \text{ m} \\ e &= b/2 - a_r = 0,487/2 - 0,168 = 0,076 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{array}{rcl}
 e & \leq & b/6 \\
 0,076 \text{ m} & \leq & 0,081 \text{ m} \\
 \text{VYHOVUJE} & & 93 \%
 \end{array}$$

4. NAPĚTÍ V ZÁKLADOVÉ SPÁŘE

$$\Sigma F_z = 75,101 \text{ kN}$$

$$A_{\text{eff}} = 1 \cdot (b - 2e) = 1 \cdot (1,7 - 2 \cdot 0,281) = 1,138 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \Sigma F_z / A_{\text{eff}} = 65,994 \text{ kPa}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \sigma & \leq & R_d \\
 65,994 \text{ kPa} & \leq & 200 \text{ kPa} \\
 \text{VYHOVUJE} & & 33 \%
 \end{array}$$

7.3.3 Dimenzování

7.3.3.1 Stěna

1. Hodnoty zemního tlaku pro dimenzování stěny

hloubka od terénu	vertikální tlak od zeminy	vodorovná složka	minimální dimenzační tlak
z [m]	σ_v [kPa]	σ_x [kPa]	$\sigma_{x,\min}$ [kPa]
0,0	0	-13,580	0
1,7	30,6	-2,433	6,12
1,7	30,6	1,610	6,12
2,22	40,48	4,832	8,096

$$\sigma_{x,\min} = 0,2 \cdot \sigma_v$$

$$2. \text{ Horizontální tlak od přetížení } q_{\text{sk}} = q_k \cdot k_a = 1,5 \cdot 0,383 = 0,575 \text{ kN/m}^2$$

3. Zatížení větrem

- II. větrná oblast

- III. kategorie terénu

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

$$v_m(h) = c_r(h) \cdot c_0(h) \cdot v_b = 0,738 \cdot 1,0 \cdot 25 = 18,45$$

$$z \leq z_{\min}$$

$$\begin{aligned}
 \rightarrow c_r(0,38) &= c_r(2,22) = c_r(z_{\min}) = k_r \cdot \ln(z_{\min}/z_0) = 0,19 \cdot (z_0/z_{0II})^{0,07} \cdot \ln(z_{\min}/z_0) = \\
 &= 0,19 \cdot (5/0,05)^{0,07} \cdot \ln(5/0,3) = 0,738
 \end{aligned}$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(h) = [1 + 7 \cdot 0,355] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 18,45^2 = 741 \text{ Pa}$$

$$z \leq z_{\min}$$

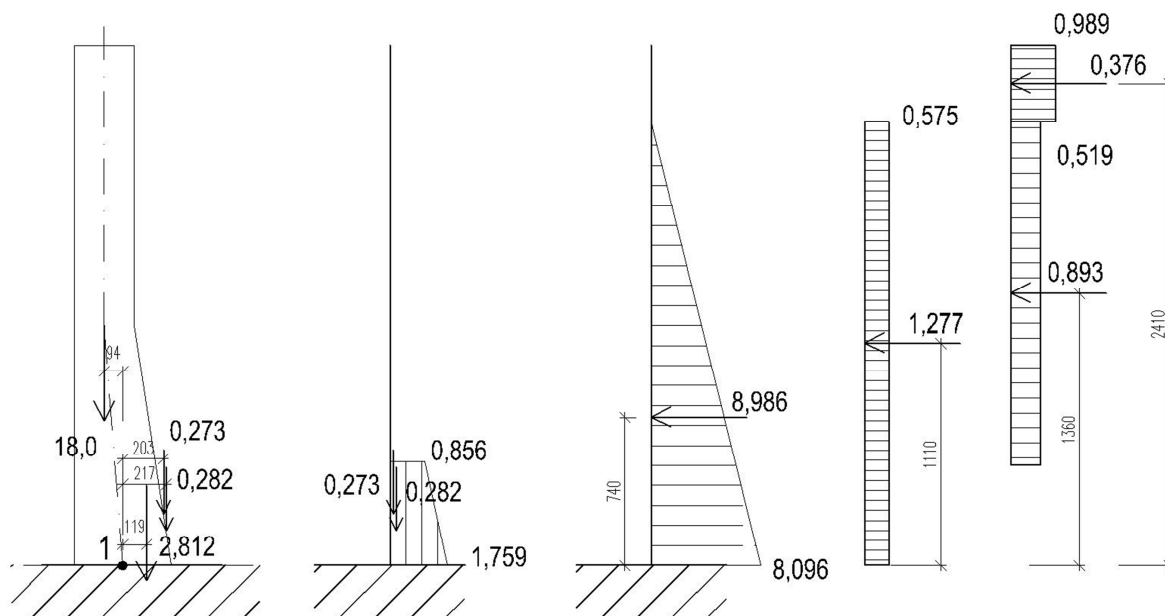
$$\rightarrow I_v(z) = I_v(z_{\min}) = k_l / [c_0(z_{\min}) \cdot \ln(z_{\min}/z_0)] = 1 / [1 \cdot \ln(5/0,3)] = 0,355$$

