

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

P3) STATICKÝ VÝPOČET SLOUPŮ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. RADEK SCHMEIDLER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

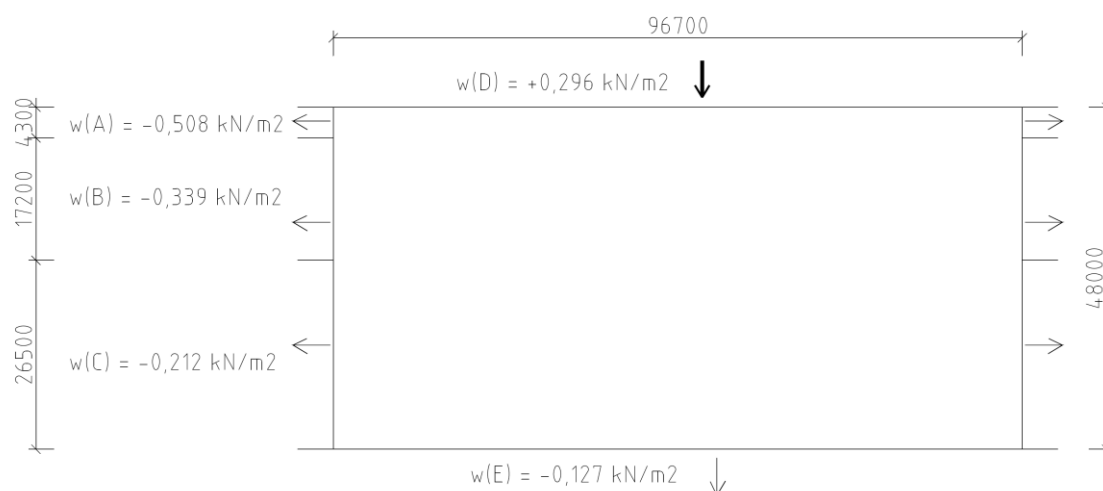
Ing. PAVEL ŠULÁK, Ph.D.

BRNO 2016

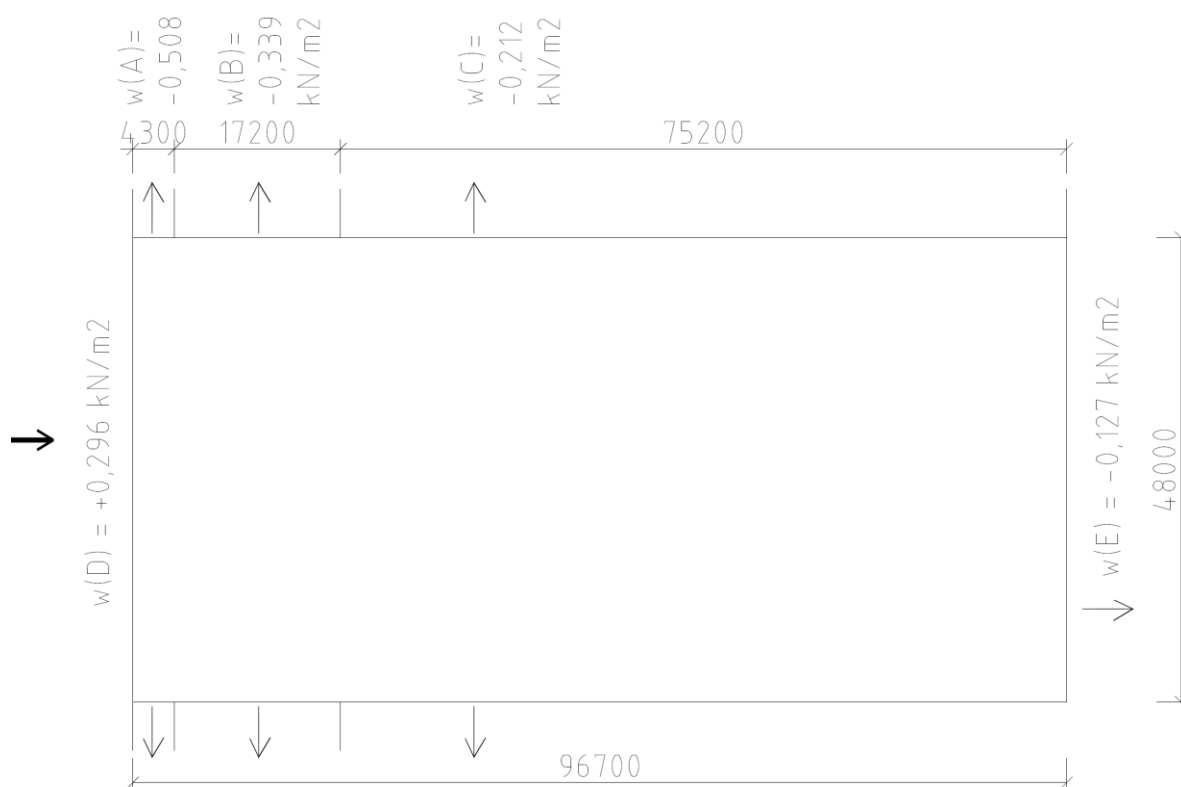
OBSAH:

OBSAH	2
1. ZATÍŽENÍ VĚTREM	3
2. OBVODOVÝ SLOUP	5
3. OBVODOVÝ SLOUP – ZATÍŽENÍ VE SMĚRU KOLMO NA RÁM	12
4. OBVODOVÝ SLOUP – VÝPOČET	17
5. INTERAKČNÍ DIAGRAM – VÝPOČET	19
6. KOMB. TABULKA V PATĚ OBV. SLOUPU - VE SMĚRU RÁMU	26
7. KOMB. TABULKA V HLAVĚ OBV. SLOUPU - VE SMĚRU RÁMU	27
8. KOMB. TABULKA V PATĚ OBV. SLOUPU - KOLMO NA RÁM	28
9. INTERAKČNÍ DIAGRAMY PRO OBVODOVÝ SLOUP	29
10. NÁVRH OBV. SLOUPU NA SMYK - VZTYČOVÁNÍ SLOUPU	32
11. NÁVRH OBV. SLOUPU NA SMYK - VYTAHOVÁNÍ Z FORMY	34
12. VYTAHOVÁNÍ Z FORMY OBV. SLOUPU - POSOUZENÍ NA OHYB	36
13. VYZTUŽENÍ HLAVY SLOUPU	39
14. ŠÍTOVÝ SLOUP	41
15. ŠTÍTOVÝ SLOUP – ZATÍŽENÍ VE SMĚRU RÁMU (ŠTÍTU)	46
16. ŠTÍTOVÝ SLOUP – VÝPOČET	51
17. KOMB. TABULKA V PATĚ ŠTÍT. SLOUPU - KOLMO NA RÁM	61
18. KOMB. TABULKA V HLAVĚ ŠTÍT. SLOUPU - KOLMO NA RÁM	62
19. KOMB. TABULKA V PATĚ ŠTÍT. SLOUPU - VE SMĚRU RÁMU	63
20. INTERAKČNÍ DIAGRAMY PRO ŠTÍTOVÝ SLOUP	64
21. NÁVRH ŠTÍT. SLOUPU NA SMYK - VZTYČOVÁNÍ SLOUPU	67
22. NÁVRH ŠTÍT. SLOUPU NA SMYK - VYTAHOVÁNÍ Z FORMY	69
23. ŠTÍT. SLOUP - VYTAHOVÁNÍ Z FORMY - POSOUZENÍ NA OHYB	71
24. ŠTÍT. SLOUP - VZTYČOVÁNÍ SLOUPU - POSOUZENÍ NA OHYB	73
25. STYKOVÁNÍ VÝZTUŽE	74
26. KONZOLA ŠTÍTOVÉHO SLOUPU – SaT model	75
27. PŘEPRAVNÍ ÚCHYTY	81
28. MIMOŘÁDNÉ ZATÍŽENÍ – NÁRAZ DO SLOUPU	86
29. POSOUZENÍ POŽÁRNÍ ODOLNOSTI ŽB SLOUPU	90
30. SEZNAM OBRÁZKŮ	101
31. SEZNAM TABULEK	104
32. SEZNAM ZDROJŮ	105

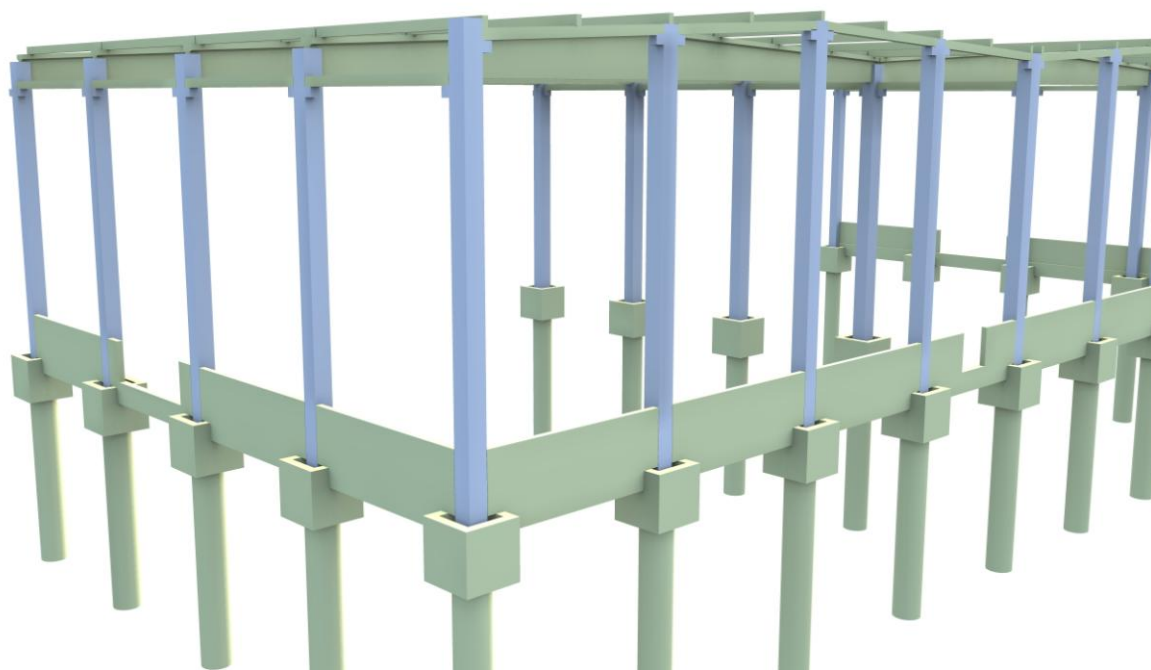
1. ZATÍŽENÍ VĚTREM



Obr.1: Půdorys - zatěžovací schéma zatížení větrem na stěny (vítr na delší stranu)



Obr.2: Půdorys - zatěžovací schéma zatížení větrem na stěny (vítr na štítovou stěnu)



Obr.3: Vizualizace – pohled na skladbu

2. OBVODOVÝ SLOUP

Jedná se o prefabrikovaný železobetonový prvek obdélníkového průřezu, který je osazen v pilotové hlavici.

Na sloup je osazen předpjatý sedlový vazník.

Na konzolách sloupu jsou uchyceny železobetonová ztužidla a z vnější strany je připevněn obvodový plášť – PUR panely.

MATERIÁL:

Beton C 35/45

Charakter. hodnota pevnosti betonu v tlaku: $f_{ck} = 35 \text{ MPa}$

Průměrná hodnota pevnosti betonu v tlaku: $f_{cm} = 43 \text{ MPa}$

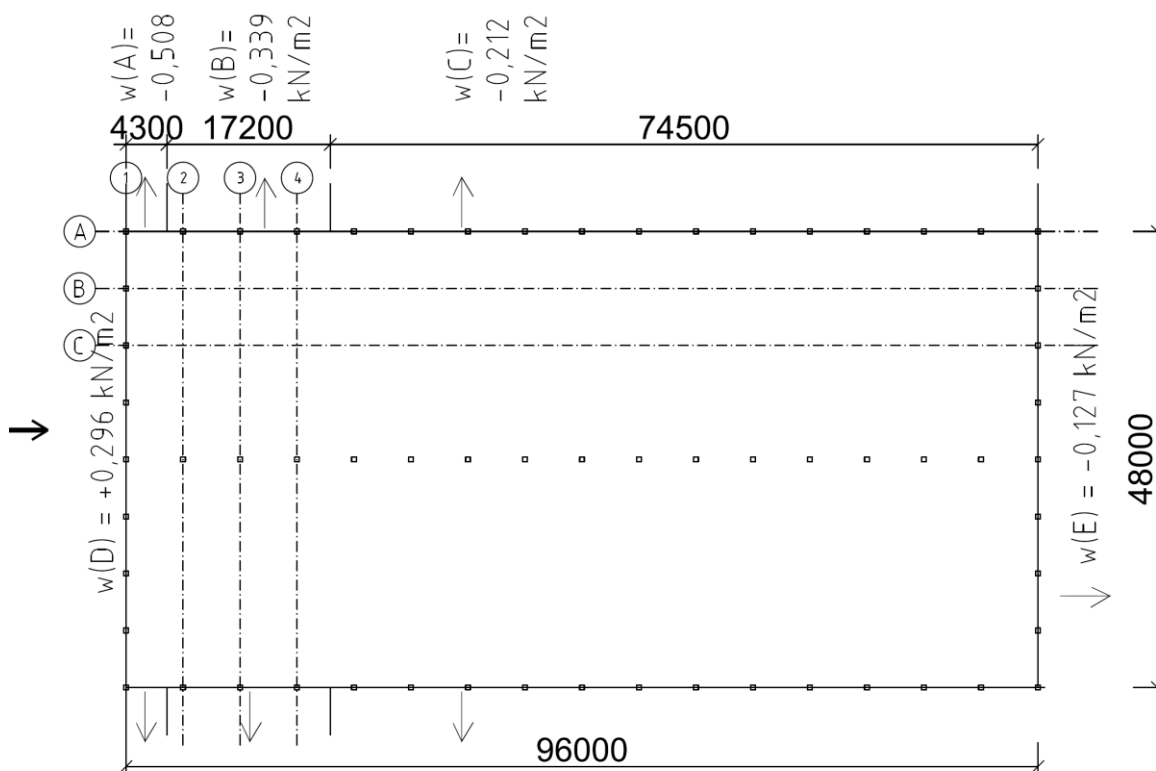
Charakter. hodnota pevnosti betonu v tahu: $f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa}$

Modul pružnosti betonu: $E_{cm} = 34 \text{ GPa}$

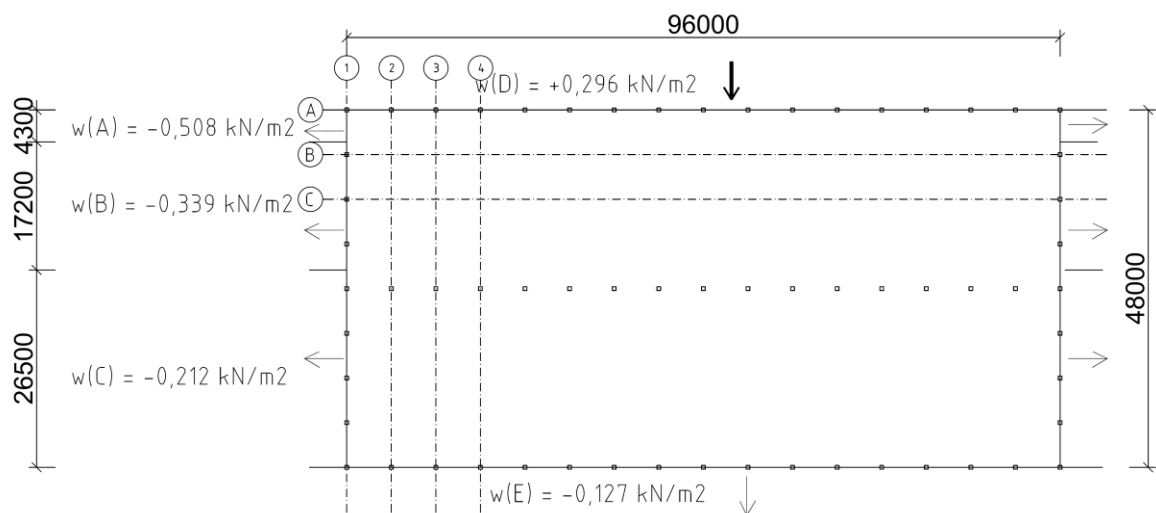
Ocel

Betonářská výztuž: B500B

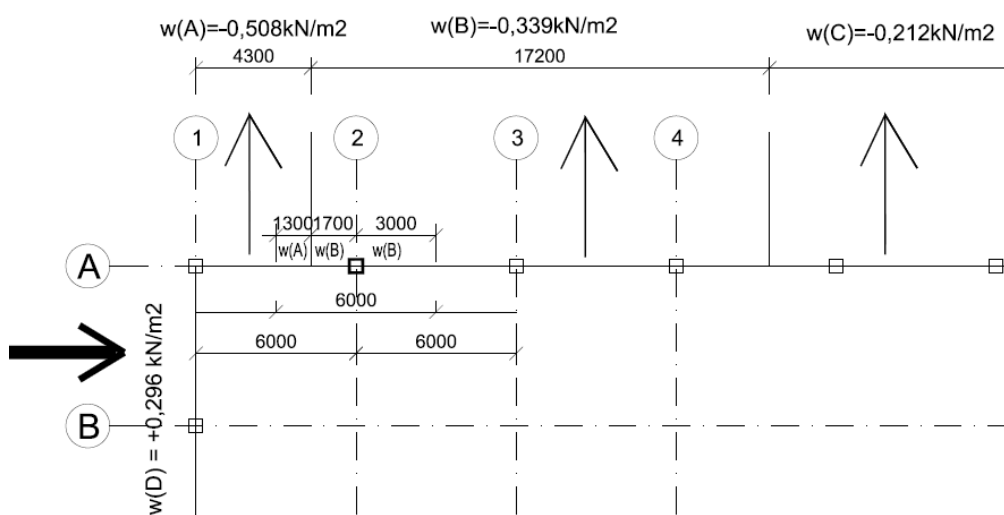
Charakter. hodnota meze kluzu: $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$



Obr.4: Posuzovaný sloup na průřez os 2,A – vitér kolmo na štítovou stěnu

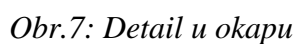


Obr.5: Posuzovaný sloupu na průřez os 2,A – vítr kolmo na delší stranu



Obr.6: Poloha posuzovaného sloupu – průřez os 2,A

M 1:10

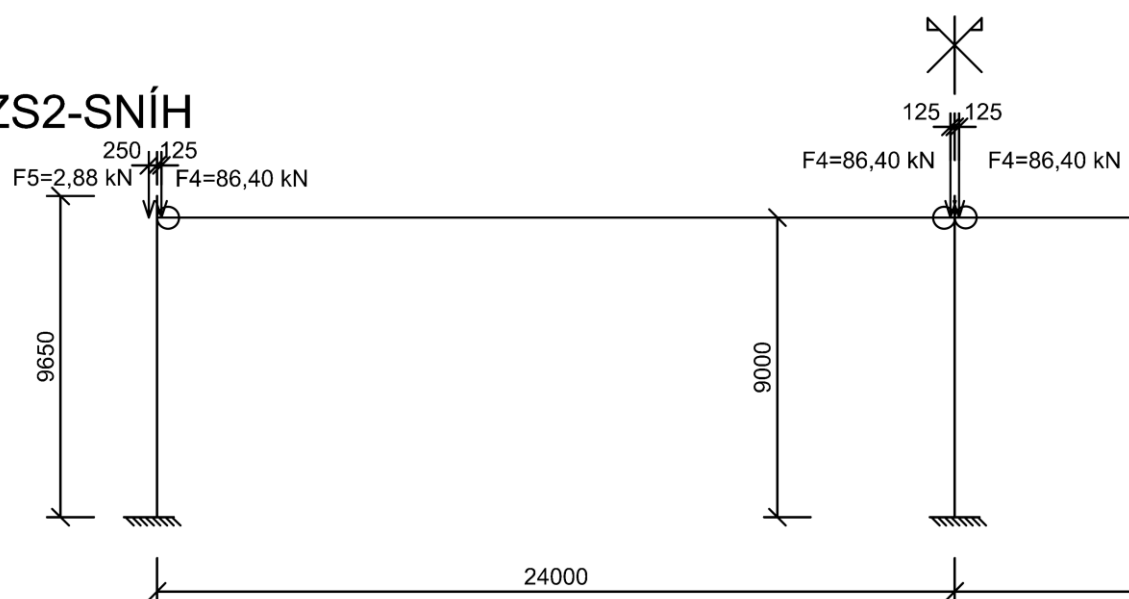


S1-STÁLÉ ZATÍŽENÍ

S1-STÁLÉ ZATÍŽENÍ

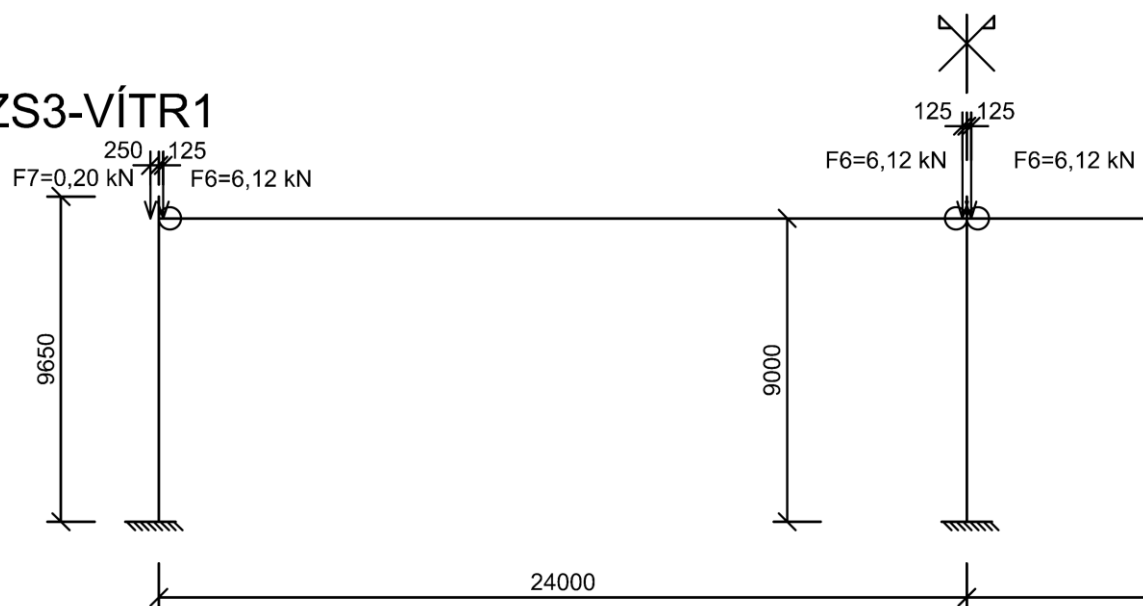
Obr.8: Statické schéma příčného rámu – stálé zatížení

ZS2-SNÍH



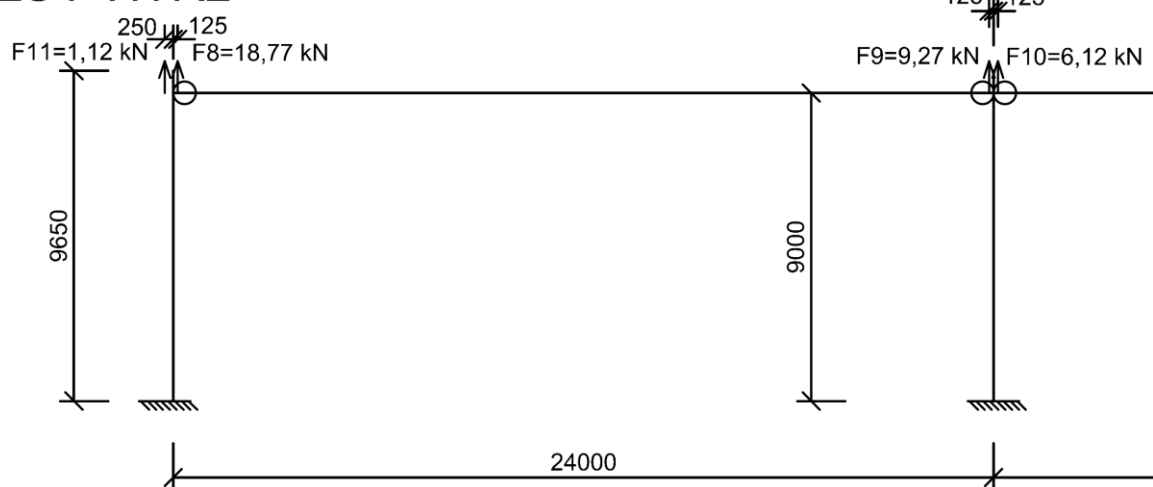
Obr.9: Statické schéma příčného rámu – sníh

ZS3-VÍTR1



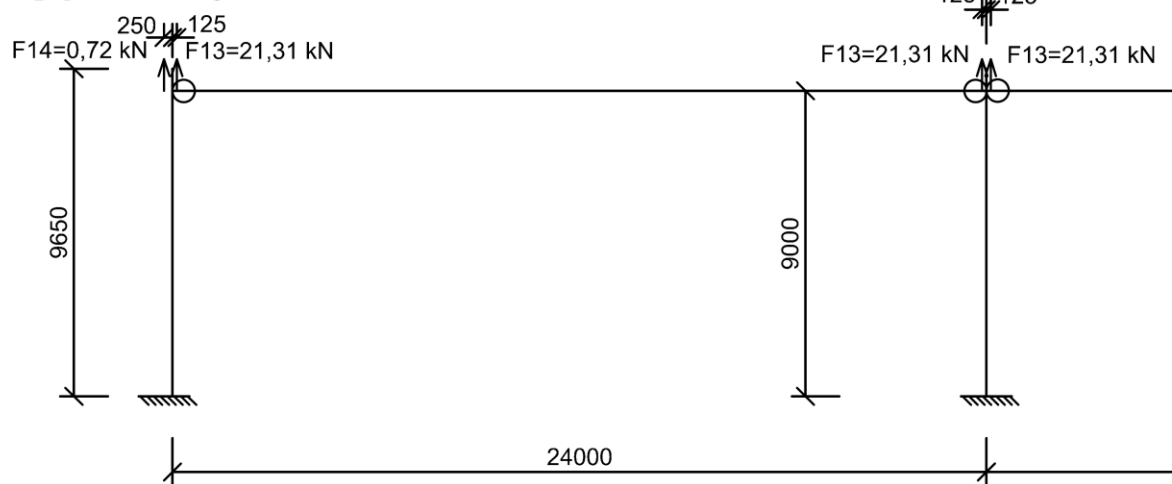
Obr.10: Statické schéma příčného rámu – vítr 1

