

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Katedra mechaniky

Obor Stavitelství

Příloha 1

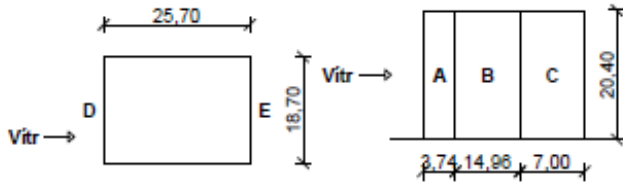
Statické posouzení

Vypracoval: Jiří Němeček

Vedoucí práce: Ing. Václav Petráš, Ph.D., MSc.

Obsah

1. Klimatická zatížení	3
2. Stálá zatížení	8
2.1. Skladba střešní konstrukce – S1	8
2.2. Skladba podlahy běžného podlaží – P1	9
2.3. Skladba podlahy běžného podlaží – P2	10
3. Užiténá zatížení	10
4. Návrh a posouzení jednotlivých nosných prvků	11
4.1. Návrh a posouzení železobetonového sloupu	11
4.2. Návrh a posouzení železobetonového průvlaku	19
4.3. Návrh a posouzení železobetonové desky	31



Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Výška nad terénem	Tlak větru v oblastech [kN/m ²]				
[m]	A	B	C	D	E
20,40	-1,13 (-1,89)	-0,75 (-1,13)	-0,47 (-0,70)	0,72 (1,09)	-0,42 (-0,63)

Nedostatečná korelace tlaků uvažována koeficientem 0,85.

2 Protokol zatížení: Zatížení sněhem - Němeček

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-3

Sněhová oblast:	V
Charakteristická hodnota zatížení s_k	= 2,50 kN/m ²
Typ krajiny:	normální
Součinitel expozice C_e	= 1,00
Tepelný součinitel C_t	= 1,00
Součinitel zatížení γ_f	= 1,50
Tvar zastřešení: sedlová střecha	
Sklon střechy α_1	= 25,0 °
Sklon střechy α_2	= 25,0 °
Tvarový součinitel $\mu_1(\alpha_1)$	= 0,80
Tvarový součinitel $\mu_1(\alpha_2)$	= 0,80

Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Případ (i) - zatížení nenavátým sněhem:

$$s_1 = 2,00 \text{ kN/m}^2 \text{ (} 3,00 \text{ kN/m}^2 \text{)}$$

$$s_2 = 2,00 \text{ kN/m}^2 \text{ (} 3,00 \text{ kN/m}^2 \text{)}$$

Případ (ii) - zatížení navátým sněhem:

$$s_1 = 1,00 \text{ kN/m}^2 \text{ (} 1,50 \text{ kN/m}^2 \text{)}$$

$$s_2 = 2,00 \text{ kN/m}^2 \text{ (} 3,00 \text{ kN/m}^2 \text{)}$$

Případ (iii) - zatížení navátým sněhem:

$$s_1 = 2,00 \text{ kN/m}^2 \text{ (} 3,00 \text{ kN/m}^2 \text{)}$$

$$s_2 = 1,00 \text{ kN/m}^2 \text{ (} 1,50 \text{ kN/m}^2 \text{)}$$



Pouze pro nekomerční využití



2



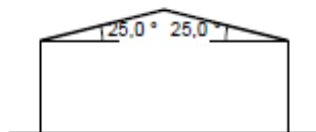
Případ (i)



Případ (ii)



Případ (iii)



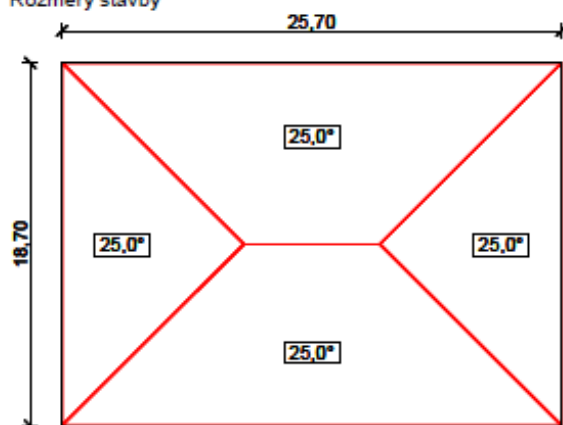
3 Protokol zatížení: Zatížení větrem - STŘECHA - Němeček

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast		II
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00 m/s
Kategorie terénu:		II
Referenční výška budovy	z_e	= 20,40 m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250 kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00
Maximální dynamický tlak	q_p	= 1,10 kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 10,00 m ²

Střecha

Rozměry stavby



Pouze pro nekomerční využití

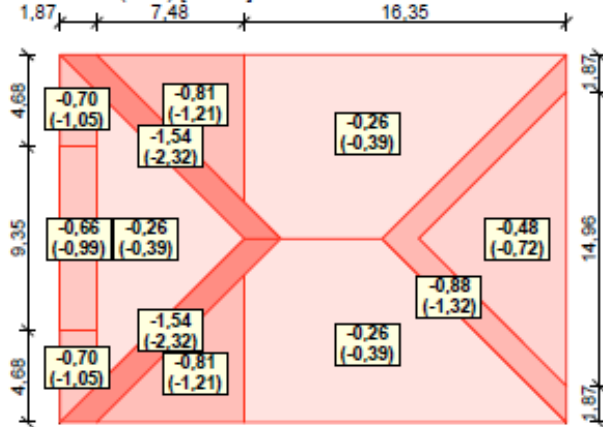


3

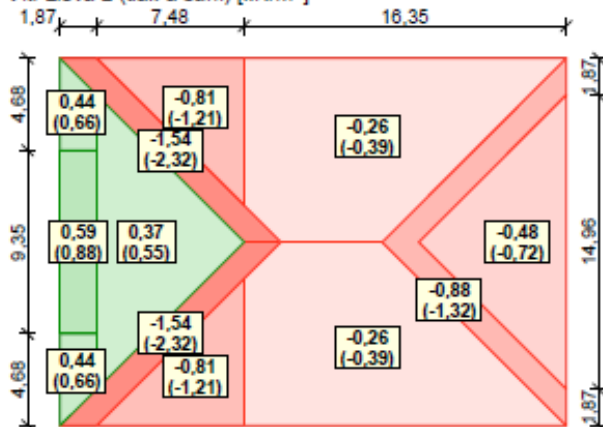


Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Vítr zleva 1 (sání) [kN/m²]

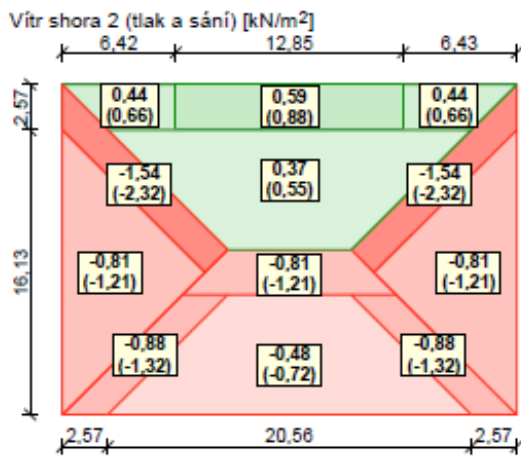
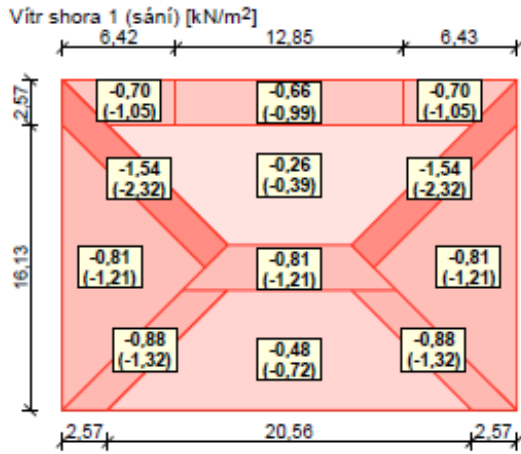


Vítr zleva 2 (tlak a sání) [kN/m²]



Pouze pro nekomerční využití





2. Stálá zatížení

2.1. Skladba střešní konstrukce – S1

Vrstva	Tloušťka [m]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Charakteristické zatížení q_k [kN/m ²]	Součinitel γ_0	Návrhové zatížení q_d [kN/m ²]
Pálená krytina TONDACH V11	0,035	1350	0,473	1,35	0,638
DEKWOOD lať 60x40 mm	0,04	350	0,140		0,189
DEKWOOD kontralať 60x40 mm	0,04	350	0,140		0,189
Prkenné bednění, podklad pro HI	0,022	400	0,088		0,119
Dřevěný vazník	-	-	0,250		0,338
DEKWOOL G035 r - TI ze skleněných vláken, v úrovni dolní pásnice vazníku	0,2	44	0,088		0,119
DEKWOOL G035 r - TI ze skleněných vláken, mezi KVH hranoly	0,08	44	0,035		0,048
KVH hranoly pro ukotvení vazníků	0,08	350	0,280		0,378
TOPDEK 022 PIR	0,08	32	0,026		0,035
DEKFOL AL 170 SPECIAL	0,0003	1470	0,004		0,006
ŽB stropní deska	0,2	2500	5,000		6,750
Přímý závěs podhledu	0,004	7850	0,314		0,424
Isover AKU	0,05	40	0,020		0,027
Rigips sádrokartonové desky	0,0125	850	0,106		0,143
Celkem			6,964	1,35	9,401

2.2. Skladba podlahy běžného podlaží – P1

Vrstva	Tloušťka [m]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Charakteristické zatížení q_k [kN/m ²]	Součinitel γ_o	Návrhové zatížení q_d [kN/m ²]
Keramická dlažba	0,011	2000	0,220	1,35	0,297
SikaCeram CleanGrout lepidlo pro keramickou dlažbu	-	-	-		-
Betonová mazanina	0,055	2400	1,320		1,782
DEKPERIMETER PV-NR 75 systémové desky podlahového vytápění	0,05	100	0,050		0,068
RIGIFLOOR 4000 akustická podlahová izolace	0,03	12,5	0,004		0,005
ŽB stropní deska	0,2	2500	5,000		6,750
Přímý závěs podhledu	0,004	7850	0,314		0,424
Isover AKU	0,05	40	0,020		0,027
Rigips sádrokartonové desky	0,0125	850	0,106		0,143
Celkem			7,034		1,35