$$w_{eD(0,5)} = q_p(z) \cdot c_{pe,10}(0,38) = 0,741 \cdot 0,8 = 0,593 \text{ kPa}$$

$$w_{eE(0,5)} = q_p(z) \cdot c_{pe,10}(0,38) = 0,741 \cdot (-0,534) = -0,396 \text{ kPa}$$

$$w_{eE(3,5)} = q_p(z) \cdot c_{pe,10}(2,22) = 0,741 \cdot (-0,7) = -0,519 \text{ kPa}$$

vl.tíha, zemina σ_z $\sigma_{x,min}$ q_{xk} w



Obrázek 86 OS výšky 2,6 m - zatížení stěna

Vnitřní síly v pracovní spáře

Kombinace byly vytvořeny použitím rovnice 6.10 dle ČSN EN 1990:

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

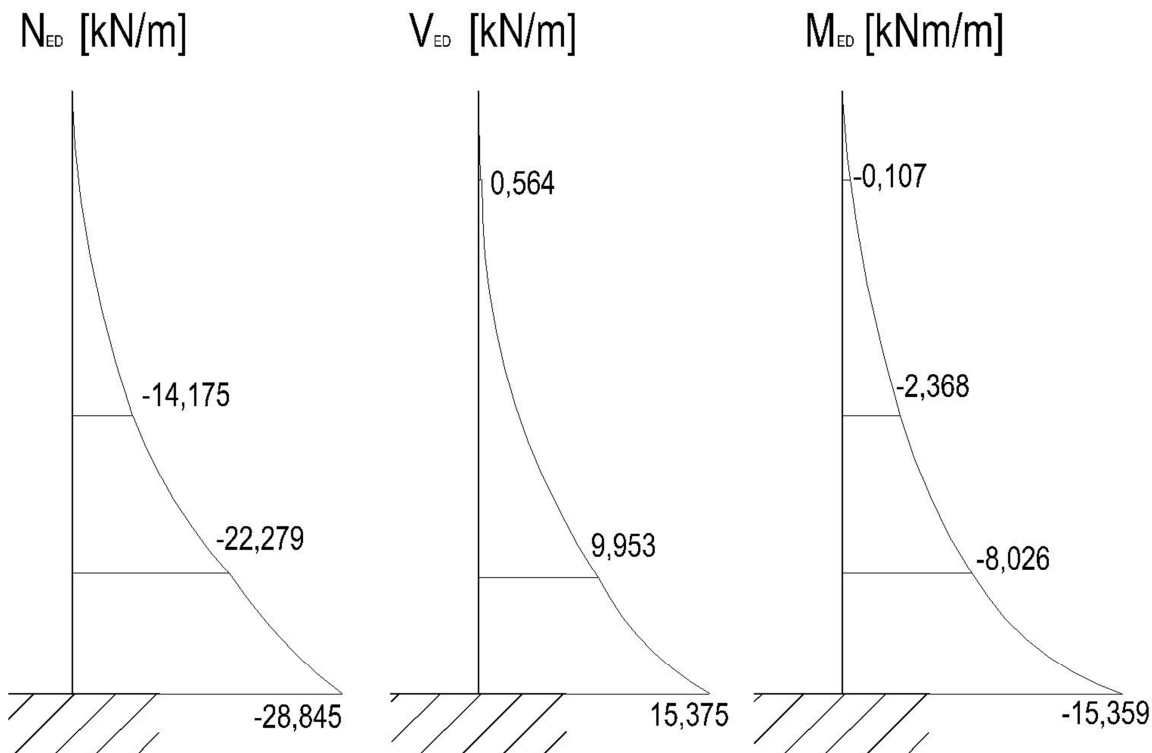
$$M_{ed} = (18,0 \cdot 0,094 - 2,812 \cdot 0,119) \cdot 1,35 - (0,273 \cdot 0,203 + 0,282 \cdot 0,217) \cdot 1,35$$