ZS4-VÍTR2

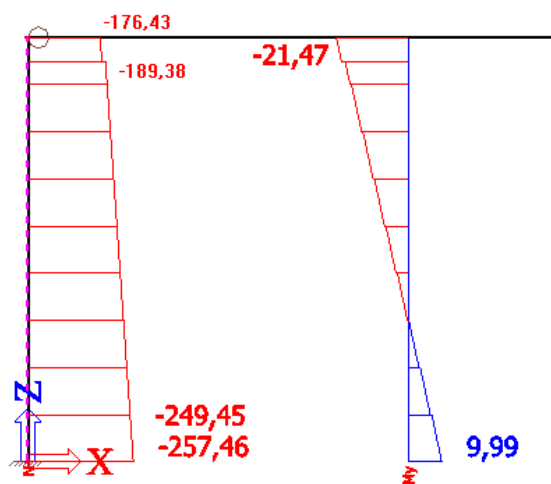


Obr.11: Statické schéma příčného rámu – vítr 2

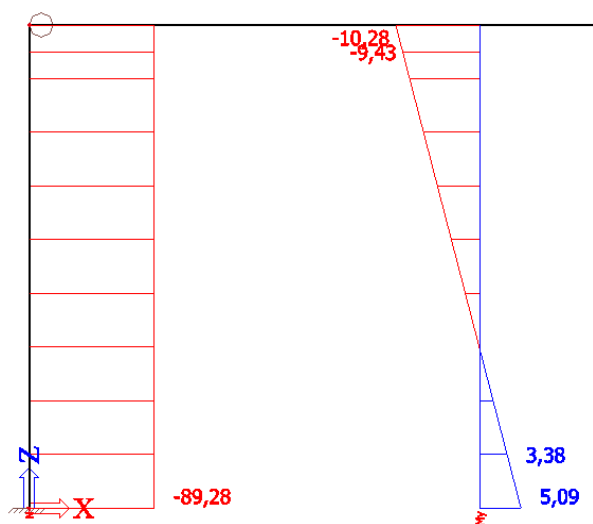
ZS5-VÍTR3



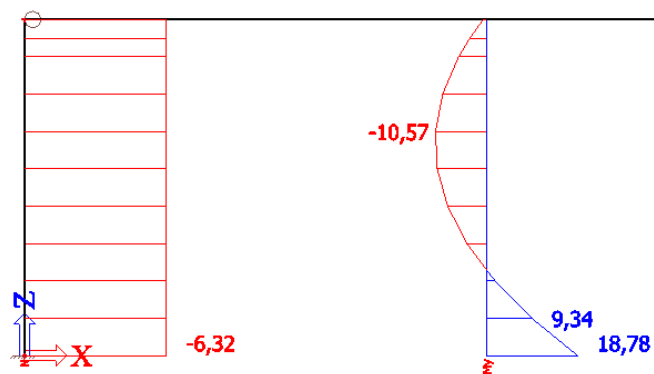
Obr.12: Statické schéma příčného rámu – vítr 3



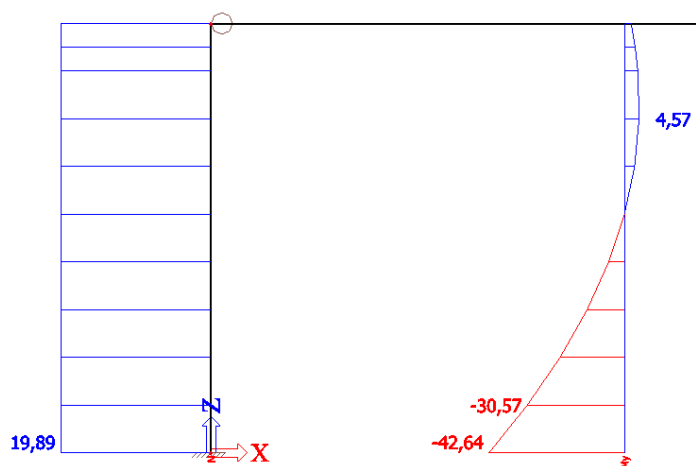
Obr.13: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od stálého zatížení



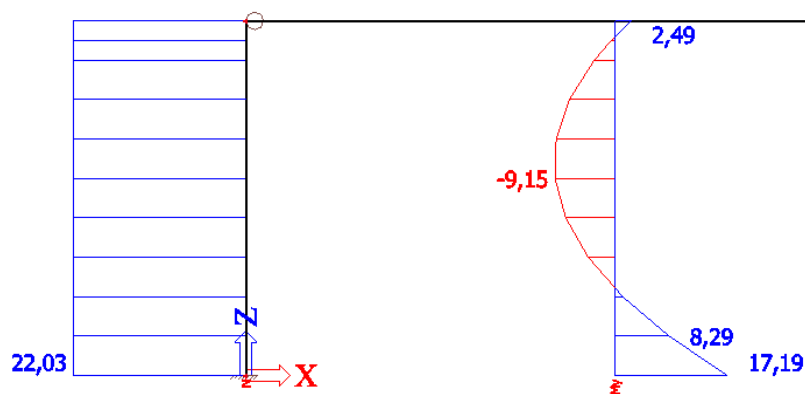
Obr.14: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od sněhu



Obr.15: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od „větru I“



Obr.16: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od „větru 2“



Obr.17: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od „větru 3“

3. OBVODOVÝ SLOUP – ZATÍŽENÍ VE SMĚRU KOLMO NA RÁM

Vítr působící kolmo na rám – přenesení se ze štítu:

ZS – „vítr1“ = vítr na štítovou stranu

ZS – „vítr2“ = vítr na delší stěnu

ZS – „vítr3“ = sání (u střechy) – vítr na štítovou stěnu

Plocha štítové fasády na kterou působí vítr (pro rohový sloup):

šířka: $5,5/2 + 0,50 + 0,15 = 3,4\text{m}$

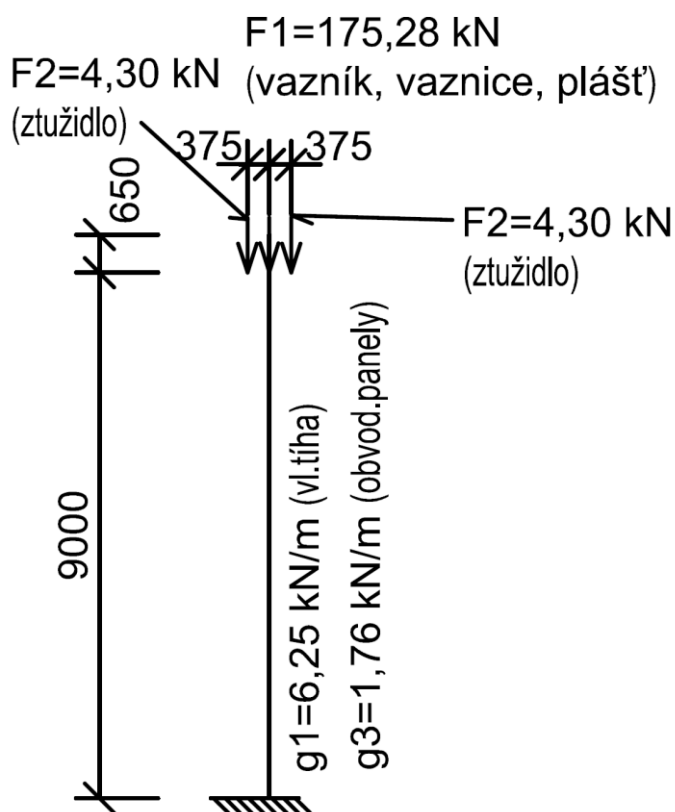
výška: 10,48m

Plocha = $35,64\text{ m}^2$

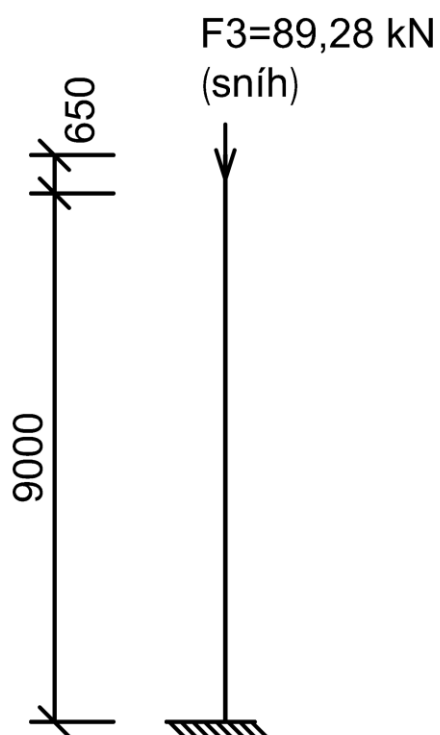
$F5 = 0,296\text{ kN/m}^2 \cdot 35,64\text{ m}^2 = 10,55\text{ kN}$ / 9 sloupů ($\frac{1}{2}$ v podélném směru) = 1,2 kN

$F7 = 0,508\text{ kN/m}^2 \cdot 35,64\text{ m}^2 = 18,11\text{ kN}$ (sání) / 9 sloupů = 2,1 kN

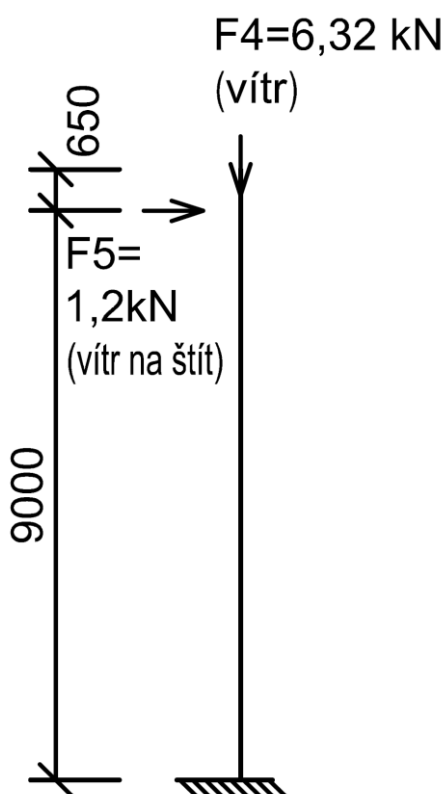
$F9 = 0,296\text{ kN/m}^2 \cdot 35,64\text{ m}^2 = 10,55\text{ kN}$ / 9 sloupů = 1,2 kN



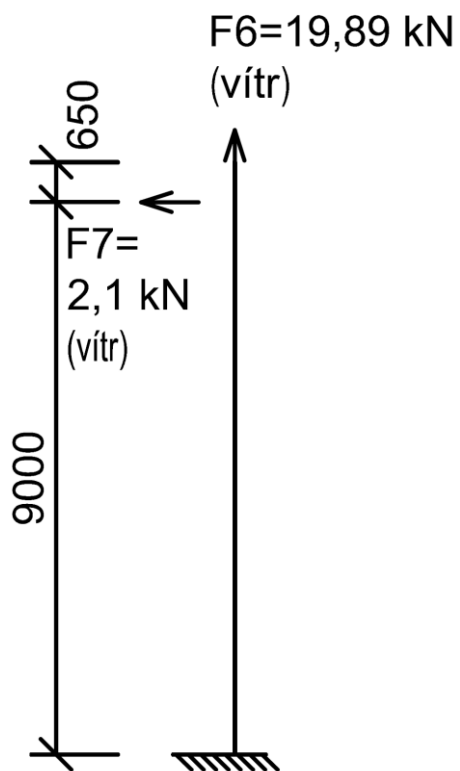
Obr.18: Schéma obvodového sloupu – stálé zatížení



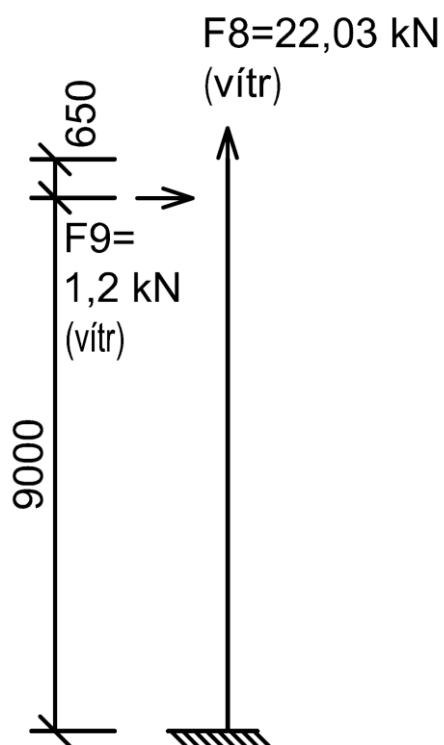
Obr.19: Schéma obvodového sloupu – zatížení sněhem



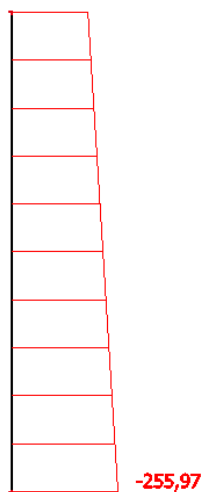
Obr.20: Schéma obvodového sloupu – zatížení „vítr1“



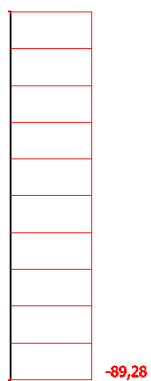
Obr.21: Schéma obvodového sloupu – zatížení „vitr2“



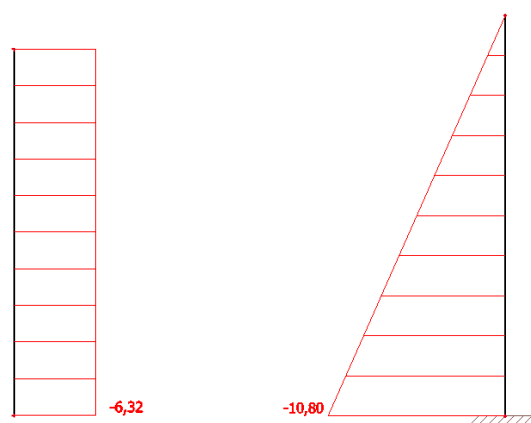
Obr.22: Schéma obvodového sloupu – zatížení „vitr3“



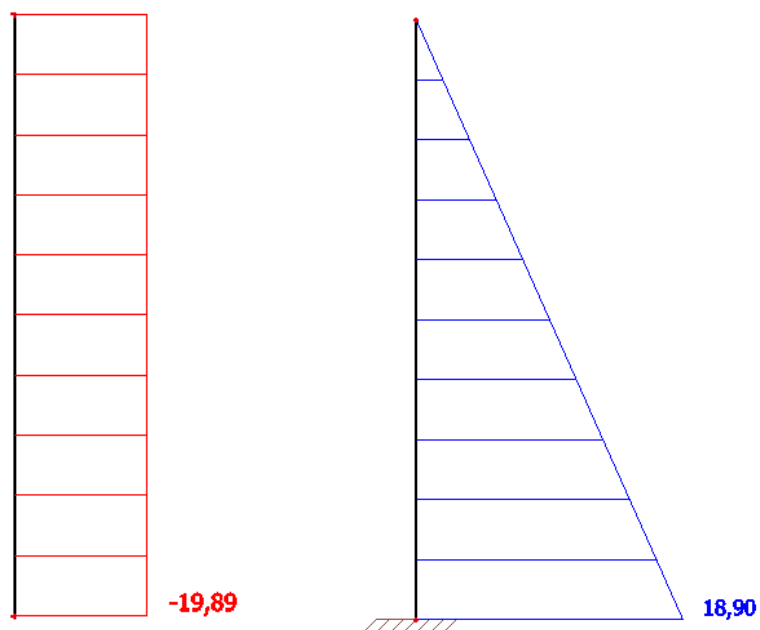
Obr.23: Výsledky N [kN] na sloupu od stálého zatížení



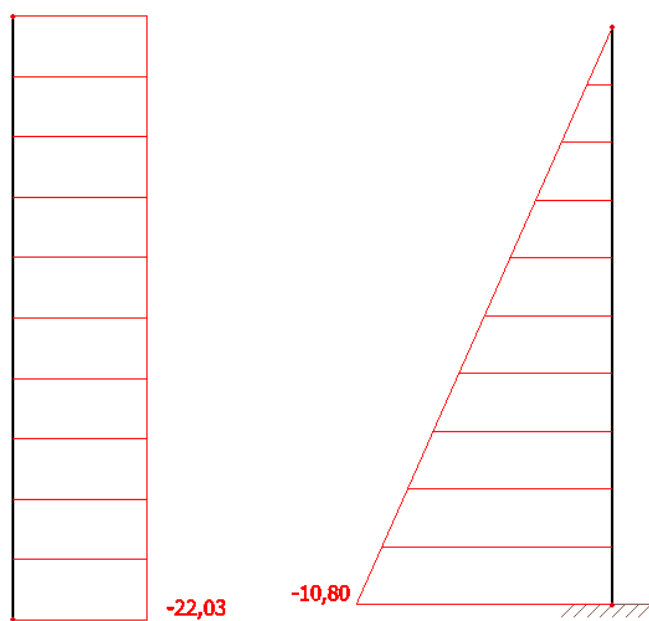
Obr.24: Výsledky N [kN] na sloupu od sněhu



Obr.25: Výsledky N [kN] a M [kNm] na sloupu od větru I



Obr.26: Výsledky N [kN] a M [kNm] na sloupu od větru 2



Obr.27: Výsledky N [kN] a M [kNm] na sloupu od větru 3

4. OBVODOVÝ SLOUP - VÝPOČET

Beton: třída C 35/45

Charakteristická pevnost betonu v tlaku: $f_{ck} =$ 35 000 000 [Pa]

Návrhová pevnost betonu v tlaku: $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} =$ 23 330 000 [Pa]

Pevnost betonu v tahu: $f_{ctm} =$ 3 200 000 [Pa]

Součinitel spolehlivosti pro beton: $\gamma_c =$ 1,5

Přetvoření betonu $\varepsilon_{cu3} =$ 3,5 [‰]

Průměrný modul pružnosti betonu: $E_{cm} =$ 34 000 000 000 [Pa]

Výztuž: B500B

Charakteristická mez kluzu: $f_{yk} =$ 500 000 000 [Pa]

Návrhová mez kluzu: $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} =$ 434 780 000 [Pa]

Součinitel spolehlivosti pro bet. ocel: $\gamma_s =$ 1,15

Modul pružnosti oceli: $E_s =$ 210 000 000 000 [Pa]

Přetvoření oceli: $\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} =$ 2,07 [‰]

Šířka sloupu: $b =$ 0,500 [m]

Šířka sloupu: $h =$ 0,500 [m]

Skutečná výška sloupu: $L_{skut} =$ 11,300 [m]

Výpočtová výška sloupu: $L =$ 9,650 [m]

Zatěžovací šířka pro sloup: $Z.Š. =$ 6,000 [m]

Průměr výztuže: $\Phi =$ 0,012 [m]

Průměr smykové výztuže - třmínky: $\Phi_{st} =$ 0,008 [m]

Krytí výztuže:

Minimální hodnota krycí vrstvy: c_{min}

$c_{min,sl} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 0,01m\}$ 0,015 [m]

smyková výztuž: $c_{min,st} = \max \{c_{min,b,st}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 0,01m\}$ 0,015 [m]

Požadavek soudržnosti: $c_{min,b} = \Phi$ 0,012 [m]

Požadavek soudržnosti u smykové výztuže: $c_{min,b,st} = \Phi_{st}$ 0,008 [m]

Vliv prostředí (XC1) a třídy konstrukce (S4): $c_{min,dur} =$ 0,015 [m]

Přídavná hodnota z hlediska spolehlivosti: $\Delta c_{dur,\gamma} =$ 0 [m]

Redukce při nerezavějící oceli: $\Delta c_{dur,st} =$ 0 [m]

Redukce při dodatečné ochraně výztuže: $\Delta c_{dur,add} =$	0 [m]
Návrhová odchylka (při provádění ve výrobě): $\Delta c_{dev} =$	0,010 [m]
<u>Nominální hodnota betonové krycí vrstvy: c_{nom}</u>	
$c_{nom,sl} = c_{min} + \Delta c_{dev} =$	0,025 [m]
smyková výztuž: $c_{nom,st} = c_{min,st} + \Delta c_{dev} =$	0,025 [m]
$c_{nom} = \max\{c_{nom,sl} - \Phi_{st}; c_{nom,st}\} =$	0,025 [m]
<u>Návrhová hodnota betonové krycí vrstvy: c</u>	
$c \geq c_{nom}$	0,025 [m]

Kontrola míry vyztužení

Maximální normálová síla v patě sloupu: $N_{Ed} =$	487 180 [N]
Minimální plocha výztuže: $A_{s,min,I} = 0,10 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} =$	1,12E-04 [m ²]
$A_{s,min,II} = 0,002 \cdot A_c =$	5,00E-04 [m ²]
$A_{s,min} = \max\{A_{s,min,I}; A_{s,min,II}\}$	5,00E-04 [m ²]
Maximální plocha výztuže: $A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c =$	1,00E-02 [m ²]
Navržená plocha podélné výztuže: $A_s =$	1,36E-03 [m²]
Průměr podélné výztuže (v rozích): $\Phi =$	0,012 [m]
Průměr podélné výztuže (mimo rohy): $\Phi' =$	0,012 [m]
Celkový počet prutů podélné výztuže: $n =$	12 [ks]
Počet prutů podélné výztuže v 1.ose (nejblíže obvod. pláští): $4 \cdot \Phi = 12\text{mm}$: $n_1 =$	4 [ks]
Počet prutů podélné výztuže ve 2.vrstvě: $2 \cdot \Phi = 12\text{mm}$: $n_2 =$	2 [ks]
Počet prutů podélné výztuže ve 3.vrstvě: $2 \cdot \Phi = 12\text{mm}$: $n_3 =$	2 [ks]
Počet prutů podélné výztuže ve 4.vrstvě: $4 \cdot \Phi = 12\text{mm}$: $n_4 =$	4 [ks]
Posouzení plochy výztuže:	
Podmínka: $A_{s,min} < A_s < A_{s,max}$	<u>VYHOVUJE</u>

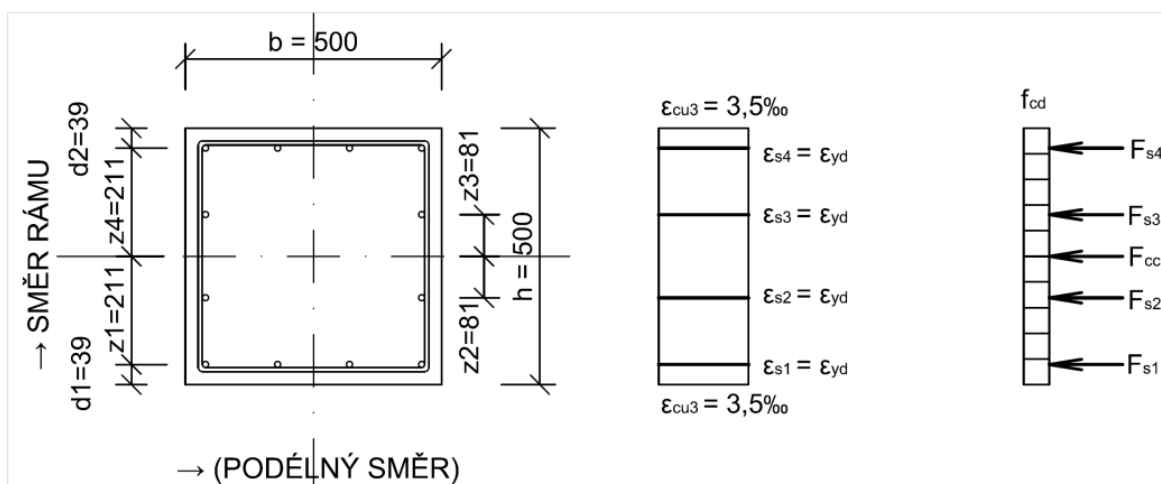
Maximální vzdálenost podélné výztuže: $s_{max} =$	0,400 [m]
Minimální světlá vzdálenost výztuže: $s_{min} = \max\{1,2 \cdot \phi_{sl}; dg+5\text{mm}; 20\text{mm}\} =$	0,021 [m]
Světlá vzdálenost výztuže mezi pruty: $s = (b - 2 \cdot c - 2 \cdot \Phi_{st}) / 3 =$	0,141 [m]
Podmínka: $s_{min} < s < s_{max}$	<u>VYHOVUJE</u>

5. INTERAKČNÍ DIAGRAM - VÝPOČET

VE SMĚRU ROVNOBĚŽNÉM S RÁMEM, (TOTÉŽ PRO KOLMO NA RÁM)

$d_1 =$	0,039 [m]
$d_2 =$	0,039 [m]
$z_1 =$	0,211 [m]
$z_2 =$	0,081 [m]
$z_3 =$	0,081 [m]
$z_4 =$	0,211 [m]

BOD 0

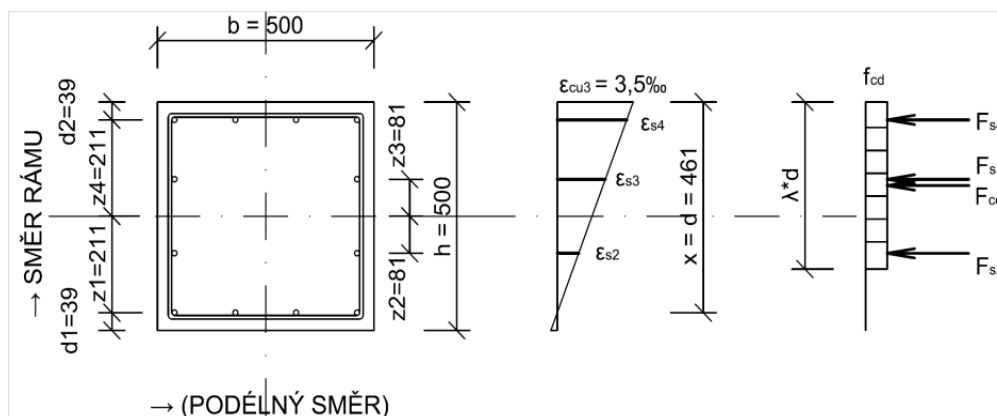


- Jedná se o případ tlakového porušení betonu.