2.3. Skladba podlahy běžného podlaží – P2

Vrstva	Tloušťka [m]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Charakteristické zatížení q _k [kN/m ²]	Součinitel γ ₀	Návrhové zatížení q _d [kN/m ²]
1FLOOR V7 nášlapná vinylová vrstva	0,008	2000	0,160	1,35	0,216
Isoboard - tlumící vinylová podložka	0,005	35	0,002		0,002
DEKSEPAR separační fólie	-	-	-		-
Betonová mazanina	0,055	2400	1,320		1,782
DEKPERIMETER PV-NR 75 systémové desky podlahového vytápění	0,05	100	0,050		0,068
RIGIFLOOR 4000 akustická podlahová izolace izolace	0,03	12,5	0,004		0,005
ŽB stropní deska	0,2	2500	5,000		6,750
Přímý závěs podhledu	0,004	7850	0,314		0,424
Isover AKU	0,05	40	0,020		0,027
Rigips sádrokartonové desky	0,0125	850	0,106		0,143
Celkem			6,976	1,35	9,417

3. Užitná zatížení

Tabulka užitného zatížení				
Podlaží	Kategorie zatěžovaných ploch	Charakteristické zatížení q _k [kN/m ²]	Součinitel γ ₀	Návrhové zatížení q _d [kN/m ²]
1.NP	C: Plochy pro shromažďování většího počtu lidí	2,0	1,5	3,0
2. - 3.NP	A: Obytné plochy a plochy pro domácí činnosti	3,0	1,5	4,5
Střecha	H: nepřístupné s výjimkou běžné údržby a úprav	0,75	1,5	1,1

4. Posouzení jednotlivých nosných prvků

4.1. Návrh a posouzení železobetonového sloupu

Sloup $300 \times 300 \text{ mm}$, $l = 4500 \text{ mm}$

Stupeň vlivu: XC1

Třída betonu: C30/37

- Charakteristická válcová pevnost v tlaku: $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
- Dílčí součinitel spolehlivosti betonu: $\gamma_c = 1,5 \text{ MPa}$
- Návrhová pevnost v tlaku: $f_{cd} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$
- Pevnost v tahu: $f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$

Třída oceli: B500B

- Charakteristická mez kluzu: $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
- Dílčí součinitel spolehlivosti oceli: $\gamma_c = 1,15 \text{ MPa}$
- Návrhová mez kluzu výztuže: $f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti: $E_s = 200\,000 \text{ MPa}$

Zatížení sloupu:

Výpočet pro zjištění zatížení působící na navrhovaný sloup bylo provedeno výpočtovým modelem v programu SCIA Engineer.

$$N_{Ed} = 1653,2 \text{ kN}$$

Štíhlost sloupu

$$l_0 = 0,8 \times l = 0,8 \times 4,5 = 3,6 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{l_0 \times \sqrt{12}}{h} = \frac{3,6 \times \sqrt{12}}{0,3} = 52,45 < 75 \quad \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$A = 0,7; B = 1,1; C = 0,7$$

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \times A \times B \times C}{\sqrt{n}} = \frac{20 \times 0,7 \times 1,1 \times 0,7}{\sqrt{0,92}} = 13,45$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \times A_c} = \frac{1653,2 \times 10^3}{20 \times 300 \times 300} = 0,92$$

$$\lambda > \lambda_{lim}$$

$$52,45 > 13,45 \quad \rightarrow \text{průřez je štíhlý}$$

Momenty s vlivem imperfekt

$$e_i = \left(\frac{l_0}{400}; \frac{b}{30}; 20 \right) = \left(\frac{3600}{400}; \frac{300}{30}; 20 \right) = 20 \text{ mm}$$

$$M_{01} = \min(|M_{0t}|; |M_{0p}|) + e_1 \times N_{ed} = (0; 0) + 0,02 \times 1653,2 = 33,06 \text{ kNm}$$

$$M_{02} = \max(|M_{0t}|; |M_{0p}|) + e_1 \times N_{ed} = (0; 0) + 0,02 \times 1653,2 = 33,06 \text{ kNm}$$

$$M_{0,ED} = \max(0,6 \times M_{02} + 0,4 \times M_{01}; 0,4 \times M_{02}) = \max(0,6 \times 110,03 + 0,4 \times 110,03; 0,4 \times 110,03) = \max(33,06; 13,22) = 33,06 \text{ kNm}$$

Parametry

$$d = h - c - \text{třmínky} - \frac{\varnothing}{2} = 300 - 25 - 10 - \frac{18}{2} = 256 \text{ mm}$$

$$d_1 = d_2 = c + \text{třmínky} + \frac{\varnothing}{2} = 25 + 10 + \frac{18}{2} = 44 \text{ mm}$$

Návrh výztuže podle tabulek

$$n = \frac{N_{ed}}{b \times h \times f_{cd}} = \frac{1653,2}{0,3 \times 0,3 \times 20 \times 10^3} = 0,92$$

$$u = \frac{M_{0,Ed}}{b \times h^2 \times f_{cd}} = \frac{33,06 \times 10^6}{300 \times 300^2 \times 20} = 0,061$$

$$\frac{d_1}{h} = \frac{44}{300} = 0,15$$

z nomogramu vyčteme že : $\omega = 0,1$

Dimenzování

$$A_{s,req} = \omega \times b \times h \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,1 \times 300 \times 300 \times 20}{434,78} = 413,98 \text{ mm}^2$$

Návrh $2 \times 3\varnothing 18$, $A_{s,prov} = 1527 \text{ mm}^2$

$$A_{s_1} = A_{s_2} = \frac{A_{s,req}}{2} = \frac{1527}{2} = 764 \text{ mm}^2$$

$$\sum A_s = 2291 \text{ mm}^2$$

Kontrola výztužení

$$A_{s,min} = 0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{ik}} \times b \times d = 0,26 \times \frac{2,9}{500} \times 300 \times 256 = 115,81 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \times A_c = 0,04 \times 300^2 = 3600 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{s,prov} < A_{s,max}$$

Stanovení momentu II. řádu – metoda jmenovité křivosti

$$n = 0,92 \quad n_{bal} = 0,4$$

Vliv křivosti

$$\omega = \frac{A_{s,prov} \times f_{yd}}{A_c \times f_{cd}} = \frac{1527 \times 434,78}{300 \times 300 \times 20} = 0,369$$

$$n_u = 1 + \omega = 1 + 0,369 = 1,369$$

$$K_r = \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} = \frac{1,369 - 0,92}{1,369 - 0,4} \leq 1 \quad 0,46 \leq 1$$

Vliv dotvarování

$$\varphi_{ef} = \frac{\varphi_{(\infty, to)} \times M_{0Eqp}}{M_{0Ed}} = \frac{2,25 \times 23,6}{33,06} = 1,6$$

$$M_{0Eqp} = \frac{M_{0Ed}}{1,4} = \frac{33,06}{1,4} = 23,6 \text{ kNm}$$

$$\beta = 0,35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda}{150} = 0,35 + \frac{30}{200} - \frac{52,45}{150} = 0,15$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \times \varphi_{ef} = 1 + 0,15 \times 1,6 = 1,24$$

Stanovení křivosti

$$\frac{1}{r} = K_r \times K_\varphi \times \frac{f_{yd}}{0,45 \times d \times E_s} \times l_0^2$$
$$= 0,46 \times 1,24 \times \frac{434,78}{0,45 \times 256 \times 200 \times 10^3} \times 3600^2 = 1,08 \times 10^{-5}$$

Stanovení účinků II. řádu

$$e_2 = 0,1 \times \frac{K_r \times K_\varphi \times f_{yd}}{0,45 \times d \times E_s} \times l_0^2 = 0,1 \times \frac{0,46 \times 1,24 \times 434,78}{0,45 \times 256 \times 200 \times 10^3} \times 3600^2 =$$
$$= 13,95 \text{ mm}$$

$$M_2 = e_2 \times N_{ed} = 0,01395 \times 1653,2 = 23,06 \text{ kNm}$$

Stanovení návrhového ohybového momentu s vlivem účinků II. řádu

$$M_{ed} = \max(M_{02}; M_{0ed} + M_2; M_{01} + 0,5 \times M_2)$$
$$= \max(33,06; 56,12; 44,59) = \mathbf{56,12 \text{ kNm}}$$

BOD 0 – dostředný tlak

limitní hodnota napětí oceli je přetvoření betonu ε_{cu} při f_{cd} :

$$\varepsilon_{cu} = \varepsilon_{s1} = \varepsilon_{s2} = 0,002$$

napětí v oceli :

$$\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = E_s \times \varepsilon_{s1} = 200000 \times 0,002 = 400 \text{ MPa}$$

síla a moment únosnosti:

$$N_{Rd,0} = b \times h \times f_{cd} + \sum A_s \times \sigma_s = (300 \times 300 \times 20 + 1527 \times 400) \times 10^{-3} = \\ = \mathbf{2410,8 \text{ kN}}$$

$$M_{Rd,0} = \mathbf{0 \text{ kNm}}$$

BOD 1 – neutrální osa v těžišti výztuže

$$\sigma_{s1} = 0$$

$$x = d$$

$$d = 300 - 25 - 10 - 18/2 = 256 \text{ mm}$$

$$d_2 = 25 + 10 + 18/2 = 44 \text{ mm}$$

přetvoření betonu: $\varepsilon_{cu} = 0,0035$

napětí v tlačené oblasti oceli je dáno přetvořením průřezu:

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x} = \frac{\varepsilon_{s2}}{x - a}$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{\varepsilon_{cu}}{x} \times (x - d_2) = \frac{0,0035}{256} \times (256 - 44) = 0,0029$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200 \times 10^3} = 0,00217$$