$$+ 8,986 \cdot 0,74 \cdot 1,35 + 1,277 \cdot 1,11 \cdot 1,5 \cdot 0,7 + (0,893 \cdot 1,38 + 0,379 \cdot 2,41) \cdot 1,5$$

$$= 15,359 \text{ kNm}$$

$$V_{ed} = 8,986 \cdot 1,35 + 1,277 \cdot 1,5 \cdot 0,7 + (0,893 + 0,376) \cdot 1,5 = 15,375 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = (18,0 + 2,812) \cdot 1,35 + (0,273 + 0,282) \cdot 1,35 = 28,845 \text{ kN}$$



Obrázek 87 OS výšky 2,6 m - vnitřní síly

ÚČINKY 1. ŘÁDU – GEOMETRICKÉ IMPERFEKCE

$$M_{0Ed} = N_{Ed} \left(\frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} + e_i \right) = 28,845 \left(\frac{15,359}{28,845} + 0,013 \right) = 15,734 \text{ kNm}$$

$$e_i = \frac{l_0}{400} = \frac{2 \cdot 2,6}{400} = 0,013 \text{ m}$$

ÚČINKY 2. ŘÁDU

$$i = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{0,487}{\sqrt{12}} = 0,141$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{5,2}{0,141} = 36,88$$

$$A_c = 1 \cdot 0,487 = 0,487 \text{ m}^2$$

$$n_1 = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{28,845}{0,487 \cdot 16,67 \cdot 10^3} = 0,004$$

$$\lambda_{lim} = 20 \cdot \frac{A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n_1}} = 20 \cdot \frac{0,7 \cdot 1,1 \cdot 0,7}{\sqrt{0,004}} = 170,45$$

$\lambda \leq \lambda_{lim} \dots$ ÚČINKY 2. ŘÁDU LZE ZANEDBAT

$N_{ED} = 28,845 \text{ kN}$

$M_{ED} = 15,734 \text{ kNm}$

a) Ohybový moment se započítáním pouze tažené výztuže

DIMENZOVÁNÍ NA OHYB dle ČSN EN 1992-1-1

Rozměry :

šířka průřezu

b= 1000 mm

výška průřezu

h= 487 mm

Vnitřní síly :

Ohybový moment (návrhová hodnota)

 $M_{Ed}^+ = 15,734$ kNm

Posouvající síla (návrhová hodnota)

 $V_{Ed} = 15,375$ kN

Profil výztuže

 $\Phi_{sl}^H = 10$ mm

Krytí :

 $c_{min,b} = 12$ mm $\Delta c_{dev} = 45$ mm $c_{min,dur} = 10$ mm $c_{dur,y} = 0$ mm $\Delta c_{dur,st} = 0$ mm $\Delta c_{dur,add} = 0$ mm
 $c_{min} = \max(c_{min,b} ; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} ; 10 \text{ mm}) =$
 $\max(12 ; 10 + 0 - 0 - 0 ; 10) = 12 \text{ mm}$
 $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} =$
 $12 + 45 = 60 \text{ mm}$

Dimenzování horní výztuže :

 $d_1 = c_{nom} + \phi_{sl}/2 = 60 + 10/2 = 65 \text{ mm}$ $d = h - d_1 = 487 - 65 = 422 \text{ mm}$

- plocha výztuže

 $F_{cc} = F_{st}$

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

$$1000 \cdot 422 \cdot (13,333/434,78) \cdot ODM(1 - (1 - (2 \cdot 15,734)/(1000 \cdot 422^2 \cdot 13,333))) = 8,58E-05 \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,2/500 \cdot 1000 \cdot 422) = 5,21E-04 \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 422$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 487 = 1,95E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH

 $\Phi \quad 10 \text{ mm}$

á 150 mm

 $A_s = 5,24E-04 \text{ m}^2/\text{m}$ $\langle A_{s,min} ; A_s ; A_{s,max} \rangle$ $\langle 0,000521 ; 0,000524 ; 0,01948 \rangle$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s_{\min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl}; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1,2 \cdot 10; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = \min(2h; 300 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 487; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}$$

$$<s_{\min}; s; s_{\max}>$$

$$<21; 150; 300>$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = (524.434,78) / (0,8 \cdot 1000 \cdot 13,333) = 21,36 \text{ mm}$$

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3}/x = \epsilon_s / (d - x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d - x) / x = 0,0035 \cdot (422 - 21,36) / 21,36 = 6,56 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$$

$$6,56 \% \geq 0,217 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 524.434,78 \cdot (422 - (0,8 \cdot 21,36) / 2) = 94,195 \text{ kNm}$$

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

$$94,195 \text{ kNm} \geq 15,359 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

16,3 %

Horní podélná výztuž - návrh $\Phi 10/150 \text{ mm}$ (minimální plocha výztuže)**b) Smyk**

POSOUZENÍ NA SMYK

$$V_{ed, \max} = 15,375 \text{ kN}$$

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

$$k = 1 + \text{ODM}(200/d) = 1 + \text{ODM}(200/421) = 1,69 \leq 2$$

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 1131 / (1000 \cdot 421) = 0,00269 \leq 0,02$$

$$\rho_l = 0,003$$

$$V'_{Rd, c} = [c_{Rd, c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d = [0,12 \cdot 1,69 \cdot (100 \cdot 0,00269 \cdot 20)^{1/3}] \cdot 1000 \cdot 421 / 1000 = 149,604 \text{ kN}$$

$$V_{\min} = 0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,69^{2/3} \cdot 20^{1/2} = 0,222$$

$$V_{Rd, c, \min} = V_{\min} \cdot b_w \cdot d = 0,222 \cdot 1000 \cdot 421 / 1000 = 93,462 \text{ kN}$$

$$V_{Rd, c} = \max(V'_{Rd, c}; V_{Rd, c, \min}) = \max(149,604; 93,462) = 149,604 \text{ kN}$$

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

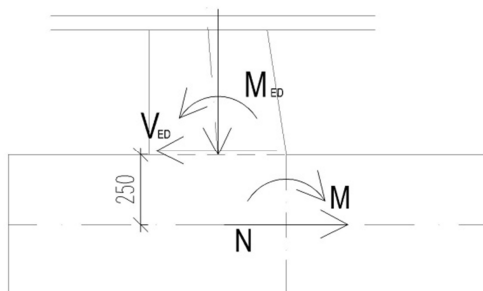
$$149,604 \text{ kN} \geq 15,375 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

>> Smyková výztuž není nutná

7.3.3.2 Deska

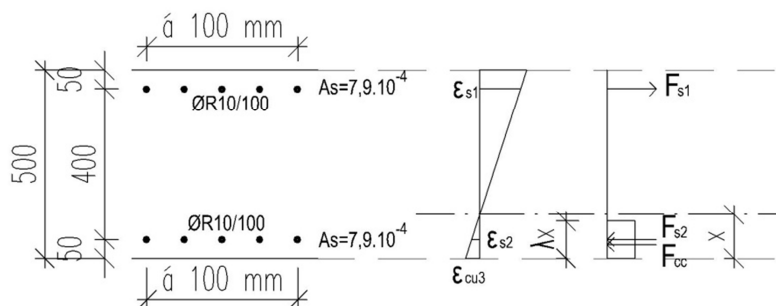
- Horní výztuž



$$M = M_{ED} + V_{ED} \cdot e = 15,359 + 15,375 \cdot 0,25 = 19,203 \text{ kNm}$$

$$N = V_{ED} = 15,375 \text{ kN}$$

Kombinace M+N – iterační postup



ZADÁNÍ:

šířka průřezu	b=	1000	mm	OCEL	B500B		
výška průřezu	h=	500	mm	f_{yk} =	500	MPa	γ_s = 1,15
krytí	c=	45	mm	f_{yd} =	434,78	MPa	
třmínek	Φ_{tr} =	0	mm	E=	200	GPa	
				ϵ_{yd} =	0,002174	m/m	
počet vrstev výztuže	n=	2		BETON	C25/30		
	Δh =	400	mm	f_{ck} =	25	MPa	γ_c = 1,5
zatižení	N=	-15,375	kN	f_{cd} =	16,67	MPa	
	M=	19,203	kNm	f_{ctm} =	2,6	MPa	
				$f_{ctk,0,05}$ =	1,8	MPa	
				E_{cm} =	31	GPa	
				ϵ_{cu3} =	0,0035	m/m	
				ϵ_{c2} =	0,002	m/m	

ŘEŠENÍ

výška tlačné oblasti	x=	38,613	mm
	Δx =	3,861	
	A_{ci} =	3,86E-03	m ²

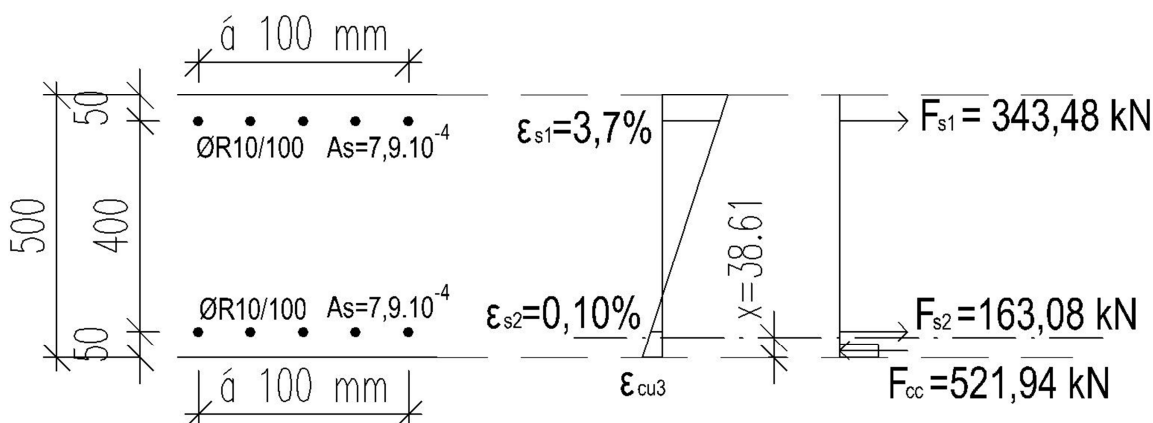
VÝZTUŽ - pracovní diagram bez zpevnění										
vrstva	prutů ve vrstvě	průměr prutu	plocha 1 prutu	plocha celkem	poloha	vzd. od těžiště	přetvoření vrstvy	napětí ve vrstvě	síla ve vrstvě	moment od vrstvy
i	n	Φ [mm]	A_{s1} [m ²]	A_s [m ²]	h_i [mm]	z_i [mm]	ϵ_{si}	σ_{si} [MPa]	F_{si} [kN]	M_{si} [kNm]
1	10	10	7,90E-05	7,90E-04	50	-200	1,03E-03	206,43	163,083	-32,617
2	10	10	7,90E-05	7,90E-04	450	200	3,73E-02	434,78	343,478	68,696
									Σ 506,562	36,079

BETON - parabolicko rektangulární pracovní diagram						
vrstva	poloha těžiště vrstvy	vzd. od těžiště	přetvoření vrstvy	napětí ve vrstvě	síla ve vrstvě	moment od vrstvy
i	h_{ci} [mm]	z_i [mm]	ϵ_{ci}	σ_{si} [MPa]	F_{ci} [kN]	M_{ci} [kNm]
1	1,93	-248,07	-3,33E-03	-16,667	-64,355	15,964
2	5,79	-244,21	-2,98E-03	-16,667	-64,355	15,716
3	9,65	-240,35	-2,63E-03	-16,667	-64,355	15,467
4	13,51	-236,49	-2,28E-03	-16,667	-64,355	15,219
5	17,38	-232,62	-1,93E-03	-16,643	-64,264	14,949
6	21,24	-228,76	-1,58E-03	-15,914	-61,449	14,057
7	25,10	-224,90	-1,23E-03	-14,164	-54,691	12,300
8	28,96	-221,04	-8,75E-04	-11,393	-43,992	9,724
9	32,82	-217,18	-5,25E-04	-7,602	-29,352	6,375
10	36,68	-213,32	-1,75E-04	-2,789	-10,769	2,297
Σ					-521,937	122,070