Plocha podélné výztuže: $A_{s1} =$	4,52E-04 [m ²]
Plocha podélné výztuže: $A_{s2} =$	2,26E-04 [m ²]
Plocha podélné výztuže: $A_{s3} =$	2,26E-04 [m ²]
Plocha podélné výztuže: $A_{s4} =$	4,52E-04 [m ²]
Poměrné přetvoření betonu: $\epsilon_{cu3} =$	3,50E-03 [-]
Mezní poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{yd} = f_{yd}/E_s =$	2,07E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s1} =$	2,07E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s2} =$	2,07E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s3} =$	2,07E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s4} =$	2,07E-03 [-]
Síla přenášená betonem: $F_{cc} = b \cdot h \cdot f_{cd} =$	5 832 500 [N]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s1} = E_s \cdot \epsilon_{s1} =$	434 780 000 [Pa]
	$\leq f_{yd} =$ 434 780 000 [Pa]
VYHOVUJE	
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s2} = E_s \cdot \epsilon_{s2} =$	434 780 000 [Pa]

	$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
	<u>VYHOVUJE</u>	
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s3} = E_s \cdot \epsilon_{s3} =$		434 780 000 [Pa]
	$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
	<u>VYHOVUJE</u>	
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s4} = E_s \cdot \epsilon_{s4} =$		434 780 000 [Pa]
	$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
	<u>VYHOVUJE</u>	
Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} =$		196 690 [N]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$		98 345 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$		98 345 [N]
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot \sigma_{s4} =$		196 690 [N]
$N_{Rd0} = - F_{cc} - \Sigma F_s =$		-6 422 570 [N]
$M_{Rd0} =$		0 [Nm]

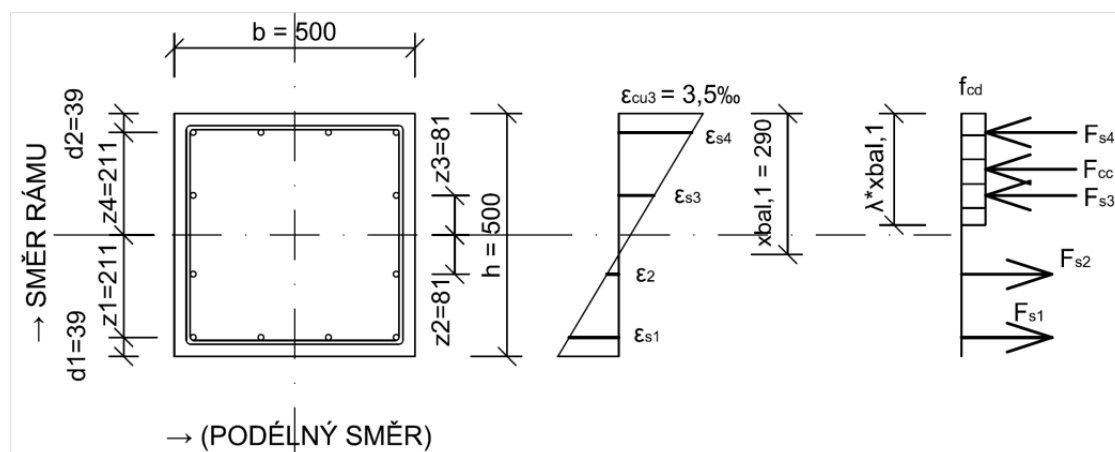
BOD 1



- N.O. prochází těžištěm výztuže A_{s1} (tzn. $x=d$)	
$x = d =$	0,461 [m]
Poměrné přetvoření betonu: $\epsilon_{cu3} =$	0,0035 [-]
Mezní poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{yd} = f_{yd}/E_s =$	2,07E-03 [-]
$\zeta_{bal,2} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} - \epsilon_{yd}) =$	2,448 [-]
$d_2 =$	0,039 [m]
$x_{bal,2} = \zeta_{bal,2} \cdot d_2 =$	0,095 [m]
Podmínka: $x > x_{bal,2} \rightarrow \epsilon_{s4} = f_{yd}$	<u>OK $\rightarrow \epsilon_{s4} = f_{yd}$</u>
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s2} =$	9,86E-04 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s3} = \epsilon_{yd}$	2,07E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s4} = \epsilon_{yd}$	2,07E-03 [-]
Síla přenášená betonem: $F_{cc} = b \cdot (\lambda \cdot d) \cdot f_{cd} =$	4 302 052 [N]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s2} = E_s \cdot \epsilon_{s2} =$	207 060 000 [Pa]

	$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
	VYHOVUJE	
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s3} = E_s \cdot \epsilon_{s3} =$		434 780 000 [Pa]
	$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
	VYHOVUJE	
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s4} = E_s \cdot \epsilon_{s4} =$		434 780 000 [Pa]
	$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
	VYHOVUJE	
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$		46 836 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$		98 345 [N]
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot \sigma_{s4} =$		196 690 [N]
$N_{Rd1} = - F_{cc} - \Sigma F_s =$		-4 643 923 [N]
$M_{Rd1} = - F_{s2} \cdot z_2 + F_{s3} \cdot z_3 + F_{s4} \cdot z_4 + F_{cc} \cdot (h/2 - [\lambda \cdot d]/2)$		327 888 [Nm]

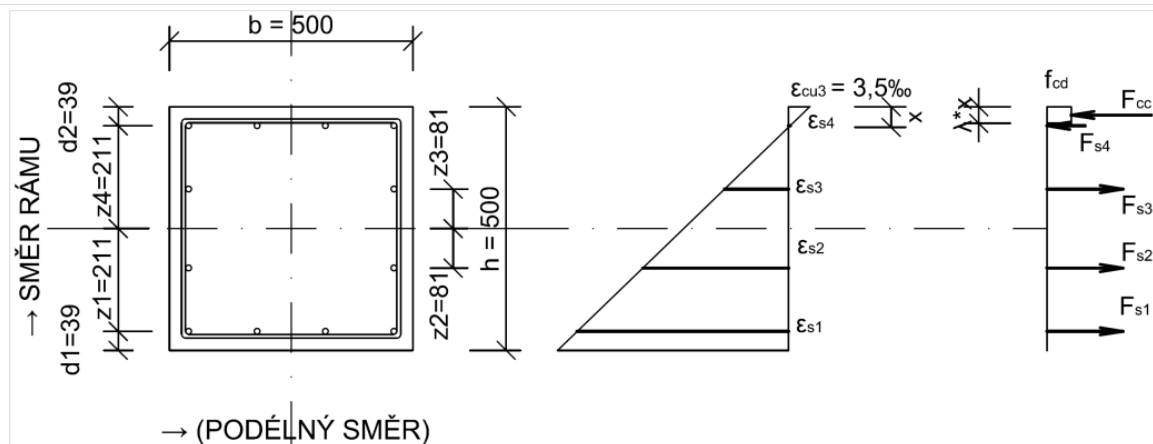
BOD 2



- N.O. leží ve vzdálenosti $x_{bal,1}$ od tlačného okraje průřezu		
$\zeta_{bal,1} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) =$		0,628 [-]
$x = x_{bal,1} = \zeta_{bal,1} \cdot d =$		0,290 [m]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s1} =$		2,06E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s2} =$		4,94E-04 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s3} =$		1,46E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s4} = \epsilon_{yd}$		2,07E-03 [-]
Síla přenášená betonem: $F_{cc} = b \cdot (\lambda \cdot x_{bal,1}) \cdot f_{cd} =$		2 703 079 [N]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s1} = E_s \cdot \epsilon_{s1} =$		433 440 000 [Pa]
	$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
	VYHOVUJE	
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s2} = E_s \cdot \epsilon_{s2} =$		103 740 000 [Pa]
	$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]

<u>VYHOVUJE</u>	
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s3} = E_s \cdot \epsilon_{s3} =$	306 600 000 [Pa]
$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
<u>VYHOVUJE</u>	
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s4} = E_s \cdot \epsilon_{s4} =$	434 780 000 [Pa]
$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
<u>VYHOVUJE</u>	
Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} =$	196 084 [N]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$	23 465 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$	69 351 [N]
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot \sigma_{s4} =$	196 690 [N]
$N_{Rd2} = - F_{cc} + F_{s1} + F_{s2} - F_{s3} - F_{s4} =$	-2 749 571 [N]
$M_{Rd2} = F_{cc} \cdot (h/2 - [\lambda \cdot x_{bal,1}]/2) + F_{s1} \cdot z_1 + F_{s2} \cdot z_2 + F_{s3} \cdot z_3 + F_{s4} \cdot z_4 =$	452 977 [Nm]

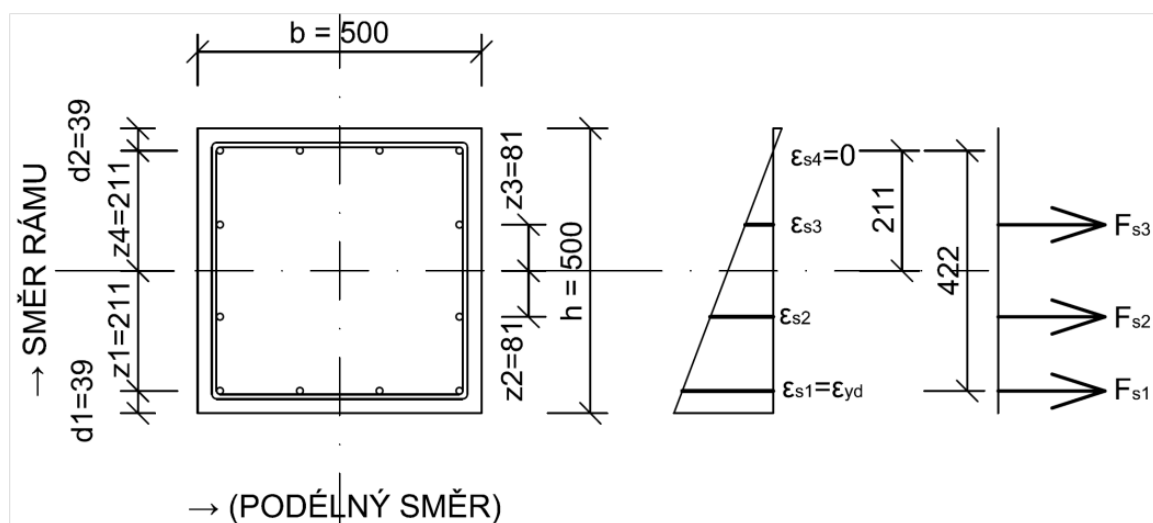
BOD 3



- Jedná se o případ namáhání prostým ohybem	
$N_{Rd3} =$	0 [N]
odhad: $x =$	0,042154 [m]
$x =$	42,2 [mm]
Síla přenášená betonem: $F_{cc} = b \cdot (\lambda \cdot x) \cdot f_{cd} =$	393 381 [N]
$\epsilon_{s1} = (\epsilon_{cu3}/x) \cdot (d - x) =$	3,48E-02 [-]
<u>$\epsilon_{s1} > \epsilon_{yd} >>> \sigma_1 = f_{yd}$</u>	
$\sigma_1 =$	434 780 000 [Pa]
$\epsilon_{s2} = (\epsilon_{cu3}/x) \cdot (0,5 \cdot h + z_2 - x) =$	2,40E-02 [-]
<u>$\epsilon_{s2} > \epsilon_{yd} >>> \sigma_2 = f_{yd}$</u>	
$\sigma_2 =$	434 780 000 [Pa]
$\epsilon_{s3} = (\epsilon_{cu3}/x) \cdot (0,5 \cdot h - x - z_3) =$	1,05E-02 [-]
<u>$\epsilon_{s3} > \epsilon_{yd} >>> \sigma_3 = f_{yd}$</u>	

	<u>f_{yd}</u>:
$\sigma_3 =$	434 780 000 [Pa]
Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_1 =$	196 690 [N]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_2 =$	98 345 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_3 =$	98 345 [N]
Síla ve výztuži 4 - v bodě 4 zanedbám účinek výztuže (malé využití): $F_{s4} =$	0 [N]
$N_{Rd3} = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} - F_{cc} =$	-1 [N]
kontrola: $N_{Rd3} = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} - F_{cc} \approx 0$	<u>VYHOVUJE</u>
$N_{Rd3} = F_{s1} + F_{s2} - F_{s3} - F_{cc} \approx$	0 [N]
$M_{Rd3} = F_{cc} \cdot (h/2 - [\lambda \cdot x]/2) + F_{s1} \cdot z_1 + F_{s2} \cdot z_2 + F_{s3} \cdot z_3 =$	149 146 [Nm]

BOD 4

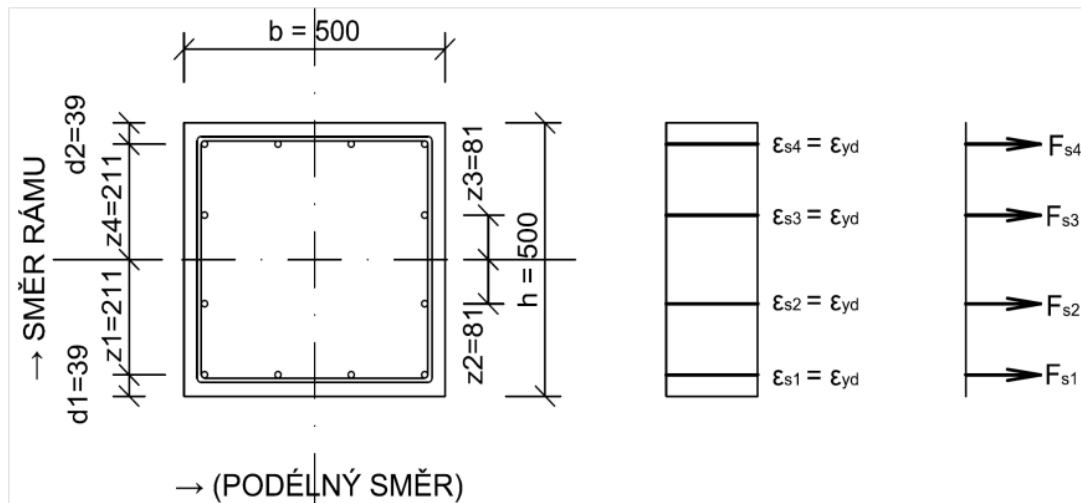


- N.O. prochází těžištěm výztuže A_{s4}	
Síla přenášená betonem: $F_{cc} =$	zanedbá se
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot 0 =$	0 [N]
$\epsilon_{s1} = \epsilon_{yd}$	2,07E-03 [-]
$\epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}$	2,07E-03 [-]
$\epsilon_{s3} =$	9,86E-04 [-]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s1} = E_s \cdot \epsilon_{s1} =$	434 780 000 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s2} = E_s \cdot \epsilon_{s2} =$	434 780 000 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s3} = E_s \cdot \epsilon_{s3} =$	207 060 000 [Pa]
Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} =$	196 690 [N]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$	98 345 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$	46 836 [N]
$N_{Rd4} = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} =$	341 871 [N]

$$M_{Rd4} = F_{s1} \cdot z_1 + F_{s2} \cdot z_2 - F_{s3} \cdot z_3 =$$

$$45\,674 \text{ [Nm]}$$

BOD 5



- Působíště tahové síly leží v těžišti všech výztuží

$$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{s2} = \varepsilon_{s3} = \varepsilon_{s4} = \varepsilon_{yd} =$$

$$2,07E-03 \text{ [-]}$$

$$\text{Síla ve výztuži 1: } F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} =$$

$$196\,690 \text{ [N]}$$

$$\text{Síla ve výztuži 2: } F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$$

$$98\,345 \text{ [N]}$$

$$\text{Síla ve výztuži 3: } F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$$

$$98\,345 \text{ [N]}$$

$$\text{Síla ve výztuži 4: } F_{s4} = A_{s4} \cdot \sigma_{s4} =$$

$$196\,690 \text{ [N]}$$

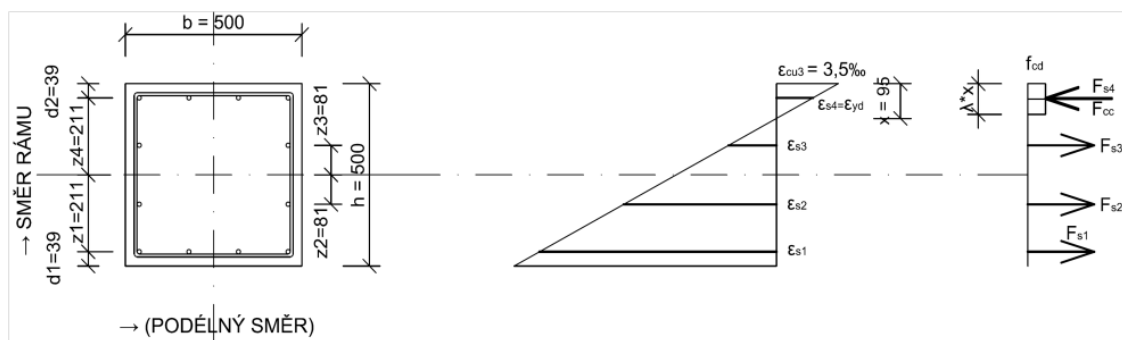
$$N_{Rd5} = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} + F_{s4} =$$

$$590\,070 \text{ [N]}$$

$$M_{Rd5} =$$

$$0 \text{ [Nm]}$$

BOD Z



- Hranice plného využití tlacené výztuže A_{s4} ($\varepsilon_{s4} = \varepsilon_{yd}$)

$$\zeta_{bal,2} = \varepsilon_{cu3} / (\varepsilon_{cu3} - \varepsilon_{yd}) =$$

$$2,448 \text{ [-]}$$

$$\text{vzdálenost osy výztuže a okraje průřezu: } d_2 =$$

$$0,039 \text{ [m]}$$

$$x = x_{bal,2} = \zeta_{bal,2} \cdot d_2 =$$

$$0,095 \text{ [m]}$$

$$\text{Síla přenášená betonem: } F_{cc} = b \cdot (\lambda \cdot x) \cdot f_{cd} =$$

$$891\,019 \text{ [N]}$$

$\epsilon_{s1} > \epsilon_{yd} \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
$\epsilon_{s1} > \epsilon_{yd} \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
$\epsilon_{s3} > \epsilon_{yd} \rightarrow \sigma_{s3} = f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} =$	196 690 [N]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$	98 345 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$	98 345 [N]
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot \sigma_{s4} =$	196 690 [N]
$N_{RdZ} = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} - F_{s4} - F_{cc} =$	-694 329 [N]
$M_{RdZ} = F_{cc} \cdot (h/2 - [\lambda \cdot x]/2) + F_{s1} \cdot z_1 + F_{s2} \cdot z_2 - F_{s3} \cdot z_3 + F_{s4} \cdot z_4 =$	271 728 [Nm]

VE SMĚRU ROVNOBĚŽNÉM S RÁMEM

vzpěrná délka (ve směru rámu): $l_{cr} = 1,0 \cdot L =$	9,650 [m]
excentricita: $e_i = l_{cr} / 400 =$	0,024 [m]
výpočet excentricity e_2:	
$b =$	0,500 [m]
$h =$	0,500 [m]
$A = b \cdot h =$	0,250 [m ²]
$I =$	0,005208 [m ⁴]
poloměr setrvačnosti (ve směru rámu): $i = \sqrt{I/A} =$	0,144 [m]
štíhlost prutu: $\lambda = l_{cr} / i =$	67 [-]
součinitel A =	0,7 [-]
součinitel B =	1,1 [-]
součinitel C =	2,2 [-]
$N_{Ed,max} =$	487 180 [N]
$n = \frac{N_{Ed,max}}{A_c \cdot f_{cd}} =$	0,084 [-]
$\lambda_{lim} = 20 \cdot A \cdot B \cdot C / \sqrt{n} =$	117 [-]
$\lambda < \lambda_{lim} \rightarrow$ není nutné zohlednit vliv e_2	

**6. KOMBINAČNÍ TABULKA V PATĚ OBVODOVÉHO SLOUPU -
VE SMĚRU RÁMU**

ZS	CHARAK. SÍLY	SOUČINITELE γ	HODNOTY NÁVRHOVÉ			
			max M	min M	max N	min N
ZS1 - STÁLÉ	$N_k = -257,46$	1,35	<u>-347,57</u>	-347,57	-347,57	<u>-347,57</u>
	$V_k = -2,98$			-4,02		
	$M_k = 9,99$		<u>13,49</u>	13,49	13,49	<u>13,49</u>
ZS1 - STÁLÉ	$N_k = -257,46$	1,0	-257,46	<u>-257,46</u>	<u>-257,46</u>	-257,46
	$V_k = -2,98$			-2,98		
	$M_k = 9,99$		9,99	<u>9,99</u>	<u>9,99</u>	9,99
ZS2 - SNÍH	$N_k = -89,28$	1,5	<u>-133,92</u>	-133,92	-133,92	<u>-133,92</u>
	$V_k = -1,71$			-2,57		
	$M_k = 5,09$		<u>7,64</u>	7,64	7,64	<u>7,64</u>
ZS3 - VÍTR 1	$N_k = -6,32$	1,5	-9,48	-9,48	-9,48	<u>-9,48</u>
	$V_k = -10,34$			-15,51		
	$M_k = 18,78$		28,17	28,17	28,17	<u>28,17</u>
ZS4 - VÍTR 2	$N_k = 19,89$	1,5	29,84	<u>29,84</u>	29,84	29,84
	$V_k = 12,96$			19,44		
	$M_k = -42,64$		-63,96	<u>-63,96</u>	-63,96	-63,96
ZS5 - VÍTR 3	$N_k = 22,03$	1,5	<u>33,05</u>	33,05	<u>33,05</u>	33,05
	$V_k = -9,81$			-14,72		
	$M_k = 17,19$		<u>25,79</u>	25,79	<u>25,79</u>	25,79
KOMBINACE	$N_d =$		-381,49	-227,63	-224,42	-487,18
	$V_d =$			-20,82 kN		
	$M_1 =$		43,09	-53,97	35,78	38,02

Ψ sníh = 0,5

Ψ vítr = 0,6

**7. KOMBINAČNÍ TABULKA V HLAVĚ OBVODOVÉHO
SLOUPU - VE SMĚRU RÁMU**

ZS	CHARAK. SÍLY	SOUČINITELE γ	HODNOTY NÁVRHOVÉ			
			max M	min M	max N	min N
ZS1 - STÁLÉ	$N_k =$ -176,43	1,35	<u>-238,18</u>	<u>-238,18</u>	-238,18	<u>-238,18</u>
	$V_k =$ -2,98			<u>-4,02</u>		
	$M_k =$ -21,47		<u>-28,98</u>	<u>-28,98</u>	-28,98	<u>-28,98</u>
ZS1 - STÁLÉ	$N_k =$ -176,43	1,0	-176,43	<u>-176,43</u>	<u>-176,43</u>	-176,43
	$V_k =$ -2,98			-2,98		
	$M_k =$ -21,47		-21,47	<u>-21,47</u>	<u>-21,47</u>	-21,47
ZS2 - SNÍH	$N_k =$ -89,28	1,5	-133,92	<u>-133,92</u>	-133,92	<u>-133,92</u>
	$V_k =$ -1,71			<u>-2,57</u>		
	$M_k =$ -10,28		-15,42	<u>-15,42</u>	-15,42	<u>-15,42</u>
ZS3 - VÍTR 1	$N_k =$ -6,32	1,5	-9,48	<u>-9,48</u>	-9,48	<u>-9,48</u>
	$V_k =$ 6,01			9,02		
	$M_k =$ -0,72		-1,08	<u>-1,08</u>	-1,08	<u>-1,08</u>
ZS4 - VÍTR 2	$N_k =$ 19,89	1,5	29,84	29,84	29,84	29,84
	$V_k =$ -3,02			<u>-4,53</u>		
	$M_k =$ 2,07		3,11	3,11	3,11	3,11
ZS5 - VÍTR 3	$N_k =$ 22,03	1,5	<u>33,05</u>	33,05	<u>33,05</u>	33,05
	$V_k =$ 6,54			9,81		
	$M_k =$ 2,49		<u>3,74</u>	3,74	<u>3,74</u>	3,74
KOMBINACE	$N_d =$		-205,14	-377,79	-143,39	-377,79
	$V_d =$			-9,84		
	$M_1 =$		-25,25	-45,05	-17,74	-45,05

Ψ sníh = 0,5

Ψ vítr = 0,6

8. KOMBINAČNÍ TABULKA V PATĚ OBVODOVÉHO SLOUPU - KOLMO NA RÁM

ZS	CHARAK. SÍLY	SOUČINITELE γ	HODNOTY NÁVRHOVÉ			
			max M	min M	max N	min N
ZS1 - STÁLÉ	$N_k = -255,97$	1,35	<u>-345,56</u>	<u>-345,56</u>	-345,56	<u>-345,56</u>
	$M_k = 0$		<u>0,00</u>	<u>0,00</u>	0,00	<u>0,00</u>
ZS1 - STÁLÉ	$N_k = -255,97$	1,0	-255,97	-255,97	<u>-255,97</u>	-255,97
	$M_k = 0$		0	0	<u>0</u>	0
ZS2 - SNÍH	$N_k = -89,28$	1,5	-133,92	-133,92	-133,92	<u>-133,92</u>
	$M_k = 0$		0,00	0,00	0,00	<u>0,00</u>
ZS3 - VÍTR 1	$N_k = 6,32$	1,5	9,48	<u>9,48</u>	9,48	9,48
	$M_k = -10,8$		-16,20	<u>-16,20</u>	-16,20	-16,20
ZS4 - VÍTR 2	$N_k = 19,89$	1,5	<u>29,84</u>	29,84	29,84	29,84
	$M_k = 18,9$		<u>28,35</u>	28,35	28,35	28,35
ZS5 - VÍTR 3	$N_k = 22,3$	1,5	33,45	33,45	<u>33,45</u>	33,45
	$M_k = -10,8$		-16,20	-16,20	<u>-16,20</u>	-16,20
KOMBINACE	$N_d =$		-312,11	-336,08	-222,52	-479,48
	$V_d =$					
	$M_1 =$		28,35	-16,20	-16,20	0,00

Ψ sních = 0,5

Ψ vítr = 0,6

9. INTERAKČNÍ DIAGRAMY PRO OBVODOVÝ SLOUP

0,00	0	N_{Rd0}	-6 422,57 [kN]	M_{Rd0}	0,00 [kNm]
-327,89	1	N_{Rd1}	-4 643,92 [kN]	M_{Rd1}	327,89 [kNm]
-452,98	2	N_{Rd2}	-2 749,57 [kN]	M_{Rd2}	452,98 [kNm]
-271,73	Z	N_{RdZ}	-694,33 [kN]	M_{RdZ}	271,73 [kNm]
-149,15	3	N_{Rd3}	0,00 [kN]	M_{Rd3}	149,15 [kNm]
-45,67	4	N_{Rd4}	341,87 [kN]	M_{Rd4}	45,67 [kNm]
0,00	5	N_{Rd5}	590,07 [kN]	M_{Rd5}	0,00 [kNm]