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

$$\varepsilon_{s2} > \varepsilon_{yd}$$

$$0,0029 > 0,00217 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

síla a moment únosnosti:

$$N_{Rd,1} = 0,8 \times d \times b \times f_{cd} + A_{s2} \times \sigma_{s2} = 0,8 \times 256 \times 300 \times 20 + 764 \times 434,78 \\ = \mathbf{1560,97 \text{ kN}}$$

$$\begin{aligned}M_{Rd,1} &= 0,8 \times d \times b \times f_{cd} \times \frac{h - 0,8 \times d}{2} + A_{s2} \times \sigma_{s2} \times \left(\frac{h}{2} - d_2\right) \\&= 0,8 \times 256 \times 300 \times 20 \times \frac{300 - 0,8 \times 256}{2} + 764 \times 434,78 \times \left(\frac{300}{2} - 44\right) \\&= \mathbf{93,7 \text{ kNm}}\end{aligned}$$

$$M_{Ed} = 56,12 \text{ kNm} < M_{Rd,1} = 93,7 \text{ kNm} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

BOD 2 – maximální ohyb. moment, tažená výztuž na mezi kluzu

$$x = x_{bal,1}$$

$$\text{přetvoření betonu} \quad \varepsilon_{cu} = 0,0035$$

$$\text{přetvoření oceli} \quad \varepsilon_{s1} = \varepsilon_{yd} = 0,00217 - \sigma_{s1} = f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

výška tlačené oblasti :

$$\begin{aligned}\frac{\varepsilon_{cu}}{x_{bal,1}} &= \frac{\varepsilon_{s1}}{d - x_{bal,1}} = \frac{\varepsilon_{yd}}{d - x_{bal,1}} \\x_{bal,1} &= \frac{\varepsilon_{cu} \times d}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}} = \frac{0,0035 \times 256}{0,0035 + 0,00217} = \mathbf{158,02 \text{ mm}}\end{aligned}$$

přetvoření tlačené oceli:

$$\varepsilon_{s2} = \frac{\varepsilon_{cu}}{x_{bal,1}} \times (x_{bal,1} - d_2) = \frac{0,0035}{158,02} \times (158,02 - 44) = 0,0025$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200 \times 10^3} = 0,00217$$

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

$$\varepsilon_{s2} > \varepsilon_{yd}$$

$$0,0025 > 0,00217 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

síla a moment únosnosti:

$$\begin{aligned}N_{Rd,2} &= 0,8 \times x_{bal,1} \times b \times f_{cd} - A_{s1} \times f_{yd} + A_{s2} \times \sigma_{s2} \\&= 0,8 \times 158,02 \times 300 \times 20 - 764 \times 434,78 + 764 \times 434,78 = \mathbf{758,50 \text{ kN}}\end{aligned}$$

$$M_{Rd,2} = 0,8 \times x_{bal,1} \times b \times f_{cd} \times 0,5 \times \left(\frac{h - 0,8 \times x_{bal,1}}{2}\right) + A_{s1} \times f_{yd} \times \left(d - \frac{h}{2}\right) +$$

$$\begin{aligned} &+ A_{s2} \times \sigma_{s2} \times \left(\frac{h}{2} - d_2\right) \\ &= 0,8 \times 158,02 \times 300 \times 20 \times 0,5 \times \left(\frac{300 - 0,8 \times 158,02}{2}\right) + 764 \times 434,78 \times \\ &\times \left(256 - \frac{300}{2}\right) + 764 \times 434,78 \times \left(\frac{300}{2} - 44\right) = \mathbf{103,34 \text{ kNm}} \end{aligned}$$

BOD 3 – prostý ohyb

přetvoření betonu $\varepsilon_{cu} = 0,0035$

přetvoření oceli $\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{yd} = 0,00217 - \sigma_{s1} = f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

výška tlačené oblasti a přetvoření tlačené oceli:

1. rovnice

$$0,8 \times x \times b \times f_{cd} + A_{s2} \times \sigma_{s2} = A_{s1} \times f_{yd}$$

2. rovnice

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x} = \frac{\varepsilon_{s2}}{x - d_2}$$

$$x \times (\varepsilon_{cu} - \varepsilon_{s2}) = \varepsilon_{cu} \times d_2$$

$$(0,8 \times b \times f_{cd}) \times x^2 + (A_{s2} \times E_s \times \varepsilon_u - A_{s1} \times f_{yd}) \times x - (A_{s2} \times E_s \times \varepsilon_u \times d_2) = 0$$

$$\begin{aligned} (0,8 \times 300 \times 20) \times x^2 + (764 \times 200 \times 10^3 \times 0,0035 - 764 \times 434,78) \times x \\ - (764 \times 200 \times 10^3 \times 0,0035 \times 44) = 0 \end{aligned}$$

$$4800 \times x^2 + 202628,08 \times x - 23531200 = 0$$

$$D = b^2 + 4 \times a \times c$$

$$D = 202628,08^2 - 4 \times 4800 \times (-23531200) = \mathbf{4,929 \times 10^{11}}$$

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a} = \frac{-202628,08 \pm \sqrt{4,929 \times 10^{11}}}{2 \times 4800} = 52,03 \text{ } (-94,24)$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{\varepsilon_{cu}}{x} \times (x - d_2) = \frac{0,0035}{52,03} \times (52,03 - 44) = \mathbf{5,4 \times 10^{-4}}$$

$$\sigma_{s2} = E_s \times \varepsilon_{s2} = 200 \times 10^3 \times 5,4 \times 10^{-4} = \mathbf{108 \text{ MPa}}$$

síla a moment únosnosti:

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

$$\begin{aligned} M_{Rd,3} &= A_{s1} \times f_{yd} \times (d - 0,4 \times x) + A_{s2} \times \sigma_{s2} \times (0,4 \times x - d_2) \\ &= 764 \times 434,78 \times (256 - 0,4 \times 52,03) + 764 \times 108 \times (0,4 \times 52,03 - 44) \\ &= \mathbf{76,21 \text{ kNm}} \end{aligned}$$

BOD 4

$$\varepsilon_{s1} > \varepsilon_{yd} = 0,00217 \quad \sigma_{s1} = f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

síla a moment únosnosti:

$$N_{Rd,4} = A_{s1} \times f_{yd} = -764 \times 434,78 = \mathbf{-332,17 \text{ kN}}$$

$$M_{Rd,4} = A_{s1} \times f_{yd} \times (d - h/2) = 764 \times 434,78 \times (256 - 300/2) = \mathbf{35,21 \text{ kNm}}$$

BOD 5

síla a moment únosnosti:

$$N_{Rd,5} = \sum A_s \times f_{yd} = -1527 \times 434,78 = \mathbf{-663,91 \text{ kN}}$$

$$M_{Rd,5} = \mathbf{0 \text{ kNm}}$$

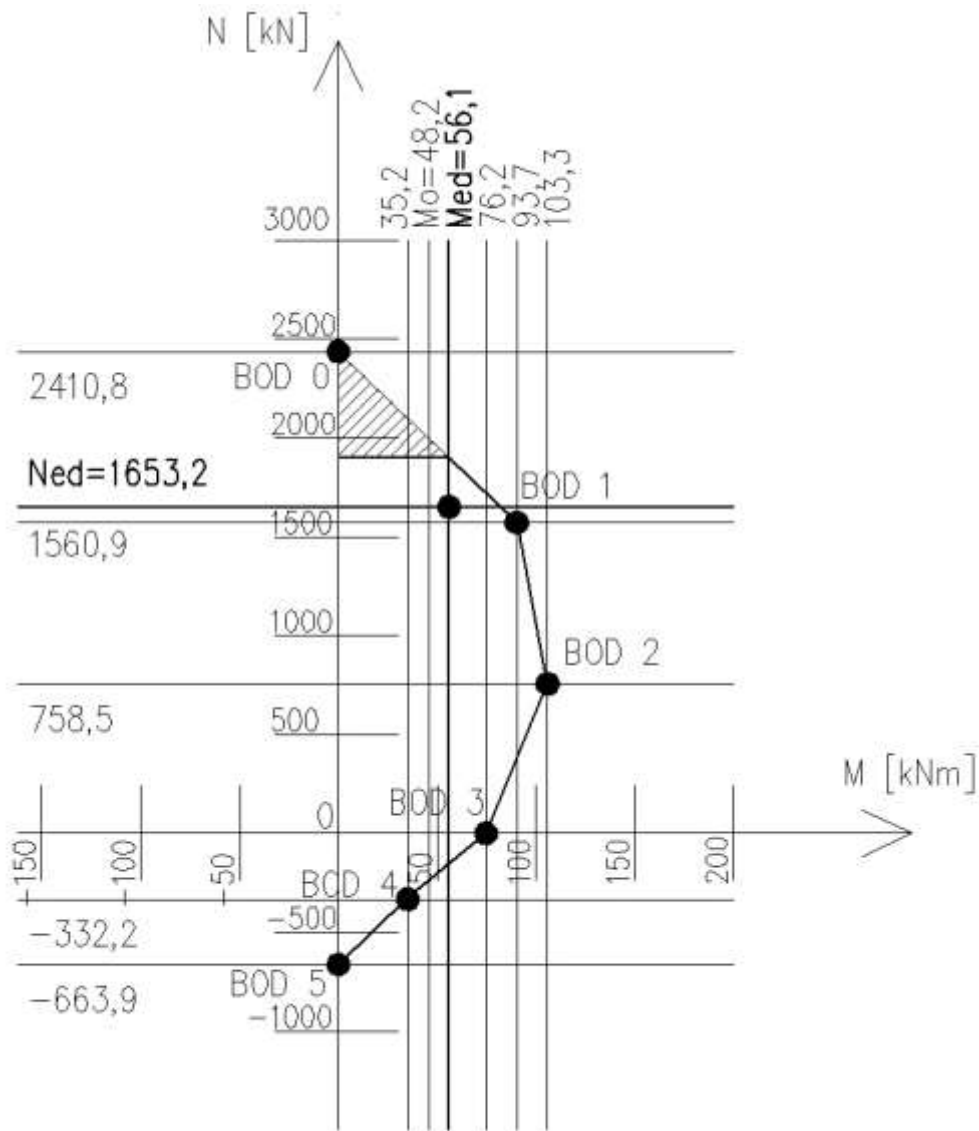
OMEZENÍ ITERAKČNÍHO DIAGRAMU

Minimální výstřednost

$$e_0 = \max\left(\frac{h}{30}; 20\right) = \max\left(\frac{300}{30}; 20\right) = \max(10; 20) = 20 \text{ mm}$$

Minimální ohybový moment

$$M_0 = N_{Rd,0} \times e_0 = 2410,8 \times 0,02 = \mathbf{48,22 \text{ kNm}}$$



V grafickém znázornění iterakčního diagramu lze vidět, že návrhová síla působí mezi body 0 a 1. Tato síla se nachází uvnitř křivky, z čehož vyplývá, že sloup vyhovuje.