	N_{RD} [kN]	M_{RD} [kNm]
Výztuž	506,562	36,079
Beton	-521,937	122,070
Σ	-15,375	158,149

R-E= 0,000

M_{RD}	\geq	M_{ED}
158,149	\geq	19,203
VYHOVUJE		

**Konstrukční zásady**

- plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max \left(\begin{array}{l} 0,26 \cdot f_{ctm} / f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,2 / 500 \cdot 1000 \cdot 450 \\ 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 450 \end{array} \right) = 5,85E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 500 = 2,00E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH

ΦR 10 á 100 mm

 $A_s = 7,90E-04 \text{ m}^2/\text{m}$

$$\langle A_{s,min}; A_s; A_{s,max} \rangle \\ \langle 0,000585; 0,000785; 0,02 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{si}; d_g + 5\text{mm}; 20\text{mm}) = \max(1,2 \cdot 10; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \min(2h; 300 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 500; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}$$

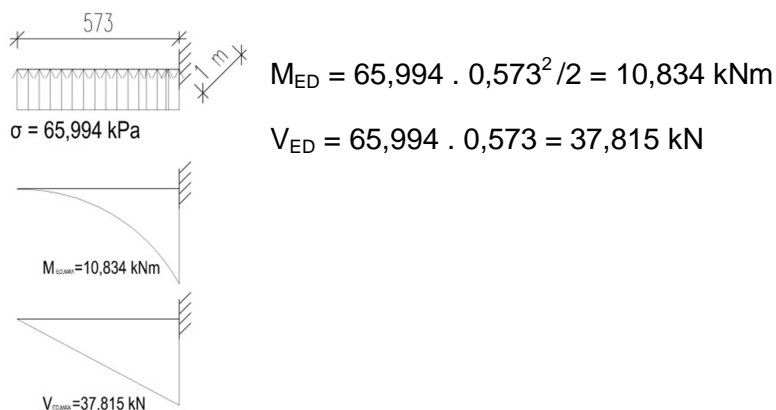
$$\langle s_{min}; s; s_{max} \rangle$$

$$\langle 21; 100; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

Horní podélná výztuž - návrh Φ10/100mm

- Dolní výztuž



DIMENZOVÁNÍ NA OHYB dle ČSN EN 1992-1-1

Rozměry :

šířka

průřezu

$$b = 1000 \text{ mm}$$

výška

průřezu

$$h = 500 \text{ mm}$$

Vnitřní síly

:

Moment v poli (návrhová hodnota)

$$M_{Ed} = 10,834 \text{ kNm}$$

Posouvající síla

$$V_{Ed} = 37,815 \text{ kN}$$

Profil spodní výztuže

$$\Phi_{sl}^D = 10 \text{ mm}$$

Profil horní výztuže

$$\Phi_{sl}^H = 10 \text{ mm}$$

Krytí :

$$c_{min,b} = 10 \text{ mm} \quad \Delta c_{dev} = 35 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{dur,y} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$$

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

$$\max(10 ; 10 + 0 - 0 - 0 ; 10) =$$

$$10 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 10 + 35 =$$

$$45 \text{ mm}$$

Dimenzování dolní výztuže :

$$d_1 = c_{nom} + \Phi_{sl}/2 = 45 + 10/2 =$$

$$50 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 500 - 50 =$$

$$450 \text{ mm}$$

- plocha výztuže

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

$$A_{s,rqd} =$$

$$b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) =$$

$$1000 \cdot 450 \cdot (13,333/434,78) \cdot ODM(1 - (1 - (2 \cdot 10,834)/(1000 \cdot 450^2 \cdot 13,333))) =$$

$$5,54E-05 \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = \max \left(\frac{0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d}{0,0013 \cdot b \cdot d} ; \frac{0,26 \cdot 2,2/500 \cdot 1000 \cdot 450}{0,0013 \cdot 1000 \cdot 450} \right) = 5,85E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 500 = 2,00E-02 \text{ m}^2$$