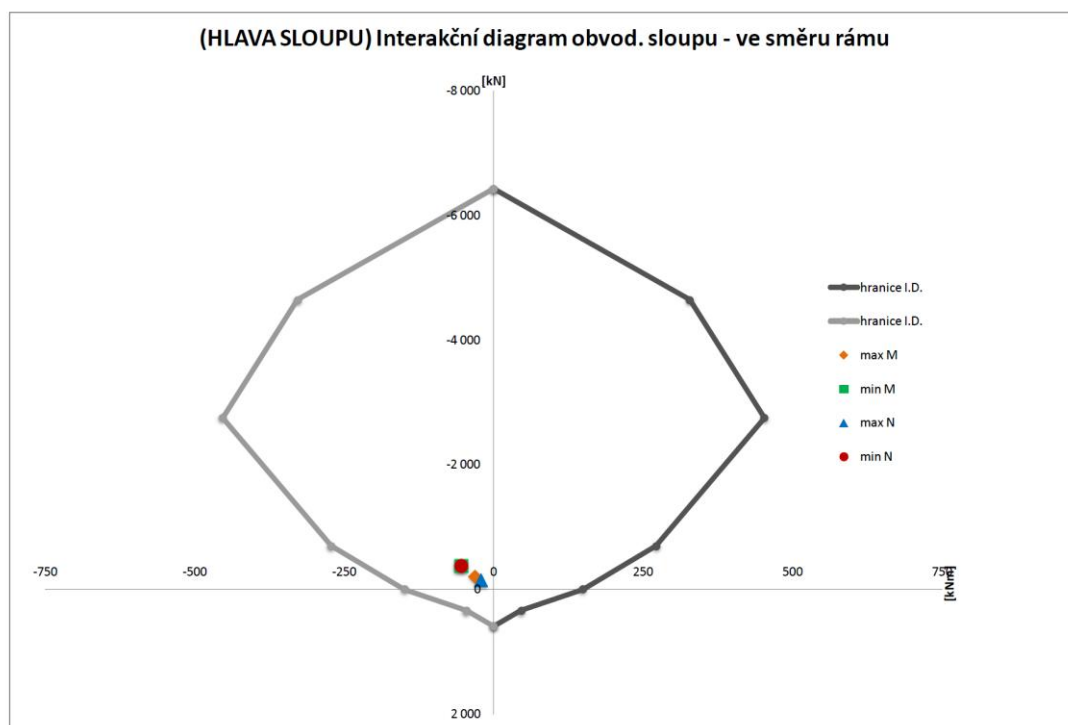
v HLAVĚ sloupu:

RUČNÍ VÝPOČET KOMBINACÍ:

	max M	min M	max N	min N
$N_{Ed} =$	-205,14	-377,79	-143,39	-377,79 [kN]
$M_I =$	-25,25	-45,05	-17,74	-45,05 [kNm]
$e_i =$	0,024	[m]		
$M_{Ed} = M_I + N_{Ed} \cdot e_i + 0$				
vliv 2.řádu: $M_{Ed} =$	-30,20	-54,17	-21,19	-54,17 [kNm]

vztýčování sloupu

N =	0 [kN]
M =	83,58 [kNm]



Obr.28: Diagram pro hlavu obvodového sloupu, ve směru rámu

v PATĚ sloupu:

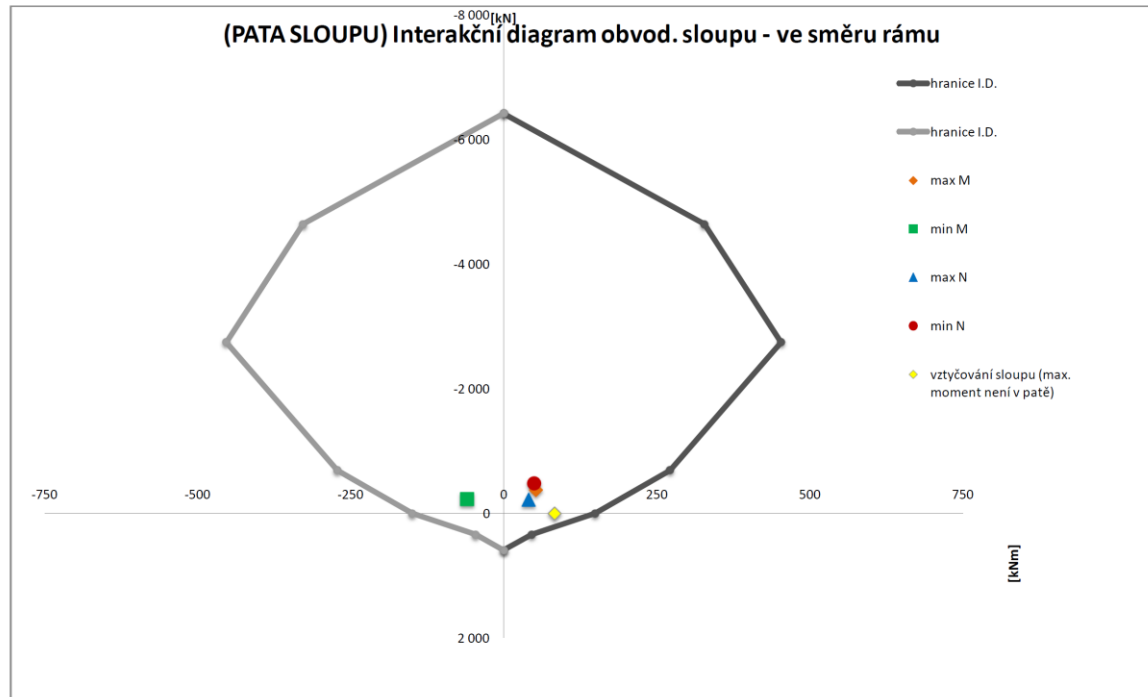
RUČNÍ VÝPOČET KOMBINACÍ:

	max M	min M	max N	min N
$N_{Ed} =$	-381,49	-227,63	-224,42	-487,18 [kN]
$M_I =$	43,09	-53,97	35,78	38,02 [kNm]

$$M_{Ed} = M_I + N_{Ed} * e_i + 0$$

vliv 2.řádu: $M_{Ed} =$

	52,29	-59,46	41,19	49,78 [kNm]



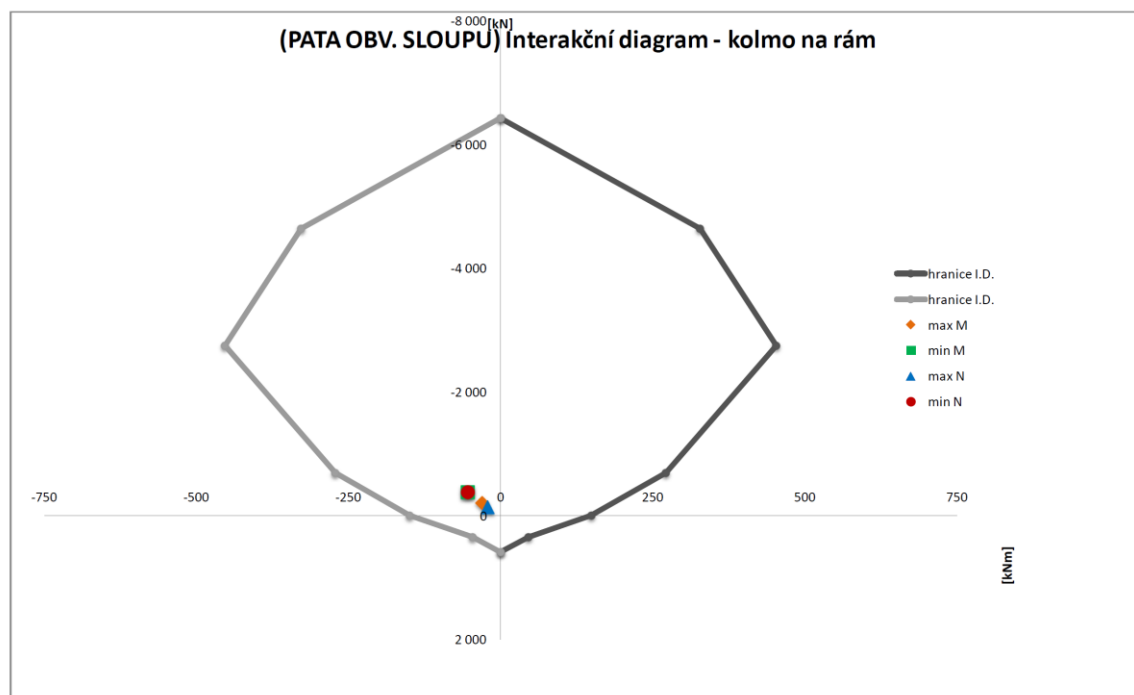
Obr.29: Diagram pro patu obvodového sloupu, ve směru rámu

v PATĚ sloupu - KOLMO NA RÁM:

RUČNÍ VÝPOČET KOMBINACÍ:

	max M	min M	max N	min N
$N_{Ed} =$	-312,11	-336,08	-222,52	-479,48 [kN]
$M_I =$	28,35	-16,20	-16,20	0,00 [kNm]
$e_i =$	0,024 [m]			
$M_{Ed} = M_I + N_{Ed} * e_i + 0$				
$M_{Ed} =$	35,88	-24,31	-21,57	-11,57 [kNm]

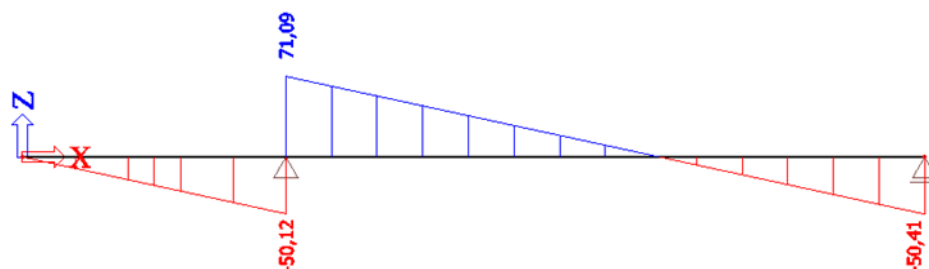
vliv 2.řádu:



Obr.30: Diagram pro patu obvodového sloupu, kolmo na rám

10. NÁVRH VÝZTUŽE OBVODOVÉHO SLOUPU NA SMYK - VZTYČOVÁNÍ SLOUPU

Délka sloupu (skutečná): $L =$ 11,300 [m]



Obr.31: Průběh V [kN] při vztyčování

Maximální posouvající síla od montážního stadia: vztyčování sloupu ($t \geq 28$ dní): 71 090 [N]

Maximální posouvající síla od kombinací ve směru rámu ($t > 28$ dní): 20 820 [N]

$V_{Ed,max} = V_{Ed,1} =$ 71 090 [N]

Šířka sloupu: $h =$ 0,500 [m]

Šířka sloupu: $b_w =$ 0,500 [m]

Beton:

Charakteristická pevnost betonu v tlaku: $f_{ck} =$ 35 000 000 [Pa]

Návrhová pevnost betonu v tlaku: $f_{cd} =$ 23 330 000 [Pa]

Pevnost betonu v tahu: $f_{ctm} =$ 3 200 000 [Pa]

Výztuž:

Charakteristická mez kluzu: $f_{yk} =$ 500 000 000 [Pa]

Návrhová mez kluzu: $f_{yd} = f_{ywd} =$ 434 780 000 [Pa]

Modul pružnosti oceli: $E_s =$ 210 000 000 000 [Pa]

Účinná výška sloupu: $d =$ 0,461 [m]

Průměr výztuže: $\Phi =$ 0,012 [m]

Průměr smykové výztuže - třmínky: $\Phi_{st} =$ 0,008 [m]

Plocha tahové výztuže zakotvená na kotev. délku: $A_{sl} =$ 4,52E-04 [m²]

Betonová krycí vrstva: $c =$ 0,025 [m]

Minimální smykové napětí: $v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} =$ 0,442 [MPa]

Součinitel výšky: $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} =$ 1,66

< 2

VYHOVUJE

Stupeň vyztužení:	$\rho = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} =$	0,0020
-------------------	---------------------------------------	--------

$< 0,02$

VYHOVUJE

C _{Rd,c} = 0,18 / γ _c = 0,18 / 1,5 =		0,12
--	--	------

Návrhová smyková únosnost betonu a podélné výztuže:

$V_{Rd,c}^* = (C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d =$	87 213 [N]
---	------------

omezující podmínka: $V_{Rd,c}^* \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d =$	101 956 [N]
---	-------------

V _{Rd,c} = max{ V _{Rd,c} [*] ; (v _{min} + k ₁ · σ _{cp}) · b _w · d } =	101 956 [N]
---	-------------

V _{Ed,max} =	71 090 [N]
-----------------------	------------

V_{Rd,c} > V_{Ed,max} >> NENÍ NUTNÉ NAVRHNOUT SMYKOVOU VÝZTUŽ, POSTAČÍ KONSTRUKČNÍ VÝZTUŽ:

NÁVRH SMYKOVÉ VÝZTUŽE

Plocha smykové výztuže (2-střížný třmínek Φ8): A _{sw} =	1,01E-04 [m ²]
--	----------------------------

podélná vzdálenost třmínků: s =	0,180 [m]
---------------------------------	-----------

s < min{ 15 · Φ _{max} ; b; h; 0,300 m } =	0,180 [m]
--	-----------

VYHOVUJE

v místě stykování je zhuštění třmínků na: max. 0,6 · s =	0,100 [m]
--	-----------

POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH ZÁSAD:

Osová vzdálenost větví třmínků: $S_t = b_w - 2 \cdot c - \phi_{st} =$	0,442 [m]
---	-----------

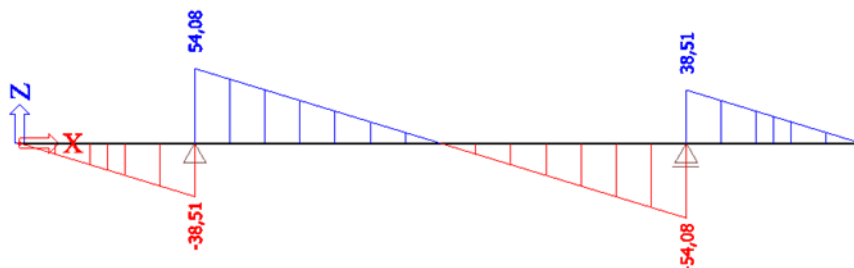
Maximální příčná vzdálenost větví třmínků: S_{t,max} >>> u sloupů není definována

Minimální stupeň vyztužení - u sloupů není definován

11. NÁVRH VÝZTUŽE OBVODOVÉHO SLOUPU NA SMYK - VYTAHOVÁNÍ Z FORMY

Délka sloupu (skutečná): L =

11,300 [m]



Obr.32: Průběh V [kN] při vytahování z formy

Maximální posouvající síla od montážního stadia: vytahování z formy:

54 080 [N]

$V_{Ed,max} = V_{Ed,1} =$

54 080 [N]

Šířka sloupu: $h =$

0,500 [m]

Šířka sloupu: $b_w =$

0,500 [m]

Beton:

Charakteristická pevnost betonu v tlaku v čase t : $f_{ck}(t) =$

24 173 347 [Pa]

Návrhová pevnost betonu v tlaku v čase t : $f_{cd}(t) =$

16 115 565 [Pa]

Výztuž:

Charakteristická mez kluzu: $f_{yk} =$

500 000 000 [Pa]

Návrhová mez kluzu: $f_{yd} = f_{ywd} =$

434 780 000 [Pa]

Modul pružnosti oceli: $E_s =$

210 000 000 000 [Pa]

Účinná výška sloupu: $d =$

0,461 [m]

Průměr výztuže: $\Phi =$

0,012 [m]

Průměr smykové výztuže - třmínky: $\Phi_{st} =$

0,008 [m]

Plocha tahové výztuže zakotvená na kotev. délku: $A_{sl} =$

4,52E-04 [m²]

Betonová krycí vrstva: $c =$

0,025 [m]

Minimální smykové napětí: $v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}(t)^{\frac{1}{2}} =$

0,368 [MPa]

Součinitel výšky: $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} =$

1,66

< 2

VYHOVUJE

Stupeň vyztužení:	$\rho = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} =$	0,0020
-------------------	---------------------------------------	--------

$< 0,02$

VYHOVUJE

C _{Rd,c} = 0,18 / γ _c = 0,18 / 1,5 =		0,12
--	--	------

Návrhová smyková únosnost betonu a podélné výztuže:

$V_{Rd,c}^* = (C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck}(t))^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d =$		77 091 [N]
--	--	------------

omezující podmínka: $V_{Rd,c}^* \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d =$		84 732 [N]
---	--	------------

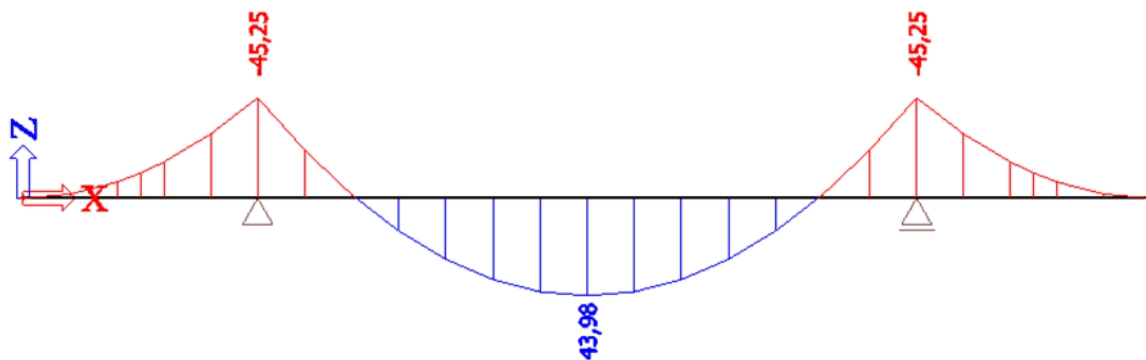
V _{Rd,c} = max{ V _{Rd,c} [*] ; (v _{min} +k ₁ ·σ _{cp})·b _w ·d } =		84 732 [N]
--	--	------------

V _{Ed,max} =		54 080 [N]
-----------------------	--	------------

V_{Rd,c} > V_{Ed,max} >> NENÍ NUTNÉ NAVRHNOUT SMYKOVOU VÝZTUŽ,
 POSTAČÍ KONSTRUKČNÍ VÝZTUŽ (viz POSOUZENÍ SMYKU V 28 DNECH)

**12. OBVODOVÝ SLOUP -
VYTAHOVÁNÍ Z FORMY -
POSOUZENÍ NA OHYB:**

Celková délka sloupu: $L =$	11,300 [m]
Šířka sloupu: $h =$	0,500 [m]
Šířka sloupu: $b =$	0,500 [m]
Součinitel zatížení: $\gamma_g =$	1,35 [-]
Vlastní tíha sloupu (+ tíha manipulačních úchytů, destiček apod.): $F_k = g_{\text{sloupu}} \cdot L =$	70 625 [N]
Plocha sloupu v kontaktu s bedněním: $A_{\text{bed}} = 2 \cdot b \cdot h + 2 \cdot h \cdot L + b \cdot L =$	17,450 [m ²]
Adheze (z plochy betonu v kontaktu s bedněním): $F_{\text{adh}} = 2 \text{ kN/m}^2 \cdot A_{\text{bed}} =$	34 900 [N]
Součinitel podmínek působení dílce (pro opakované použití bednění): $\gamma_{\text{man}} =$	1 [-]
Koeficient pro cement (N): $s =$	0,25 [-]
Doba, po které je dílec vytahován z formy: $t =$	6 [dní]
Součinitel zohledňující vliv vytahování nevyzrálého bet. prvku z formy:	$\beta_{cc}(t) = e^{s \cdot \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{1/2} \right]} =$ 0,748 [-]
Průměrná pevnost betonu v tlaku po 28 dnech: $f_{cm} =$	43 000 000 [Pa]
Průměrná pevnost betonu v tlaku v čase t : $f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot f_{cm} =$	32 173 347 [Pa]
Pevnost betonu při vytahování z formy musí dosahovat min. 60 %: $[f_{cm}(t) / f_{cm}] \cdot 100 =$	75 [%]
<u>VYHOVUJE</u>	
Charakteristická pevnost betonu v tlaku po 28 dnech: $f_{ck} =$	35 000 000 [Pa]
Charakteristická pevnost betonu v tlaku v čase t : $f_{ck}(t) = f_{cm}(t) - 8 \text{ MPa} =$	24 173 347 [Pa]
Součinitel spolehlivosti pro beton: $\gamma_c =$	1,5 [-]
Návrhová pevnost betonu v tlaku po 28 dnech: $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c =$	23 333 333 [Pa]
Návrhová pevnost betonu v tlaku v čase t :	$f_{cd}(t) = \frac{f_{ck}(t)}{\gamma_c} =$ 16 115 565 [Pa]
Pevnost betonu při vytahování z formy musí dosahovat min. 60 %: $[f_{cd}(t) / f_{cd}] \cdot 100 =$	69 [%]
<u>VYHOVUJE</u>	
Zatížení: $f_1 = 1,3 \cdot \gamma_g \cdot (F_k + F_{\text{adh}}) / L =$	16 389 N/m
Zatížení: $f_2 = 1,8 \cdot \gamma_g \cdot \gamma_{\text{man}} \cdot F_k / L =$	15 188 N/m
- Manipulační úchyty umístěny ve vzdálenosti 0,21 · L od okrajů sloupu, tj.:	2,350 [m]



Obr.33: Průběh momentů na sloupu při vytahování z bednění

Maximální hodnota momentu: $M_{ed} =$ **45 250 [Nm]**

Plocha podélné výztuže (započítám pouze 4Φ12mm): $A_s =$ **4,52E-04 [m²]**

Návrhová mez kluzu oceli: $f_{yd} =$ **434 780 000 [Pa]**

Účinná výška sloupu: $d =$ **0,461 [m]**

$\lambda =$ **0,8 [-]**

Poloha neutrální osy:
$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}(t)} =$$
 0,031 [m]

Přetvoření betonu $\epsilon_{cu3} =$ **3,50 [‰]**

Přetvoření oceli: $\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s =$ **2,07 [‰]**

$$x < x_{lim} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}} \cdot d =$$
 0,290 [m]

Omezení: $x < x_{lim} =$ **SPLŇUJE**

Rameno vnitřních sil: $z_c = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x =$ **0,449 [m]**

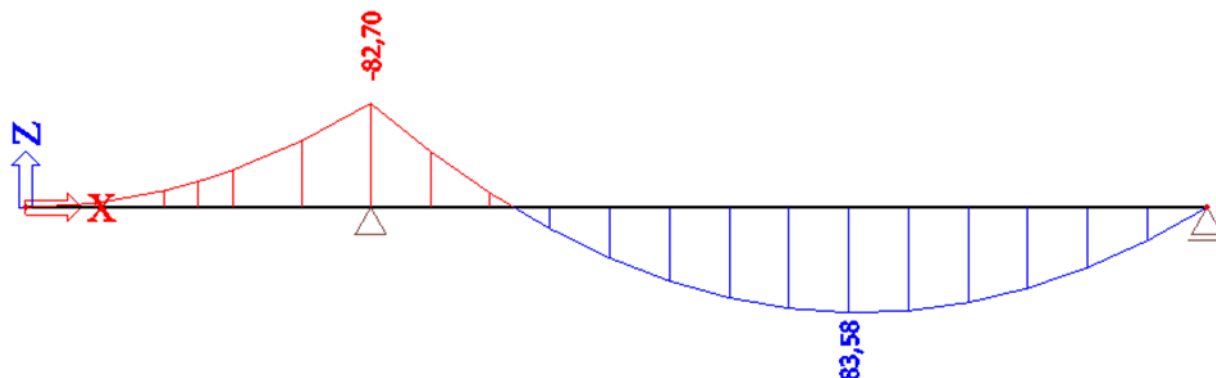
Moment na mezi únosnosti: $M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c =$ **88 273 [Nm]**

Posouzení na ohyb:
$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} =$$
 0,5 < 1

**OBVODOVÝ SLOUP VYHOVUJE
PŘI VYTAHOVÁNÍ Z FORMY (NA
OHYB)**

OBVODOVÝ SLOUP - VZTYČOVÁNÍ
SLOUPU - POSOUZENÍ NA OHYB:

vzdálenost manipulačního otvoru od hlavy sloupu: $0,29 \cdot L =$	3,300 [m]
Vlastní tíha sloupu (+ tíha manipulačních úchytů, destiček apod.): $F_k = g_{\text{sloupu}} \cdot L =$	70 625 [N]
Zatížení: $f_2 = 1,8 \cdot \gamma_g \cdot \gamma_{\text{man}} \cdot F_k / L =$	15 188 N/m
Moment na mezi únosnosti: $M_{Rd} = 3.$ bod interakčního diagramu: $M_{Rd3} =$	149 146 [Nm]



Maximální hodnota momentu: $M_{Ed} =$	83 580 [Nm]
---------------------------------------	--------------------

$$\frac{M_{Ed}}{M_{rd}} = 0,6 < 1$$

OBVODOVÝ SLOUP VYHOVUJE
NA VZTYČOVÁNÍ

13. VYZTUŽENÍ HLAVY SLOUPU

- Jedná se o posouzení ŽB „vidlice“, mezi které je uložen vazník. Při montáži (bez obvodového a střešního pláště) může být příčný rám zatížen větrem:

tloušťka vidlice: $t =$	0,115 [m]
délka vidlice: $b =$	0,300 [m]
výška vidlice: $h =$	0,660 [m]
Průměr výztuže: $\Phi =$	0,010 [m]
Průměr smykové výztuže - třmínky: $\Phi_{st} =$	0,008 [m]
<u>Krytí výztuže:</u>	
<u>Minimální hodnota krycí vrstvy: c_{min}</u>	
$c_{min,sl} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 0,01m \}$	0,015 [m]
smyková výztuž: $c_{min,st} = \max \{ c_{min,b,st}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 0,01m \}$	0,015 [m]
Požadavek soudržnosti: $c_{min,b} = \Phi$	0,010 [m]
Požadavek soudržnosti u smykové výztuže: $c_{min,b,st} = \Phi_{st}$	0,008 [m]
Vliv prostředí (XC1) a třídy konstrukce (S4): $c_{min,dur} =$	0,015 [m]
Přídavná hodnota z hlediska spolehlivosti: $\Delta c_{dur,\gamma} =$	0 [m]
Redukce při nerezavějící oceli: $\Delta c_{dur,st} =$	0 [m]
Redukce při dodatečné ochraně výztuže: $\Delta c_{dur,add} =$	0 [m]
Návrhová odchylka (při provádění ve výrobně): $\Delta c_{dev} =$	0,010 [m]
<u>Nominální hodnota betonové krycí vrstvy: c_{nom}</u>	
$c_{nom,sl} = c_{min} + \Delta c_{dev} =$	0,025 [m]
smyková výztuž: $c_{nom,st} = c_{min,st} + \Delta c_{dev} =$	0,025 [m]
$c_{nom} = \max \{ c_{nom,sl} - \Phi_{st}; c_{nom,st} \} =$	0,025 [m]
<u>Návrhová hodnota betonové krycí vrstvy: c</u>	
$c \geq c_{nom}$	0,025 [m]
Počet prutů u vnějšího povrchu: $n_1 =$	4 [ks]
Počet prutů u vnitřního povrchu: $n_2 =$	4 [ks]
Plocha výztuže u vnějšího povrchu: $A_s = A_{s,1ks} \cdot n_1 =$	3,14E-04 [m ²]
Minimální světlá vzdálenost výztuže: $s_{min} = \max \{ 1,2 \cdot \phi_{sl}; dg+5mm; 20mm \} =$	0,021 [m]
Skutečná světlá vzdálenost výztuže: $s = (b - 2 \cdot c - 2 \cdot \Phi) / (n-1) =$	0,075 [m]
Plocha 1/2 vazníku: $A =$	14,40 [m ²]
tlak větru: $w_k =$	296 [N/m ²]
tlak větru: $w_d = w_k \cdot \gamma_Q =$	444 [N/m ²]
Reakce kterou přenáší vidlice:	6 394 [N]
Nejnepříznivější stav = reakce působí u horní hrany vidlice: rameno: $r =$	0,660 [m]
Návrhový moment: $M_{Ed} = R \cdot r =$	4 220 [Nm]
$d_1 =$	0,038 [m]

d =	0,077 [m]
$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} =$	0,024 [m]
Rameno vnitřních sil: $z_c = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x =$	0,067 [m]
Moment na mezi únosnosti: $M_{Rd} =$	9 185 [Nm]
$\frac{M_{Ed}}{M_{rd}} =$	0,5 < 1