4.2. Návrh a posouzení železobetonového průvlaku

Zatížení působící na průvlak

Rozměry průřezu průvlaku:

Šířka: 300 mm

Empirický návrh výšky:

$$h = \left(\frac{1}{15} \div \frac{1}{12}\right) \times L = \left(\frac{1}{15} \div \frac{1}{12}\right) \times 6000 = 400 \div 500 \Rightarrow 500 \text{ mm}$$

Zatížení od stropní desky:

Stálé	$g_k(kN/m^2)$	γ_f	$g_d(kN/m^2)$
Vlastní tíha podlahy	1,514	1,35	2,044
Vlastní tíha stropní ŽB desky	5,0	1,35	6,75
$\sum g$	6,514		8,794

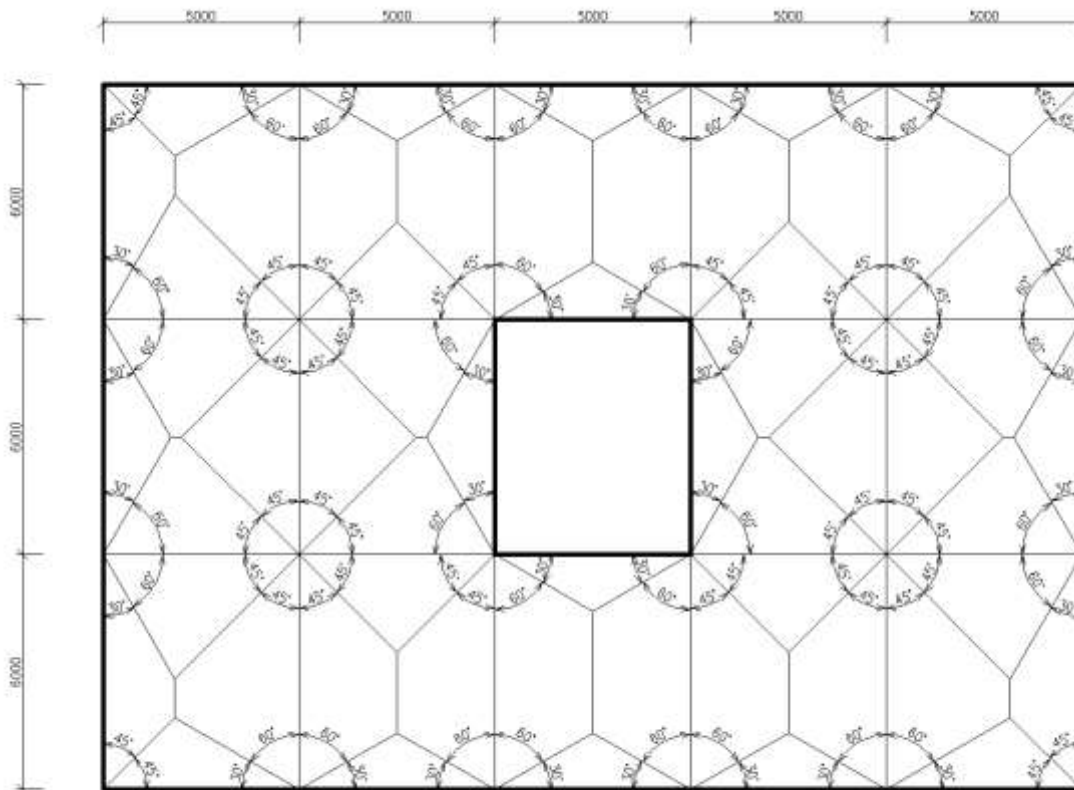
Užitné	$q_k(kN/m^2)$	γ_f	$q_d(kN/m^2)$
Kategorie A – obytné plochy	2,0	1,5	3,0
$\sum q$	2,0		3,0

$\sum g + q$	8,514		11,794
--------------	--------------	--	---------------

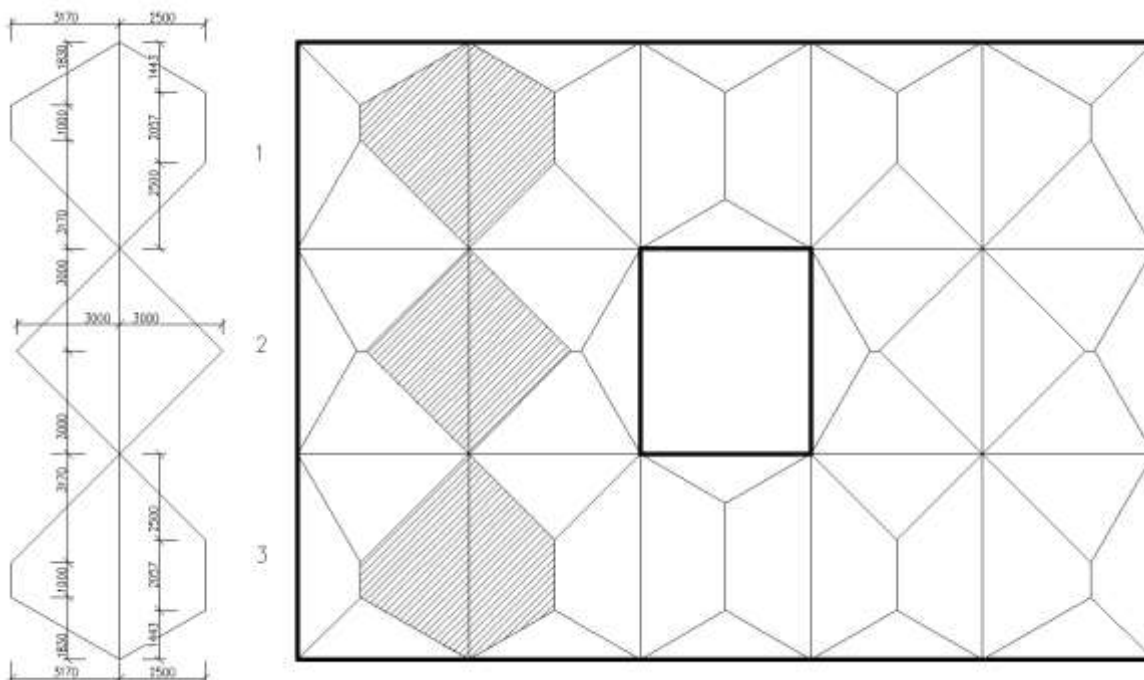
Vlastní tíha průvlaku:

$$g_{p,k} = 25 \times 0,3 \times (0,5 - 0,2) = 2,25 \text{ kN/m}$$

Rozložení účinných ploch



Stanovení účinných ploch (pomocí programu CADKON+ 2021)



Stanovení zatížení pro navrhovaný průvlak

Pole 1:

Stálé:

$$g_{př,k,1} = 6,514 \times 2,5 = \mathbf{16,285 \text{ kN/m}}$$

$$g_{př,k,1} = 6,514 \times 3,17 = \mathbf{20,649 \text{ kN/m}}$$

Užitné:

$$q_{př,k,1} = 2,0 \times 2,5 = \mathbf{5 \text{ kN/m}}$$

$$q_{př,k,1} = 2,0 \times 3,17 = \mathbf{6,34 \text{ kN/m}}$$

Pole 2:

Stálé:

$$g_{př,k,2} = 6,514 \times 3 = \mathbf{19,542 \text{ kN/m}}$$

$$g_{př,k,2} = 6,514 \times 3 = \mathbf{19,542 \text{ kN/m}}$$

Užitné:

$$q_{př,k,2} = 2,0 \times 3 = \mathbf{6 \text{ kN/m}}$$

$$q_{př,k,2} = 2,0 \times 3 = \mathbf{6 \text{ kN/m}}$$

Pole 3:

Stálé:

$$g_{př,k,3} = 6,514 \times 2,5 = \mathbf{16,285 \text{ kN/m}}$$

$$g_{př,k,3} = 6,514 \times 3,17 = \mathbf{20,649 \text{ kN/m}}$$

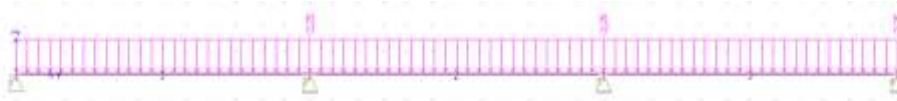
Užitné:

$$q_{př,k,3} = 2,0 \times 2,5 = \mathbf{5 \text{ kN/m}}$$

$$q_{př,k,3} = 2,0 \times 3,17 = \mathbf{6,34 \text{ kN/m}}$$

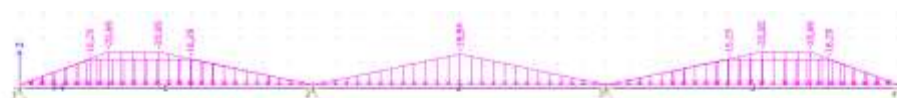
Stanovení vnitřních sil (pomocí programu FIN 2D)

Zatěžovací stav 1



Číslo	Název	Materiál	Typ	Kategorie	Součinitel zatížení						
					γ_{G1}	γ_{G2}	γ_{Q1}	γ_{Q2}	γ_{Q3}	γ_{Q4}	
1	G1 vnitřní tíla-stěla	Vnitřní tíla	Stěla	[členné zatížení]	1,35	0,90	1,00				
2	G2 stěla-vl. tíla desky+podlahy	Stěla	Stěla	[stavební zatížení]	1,35	0,90	1,00				
3	Q1 ul. tíla plocha	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
4	Q4 ul. tíla-korba 1	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
5	Q3 ul. tíla-korba 2	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
6	Q6 ul. tíla-korba 3	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
7	Q7 ul. tíla-odl. plocha	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	