NÁVRH

 Φ 10 mm

á 100 mm

 $A_s =$ 7,85E-04 m²/m

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

$$\langle 0,000585 ; 0,000785 ; 0,02 \rangle$$

VYHOVUJE

- vzdálenost prutů

$$s_{min} = \max(1,2 \cdot \Phi_{sl} ; d_g + 5 \text{ mm} ; 20 \text{ mm}) = \max(1,2 \cdot 10 ; 16 + 5 ; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \min(2h ; 300 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 500 ; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}$$

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

$$\langle 21 ; 100 ; 300 \rangle$$

VYHOVUJE

- výška tlačené oblasti

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = (785 \cdot 434,78) / (0,8 \cdot 1000 \cdot 13,333) = 32,00 \text{ mm}$$

- kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_{cu3}/x = \epsilon_s / (d - x)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu3} \cdot (d - x) / x = 0,0035 \cdot (450 - 32) / 32 = 4,57 \%$$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_{yd}$$

$$4,57 \% \geq 0,217 \%$$

VYHOVUJE

- ověření únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 785 \cdot 434,78 \cdot (450 - (0,8 \cdot 32) / 2) = 149,217 \text{ kNm}$$

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

$$149,217 \text{ kNm} \geq 10,834 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

7,3 %

Spodní podélná výztuž - návrh $\Phi 10/100 \text{ mm}$

POSOUZENÍ NA SMYK

$$V_{ed,max} = 37,815 \text{ kN}$$

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

$$k = 1 + ODM(200/d) = 1 + ODM(200/450) = 1,67 \leq 2$$

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 785 / (1000 \cdot 450) = 0,00174 \leq 0,02$$

$$\rho_l = 74$$

$$V'_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d = [0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,00174 \cdot 20)^{1/3}] \cdot 1000 \cdot 450 / 1000 = 136,658 \text{ kN}$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,67^{2/3} \cdot 20^{1/2} = 0,22$$

$$V_{Rd,c,min} = V_{min} \cdot b_w \cdot d = 0,22 \cdot 1000 \cdot 450 / 1000 = 99 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \max(V'_{Rd,c} ; V_{Rd,c,min}) = \max(136,658 ; 99) = 136,658 \text{ kN}$$

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

$$136,658 \text{ kN} \geq 37,815 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

27,7 %

>> Smyková výztuž není nutná

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Lokality	5
Obrázek 2 Pohledy	6
Obrázek 3 Podloží	16
Obrázek 4 LC2 Stálé + podvěsy	25
Obrázek 5 LC3 Sníh nenavátý	26
Obrázek 6 LC4 Sníh navátý	26
Obrázek 7 LC5 Zemní tlak	27
Obrázek 8 LC6 Užité plné	27
Obrázek 9 LC7 Užité ŠACH1	28
Obrázek 10 LC8 Užité ŠACH2	28
Obrázek 11 LC9 Užité ŠACH3	29
Obrázek 12 LC10 Užité ŠACH4	29
Obrázek 13 LC11 Užité ŠACH5	30
Obrázek 14 Užité ŠACH6	30
Obrázek 15 LC13, LC14 Vitr příčný +Y	31
Obrázek 16 LC15, LC16 Vitr příčný -Y	31
Obrázek 17 LC17, LC18 Vitr podélný +X	32
Obrázek 18 LC19, LC20 Vitr podélný -X	32
Obrázek 20 3D model	35
Obrázek 21 Model stropu nad 1.PP	36
Obrázek 22 Model stropu nad 1.PP – síť á 0,15 m	36
Obrázek 23 Popis a efektivní šířka žeber	36
Obrázek 24 Deska D1 - mxD+	37
Obrázek 25 Deska D1 - mxD-	37
Obrázek 26 Deska D1 - myD+	38
Obrázek 27 Deska D1 - myD-	38
Obrázek 28 Deska D1 - V_x	39
Obrázek 29 Deska D1 - V_y	39
Obrázek 30 Deska D1 - mxD+ - upravená barevná škála	42
Obrázek 31 Deska D1 - mxD- - upravená barevná škála	42
Obrázek 32 Deska myD+ - upravená škála	43
Obrázek 33 Deska D1 - myD- - upravená škála	43
Obrázek 34 Deska D1 - V_x - upravená škála	44
Obrázek 35 Deska D1 - V_y - upravená škála	45
Obrázek 36 Deska D1 - isokorby – myD+	47
Obrázek 37 Deska D1 - isokorby – mxD+	49
Obrázek 38 Schéma rozmístění isokorbů	50
Obrázek 39 Schéma isokorbu typu K	50
Obrázek 40 Deska D1 - u_z - nelineární s dotvarováním	51
Obrázek 41 Deska D1 - deformovaná konstrukce	52
Obrázek 42 Průvlak P1 – My	52
Obrázek 43 Průvlak P1 – Vz	53
Obrázek 44 Průvlak P1 - schéma rozdělení materiálů	59
Obrázek 45 Průvlak P2 – My	59
Obrázek 46 Průvlak P2 – Vz	60