VYHOVUJE

VÝPOČET STYKOVACÍ DÉLKY VÝZTUŽE SLOUPU (VIDLICE):

návrhová pevnost oceli v tahu:

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C = 2,2 / 1,5 = 1,46 \text{ MPa}$$

mezí napětí v soudržnosti:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,46 = 3,29 \text{ MPa}$$

$$\text{napětí ve výztuži: } \sigma_{sd} = f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

základní kotevní délka:

$$l_{b,rqd} = \frac{\Phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{10}{4} \cdot \frac{434,78}{3,29} = 330 \text{ mm}$$

minimální kotevní délka:

$$l_{b,min} = \max \{0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10 \cdot \phi; 100 \text{ mm}\} = \max \{0,3 \cdot 330; 10 \cdot 10; 100 \text{ mm}\} = 100 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka:

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 330 = 330 \text{ mm} \geq l_{b,min} = 100 \text{ mm}$$

STYKOVÁNÍ VÝZTUŽE:

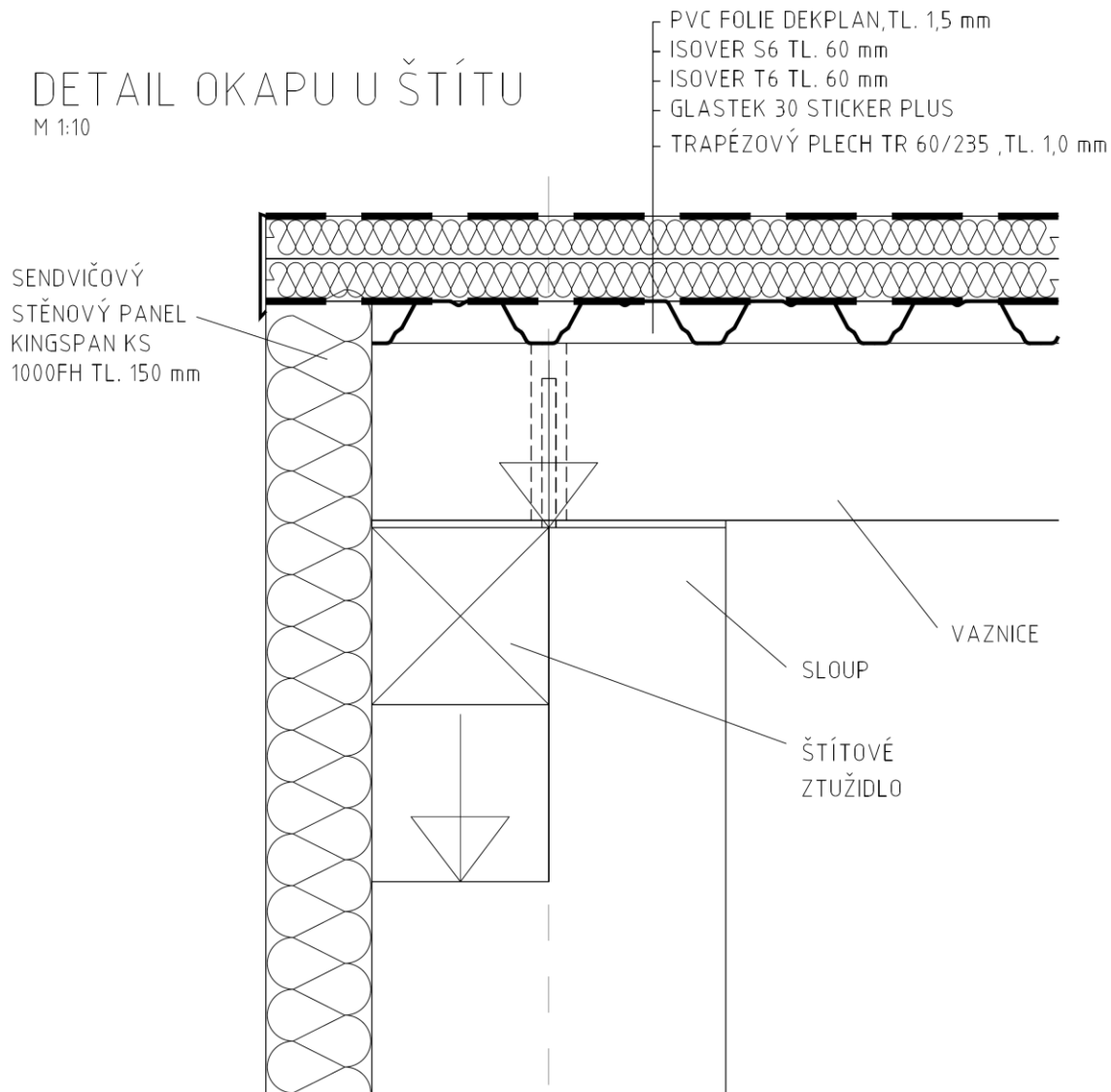
$$\text{minimální přesahová délka: } l_{0,min} = \max \{0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}; 15 \cdot \phi; 200 \text{ mm}\} = \max \{0,3 \cdot 1,5 \cdot 330; 15 \cdot 10; 200 \text{ mm}\} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{návrhová přesahová délka: } l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 330 = 495 \text{ mm} \geq l_{0,min} = 200 \text{ mm}$$

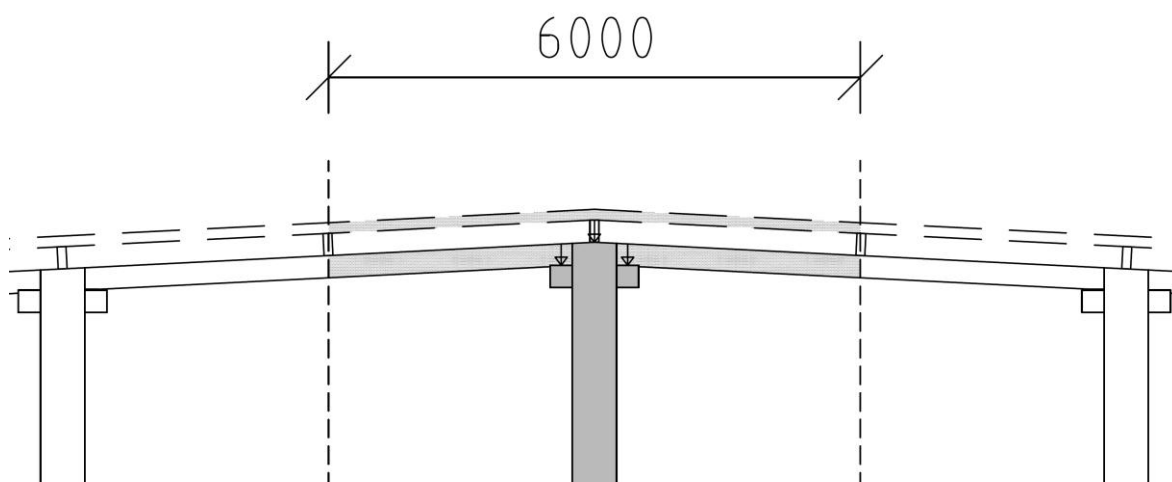
→ Navržena styková délka 500 mm (pro vyztužení vidlic sloupu = ve zhlaví sloupu)

14. ŠÍTOVÝ SLOUP

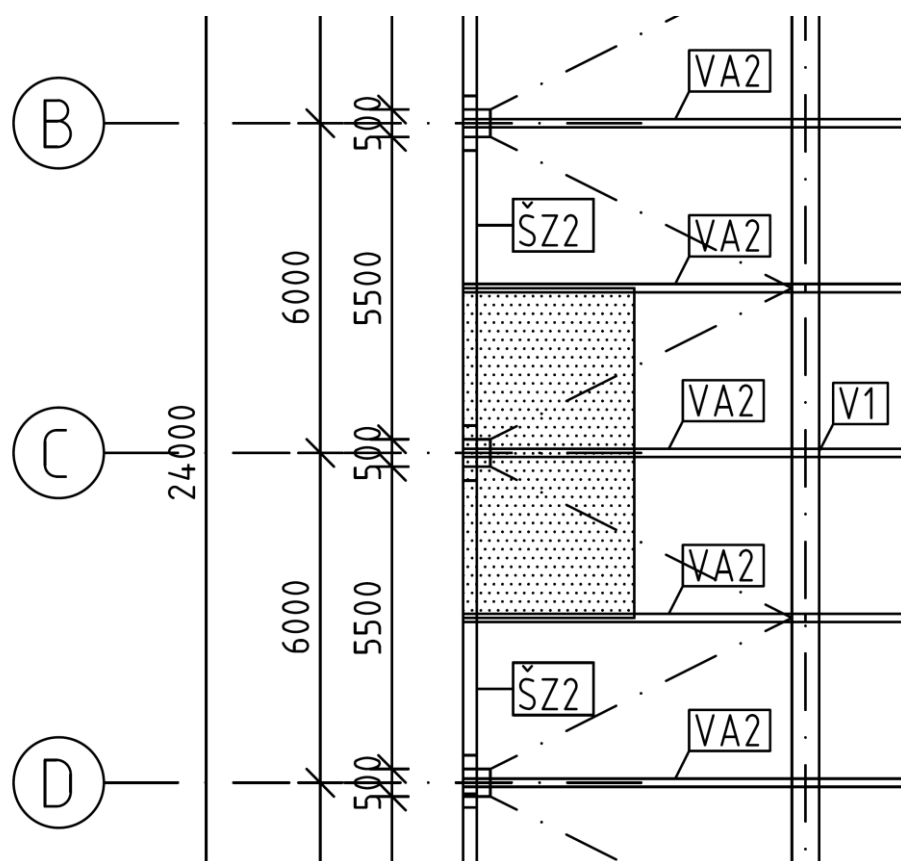
Posouzení bylo provedeno pro štítový sloup v průniku os 1, C, z důvodu nejvyšší výšky sloupu.



Obr.34: Detail uložení vaznice a ztužidla u štítu

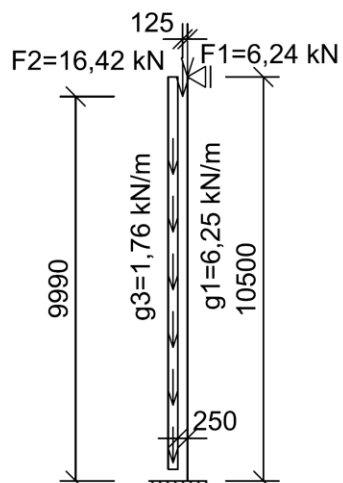


Obr.35: Pohled na čelo štítové stěny

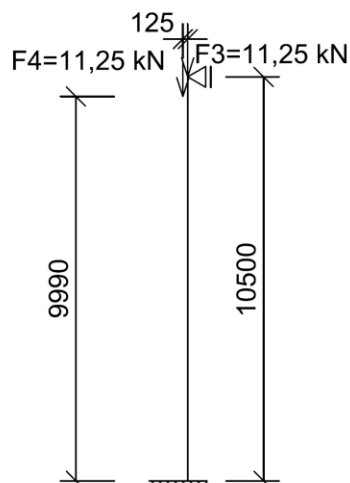


Obr.36: Půdorys – plocha střeš. pláště zatěžující štít. sloup

ZS1-STÁLÉ ZATÍŽENÍ



ZS2-SNÍH



VAZNICE, STŘEŠNÍ PLÁŠŤ: F1

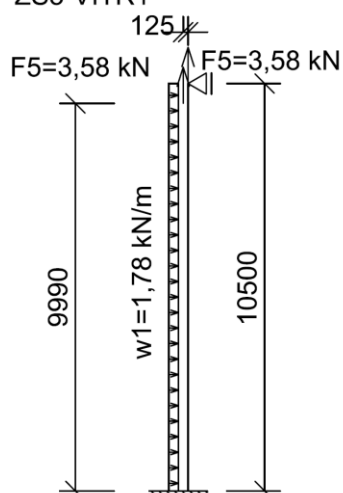
ZTUŽIDLA+KONZOLY+VAZNICE+STŘ.PLÁŠŤ: F2

TÍHA SLOUPU: g1

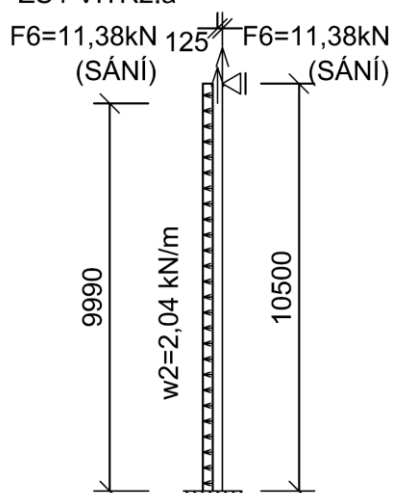
TÍHA OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ: g3

Obr.37: Statická schémata štítového sloupu ZS1-ZS2

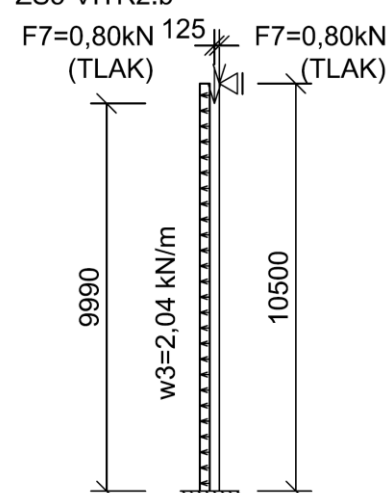
ZS3-VÍTR1



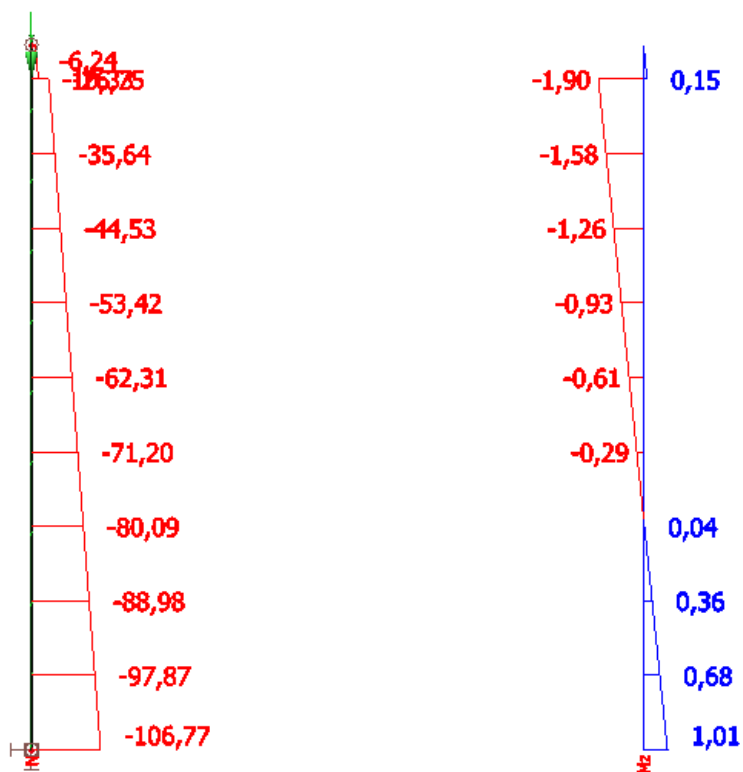
ZS4-VÍTR2.a



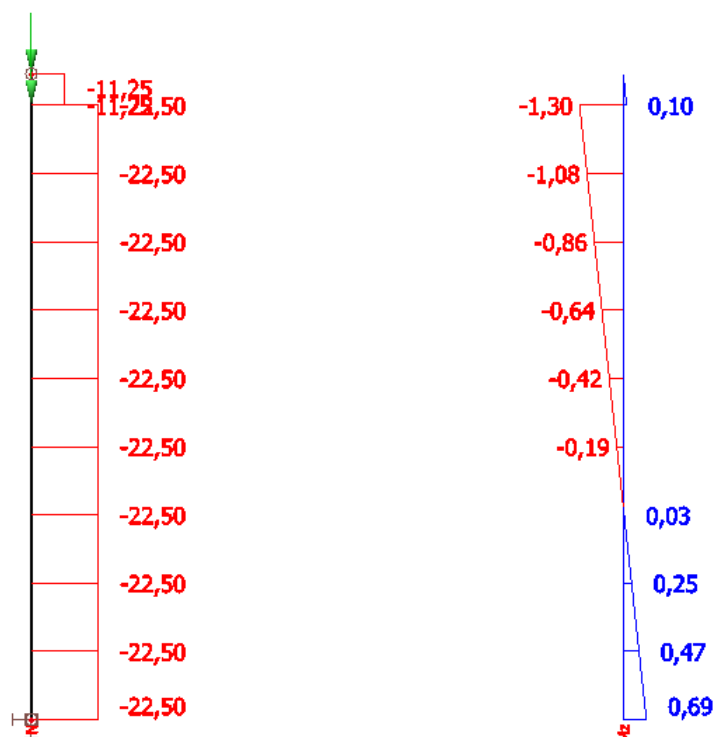
ZS5-VÍTR2.b



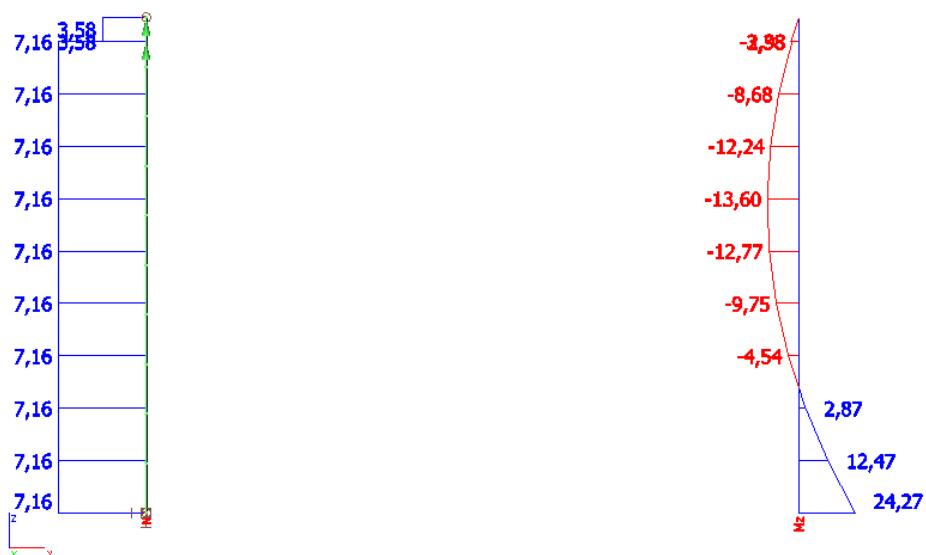
Obr.38: Statická schémata štítového sloupu ZS3-ZS5



Obr.39: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od stálého zatížení



Obr.40: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od zatížení sněhem



Obr.41: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od zatížení větrem 1



Obr.42: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od zatížení větrem 2.a



Obr.43: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od zatížení větrem 2.b

15. ŠTÍTOVÝ SLOUP – ZATÍŽENÍ VE SMĚRU RÁMU (ŠTÍTU)

Vítr působící kolmo na rám – přenesení se ze štítu:

ZS – „vítr1“ = vítr na štítovou stranu $0,508 \text{ kN/m}^2$

ZS – „vítr2.a“ = vítr na delší stěnu (střecha - sání) $0,296 + 0,127 = 0,423 \text{ kN/m}^2$

ZS – „vítr2.b“ = vítr na delší stěnu (střecha - tlak) $0,296 + 0,127 = 0,423 \text{ kN/m}^2$

Plocha fasády (v podélném směru) na kterou působí vítr (pro rohový sloup):

šířka: $5,5/2 + 0,50 + 0,15 = 3,4 \text{ m}$

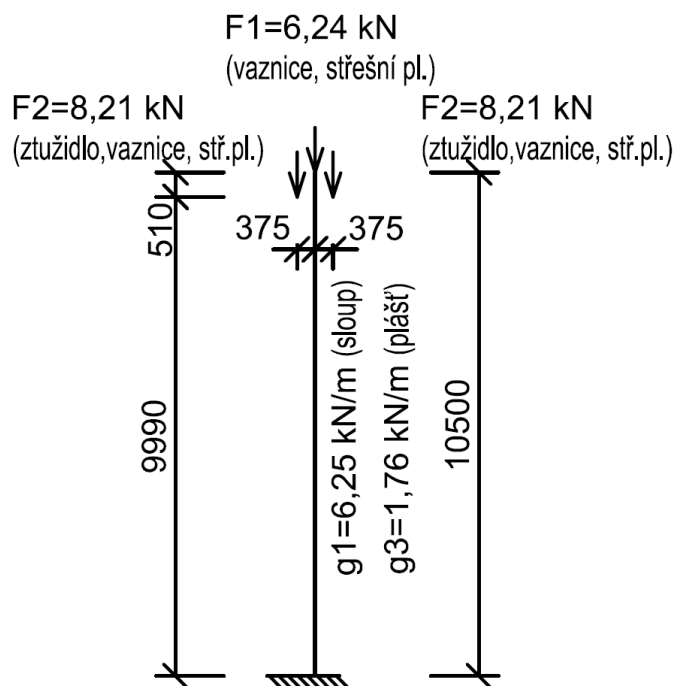
výška: $10,30 \text{ m}$

Plocha = $35,02 \text{ m}^2$

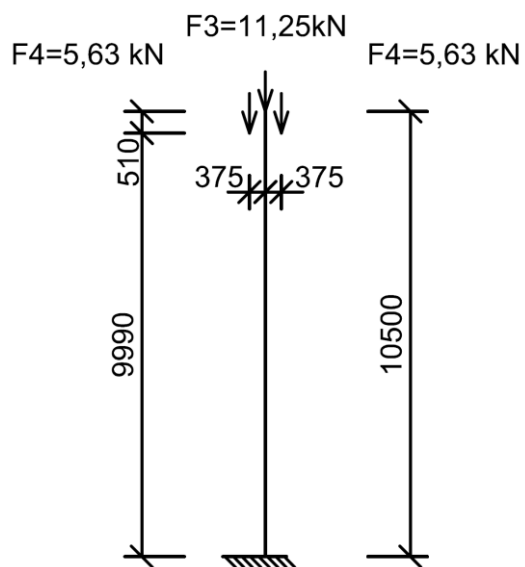
$F_{11} = 0,508 \text{ kN/m}^2 \cdot 35,02 \text{ m}^2 = 17,80 \text{ kN}$ / 9 sloupů (ve štítu) = $2,0 \text{ kN}$ (na 1 sloup)

$F_{12} = 0,423 \text{ kN/m}^2 \cdot 35,02 \text{ m}^2 = 14,82 \text{ kN}$ / 9 sloupů (ve štítu) = $1,7 \text{ kN}$

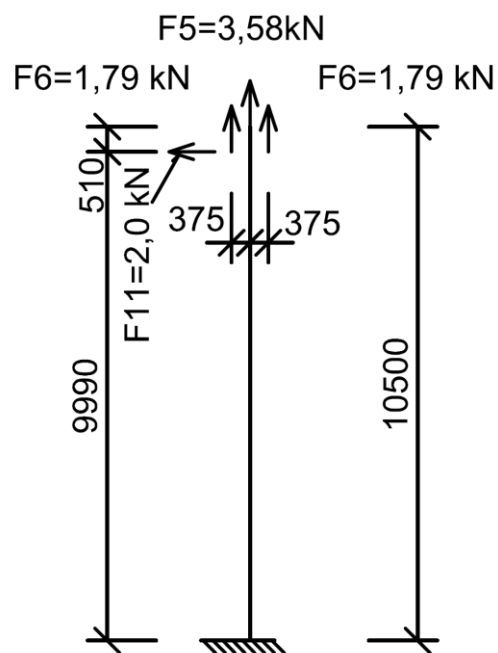
$F_{13} = 0,423 \text{ kN/m}^2 \cdot 35,02 \text{ m}^2 = 14,82 \text{ kN}$ / 9 sloupů (ve štítu) = $1,7 \text{ kN}$



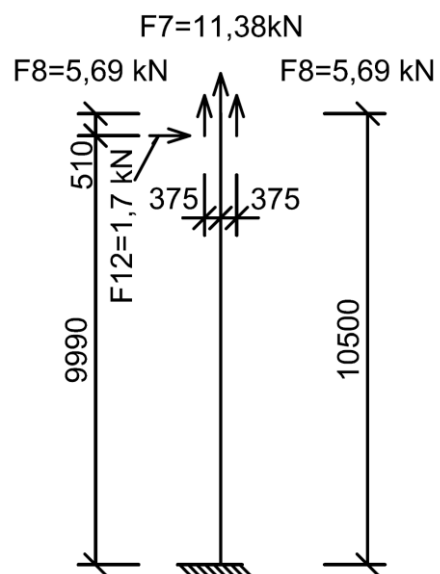
Obr.44: Schéma štítového sloupu – stálé zatížení



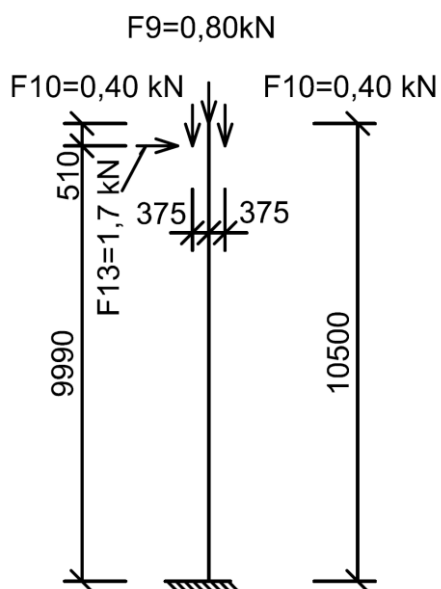
Obr.45: Schéma štítového sloupu – zatížení sněhem



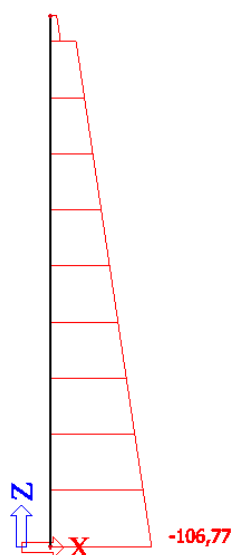
Obr.46: Schéma štítového sloupu – zatížení „vítr I“