Zatěžovací stav 2



Číslo	Název	Materiál	Typ	Kategorie	Součinitel zatížení						
					γ_{G1}	γ_{G2}	γ_{Q1}	γ_{Q2}	γ_{Q3}	γ_{Q4}	
1	G1 vnitřní tíla-stěla	Vnitřní tíla	Stěla	[členné zatížení]	1,35	0,90	1,00				
2	G2 stěla-vl. tíla desky+podlahy	Stěla	Stěla	[stavební zatížení]	1,50	0,90	0,85				
3	Q3 ul. tíla-korba 1	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
4	Q4 ul. tíla-korba 2	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
5	Q3 ul. tíla-korba 3	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
6	Q4 ul. tíla-korba 4	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
7	Q7 ul. tíla-odl. plocha	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	

Zatěžovací stav 3



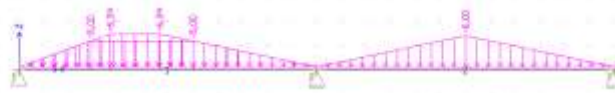
Číslo	Název	Materiál	Typ	Kategorie	Součinitel zatížení						
					γ_{G1}	γ_{G2}	γ_{Q1}	γ_{Q2}	γ_{Q3}	γ_{Q4}	
1	G1 vnitřní tíla-stěla	Vnitřní tíla	Stěla	[členné zatížení]	1,35	0,90	1,00				
2	G2 stěla-vl. tíla desky+podlahy	Stěla	Stěla	[stavební zatížení]	1,35	0,90	1,00				
3	Q3 ul. tíla-korba 1	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
4	Q4 ul. tíla-korba 2	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
5	Q3 ul. tíla-korba 3	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
6	Q6 ul. tíla-korba 4	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
7	Q7 ul. tíla-odl. plocha	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	

Zatěžovací stav 4



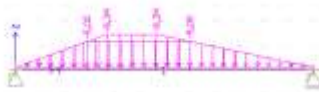
Číslo	Název	Materiál	Typ	Kategorie	Součinitel zatížení						
					γ_{G1}	γ_{G2}	γ_{Q1}	γ_{Q2}	γ_{Q3}	γ_{Q4}	
1	G1 vnitřní tíla-stěla	Vnitřní tíla	Stěla	[členné zatížení]	1,35	0,90	1,00				
2	G2 stěla-vl. tíla desky+podlahy	Stěla	Stěla	[stavební zatížení]	1,35	0,90	0,85				
3	Q3 ul. tíla-korba 1	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
4	Q4 ul. tíla-korba 2	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
5	Q3 ul. tíla-korba 3	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
6	Q6 ul. tíla-korba 4	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
7	Q7 ul. tíla-odl. plocha	Stěla	Proměnná dlouhodobá	Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	

Zatěžovací stav 5



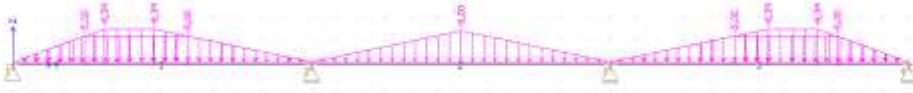
Číslo	Název	Kód	Zatěžovací stav		Kategorie	Souhrtné zatížení						
			Typ			Fluka	Fajf	S	W1	W2	W3	
1	G1 vlastní tíha stěže	Vlastní tíha	stěže		(účelové zatížení)	1,35	0,90	1,80				
2	G2 stěže+útluk desky+podlahy	Sílové	stěže		(standardní zatížení)	1,35	0,90	0,80				
3	Q3 útluk+koník 1	Sílové	Průběžné dlouhodobé		Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
4	Q4 útluk+koník 2	Sílové	Průběžné dlouhodobé		Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
5	Q5 útluk+koník 4	Sílové	Průběžné dlouhodobé		Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
6	Q6 útluk+koník 3	Sílové	Průběžné dlouhodobé		Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
7	Q7 útluk+okna plocha	Sílové	Průběžné dlouhodobé		Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	

Zatěžovací stav 6



Číslo	Název	Kód	Zatěžovací stav		Kategorie	Souhrtné zatížení						
			Typ			Fluka	Fajf	S	W1	W2	W3	
1	G1 vlastní tíha stěže	Vlastní tíha	stěže		(účelové zatížení)	1,35	0,90	1,80				
2	G2 stěže+útluk desky+podlahy	Sílové	stěže		(standardní zatížení)	1,35	0,90	0,80				
3	Q3 útluk+koník 1	Sílové	Průběžné dlouhodobé		Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
4	Q4 útluk+koník 2	Sílové	Průběžné dlouhodobé		Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
5	Q5 útluk+koník 4	Sílové	Průběžné dlouhodobé		Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
6	Q6 útluk+koník 3	Sílové	Průběžné dlouhodobé		Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
7	Q7 útluk+okna plocha	Sílové	Průběžné dlouhodobé		Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	

Zatěžovací stav 7



Číslo	Název	Kód	Zatěžovací stav		Kategorie	Souhrtné zatížení						
			Typ			Fluka	Fajf	S	W1	W2	W3	
1	G1 vlastní tíha stěže	Vlastní tíha	stěže		(účelové zatížení)	1,35	0,90	1,80				
2	G2 stěže+útluk desky+podlahy	Sílové	stěže		(standardní zatížení)	1,35	0,90	0,80				
3	Q3 útluk+koník 1	Sílové	Průběžné dlouhodobé		Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
4	Q4 útluk+koník 2	Sílové	Průběžné dlouhodobé		Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
5	Q5 útluk+koník 4	Sílové	Průběžné dlouhodobé		Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
6	Q6 útluk+koník 3	Sílové	Průběžné dlouhodobé		Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	
7	Q7 útluk+okna plocha	Sílové	Průběžné dlouhodobé		Kategorie A: obytné plochy	1,50			0,70	0,50	0,30	

Kombinace zatěžovacích stavů průvlaku

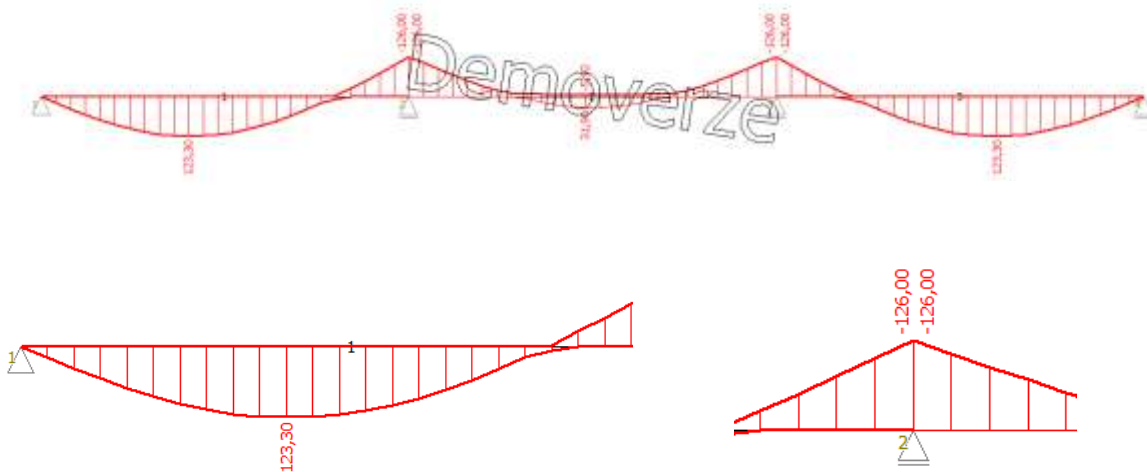
Číslo	
1	G1+G2
2	Q3:G1+G2
3	Q4:G1+G2
4	Q5:G1+G2
5	Q6:G1+G2
6	Q7:G1+G2

Průběhy vnitřních sil – výsledné obálky kombinací I. řádu MSÚ

Posouvající síly



Ohybové momenty



Největší moment v poli

Největší moment nad podporou

Maximální hodnoty vnitřních sil převzaté z výpočtového modelu FIN 2D

Posouvající síla	152,3 kN
Ohybový moment nad podporou	126 kNm
Ohybový moment v poli	123,3 kNm

Redukce návrhového momentu nad podporou

$$\Delta M_{Ed} = \frac{F_{Ed,sup} \times b_{sup}}{8} = \frac{126 \times 0,6}{8} = 9,45 \text{ kNm}$$

Maximální moment nad podporou

$$M_{Ed,max} = 126 - 9,45 = 116,55 \text{ kNm}$$

Stupeň vlivu: XC1

Třída betonu: C30/37

- Charakteristická válcová pevnost v tlaku: $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
- Dílčí součinitel spolehlivosti betonu: $\gamma_c = 1,5 \text{ MPa}$
- Návrhová pevnost v tlaku: $f_{cd} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$
- Pevnost v tahu: $f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$

Třída oceli: B500B

- Charakteristická mez kluzu: $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
- Dílčí součinitel spolehlivosti oceli: $\gamma_c = 1,15 \text{ MPa}$
- Návrhová mez kluzu výztuže: $f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti: $E_s = 200\,000 \text{ MPa}$

Krycí vrstva

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

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(10; 15; 10) = 15 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm (pro monolitické prvky)}$$

$$c_{nom} = 15 + 10 = \mathbf{25 \text{ mm}}$$

Spolupůsobící šířka T průřezu

- vzdálenost nulových ohybových momentů:

$$l_{01} = 0,85 \times L = 0,85 \times 6 = 5,1 \text{ m}$$

$$b_{eff,i} = 0,2 \times b_1 + 0,1 \times l_{01} = 0,2 \times 2,85 + 0,1 \times 5,1 = 1,08 \text{ m}$$

$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$$

$$b_{eff} = 2 \times 1,08 + 0,3 = 2,46 \text{ m} \leq b = 6 \text{ m}$$

Návrh pro maximální moment v poli

$$M_{Ed,max} = 123,3 \text{ kNm}$$

Návrh výztuže:

Pruty $\emptyset 18\text{mm}$, třmínky $\emptyset 10 \text{ mm}$, $c = 25 \text{ mm}$

Účinná výška průřezu:

$$d = h - c - \emptyset \frac{p}{2} - \emptyset t = 500 - 25 - \frac{18}{2} - 10 = 456 \text{ mm}$$