Obrázek 47 Průvlak P3 - M_y	66
Obrázek 48 Průvlak P3 - V_z	66
Obrázek 49 Průvlak P3 - schéma rozdělení materiálů.....	72
Obrázek 50 Průvlak P4 - M_y	73
Obrázek 51 Průvlak P4 - V_z	73
Obrázek 52 Průvlak P4 - schéma rozdělení materiálů.....	79
Obrázek 53 Průvlak P5 - M_y	79
Obrázek 54 Průvlak P5 - V_z	80
Obrázek 55 Průvlak P5 - schéma rozdělení materiálů.....	86
Obrázek 56 Průvlak P6 - M_y	86
Obrázek 57 Průvlak P6 - V_z	87
Obrázek 58 Průvlak P6 - rozdělení materiálů	93
Obrázek 59 Suterénní stěna - pozice	93
Obrázek 60 Suterénní stěna - geometrie.....	94
Obrázek 61 Suterénní stěna - N , N_{MAX} v patě, N_{MAX} v hlavě	96
Obrázek 62 Suterénní stěna - M , M_{MAX} v patě, M v hlavě	96
Obrázek 63 Suterénní stěna - N v hlavě.....	96
Obrázek 64 Suterénní stěna - M_{MAX} v hlavě	97
Obrázek 65 Suterénní stěna - výsek z interakčního diagramu pro patu stěny	102
Obrázek 66 Suterénní stěna - výsek z interakčního diagramu pro hlavu stěny	107
Obrázek 67 Suterénní stěna - $mxD+$	109
Obrázek 68 Suterénní stěna - $mxD-$	109
Obrázek 69 Suterénní stěna - $mxD+$ s nastavenou barevnou škálou	111
Obrázek 70 Suterénní stěna - $mxD-$ s nastavenou barevnou škálou.....	111
Obrázek 71 Model schodiště.....	114
Obrázek 72 Schodiště M_{Ed}	115
Obrázek 73 Schodiště V_{Ed} - minimum / maximum	115
Obrázek 74 Opěrná stěna výšky 4 m	120
Obrázek 75 OS výšky 4 m - zemní tlak	122
Obrázek 76 OS výšky 4 m - vl.tíha a přetížení zeminou	123
Obrázek 77 OS výšky 4 m - zatížení stěna	126
Obrázek 78 OS výšky 4 m - vnitřní síly	127
Obrázek 79 Opěrná stěna výšky 3 m	135
Obrázek 80 OS výšky 3 m - zemní tlak	137
Obrázek 81 OS výšky 3 m - vl.tíha a přetížení zeminou	138
Obrázek 82 OS výšky 3 m - zatížení stěna	141
Obrázek 83 OS výšky 3 m - vnitřní síly	142
Obrázek 84 Opěrná stěna výšky 2,6 m	150
Obrázek 85 OS výšky 2,6 m - zemní tlak	151
Obrázek 86 OS výšky 2,6 m - vl.tíha a přetížení zeminou	152
Obrázek 87 OS výšky 2,6 m - zatížení stěna	155
Obrázek 88 OS výšky 2,6 m - vnitřní síly	156