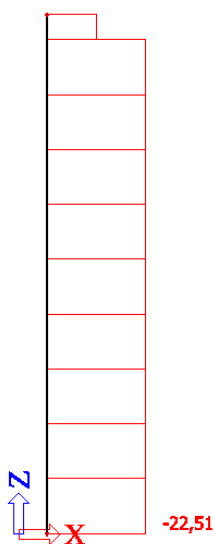
Obr.47: Schéma štitového sloupu – zatížení „vitr2.a“



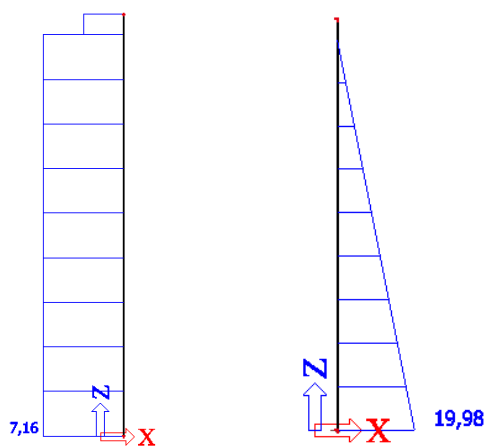
Obr.48: Schéma štitového sloupu – zatížení „vitr2.b“



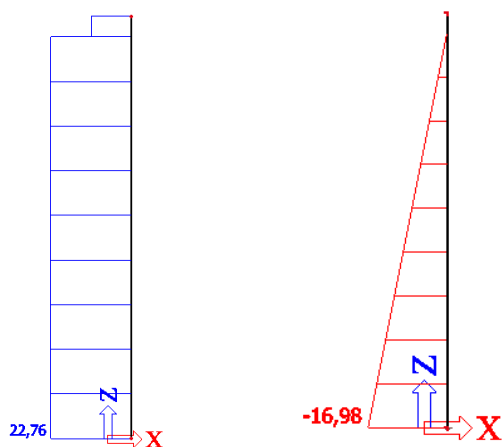
Obr.49: Výsledky N [kN] na sloupu od stálého zatížení



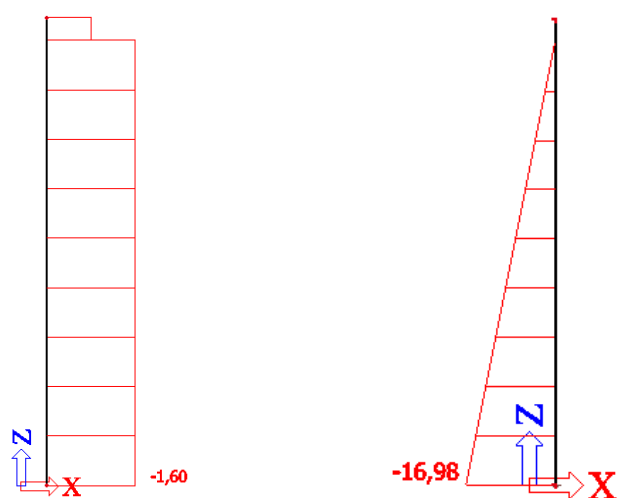
Obr.50: Výsledky N [kN] na sloupu od sněhu



Obr.51: Výsledky N [kN] a M [kNm] na sloupu od větru 1



Obr.52: Výsledky N [kN] a M [kNm] na sloupu od větru 2.a



Obr.53: Výsledky N [kN] a M [kNm] na sloupu od větru 2.b

16. ŠTÍTOVÝ SLOUP - VÝPOČET

Beton: třída C 35/45

Charakteristická pevnost betonu v tlaku: $f_{ck} =$ 35 000 000 [Pa]

Návrhová pevnost betonu v tlaku: $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} =$ 23 330 000 [Pa]

Pevnost betonu v tahu: $f_{ctm} =$ 3 200 000 [Pa]

Součinitel spolehlivosti pro beton: $\gamma_c =$ 1,5

Přetvoření betonu $\varepsilon_{cu3} =$ 3,5 [‰]

Průměrný modul pružnosti betonu: $E_{cm} =$ 34 000 000 000 [Pa]

Výztuž: B500B

Charakteristická mez kluzu: $f_{yk} =$ 500 000 000 [Pa]

Návrhová mez kluzu: $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} =$ 434 780 000 [Pa]

Součinitel spolehlivosti pro bet. ocel: $\gamma_s =$ 1,15

Modul pružnosti oceli: $E_s =$ 210 000 000 000 [Pa]

Přetvoření oceli: $\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} =$ 2,07 [‰]

Šířka sloupu: $b =$ 0,500 [m]

Šířka sloupu: $h =$ 0,500 [m]

Skutečná výška sloupu: $L_{skut} =$ [m]

Výpočtová výška sloupu: $L =$ 10,500 [m]

Zatěžovací šířka pro sloup: $Z.\check{S}. =$ 6,000 [m]

Průměr výztuže: $\Phi =$ 0,012 [m]

Průměr smykové výztuže - třmínky: $\Phi_{st} =$ 0,008 [m]

Krytí výztuže:

Minimální hodnota krycí vrstvy: c_{min}

$c_{min,sl} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 0,01m\}$ 0,015 [m]

smyková výztuž: $c_{min,st} = \max \{c_{min,b,st}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 0,01m\}$ 0,015 [m]

Požadavek soudržnosti: $c_{min,b} = \Phi$ 0,012 [m]

Požadavek soudržnosti u smykové výztuže: $c_{min,b,st} = \Phi_{st}$ 0,008 [m]

Vliv prostředí (XC1) a třídy konstrukce (S4): $c_{min,dur} =$ 0,015 [m]

Přídavná hodnota z hlediska spolehlivosti: $\Delta c_{dur,\gamma} =$	0 [m]
Redukce při nerezavějící oceli: $\Delta c_{dur,st} =$	0 [m]
Redukce při dodatečné ochraně výztuže: $\Delta c_{dur,add} =$	0 [m]
Návrhová odchylka (při provádění ve výrobně): $\Delta c_{dev} =$	0,010 [m]
<u>Nominální hodnota betonové krycí vrstvy: c_{nom}</u>	
$c_{nom,sl} = c_{min} + \Delta c_{dev} =$	0,025 [m]
smyková výztuž: $c_{nom,st} = c_{min,st} + \Delta c_{dev} =$	0,025 [m]
$c_{nom} = \max\{c_{nom,sl} - \Phi_{st}; c_{nom,st}\} =$	0,025 [m]
<u>Návrhová hodnota betonové krycí vrstvy: c</u>	
$c \geq c_{nom}$	0,025 [m]
<u>Kontrola míry vyztužení</u>	
Maximální normálová síla v patě sloupu: $N_{Ed} =$	179 330 [N]
Minimální plocha výztuže: $A_{s,min,I} = 0,10 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} =$	4,12E-05 [m²]
$A_{s,min,II} = 0,002 \cdot A_c =$	5,00E-04 [m²]
$A_{s,min} = \max\{A_{s,min,I}; A_{s,min,II}\}$	5,00E-04 [m²]
Maximální plocha výztuže: $A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c =$	1,00E-02 [m²]
Navržená plocha podélné výztuže: $A_s =$	1,36E-03 [m²]
Průměr podélné výztuže (v rozích): $\Phi =$	0,012 [m]
Průměr podélné výztuže (mimo rohy): $\Phi' =$	0,012 [m]
Celkový počet prutů podélné výztuže: $n =$	12 [ks]
Počet prutů podélné výztuže v 1.ose (nejblíže obvod. pláště): $4 \cdot \Phi = 12\text{mm}$: $n_1 =$	4 [ks]
Počet prutů podélné výztuže ve 2.vrstvě: $2 \cdot \Phi = 12\text{mm}$: $n_2 =$	2 [ks]
Počet prutů podélné výztuže ve 3.vrstvě: $2 \cdot \Phi = 12\text{mm}$: $n_3 =$	2 [ks]
Počet prutů podélné výztuže ve 4.vrstvě: $4 \cdot \Phi = 12\text{mm}$: $n_4 =$	4 [ks]
Posouzení plochy vyztuže:	
Podmínka: $A_{s,min} < A_s < A_{s,max}$	<u>VYHOVUJE</u>
Maximální vzdálenost podélné výztuže: $s_{max} =$	0,400 [m]
Min. vzdálenost výztuže: $s_{min} = \max\{1,2 \cdot \phi_{sl}; dg+5\text{mm}; 20\text{mm}\} =$	0,021 [m]

Světlná vzdálenost výztuže mezi pruty: $s = (b - 2 \cdot c - 2 \cdot \Phi_{st}) / 3 =$ 0,141 [m]

Podmínka: $s_{min} < s < s_{max}$

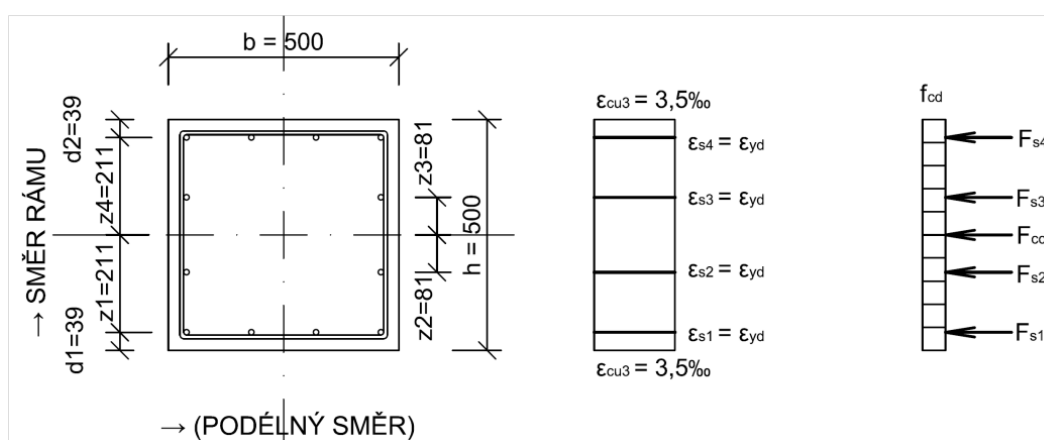
VYHOVUJE

Interakční diagram

VE SMĚRU KOLMÉM K RÁMU

$d_1 =$	0,039 [m]
$d_2 =$	0,039 [m]
$z_1 =$	0,211 [m]
$z_2 =$	0,081 [m]
$z_3 =$	0,081 [m]
$z_4 =$	0,211 [m]

BOD 0



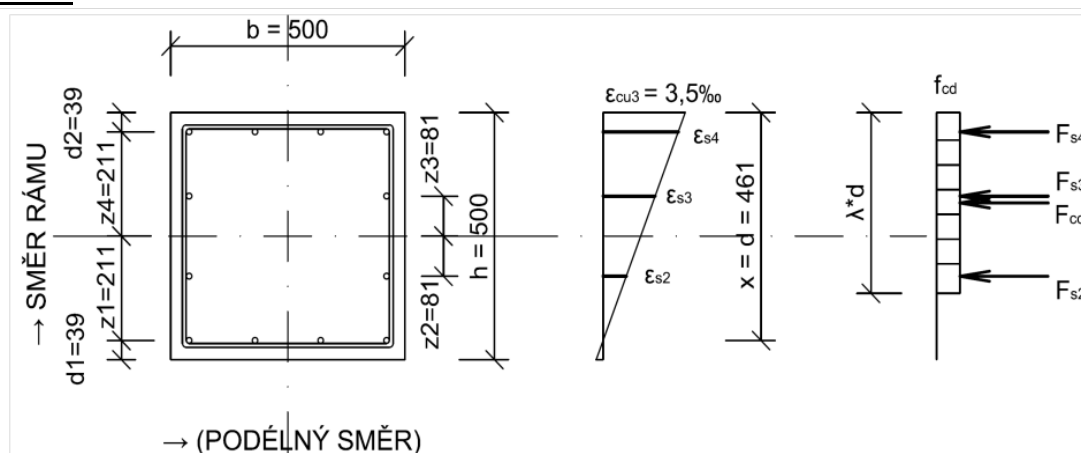
- Jedná se o případ tlakového porušení betonu.

Plocha podélné výztuže: $A_{s1} =$	4,52E-04 [m ²]
Plocha podélné výztuže: $A_{s2} =$	2,26E-04 [m ²]
Plocha podélné výztuže: $A_{s3} =$	2,26E-04 [m ²]
Plocha podélné výztuže: $A_{s4} =$	4,52E-04 [m ²]
Poměrné přetvoření betonu: $\epsilon_{cu3} =$	3,50E-03 [-]
Mezní poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{yd} = f_{yd}/E_s =$	2,07E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s1} =$	2,07E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s2} =$	2,07E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s3} =$	2,07E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s4} =$	2,07E-03 [-]
Síla přenášená betonem: $F_{cc} = b \cdot h \cdot f_{cd} =$	5 832 500 [N]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s1} = E_s \cdot \epsilon_{s1} =$	434 780 000 [Pa]
	$\leq f_{yd} =$ 434 780 000 [Pa]

VYHOVUJE

Napětí ve výztuži: $\sigma_{s2} = E_s \cdot \varepsilon_{s2} =$	434 780 000 [Pa]
$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
VYHOVUJE	
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s3} = E_s \cdot \varepsilon_{s3} =$	434 780 000 [Pa]
$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
VYHOVUJE	
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s4} = E_s \cdot \varepsilon_{s4} =$	434 780 000 [Pa]
$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
VYHOVUJE	
Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} =$	196 690 [N]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$	98 345 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$	98 345 [N]
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot \sigma_{s4} =$	196 690 [N]
$N_{Rd0} = -F_{cc} - \Sigma F_s =$	-6 422 570 [N]
$M_{Rd0} =$	0 [Nm]

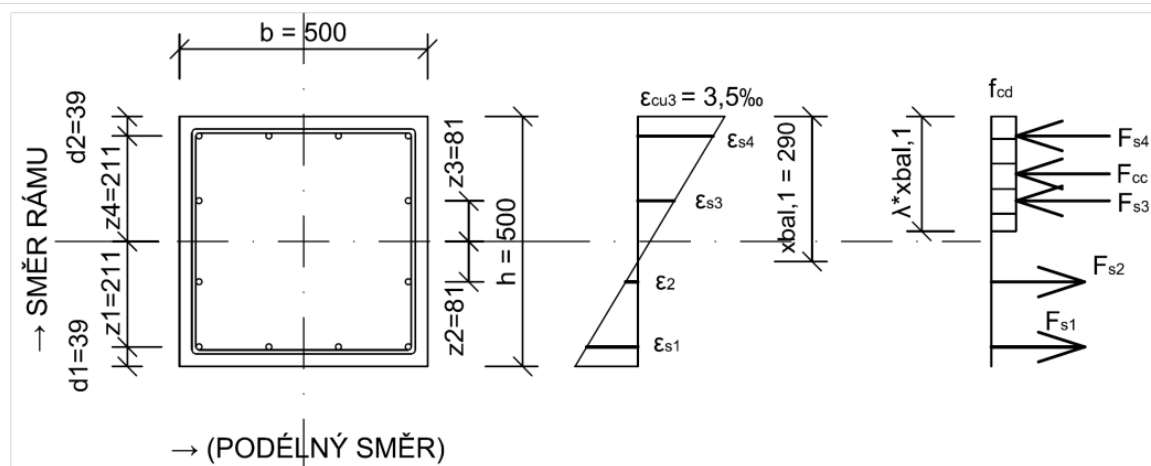
BOD 1



- N.O. prochází těžištěm výztuže A_{s1} (tzn. $x=d$)	
$x=d =$	0,461 [m]
Poměrné přetvoření betonu: $\varepsilon_{cu3} =$	0,0035 [-]
Mezní poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{yd} = f_{yd}/E_s =$	0,00207 [-]
$\zeta_{bal,2} = \varepsilon_{cu3} / (\varepsilon_{cu3} - \varepsilon_{yd}) =$	2,448 [-]
$d_2 =$	0,039 [m]
$x_{bal,2} = \zeta_{bal,2} \cdot d_2 =$	0,095 [m]
Podmínka: $x > x_{bal,2} \rightarrow \varepsilon_{s4} = f_{yd}$	OK $\rightarrow \varepsilon_{s4} = f_{yd}$
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s2} =$	9,86E-04 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s3} = \varepsilon_{yd}$	2,07E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s4} = \varepsilon_{yd}$	2,07E-03 [-]
Síla přenášená betonem: $F_{cc} = b \cdot (\lambda \cdot d) \cdot f_{cd} =$	4 302 052 [N]

Napětí ve výztuži: $\sigma_{s2} = E_s \cdot \epsilon_{s2} =$	207 060 000 [Pa]
$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
VYHOVUJE	
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s3} = E_s \cdot \epsilon_{s3} =$	434 780 000 [Pa]
$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
VYHOVUJE	
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s4} = E_s \cdot \epsilon_{s4} =$	434 780 000 [Pa]
$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
VYHOVUJE	
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$	46 836 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$	98 345 [N]
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot \sigma_{s4} =$	196 690 [N]
$N_{Rd1} = - F_{cc} - \Sigma F_s =$	-4 643 923 [N]
$M_{Rd1} = - F_{s2} \cdot z_2 + F_{s3} \cdot z_3 + F_{s4} \cdot z_4 + F_{cc} \cdot (h/2 - [\lambda \cdot d]/2)$	327 888 [Nm]

BOD 2

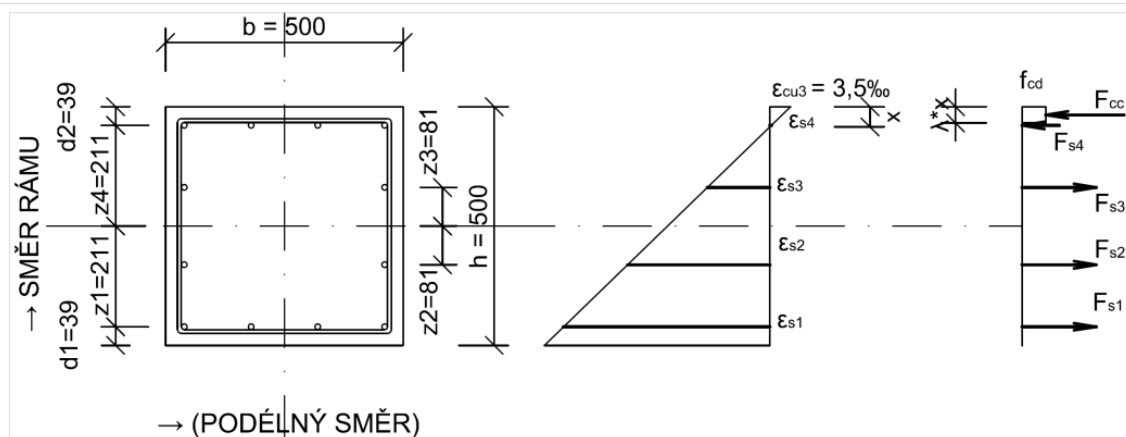


- N.O. leží ve vzdálenosti $x_{bal,1}$ od tlačného okraje průřezu

$\zeta_{bal,1} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) =$	0,628 [-]
$x = x_{bal,1} = \zeta_{bal,1} \cdot d =$	0,290 [m]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s1} =$	2,06E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s2} =$	4,94E-04 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s3} =$	1,46E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\epsilon_{s4} = \epsilon_{yd}$	2,07E-03 [-]
Síla přenášená betonem: $F_{cc} = b \cdot (\lambda \cdot x_{bal,1}) \cdot f_{cd} =$	2 703 079 [N]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s1} = E_s \cdot \epsilon_{s1} =$	433 440 000 [Pa]
$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
VYHOVUJE	
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s2} = E_s \cdot \epsilon_{s2} =$	103 740 000 [Pa]

	$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
	VYHOVUJE	
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s3} = E_s \cdot \epsilon_{s3} =$		306 600 000 [Pa]
	$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
	VYHOVUJE	
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s4} = E_s \cdot \epsilon_{s4} =$		434 780 000 [Pa]
	$\leq f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
	VYHOVUJE	
Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} =$		196 084 [N]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$		23 465 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$		69 351 [N]
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot \sigma_{s4} =$		196 690 [N]
$N_{Rd2} = -F_{cc} + F_{s1} + F_{s2} - F_{s3} - F_{s4} =$		-2 749 571 [N]
$M_{Rd2} = F_{cc} \cdot (h/2 - [\lambda \cdot x_{bal,1}]/2) + F_{s1} \cdot z_1 + F_{s2} \cdot z_2 + F_{s3} \cdot z_3 + F_{s4} \cdot z_4 =$		452 977 [Nm]

BOD 3

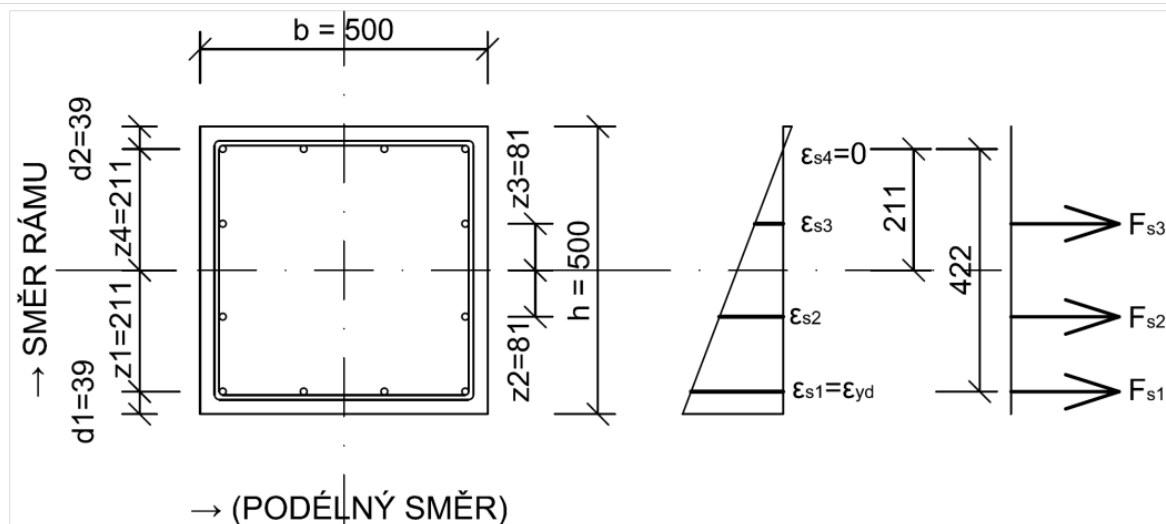


- Jedná se o případ namáhání prostým ohybem

$N_{Rd3} =$		0 [N]
odhad: $x =$		0,042154 [m]
		42,2 [mm]
Síla přenášená betonem: $F_{cc} = b \cdot (\lambda \cdot x) \cdot f_{cd} =$		393 381 [N]
$\epsilon_{s1} = (\epsilon_{cu3}/x) \cdot (d-x) =$		3,48E-02 [-]
	$\epsilon_{s1} > \epsilon_{yd} >>> \sigma_1 =$	
	f_{yd}:	
$\sigma_1 =$		434 780 000 [Pa]
$\epsilon_{s2} = (\epsilon_{cu3}/x) \cdot (0,5 \cdot h + z_2 - x) =$		2,40E-02 [-]
	$\epsilon_{s2} > \epsilon_{yd} >>> \sigma_2 =$	
	f_{yd}:	
$\sigma_2 =$		434 780 000 [Pa]
$\epsilon_{s3} = (\epsilon_{cu3}/x) \cdot (0,5 \cdot h - x - z_3) =$		1,05E-02 [-]

	$\varepsilon_{s3} > \varepsilon_{yd} \gg \sigma_2 =$ f_{yd}:
$\sigma_3 =$	434 780 000 [Pa]
Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_1 =$	196 690 [N]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_2 =$	98 345 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_3 =$	98 345 [N]
Síla ve výztuži 4 - v bodě 4 zanedbám účinek výztuže (malé využití): $F_{s4} =$	0 [N]
$N_{Rd3} = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} - F_{cc} =$	-1 [N]
kontrola: $N_{Rd3} = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} - F_{cc} \approx 0$	<u>VYHOVUJE</u>
$N_{Rd3} = F_{s1} + F_{s2} - F_{s3} - F_{cc} \approx$	0 [N]
$M_{Rd3} = F_{cc} \cdot (h/2 - [\lambda \cdot x]/2) + F_{s1} \cdot z_1 + F_{s2} \cdot z_2 + F_{s3} \cdot z_3 =$	149 146 [Nm]

BOD 4

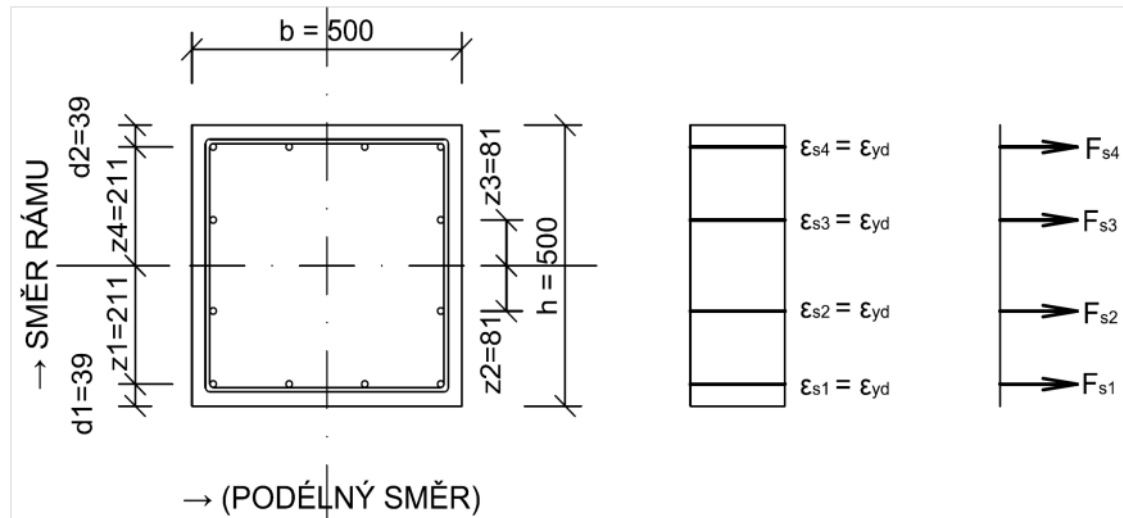


- N.O. prochází těžištěm výztuže A_{s4}	
Síla přenášená betonem: $F_{cc} =$	zanedbá se
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot 0 =$	0 [N]
$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{yd}$	2,07E-03 [-]
$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd}$	2,07E-03 [-]
$\varepsilon_{s3} =$	9,86E-04 [-]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s1} = E_s \cdot \varepsilon_{s1} =$	434 780 000 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s2} = E_s \cdot \varepsilon_{s2} =$	434 780 000 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s3} = E_s \cdot \varepsilon_{s3} =$	207 060 000 [Pa]
Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} =$	196 690 [N]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$	98 345 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$	46 836 [N]
$N_{Rd4} = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} =$	341 871 [N]

$$M_{Rd4} = F_{s1} \cdot z_1 + F_{s2} \cdot z_2 - F_{s3} \cdot z_3 =$$

$$45\,674 \text{ [Nm]}$$

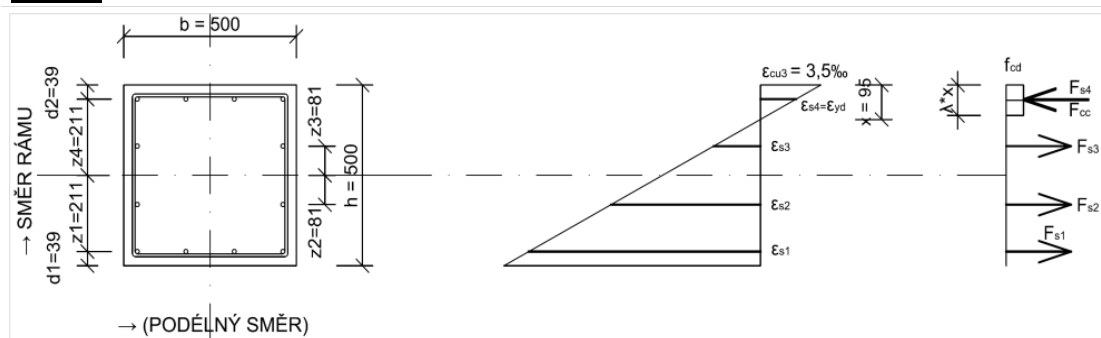
BOD 5



- Působíště tahové síly leží v těžišti všech výztuží

$\epsilon_{s1} = \epsilon_{s2} = \epsilon_{s3} = \epsilon_{s4} = \epsilon_{yd} =$	2,07E-03 [-]
Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} =$	196 690 [N]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$	98 345 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$	98 345 [N]
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot \sigma_{s4} =$	196 690 [N]
$N_{Rd5} = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} =$	590 070 [N]
$M_{Rd5} =$	0 [Nm]