Požadovaná plocha výztuže:

$$A_{s,req} = \frac{d \times b_{eff} \times f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times M_{Ed}}{b_{eff} \times d^2 \times f_{cd}}} \right)$$
$$A_{s,req} = \frac{456 \times 2460 \times 20}{434,78} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 123,3 \times 10^6}{2460 \times 456^2 \times 20}} \right) = 627,15 \text{ mm}^2$$

Navrhují 3 $\emptyset 18$: $A_{s,prov} = 763 \text{ mm}^2$

Skutečná výška tlačené oblasti:

$$x = \frac{A_{s1} \times f_{yd}}{0,8 \times b_{eff} \times f_{cd}} = \frac{763 \times 434,78}{0,8 \times 2460 \times 20} = 8,43 \text{ mm} < h_d = 200 \text{ mm}$$

Poměrná výška tlačené oblasti:

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{8,43}{456} = 0,018 < 0,45 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$A_{s,min} = 0,0013 \times 300 \times 456 = 177,84 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \times A_c = 0,04 \times 300 \times 500 = 6000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{s,prov} < A_{s,max} \quad 177,84 < 763 < 6000 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Kontrola konstrukčních zásad – vzdálenost prutů výztuže:

$$s = \frac{b_w - 2 \times c - n \times \phi}{n - 1} = \frac{300 - 2 \times 25 - 3 \times 18}{3 - 1} = 98 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \max(1,2 \times \phi; D_{max} + 5,2) = \max(21,6; 23,2) = 23,2 \text{ mm}$$

$$s > s_{min}$$

$$98 \text{ mm} > 23,2 \text{ mm}$$

Posouzení stupně vyztužení:

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{763}{300 \times 456} = 5,58 \times 10^{-3} \leq 0,02$$

Rameno vnitřních sil:

$$z = d - 0,4 \times x = 456 - 0,4 \times 8,43 = 452,63 \text{ mm}$$

Mezní hodnota momentu:

$$M_{Rd} = A_{s1} \times f_{yd} \times z = 763 \times 434,78 \times 452,63 \times 10^{-6} = 150,15 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 123,3 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$123,3 \text{ kNm} \leq 150,15 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE na 82\%}$$

Návrh pro maximální moment nad podporou

$$M_{Ed,max} = 116,55 \text{ kNm}$$

Návrh výztuže:

Pruty ϕ 18 mm, třmínky ϕ 10 mm, $c = 25$ mm

Účinná výška průřezu:

$$d = h - c - \phi \frac{p}{2} - \phi t = 500 - 25 - \frac{18}{2} - 10 = 456 \text{ mm}$$

Požadovaná plocha výztuže:

$$A_{s,req} = \frac{d \times b_w \times f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times M_{Ed}}{b_w \times d^2 \times f_{cd}}} \right) = \frac{456 \times 300 \times 20}{434,78} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 116,55 \times 10^6}{300 \times 456^2 \times 20}} \right)$$

$$A_{s,req} = 618,23 \text{ mm}^2$$

Navrhuji 3Ø18 : $A_{s,prov} = 763 \text{ mm}^2$

Skutečná výška tlačené oblasti:

$$x = \frac{A_{s1} \times f_{yd}}{0,8 \times b_w \times f_{cd}} = \frac{763 \times 434,78}{0,8 \times 300 \times 20} = 69,11 \text{ mm}$$

Poměrná výška tlačené oblasti:

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{69,11}{456} = 0,15 < 0,45 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$A_{s,min} = 0,0013 \times 300 \times 456 = 177,84 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \times A_c = 0,04 \times 300 \times 500 = 6000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{s,prov} < A_{s,max} \quad 177,84 < 763 < 6000 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení stupně vyztužení:

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{763}{300 \times 456} = 5,58 \times 10^{-3} \leq 0,02$$

Rameno vnitřních sil:

$$z = d - 0,4 \times x = 456 - 0,4 \times 69,11 = 428,36 \text{ mm}$$

Mezní hodnota momentu:

$$M_{Rd} = A_{s1} \times f_{yd} \times z = 763 \times 434,78 \times 428,36 \times 10^{-6} = 142,10 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 116,55 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$116,55 \text{ kNm} \leq 142,10 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE na 82\%}$$

Posouzení průvltaku na smyk

$$V_{Ed,max} = 152,3 \text{ kN}$$

$$b_w = 300 \text{ mm}; d = 456 \text{ mm}; z = 428,36 \text{ mm}$$

Únosnost tlakových diagonál:

$$V_{Rd,max} = v \times f_{cd} \times b_w \times z \times \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta}$$

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

$$V_{Rd,max} = 0,528 \times 20 \times 300 \times 428,36 \times \frac{1,75}{1 + 1,75^2} = 584,58 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

$$152,3 \text{ kN} \leq 584,58 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Předpoklad } \cot \theta = 1,75$$

Statically nutné plochy smykové výztuže:

$$\rho_{w,1} = \frac{|V_{Ed,1}|}{f_{yd} \times b_w \times z \times \cot \theta} = \frac{152,3}{434,78 \times 10^3 \times 0,3 \times 0,42836 \times 1,75} = 0,0016$$

$$\rho_{w,2} = \frac{|V_{Ed,2}|}{f_{yd} \times b_w \times z \times \cot \theta} = \frac{101,5}{434,78 \times 10^3 \times 0,3 \times 0,42836 \times 1,75} = 0,0010$$

Minimální stupeň vyztužení:

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \times \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \times \sqrt{30}}{500} = 0,0009$$

$$\rho_{w,1,2} > \rho_{w,min}$$

$$0,0016 > 0,0009 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$0,0010 > 0,0009 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Návrh třmínků:

Návrh smykové výztuže (v líci podpory):

Čtyřstržňné třmínky: $\emptyset 10 \text{ mm}$, $n = 4$

Plocha smykové výztuže:

$$A_{sw} = 4 \times \frac{\pi \times 10^2}{4} = 314,16 \text{ mm}^2$$

Max. osová vzdálenost třmínků:

$$s_{max} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} \times b_w} = \frac{314,16}{0,0009 \times 300} = 1163,6 \text{ mm}$$

Vzdálenost výztuže:

$$s_{b,max,1} = \frac{A_{sw}}{b_w \times \rho_w} = \frac{314,16}{300 \times 0,0016} = 654,5 \text{ mm}$$

→ navržená vzdálenost třmínků **200 mm**

$$s_{b,max,2} = \frac{A_{sw}}{b_w \times \rho_w} = \frac{314,16}{300 \times 0,0011} = 952 \text{ mm}$$

→ navržená vzdálenost třmínků **350 mm**

$$V_{Rd,s,1} = A_{sw} \times f_{yd} \times z \times \frac{\cotg \theta}{s} = 314,16 \times 434,78 \times 428,36 \times \frac{1,75}{200} = 511,96 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s,1} > V_{Ed,1}$$

$$511,96 \text{ kN} > 152,3 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$V_{Rd,s,2} = A_{sw} \times f_{yd} \times z \times \frac{\cotg \theta}{s} = 314,16 \times 434,78 \times 428,36 \times \frac{1,75}{350} = 292,55 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s,2} > V_{Ed,2}$$

$$292,55 \text{ kN} > 101,5 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Kontrola vyztužení:

$$\rho_{w,b,1} = \frac{A_{s,w}}{b_w \times s} = \frac{314,16}{300 \times 200} = 0,005$$

$$\rho_{w,b,2} = \frac{A_{s,w}}{b_w \times s} = \frac{314,16}{300 \times 350} = 0,003$$

$$\rho_{w,max} = 0,5 \times \nu \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,5 \times 0,528 \times \frac{20}{434,78} = 0,0121$$

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \times \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \times \sqrt{30}}{500} = 0,0009$$

$$\rho_{w,min} \leq \rho_{w,b,1,2} \leq \rho_{w,max}$$

$$0,0009 \leq 0,005(0,003) \leq 0,0121 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

4.3. Návrh a posouzení železobetonové desky

Předběžný návrh tloušťky desky:

$$h = \left(\frac{1}{105} \div \frac{1}{75} \right) \times L = \left(\frac{1}{105} \div \frac{1}{75} \right) \times (6000 + 5000) = 105 \div 147 \Rightarrow 200 \text{ mm}$$

Stupeň vlivu: XC1

Třída betonu: C30/37

- Charakteristická válcová pevnost v tlaku: $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
- Dílčí součinitel spolehlivosti betonu: $\gamma_c = 1,5 \text{ MPa}$
- Návrhová pevnost v tlaku: $f_{cd} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$
- Pevnost v tahu: $f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$

Třída oceli: B500B

- Charakteristická mez kluzu: $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
 - Dílčí součinitel spolehlivosti oceli: $\gamma_c = 1,15 \text{ MPa}$
 - Návrhová mez kluzu výztuže: $f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$
 - Modul pružnosti: $E_s = 200\,000 \text{ MPa}$
- předběžný návrh výztuže $\varnothing 10$

Krycí vrstva

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

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(10; 25; 10) = 25 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm (pro monolitické prvky)}$$