BOD Z



- Hranice plného využití tlacené výztuže A_{s4} ($\epsilon_{s4} = \epsilon_{yd}$)

$\zeta_{bal,2} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} - \epsilon_{yd}) =$	2,448 [-]
vzdálenost osy výztuže a okraje průřezu: $d_2 =$	0,039 [m]
$x = x_{bal,2} = \zeta_{bal,2} \cdot d_2 =$	0,095 [m]
Síla přenášená betonem: $F_{cc} = b \cdot (\lambda \cdot x) \cdot f_{cd} =$	891 019 [N]
$\epsilon_{s1} > \epsilon_{yd} \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]

$\epsilon_{s1} > \epsilon_{yd} \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
$\epsilon_{s3} > \epsilon_{yd} \rightarrow \sigma_{s3} = f_{yd} =$	434 780 000 [Pa]
Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} =$	196 690 [N]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$	98 345 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$	98 345 [N]
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot \sigma_{s4} =$	196 690 [N]
$N_{RdZ} = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} - F_{s4} - F_{cc} =$	-694 329 [N]
$M_{RdZ} = F_{cc} \cdot (h/2 - [\lambda \cdot x]/2) + F_{s1} \cdot z_1 + F_{s2} \cdot z_2 - F_{s3} \cdot z_3 + F_{s4} \cdot z_4 =$	271 728 [Nm]

vzpěrná délka (pro prosté podepření ve směru rámu): $l_{cr} = 1,0 \cdot L =$	10,500 [m]
excentricita: $e_i = l_{cr} / 400 =$	0,026 [m]
výpočet excentricity e_2:	
$b =$	0,500 [m]
$h =$	0,500 [m]
$A = b \cdot h =$	0,250 [m ²]
$I =$	0,005208 [m ⁴]
poloměr setrvačnosti (ve směru rámu): $i = \sqrt{I/A} =$	0,144 [m]
štíhlost prutu: $\lambda = l_{cr} / i =$	72,7 [-]
součinitel A =	0,7 [-]
součinitel B =	1,1 [-]
součinitel C =	0,7 [-]
$N_{Ed,max} =$	179 330 [N]
$n = \frac{N_{Ed,max}}{A_c \cdot f_{cd}} =$	0,031 [-]
$\lambda_{lim} = 20 \cdot A \cdot B \cdot C / \sqrt{n} =$	61,48 [-]
$\lambda > \lambda_{lim} \rightarrow$ je nutné zohlednit vliv e_2	

$$e_2 = \left(\frac{1}{r} \right) \cdot \frac{l_0^2}{c} = \mathbf{0,110 [m]}$$

pro konstantní průřez: $c =$	10 [-]
křivost: $1/r = K_r \cdot K_\phi \cdot (1/r_0) =$	0,010
opravný součinitel:	
$K_r = \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} =$	1,54 ≤ 1
$K_r =$	1,00 [-]

$$n_u = 1 + \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 1,08 \quad [-]$$

hodnota n při maximální moment. únosnosti: $n_{bal} =$	0,4 [-]
počáteční křivost: $(1/r_0) = \varepsilon_{yd} / 0,45 \cdot d$	0,010 [1/m]
součinitel zohledňující vliv dotvarování: $K_\varphi = 1 + \beta \cdot \varphi_{ef} =$	1,0027 ≥ 1
$K_\varphi =$	1,00 [-]
$\beta = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda/150 =$	0,040 [-]
účinný součinitel dotvarování: $\varphi_{ef} = \varphi(\infty, t_0) \cdot M_{0Eqp}/M_{0Ed} =$	0,0671 [-]
konečný součinitel dotvarování (odvozen z grafu): $\varphi(\infty, t_0) =$	2,8 [-]
$t_0 =$	6 [dní]
náhradní obvod: $h_0 = 2 \cdot A_c / u =$	0,25 [m]
Moment 1.řádu od kvazistálé kombinace (v patě): $M_{0Eqp} =$	1 010 [Nm]
Moment 1.řádu od kombinace pro MSÚ (v patě): $M_{0Ed} =$	42 150 [Nm]

**17. KOMBINAČNÍ TABULKA V PATĚ (ŠTÍTOVÉHO) SLOUPU -
KOLMO NA RÁM**

ZS	CHARAK. SÍLY	SOUČINITELE γ	HODNOTY NÁVRHOVÉ			
			max M	min M	max N	min N
ZS1 - STÁLÉ	$N_k = -106,77$	1,35	<u>-144,14</u>	-144,14	-144,14	<u>-144,14</u>
	$V_k =$					
	$M_k = 1,01$		<u>1,36</u>	1,36	1,36	<u>1,36</u>
ZS1 - STÁLÉ	$N_k = -106,77$	1,0	-106,77	<u>-106,77</u>	<u>-106,77</u>	-106,77
	$V_k =$					
	$M_k = 1,01$		1,01	<u>1,01</u>	<u>1,01</u>	1,01
ZS2 - SNÍH	$N_k = -22,50$	1,5	<u>-33,75</u>	-33,75	-33,75	<u>-33,75</u>
	$V_k =$					
	$M_k = 0,69$		<u>1,04</u>	1,04	1,04	<u>1,04</u>
ZS3 - VÍTR 1	$N_k = 7,16$	1,5	<u>10,74</u>	10,74	<u>10,74</u>	10,74
	$V_k =$					
	$M_k = 24,27$		<u>36,41</u>	36,41	<u>36,41</u>	36,41
ZS4 - VÍTR 2.a	$N_k = 22,76$	1,5	34,14	<u>34,14</u>	34,14	34,14
	$V_k =$					
	$M_k = -28,77$		-43,16	<u>-43,16</u>	-43,155	-43,16
ZS5 - VÍTR 2.b	$N_k = -1,60$	1,5	-2,40	-2,40	-2,40	<u>-2,40</u>
	$V_k =$					
	$M_k = -28,02$		-42,03	-42,03	-42,03	<u>-42,03</u>
KOMBINACE	$N_d =$		-150,27	-72,63	-96,03	-179,33
	$V_d =$			19,65		
	$M_d =$		38,29	-42,15	37,42	-22,82

Ψ sníh = 0,5

Ψ vítr = 0,6

18. KOMBINAČNÍ TABULKA V HLAVĚ (ŠTÍTOVÉHO) SLOUPU
- KOLMO NA RÁM

ZS	CHARAK. SÍLY	SOUČINITELE γ	HODNOTY NÁVRHOVÉ			
			max M	min M	max N	min N
ZS1 - STÁLÉ	$N_k = -6,24$	1,35	-8,42	-8,42	-8,42	<u>-8,42</u>
	$V_k =$					
	$M_k = 0,00$		0,00	0,00	0,00	<u>0,00</u>
ZS1 - STÁLÉ	$N_k = -6,24$	1,0	-6,24	-6,24	<u>-6,24</u>	-6,24
	$V_k =$					
	$M_k = 0,00$		0	0	<u>0</u>	0,00
ZS2 - SNÍH	$N_k = -11,25$	1,5	-16,88	-16,88	-16,88	<u>-16,88</u>
	$V_k =$					
	$M_k = 0,00$		0,00	0,00	0,00	<u>0,00</u>
ZS3 - VÍTR 1	$N_k = 3,58$	1,5	5,37	5,37	5,37	5,37
	$V_k = 0,00$					
	$M_k = 0,00$		0,00	0,00	0,00	0,00
ZS4 - VÍTR 2.a	$N_k = 11,38$	1,5	17,07	17,07	<u>17,07</u>	17,07
	$V_k =$					
	$M_k = 0,00$		0,00	0,00	<u>0</u>	0,00
ZS5 - VÍTR 2.b	$N_k = -0,80$	1,5	-1,20	-1,20	-1,20	<u>-1,20</u>
	$V_k =$					
	$M_k = 0,00$		0,00	0,00	0,00	<u>0,00</u>
KOMBINACE	$N_d =$				10,83	-26,02
	$V_d =$				-13,21	
	$M_d =$				0,00	0,00

Ψ sníh = 0,5

Ψ vítr = 0,6

19. KOMBINAČNÍ TABULKA V PATĚ (ŠTÍTOVÉHO) SLOUPU - VE SMĚRU RÁMU

ZS	CHARAK. SÍLY	SOUČINITELE γ	HODNOTY NÁVRHOVÉ			
			max M	min M	max N	min N
ZS1 - STÁLÉ	$N_k = -106,77$	1,35	<u>-144,14</u>	-144,14	-144,14	<u>-144,14</u>
	$M_k = 0,00$		<u>0,00</u>	0,00	0,00	<u>0,00</u>
ZS1 - STÁLÉ	$N_k = -106,77$	1,0	-106,77	<u>-106,77</u>	<u>-106,77</u>	-106,77
	$M_k = 0,00$		0	<u>0</u>	<u>0</u>	0,00
ZS2 - SNÍH	$N_k = -22,51$	1,5	-33,77	-33,77	-33,77	<u>-33,77</u>
	$M_k = 0,00$		0,00	0,00	0,00	<u>0,00</u>
ZS3 - VÍTR 1	$N_k = 7,16$	1,5	<u>10,74</u>	10,74	10,74	10,74
	$M_k = 19,98$		<u>29,97</u>	29,97	29,97	29,97
ZS4 - VÍTR 2.a	$N_k = 22,76$	1,5	34,14	<u>34,14</u>	<u>34,14</u>	34,14
	$M_k = -16,98$		-25,47	<u>-25,47</u>	<u>-25,47</u>	-25,47
ZS5 - VÍTR 2.b	$N_k = -1,60$	1,5	-2,40	-2,40	-2,40	<u>-2,40</u>
	$M_k = -16,98$		-25,47	-25,47	-25,47	<u>-25,47</u>
KOMBINACE	$N_d =$		-133,40	-72,63	-72,63	-179,34
	$M_d =$		29,97	-25,47	-25,47	-15,28

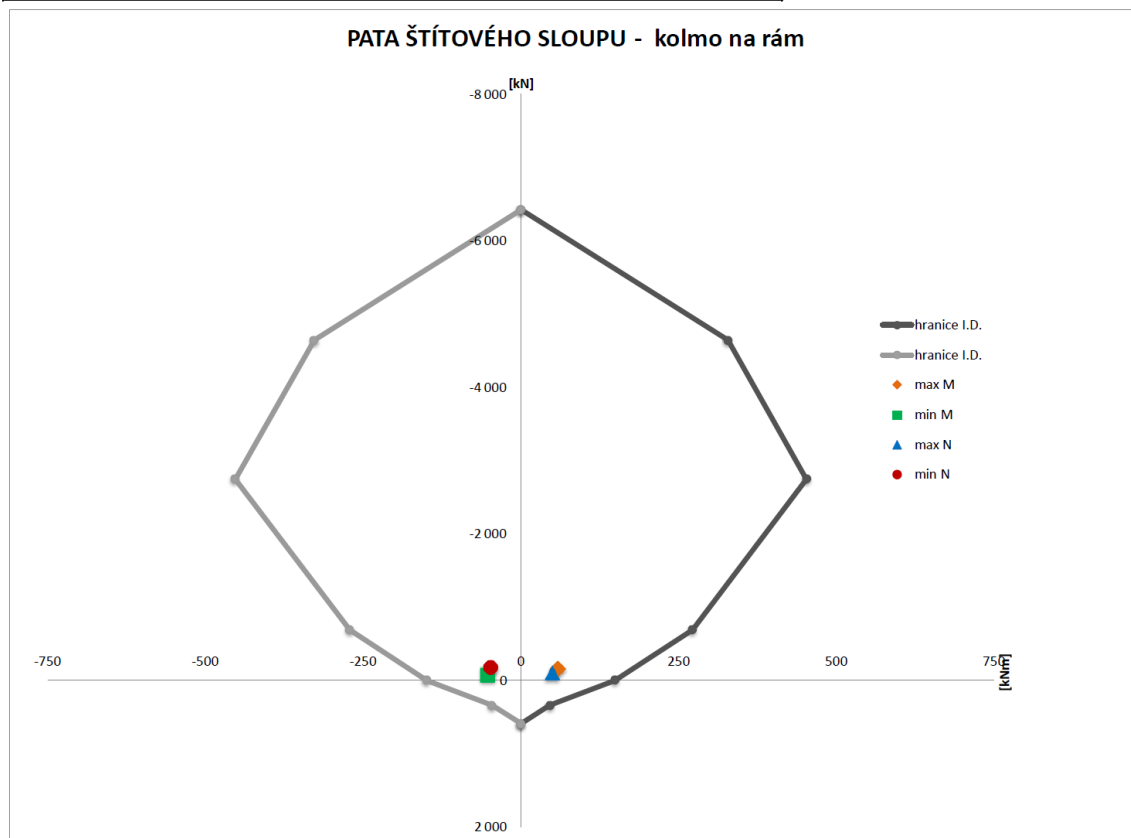
Ψ sníh = 0,5

Ψ vítr = 0,6

20. INTERAKČNÍ DIAGRAMY PRO ŠTÍTOVÝ SLOUP

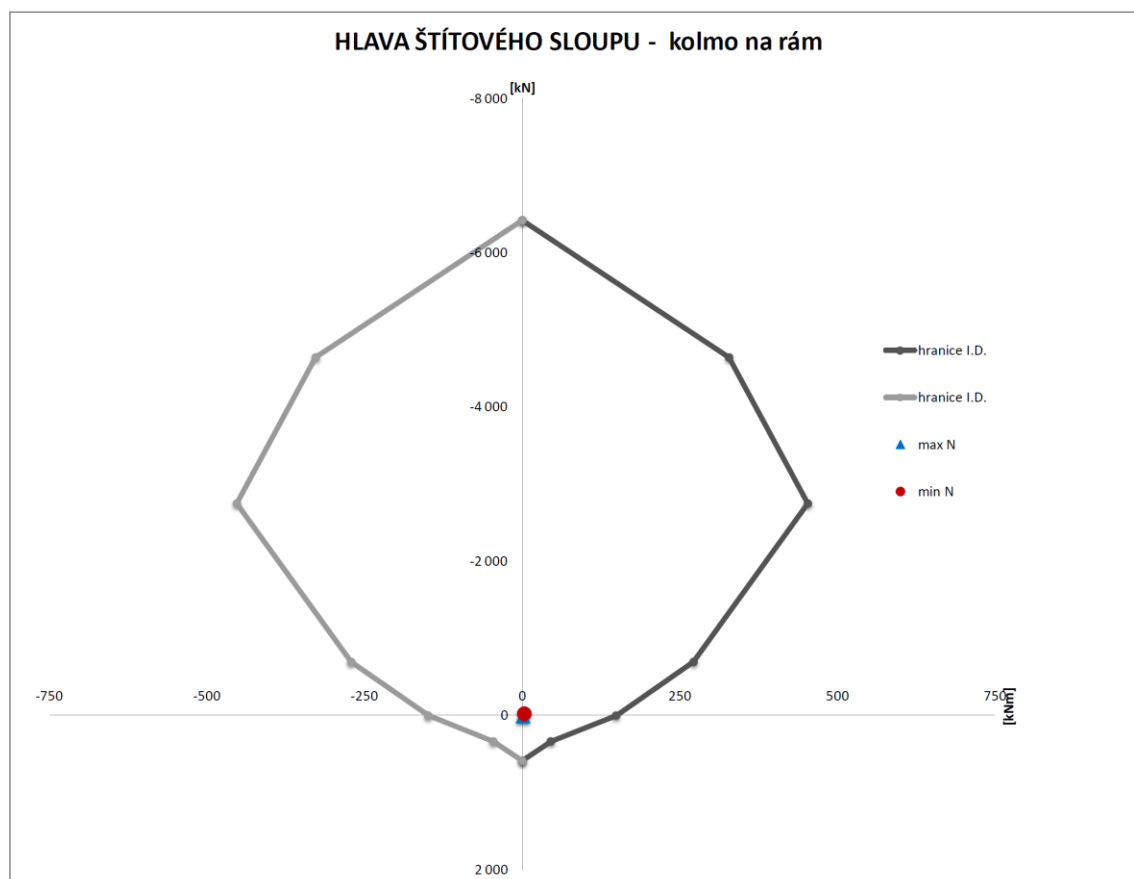
0,00	0	N_{Rd0}	-6 422,57 [kN]	M_{Rd0}	0,00 [kNm]
-327,89	1	N_{Rd1}	-4 643,92 [kN]	M_{Rd1}	327,89 [kNm]
-452,98	2	N_{Rd2}	-2 749,57 [kN]	M_{Rd2}	452,98 [kNm]
-271,73	Z	N_{RdZ}	-694,33 [kN]	M_{RdZ}	271,73 [kNm]
-149,15	3	N_{Rd3}	0,00 [kN]	M_{Rd3}	149,15 [kNm]
-45,67	4	N_{Rd4}	341,87 [kN]	M_{Rd4}	45,67 [kNm]
0,00	5	N_{Rd5}	590,07 [kN]	M_{Rd5}	0,00 [kNm]

RUČNÍ VÝPOČET KOMBINACÍ - PATA SLOUPU					
	max M	min M	max N	min N	
$N_{Ed} =$	-150,27	-72,63	-96,03	-179,33	[kN]
$M_1 =$	38,29	-42,15	37,42	-22,82	[kNm]
$e_1 =$	0,026	[m]			
$e_2 =$	0,110	[m]			
$M_{Ed} = M_1 + N_{Ed} * e_1 + N_{Ed} * e_2 =$	58,81	-52,06	50,53	-47,31	[kNm]



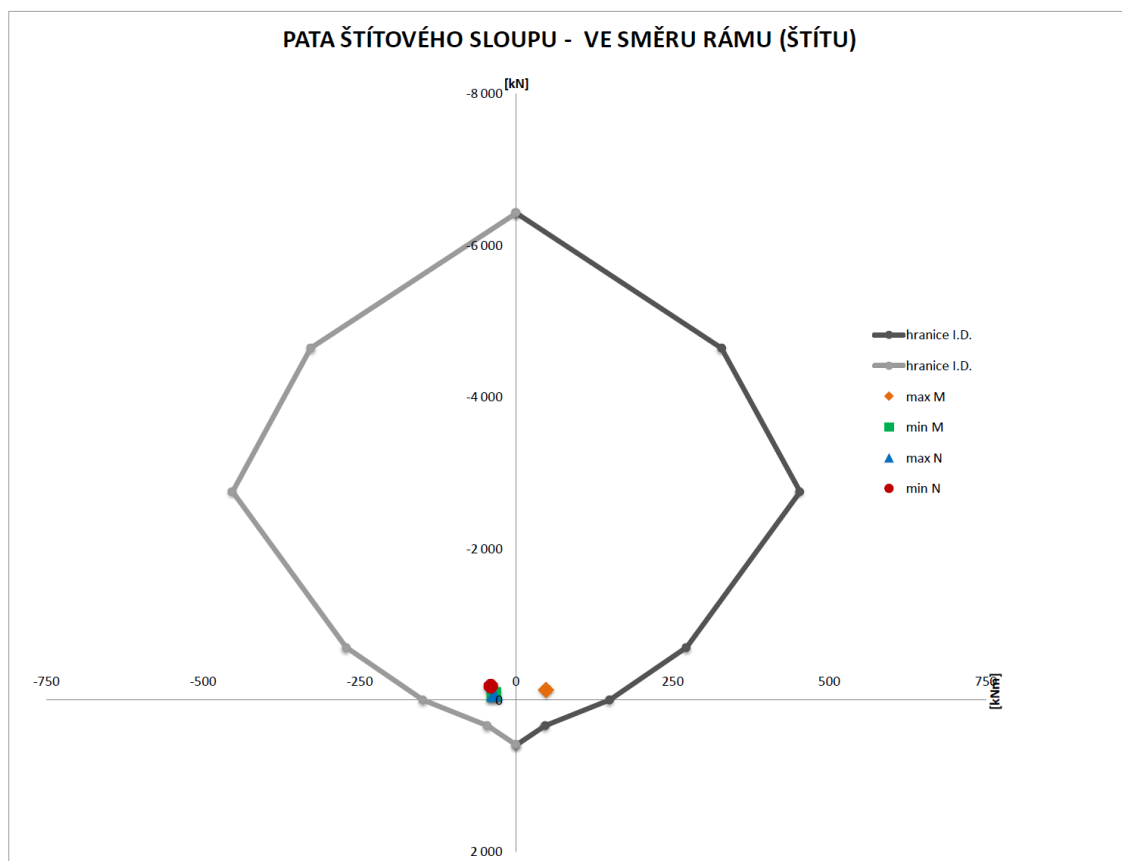
Obr.54: Diagram pro patu štítového sloupu, kolmo na rám

RUČNÍ VÝPOČET KOMBINACÍ - HLAVA SLOUPU			
		max N	min N
$N_{Ed} =$		10,83	-26,02 [kN]
$M_1 =$		0,00	0,00 [kNm]
$e_1 =$	0,026 [m]		
$e_2 =$	0,110 [m]		
$M_{Ed} = M_1 + N_{Ed} * e_1 + N_{Ed} * e_2 =$		1,48	3,55 [kNm]



Obr.55: Diagram pro hlavu štítového sloupu, kolmo na rám

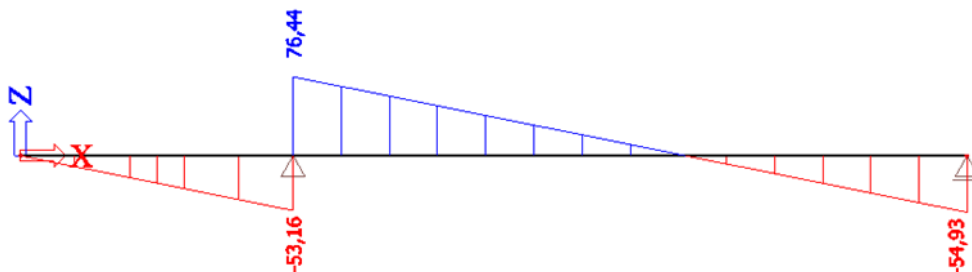
RUČNÍ VÝPOČET KOMBINACÍ - PATA SLOUPU				
	max M	min M	max N	min N
$N_{Ed} =$	-133,40	-72,63	-72,63	-179,34 [kN]
$M_1 =$	29,97	-25,47	-25,47	-15,28 [kNm]
$e_1 =$	0,026 [m]			
$e_2 =$	0,110 [m]			
$M_{Ed} = M_1 + N_{Ed} * e_1 + N_{Ed} * e_2 =$	48,19	-35,39	-35,39	-39,78 [kNm]



Obr.56: Diagram pro patu štítového sloupu, ve směru rámu

21. NÁVRH VÝZTUŽE ŠTÍTOVÉHO SLOUPU NA SMYK - VZTYČOVÁNÍ SLOUPU

Délka sloupu (skutečná): $L =$ 12,150 [m]



Obr. 57: Průběh V [kN]

Maximální posouvající síla od montážního stadia: vztyčování sloupu ($t \geq 28$ dní): 76 440 [N]

Maximální posouvající síla od kombinací kolmo na rám ($t > 28$ dní): 32 130 [N]

$V_{Ed, \max} = V_{Ed, 1} =$ 76 440 [N]

Šířka sloupu: $h =$ 0,500 [m]

Šířka sloupu: $b_w =$ 0,500 [m]

Beton:

Charakteristická pevnost betonu v tlaku: $f_{ck} =$ 35 000 000 [Pa]

Návrhová pevnost betonu v tlaku: $f_{cd} =$ 23 330 000 [Pa]

Pevnost betonu v tahu: $f_{ctm} =$ 3 200 000 [Pa]

Výztuž:

Charakteristická mez kluzu: $f_{yk} =$ 500 000 000 [Pa]

Návrhová mez kluzu: $f_{yd} = f_{ywd} =$ 434 780 000 [Pa]

Modul pružnosti oceli: $E_s =$ 210 000 000 000 [Pa]

Účinná výška vaznice: $d =$ 0,461 [m]

Průměr výztuže: $\Phi =$ 0,012 [m]

Průměr smykové výztuže - třmínky: $\Phi_{st} =$ 0,008 [m]

Plocha tahové výztuže zakotvená na kotev. délku: $A_{sl} =$ 4,52E-04 [m²]

Betonová krycí vrstva: $c =$ 0,025 [m]

Minimální smykové napětí: $v_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} =$ 0,442 [MPa]

Součinitel výšky: $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} =$ 1,66

< 2

VYHOVUJE

Stupeň vyztužení:	$\rho = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} =$	0,0020
-------------------	---------------------------------------	--------

$$< 0,02$$

VYHOVUJE

C _{Rd,c} = 0,18 / γ _c = 0,18 / 1,5 =		0,12
--	--	------

Návrhová smyková únosnost betonu a podélné výztuže:

$V_{Rd,c}^* = (C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d =$	87 213 [N]
---	------------

omezující podmínka: $V_{Rd,c}^* \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d =$	101 956 [N]
---	-------------