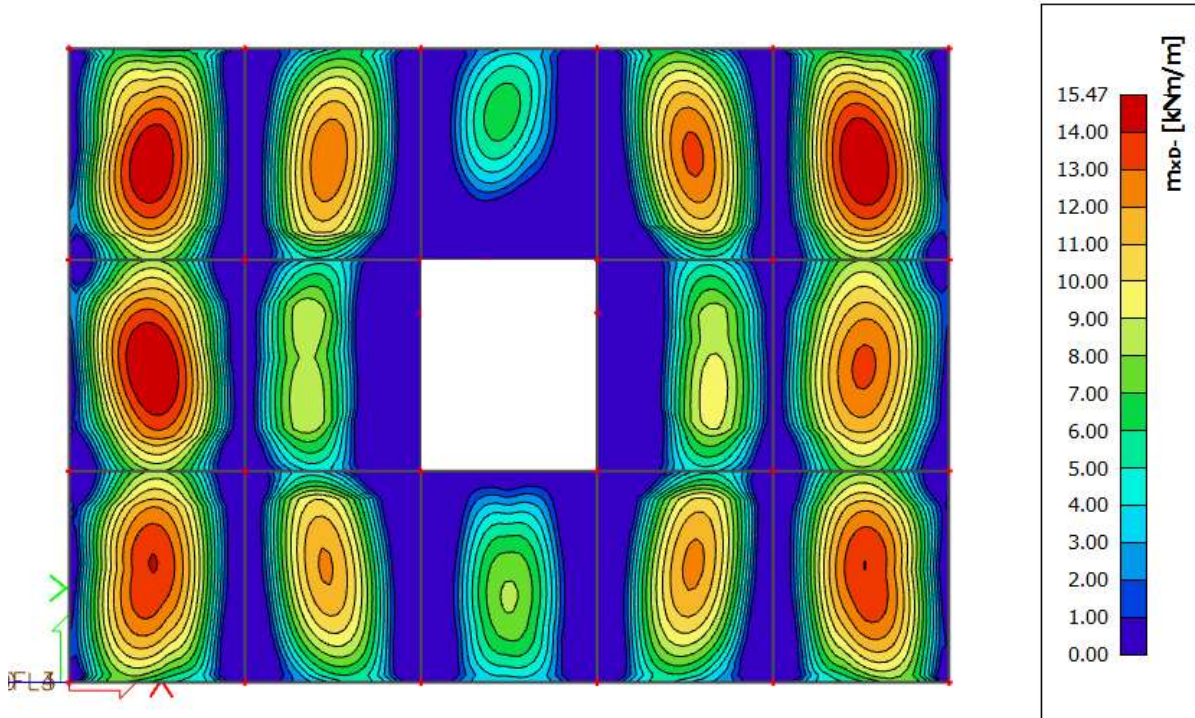
$$c_{nom} = 25 + 10 = \mathbf{35 \text{ mm}}$$

Pozn.: u desky dochází ke snížení konstrukční třídy na třídu S3

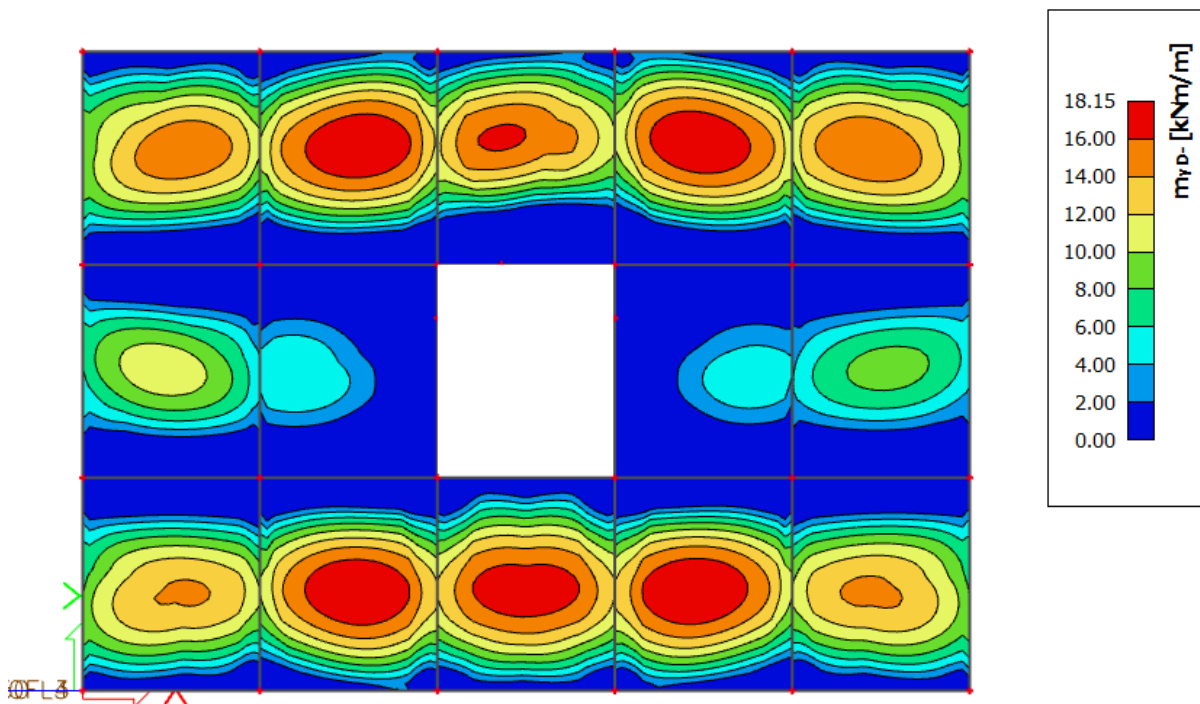
Průběhy vnitřních sil

Výpočtový model vytvořen v programu SCIA Engineer.

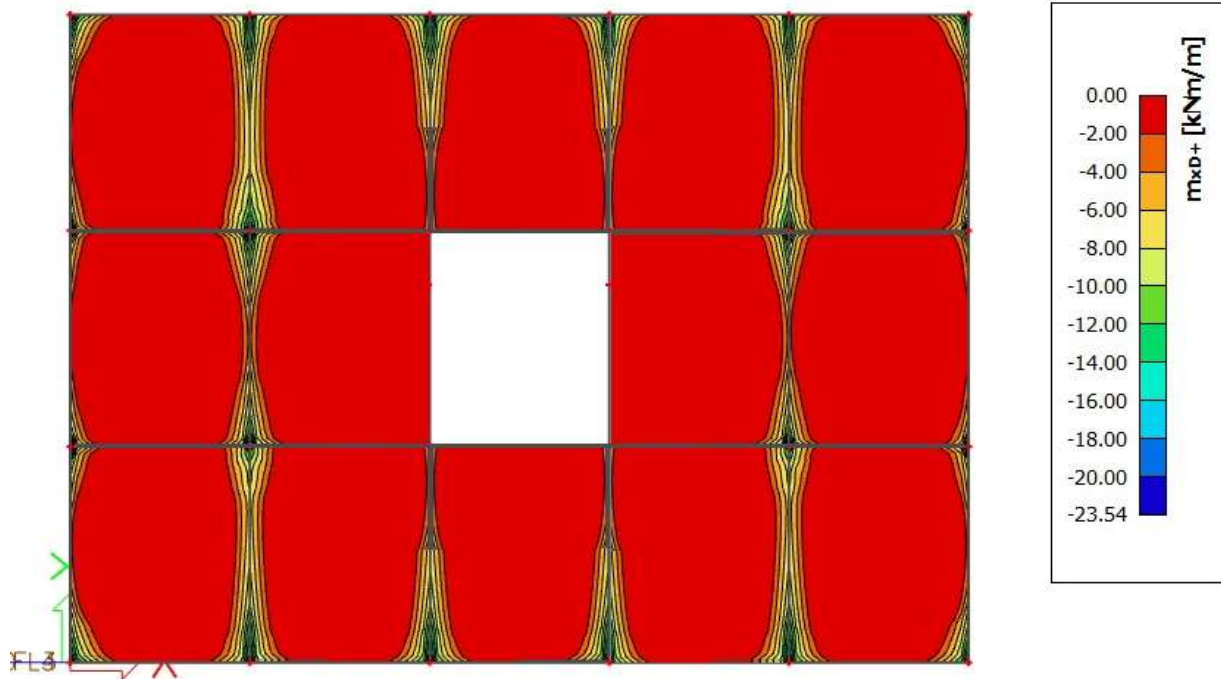
Moment m_x v poli



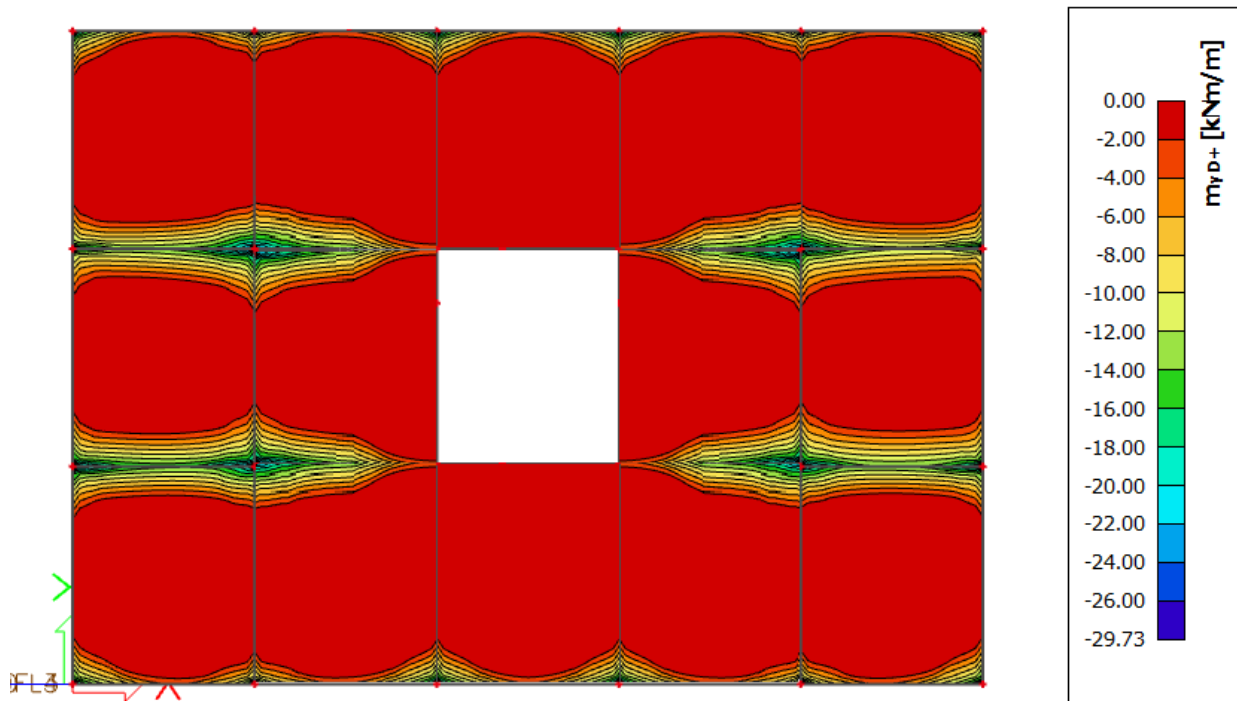
Moment m_y v poli



Moment m_x nad podporou



Moment m_y nad podporou



Posouzení a návrh ohybové výztuže v poli ve směru x

$$M_{Ed,max} = 15,47 \text{ kNm}$$

Účinná výška průřezu:

$$d = h - c - \frac{\phi}{2} = 200 - 35 - \frac{10}{2} = 160 \text{ mm}$$

Požadovaná plocha výztuže

$$A_{s,req} = \frac{M_{ed}}{f_{yd} \times 0,9d} = \frac{15,47 \times 10^6}{434,78 \times 0,9 \times 160} = 247,09 \text{ mm}^2$$

Navrhují $\phi 12$ à 200 mm

$$A_{s,prov} = 393 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,0013 \times 1000 \times 160 = 208 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \times A_c = 0,04 \times 1000 \times 200 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{s,prov} < A_{s,max} \quad 208 < 393 < 8000 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení

Účinná výška průřezu:

$$d = h - c - \frac{\phi}{2} = 200 - 35 - \frac{12}{2} = 159 \text{ mm}$$

Skutečná výška tlačené oblasti:

$$x = \frac{A_{s,prov} \times f_{yd}}{0,8 \times b \times f_{cd}} = \frac{393 \times 434,78}{0,8 \times 1000 \times 20} = 10,68 \text{ mm}$$

Poměrná výška tlačené oblasti:

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{10,68}{159} = 0,07 < 0,45 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Rameno vnitřních sil:

$$z = d - 0,4 \times x = 159 - 0,4 \times 10,68 = 155,73 \text{ mm}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$M_{Rd} = A_{s,prov} \times f_{yd} \times z = 393 \times 434,78 \times 155,73 \times 10^{-6} = 26,61 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 15,47 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$15,47 \text{ kNm} \leq 26,61 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Kontrola konstrukčních zásad – vzdálenost prutů výztuže:

$$s_{min} = \max(1,2 \times \emptyset; d_g + 5; 20) = \max(12; 25; 20) = 25 \text{ mm}$$

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

$$s_{prov} = 200 \text{ mm}$$

$$s_{min} < s_{prov} < s_{max}$$

$$25 < 200 < 300 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Omezení šířky trhlin

$$k = 1$$

$$k_c = 0,4 - \text{podle prostředí}$$

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

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

$$A_{ct} = \frac{b \times h}{2} = \frac{1000 \times 200}{2} = 100\,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \frac{k_c \times k \times f_{ct,eff} \times A_{ct}}{\sigma_s} = \frac{0,4 \times 1 \times 2,9 \times 100\,000}{500} = 232 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{s,prov}$$

$$232 \text{ mm}^2 < 393 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení a návrh ohybové výztuže v poli ve směru y

$$M_{Ed,max} = 18,15 \text{ kNm}$$

Účinná výška průřezu:

$$d = h - c - \phi \frac{p}{2} = 200 - 35 - \frac{10}{2} = 160 \text{ mm}$$

Požadovaná plocha výztuže:

$$A_{s,req} = \frac{M_{ed}}{f_{yd} \times 0,9d} = \frac{18,15 \times 10^6}{434,78 \times 0,9 \times 160} = 289,90 \text{ mm}^2$$

Navrhují $\phi 12$ à 200 mm

$$A_{s,prov} = 393 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,0013 \times 1000 \times 160 = 208 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \times A_c = 0,04 \times 1000 \times 200 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{s,prov} < A_{s,max} \quad 208 < 393 < 8000 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení

Účinná výška průřezu:

$$d = h - c - \phi \frac{p}{2} = 200 - 35 - \frac{12}{2} = 159 \text{ mm}$$

Skutečná výška tlačené oblasti:

$$x = \frac{A_{s,prov} \times f_{yd}}{0,8 \times b \times f_{cd}} = \frac{393 \times 434,78}{0,8 \times 1000 \times 20} = 10,68 \text{ mm}$$

Poměrná výška tlačené oblasti:

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{10,68}{159} = 0,07 < 0,45 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Rameno vnitřních sil:

$$z = d - 0,4 \times x = 159 - 0,4 \times 10,68 = 155,73 \text{ mm}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$M_{Rd} = A_{s,prov} \times f_{yd} \times z = 393 \times 434,78 \times 155,73 \times 10^{-6} = 26,61 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 18,15 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$18,15 \text{ kNm} \leq 26,61 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Kontrola konstrukčních zásad – vzdálenost prutů výztuže:

$$s_{min} = \max(1,2 \times \emptyset; d_g + 5; 20) = \max(12; 25; 20) = 25 \text{ mm}$$

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

$$s_{prov} = 200 \text{ mm}$$

$$s_{min} < s_{prov} < s_{max}$$

$$25 < 200 < 300 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Omezení šířky trhlin

$$k = 1$$

$$k_c = 0,4 - \text{podle prostředí}$$

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

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

$$A_{ct} = \frac{b \times h}{2} = \frac{1000 \times 200}{2} = 100\,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \frac{k_c \times k \times f_{ct,eff} \times A_{ct}}{\sigma_s} = \frac{0,4 \times 1 \times 2,9 \times 100\,000}{500} = 232 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{s,prov}$$

$$232 \text{ mm}^2 < 393 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení a návrh ohybové výztuže nad podporou ve směru x

$$M_{Ed,max} = 23,54 \text{ kNm}$$

Účinná výška průřezu:

$$d = h - c - \phi \frac{p}{2} = 200 - 35 - \frac{10}{2} = 160 \text{ mm}$$

Požadovaná plocha výztuže

$$A_{s,req} = \frac{M_{ed}}{f_{yd} \times 0,9d} = \frac{23,54 \times 10^6}{434,78 \times 0,9 \times 160} = 375,99 \text{ mm}^2$$

Navrhují $\phi 12$ à 200 mm

$$A_{s,prov} = 393 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,0013 \times 1000 \times 160 = 208 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \times A_c = 0,04 \times 1000 \times 200 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{s,prov} < A_{s,max} \quad 208 < 393 < 8000 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení

Účinná výška průřezu:

$$d = h - c - \phi \frac{p}{2} = 200 - 35 - \frac{12}{2} = 159 \text{ mm}$$

Skutečná výška tlačené oblasti:

$$x = \frac{A_{s,prov} \times f_{yd}}{0,8 \times b \times f_{cd}} = \frac{393 \times 434,78}{0,8 \times 1000 \times 20} = 10,68 \text{ mm}$$

Poměrná výška tlačené oblasti:

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{10,68}{159} = 0,07 < 0,45 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Rameno vnitřních sil:

$$z = d - 0,4 \times x = 159 - 0,4 \times 10,68 = 155,73 \text{ mm}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$M_{Rd} = A_{s,prov} \times f_{yd} \times z = 393 \times 434,78 \times 155,73 \times 10^{-6} = 26,61 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 23,54 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$23,54 \text{ kNm} \leq 26,61 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Kontrola konstrukčních zásad – vzdálenost prutů výztuže:

$$s_{min} = \max(1,2 \times \emptyset; d_g + 5; 20) = \max(12; 25; 20) = 25 \text{ mm}$$

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

$$s_{prov} = 200 \text{ mm}$$

$$s_{min} < s_{prov} < s_{max}$$

$$25 < 200 < 300 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Omezení šířky trhlin

$$k = 1$$

$$k_c = 0,4 - \text{podle prostředí}$$

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

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

$$A_{ct} = \frac{b \times h}{2} = \frac{1000 \times 200}{2} = 100\,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \frac{k_c \times k \times f_{ct,eff} \times A_{ct}}{\sigma_s} = \frac{0,4 \times 1 \times 2,9 \times 100\,000}{500} = 232 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{s,prov}$$

$$232 \text{ mm}^2 < 393 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení a návrh ohybové výztuže nad podporou ve směru y

$$M_{Ed,max} = 29,73 \text{ kNm}$$

Účinná výška průřezu:

$$d = h - c - \frac{\phi}{2} = 200 - 35 - \frac{10}{2} = 160 \text{ mm}$$

Požadovaná plocha výztuže

$$A_{s,req} = \frac{M_{ed}}{f_{yd} \times 0,9d} = \frac{23,54 \times 10^6}{434,78 \times 0,9 \times 160} = 474,86 \text{ mm}^2$$

Navrhují $\phi 12$ à 150 mm

$$A_{s,prov} = 524 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,0013 \times 1000 \times 160 = 208 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \times A_c = 0,04 \times 1000 \times 200 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{s,prov} < A_{s,max} \quad 208 < 524 < 8000 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení

Účinná výška průřezu:

$$d = h - c - \frac{\phi}{2} = 200 - 35 - \frac{12}{2} = 159 \text{ mm}$$

Skutečná výška tlačené oblasti:

$$x = \frac{A_{s,prov} \times f_{yd}}{0,8 \times b \times f_{cd}} = \frac{524 \times 434,78}{0,8 \times 1000 \times 20} = 14,24 \text{ mm}$$

Poměrná výška tlačené oblasti:

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{10,68}{159} = 0,09 < 0,45 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Rameno vnitřních sil:

$$z = d - 0,4 \times x = 159 - 0,4 \times 14,24 = 154,3 \text{ mm}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$M_{Rd} = A_{s,prov} \times f_{yd} \times z = 524 \times 434,78 \times 154,3 \times 10^{-6} = 35,15 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 29,73 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$29,73 \text{ kNm} \leq 35,15 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Kontrola konstrukčních zásad – vzdálenost prutů výztuže:

$$s_{min} = \max(1,2 \times \emptyset; d_g + 5; 20) = \max(12; 25; 20) = 25 \text{ mm}$$

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

$$s_{prov} = 150 \text{ mm}$$

$$s_{min} < s_{prov} < s_{max}$$

$$25 < 150 < 300 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Omezení šířky trhlin

$$k = 1$$

$$k_c = 0,4 - \text{podle prostředí}$$

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

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

$$A_{ct} = \frac{b \times h}{2} = \frac{1000 \times 200}{2} = 100\,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \frac{k_c \times k \times f_{ct,eff} \times A_{ct}}{\sigma_s} = \frac{0,4 \times 1 \times 2,9 \times 100\,000}{500} = 232 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{s,prov}$$

$$232 \text{ mm}^2 < 524 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$