V _{Rd,c} = max{ V _{Rd,c} [*] ; (v _{min} + k ₁ · σ _{cp}) · b _w · d } =	101 956
---	---------

V _{Ed,max} =	76 440 [N]
-----------------------	------------

V_{Rd,c} > V_{Ed,max} >> NENÍ NUTNÉ NAVRHNOUT SMYKOVOU VÝZTUŽ,
POSTAČÍ KONSTRUKČNÍ VÝZTUŽ:

NÁVRH SMYKOVÉ VÝZTUŽE

Plocha smykové výztuže (2-střížný třmínek Φ8): A _{sw} =	1,01E-04 [m ²]
--	----------------------------

podélná vzdálenost třmínků: s =	0,180 [m]
---------------------------------	-----------

s < min{ 15 · Φ _{max} ; b; h; 0,300 m } =	0,180 [m]
--	-----------

v místě stykování je zhuštění třmínků na: max. 0,6 · s =	0,100 [m]
--	-----------

POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH ZÁSAD:

Osová vzdálenost větví třmínků:	$S_t = b_w - 2c - \phi_{st} =$	0,442 [m]
---------------------------------	--------------------------------	-----------

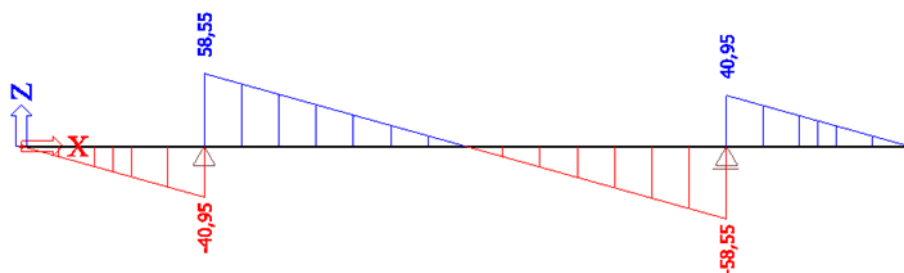
Maximální příčná vzdálenost větví třmínků: S_{t,max} >>> u sloupů není definována

Minimální stupeň vyztužení - u sloupů není definován

22. NÁVRH VÝZTUŽE ŠTÍTOVÉHO SLOUPU NA SMYK - VYTAHOVÁNÍ Z FORMY

Délka sloupu: L =

12,150 [m]



Obr. 58: Průběh V [kN]

Maximální posouvající síla od montážního stadia: vytahování z formy ($t < 28$ dní): 58 550 [N]

$V_{Ed,max} = V_{Ed,1} =$ 58 550 [N]

Šířka sloupu: $h =$ 0,500 [m]

Šířka sloupu: $b_w =$ 0,500 [m]

Beton:

Charakteristická pevnost betonu v tlaku v čase t : $f_{ck}(t) =$ 24 173 347 [Pa]

Návrhová pevnost betonu v tlaku v čase t : $f_{cd}(t) =$ 16 115 565 [Pa]

Výztuž:

Charakteristická mez kluzu: $f_{yk} =$ 500 000 000 [Pa]

Návrhová mez kluzu: $f_{yd} = f_{ywd} =$ 434 780 000 [Pa]

Modul pružnosti oceli: $E_s =$ 210 000 000 000 [Pa]

Účinná výška vaznice: $d =$ 0,461 [m]

Průměr výztuže: $\Phi =$ 0,012 [m]

Průměr smykové výztuže - třmínky: $\Phi_{st} =$ 0,008 [m]

Plocha tahové výztuže zakotvená na kotev. délku: $A_{sl} =$ 4,52E-04 [m²]

Betonová krycí vrstva: $c =$ 0,025 [m]

Minimální smykové napětí: $v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} =$ 0,368 [MPa]

Součinitel výšky: $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} =$ 1,66

< 2

VYHOVUJE

Stupeň vyztužení:	$\rho = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} =$	0,0020
	< 0,02	
	<u>VYHOVUJE</u>	
$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 =$		0,12
Návrhová smyková únosnost betonu a podélné výztuže:		
$V_{Rd,c}^* = (C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d =$		77 091 [N]
omezující podmínka: $V_{Rd,c}^* \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d =$		84 732 [N]
$V_{Rd,c} = \max\{V_{Rd,c}^*; (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d\} =$		84 732
$V_{Ed,max} =$		58 550 [N]
$V_{Rd,c} > V_{Ed,max} \gg$ NENÍ NUTNÉ NAVRHNOUT SMYKOVOU VÝZTUŽ, POSTAČÍ KONSTRUKČNÍ VÝZTUŽ (viz POSOUZENÍ SMYKU V 28 DNECH)		

23. ŠTÍTOVÝ SLOUP - VYTAHOVÁNÍ **Z FORMY - POSOUZENÍ NA OHYB:**

Celková délka sloupu: $L =$	12,150 [m]
Šířka sloupu: $h =$	0,500 [m]
Šířka sloupu: $b =$	0,500 [m]
Součinitel zatížení: $\gamma_g =$	1,35 [-]
Vlastní tíha sloupu (+ tíha manipulačních úchyťů, destiček apod.): $F_k = g_{\text{sloupu}} \cdot L =$	75 938 [N]
Plocha sloupu v kontaktu s bedněním: $A_{\text{bed}} = 2 \cdot b \cdot h + 2 \cdot h \cdot L + b \cdot L =$	19 [m ²]
Adheze (z plochy betonu v kontaktu s bedněním): $F_{\text{adh}} = 2 \text{ kN/m}^2 \cdot A_{\text{bed}} =$	37 450 [N]
Součinitel podmínek působení dílce (pro opakované použití bednění): $\gamma_{\text{man}} =$	1 [-]
Koeficient pro cement (N): $s =$	0,25 [-]
Doba, po které je dílec vytahován z formy: $t =$	6 [dní]

Součinitel zohledňující vliv vytahování nevyzrálé

$$\beta_{cc}(t) = e^{s \cdot \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{1/2} \right]} = 0,748 [-]$$

Průměrná pevnost betonu v tlaku po 28 dnech: $f_{cm} =$	43 000 000 [Pa]
Průměrná pevnost betonu v tlaku v čase t : $f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot f_{cm} =$	32 173 347 [Pa]
Pevnost betonu při vytahování z formy musí dosahovat min. 60 %: $[f_{cm}(t) / f_{cm}] \cdot 100 =$	75 [%]

VYHOVUJE

Charakteristická pevnost betonu v tlaku po 28 dnech: $f_{ck} =$	35 000 000 [Pa]
Charakteristická pevnost betonu v tlaku v čase t : $f_{ck}(t) = f_{cm}(t) - 8 \text{ MPa} =$	24 173 347 [Pa]
Součinitel spolehlivosti pro beton: $\gamma_c =$	1,5 [-]
Návrhová pevnost betonu v tlaku po 28 dnech: $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c =$	23 333 333 [Pa]

Návrhová pevnost betonu v tlaku v čase t :

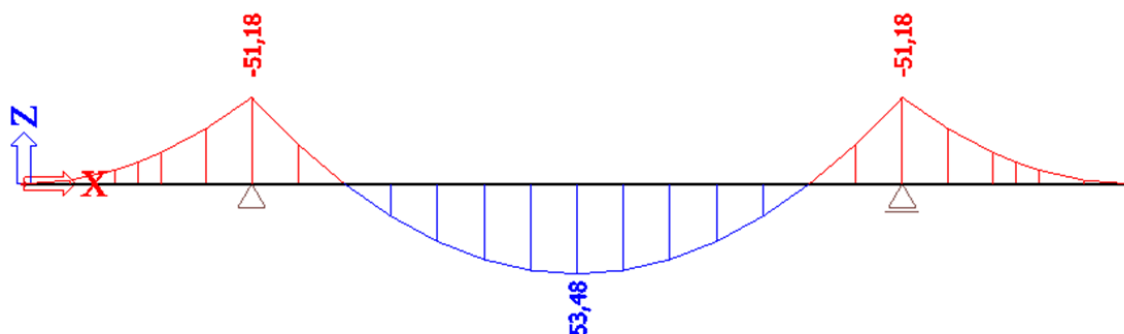
$$f_{cd}(t) = \frac{f_{ck}(t)}{\gamma_c} = 16 115 565 [\text{Pa}]$$

Pevnost betonu při vytahování z formy musí dosahovat min. 60 %: $[f_{cd}(t) / f_{cd}] \cdot 100 =$

69 [%]

VYHOVUJE

Zatížení: $f_1 = 1,3 \cdot \gamma_g \cdot (F_k + F_{\text{adh}}) / L =$	16 378 N/m
Zatížení: $f_2 = 1,8 \cdot \gamma_g \cdot \gamma_{\text{man}} \cdot F_k / L =$	15 188 N/m
- Manipulační úchyty umístěny ve vzdálenosti 0,21·L od okrajů sloupu, tj.:	2,500 [m]



Obr.59: Průběh momentů na sloupu při vytahování z bednění

Maximální hodnota momentu: M_{ed} =	53 480 [Nm]
Plocha podélné výztuže (započítám pouze 4Φ12mm): A_s =	4,52E-04 [m ²]
Návrhová mez kluzu oceli: f_{yd} =	434 780 000 [Pa]
Účinná výška sloupu: d =	0,461 [m]
λ =	0,8 [-]

Poloha neutrální osy:

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}(t)} = 0,031 \text{ [m]}$$

Přetvoření betonu ϵ_{cu3} =	3,50 [‰]
Přetvoření oceli: $\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$ =	2,07 [‰]

$$x < x_{lim} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}} \cdot d = 0,290 \text{ [m]}$$

SPLŇUJE

Rameno vnitřních sil: $z_c = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x$ =	0,449 [m]
Moment na mezi únosnosti: $M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c$ =	88 273 [Nm]

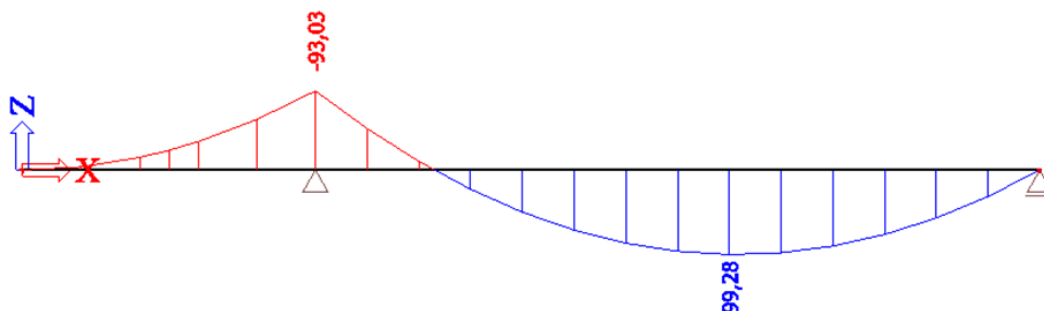
Posouzení na ohyb:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 0,6 < 1$$

ŠTÍTOVÝ SLOUP VYHOVUJE PŘI VYTAHOVÁNÍ Z FORMY (NA OHYB)

24. ŠTÍTOVÝ SLOUP SLOUP -
VZTYČOVÁNÍ SLOUPU - POSOUZENÍ
NA OHYB:

vzdálenost manipulačního otvoru od hlavy sloupu: $0,29 \cdot L =$	3,500 [m]
Vlastní tíha sloupu (+ tíha manipulačních úchytů, destiček apod.): $F_k = g_{\text{sloupu}} \cdot L =$	75 938 [N]
Zatížení: $f_2 = 1,8 \cdot \gamma_g \cdot \gamma_{\text{man}} \cdot F_k / L =$	15 188 N/m
Moment na mezi únosnosti: $M_{Rd} = 3.$ bod interakčního diagramu: $M_{Rd3} =$	149 146 [Nm]



Obr.60: Průběh momentů na sloupu při vztyčování

Maximální hodnota momentu: $M_{Ed} =$	99 280 [Nm]
---------------------------------------	--------------------

$$\frac{M_{Ed}}{M_{rd}} = 0,7 < 1$$

ŠTÍTOVÝ SLOUP VYHOVUJE NA
VZTYČOVÁNÍ

25. STYKOVÁNÍ VÝZTUŽE

-stykovací délky podélné výztuže sloupu

návrhová pevnost oceli v tahu:

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C = 2,2 / 1,5 = 1,46 \text{ MPa}$$

mezní napětí v soudržnosti:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,46 = 3,28 \text{ MPa}$$

η_1 ... součinitel závislý na kvalitě podmínek v soudržnosti

η_2 ... součinitel závislý na průměru prutu

základní kotevní délka:

$$l_{b,rqd} = \frac{\Phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{12}{4} \cdot \frac{434,78}{3,28} = 400 \text{ mm}$$

minimální kotevní délka:

$$l_{b,min} = \max \{0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10 \cdot \phi; 100 \text{ mm}\} = \max \{0,3 \cdot 400; 10 \cdot 12; 100 \text{ mm}\} = 120 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka:

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 400 = 400 \text{ mm} \geq l_{b,min} = 120 \text{ mm}$$

α_1 ... vyjadřuje vliv tvaru prutu

α_2 ... vyjadřuje vliv krycí vrstvy betonu

α_3 ... vyjadřuje vliv příčné výztuže

α_4 ... vyjadřuje vliv příčně přivařené výztuže

α_5 ... vyjadřuje vliv tlaku kolmého na rovinu odštěpování betonu v návrhové kotevní délce

STYKOVÁNÍ VÝZTUŽE:

$$\text{minimální přesahová délka: } l_{0,min} = \max \{0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}; 15 \cdot \phi; 200 \text{ mm}\} = \max \{0,3 \cdot 1,5 \cdot 400; 15 \cdot 12; 200 \text{ mm}\} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{návrhová přesahová délka: } l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 400 = 600 \text{ mm} \geq l_{0,min} = 200 \text{ mm}$$

→ Navržena stykovací délka 600 mm (pro podélnou výztuž štítového sloupu)

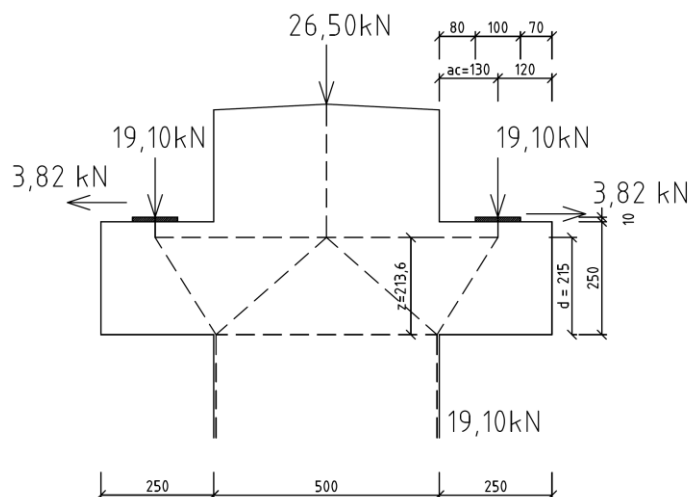
26. KONZOLA ŠTÍTOVÉHO SLOUPU – SaT model

$a_v = 80 \text{ mm} \leq 0,5 \cdot d = 0,5 \cdot 215 = 107,5 \text{ mm} \rightarrow$ Jedná se o dlouhou konzolu.

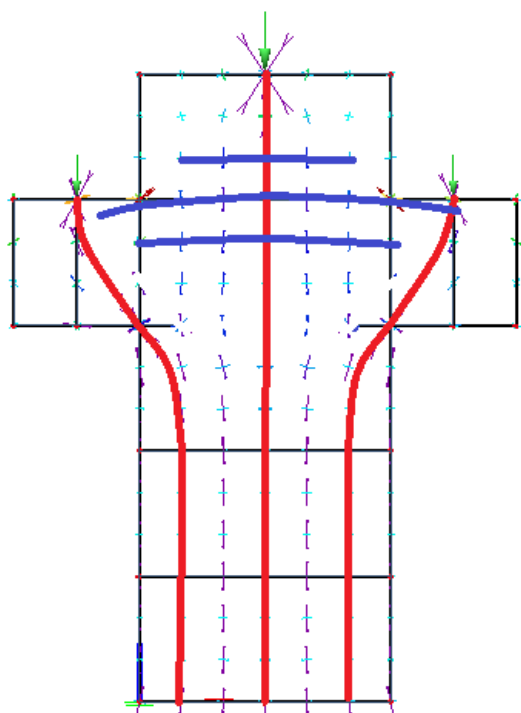
Materiály:

Výztuž B500B: $f_{yd} = 500/1,15 = 434,8 \text{ MPa}$

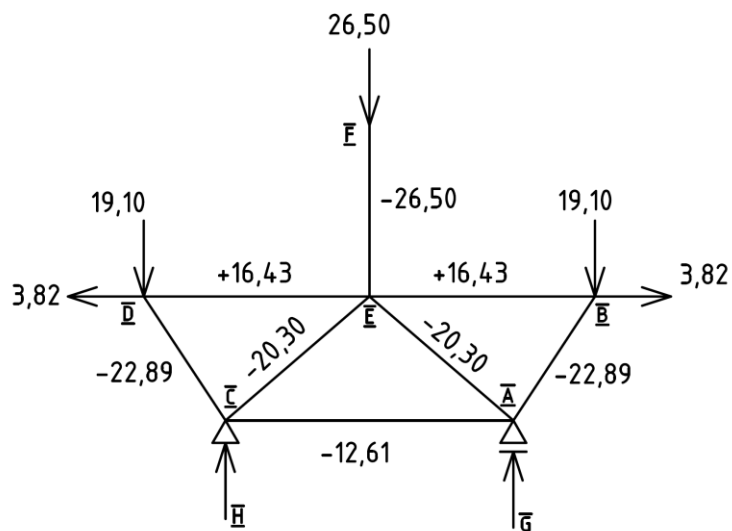
Beton C35/45: $f_{cd} = 35/1,5 = 23,33 \text{ MPa}$



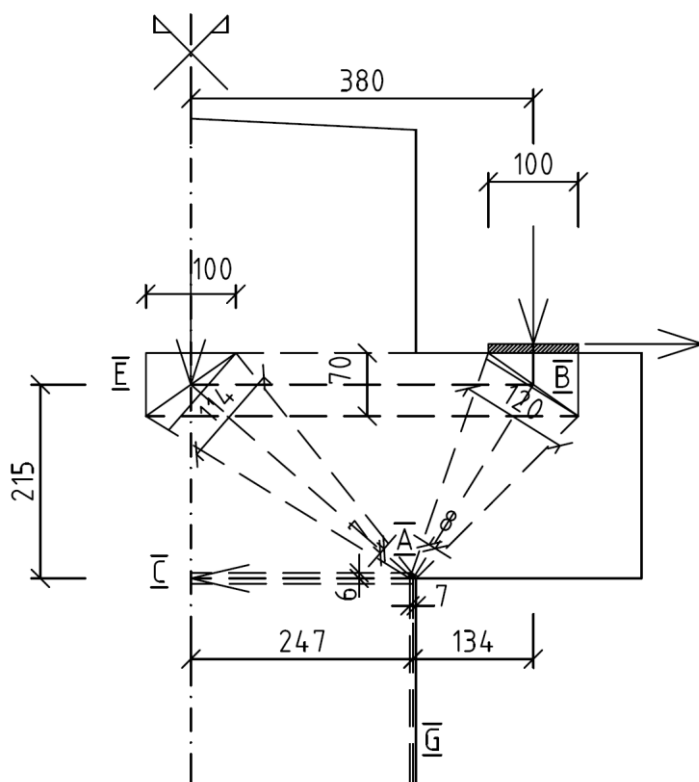
Obr.61: Hlava štítového sloupu



Obr.62: Trajektorie tahových a tlakových napětí (tah-modře, tlak-červeně)



Obr.64: Vnitřní (normálové) síly [v kN] na náhradní příhradovině



Obr.65: SaT model konzoly

I) POSOUZENÍ UZLOVÝCH OBLASTÍ:

[schéma je symetrické kolem osy tvořené uzly F,E]

- tzn. že jsou totožné uzly: A & C, B & D

součinitel: $v = 1 - f_{ck} / 250 = 1 - 35/250 = 0,86$

uzel A:

Uzel typu C-C-C-C: $k = 1,0$, $f_c^{\max} = k \cdot v \cdot f_{cd} = 1,0 \cdot 0,86 \cdot 23,33 = 20,06 \text{ MPa}$

$$\sigma_{A-B} = \frac{S_{A-B}}{a_{a-b} \cdot b} = \frac{22,89}{0,007 \cdot 0,250} = 13,08 \text{ MPa} \leq f_c^{\max} = 20,06 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A-C} = \frac{S_{A-C}}{a_{a-c} \cdot b} = \frac{12,61}{0,006 \cdot 0,250} = 8,41 \text{ MPa} \leq f_c^{\max} = 20,06 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A-G} = \frac{S_{A-G}}{a_{a-g} \cdot b} = \frac{32,35}{0,0065 \cdot 0,250} = 20,06 \text{ MPa} = f_c^{\max} = 20,06 \text{ MPa}$$

uzel B:

Uzel typu C-C-T-T: $k = 0,85$, $f_c^{\max} = k \cdot v \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 0,86 \cdot 23,33 = 17,05 \text{ MPa}$

$$\sigma_{B-A} = \frac{S_{B-A}}{a_{b-a} \cdot b} = \frac{22,89}{0,120 \cdot 0,250} = 0,77 \text{ MPa} \leq f_c^{\max} = 17,05 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{B-E} = \frac{S_{B-E}}{a_{b-e} \cdot b} = \frac{16,43}{0,070 \cdot 0,250} = 0,94 \text{ MPa} \leq f_c^{\max} = 17,05 \text{ MPa}$$

uzel C \equiv uzel A

uzel D \equiv uzel B

uzel E:

Uzel typu C-C-C-T-T: $k = 0,85$, $f_c^{\max} = k \cdot v \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 0,86 \cdot 23,33 = 17,05 \text{ MPa}$

$$\sigma_{E-A} = \frac{S_{E-A}}{a_{e-a} \cdot b} = \frac{20,30}{0,113 \cdot 0,250} = 0,72 \text{ MPa} \leq f_c^{\max} = 17,05 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{E-B} = \frac{S_{E-B}}{a_{e-b} \cdot b} = \frac{16,43}{0,113 \cdot 0,250} = 0,58 \text{ MPa} \leq f_c^{\max} = 17,05 \text{ MPa}$$

II) POSOUZENÍ PRUTŮ:

a) VZPĚRY:

VZPĚŘA A-B:

$f_c^{\max} = 0,6 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,6 \cdot 0,86 \cdot 23,33 = 12,03 \text{ MPa}$

$$\sigma_{A-B} = \frac{S_{A-B}}{a_{A-B} \cdot b} = \frac{22,89}{0,008 \cdot 0,250} = 11,45 \text{ MPa} \leq f_c^{\max} = 12,03 \text{ MPa}$$

VZPĚŘA A-E:

$f_c^{\max} = 0,6 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,6 \cdot 0,86 \cdot 23,33 = 12,03 \text{ MPa}$

$$\sigma_{A-E} = \frac{S_{A-E}}{a_{A-E} \cdot b} = \frac{20,30}{0,007 \cdot 0,250} = 11,60 \text{ MPa} \leq f_c^{\max} = 12,03 \text{ MPa}$$

VZPĚŘA A-C:

$f_c^{\max} = f_{cd} = 23,33 \text{ MPa}$

$$\sigma_{A-C} = \frac{S_{A-C}}{a_{A-C} \cdot b} = \frac{12,61}{0,006 \cdot 0,250} = 8,41 \text{ MPa} \leq f_c^{\max} = 23,33 \text{ MPa}$$

VZPĚŘA A-G:

$f_c^{\max} = f_{cd} = 23,33 \text{ MPa}$

$$\sigma_{A-G} = \frac{S_{A-G}}{a_{A-G} \cdot b} = \frac{32,35}{0,0065 \cdot 0,250} = 19,91 \text{ MPa} \leq f_c^{\max} = 23,33 \text{ MPa}$$

VZPĚŘA E-F:

$$f_c^{\max} = f_{cd} = 23,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{E-F} = \frac{S_{E-F}}{a_{E-F} \cdot b} = \frac{26,50}{0,100 \cdot 0,250} = 1,06 \text{ MPa} \leq f_c^{\max} = 23,33 \text{ MPa}$$

b) TÁHLA:

TÁHLO B-E:

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Navržena výztuž: **4 ks $\phi 12 \text{ mm}$ [1 smyčka + 2 zahnuté pruty]** ($A_{st} = 4,524 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$)

$$\sigma_{B-E} = \frac{S_{B-E}}{A_{st}} = \frac{16,43}{4,524 \cdot 10^{-4}} = 36,32 \text{ MPa} \leq f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Výpočet kotevní délky výztuže:

návrhová pevnost oceli v tahu:

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C = 2,2 / 1,5 = 1,46 \text{ MPa}$$

mezní napětí v soudržnosti:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,46 = 3,28 \text{ MPa}$$

$\eta_1 \dots$ součinitel závislý na kvalitě podmínek v soudržnosti

$\eta_2 \dots$ součinitel závislý na průměru prutu

$$\text{napětí ve výztuži: } \sigma_{sd} = \sigma_{B-E} = 36,32 \text{ MPa}$$

základní kotevní délka:

$$l_{b,rqd} = \frac{\Phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{12}{4} \cdot \frac{36,32}{3,28} = 34 \text{ mm}$$

minimální kotevní délka:

$$l_{b,min} = \max \{0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10 \cdot \phi; 100 \text{ mm}\} = \max \{0,3 \cdot 34; 10 \cdot 12; 100 \text{ mm}\} = 120 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka:

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 34 = 34 \text{ mm} \geq l_{b,min} = 120 \text{ mm} \rightarrow \underline{l_{bd} = 120 \text{ mm}}$$

$\alpha_1 \dots$ vyjadřuje vliv tvaru prutu

$\alpha_2 \dots$ vyjadřuje vliv krycí vrstvy betonu

$\alpha_3 \dots$ vyjadřuje vliv příčné výztuže

$\alpha_4 \dots$ vyjadřuje vliv příčně přivařené výztuže

$\alpha_5 \dots$ vyjadřuje vliv tlaku kolmého na rovinu odštěpování betonu v návrhové kotevní délce

→ kotevní délka horizontální tahové výztuže vyhovuje

Kontrola zakřivení prutu:

$$F_{bt} = \sigma_{sd} \cdot A_{s,1ks} = 36 \cdot 320 \cdot (\pi \cdot 0,012^2 / 4) = 4,2 \text{ kN}$$

$$a_b = 21 + 8 + 12 / 2 = 35 \text{ mm}$$

$$\Phi_{m,min} \geq F_{bt} \cdot \left(\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2\phi} \right) / f_{cd} = 4200 \cdot \left(\frac{1}{35} + \frac{1}{2 \cdot 12} \right) / 23,33 = 13 \text{ mm}$$

navržené zakřivení: 75 mm → vyhovuje

Vznikající příčné tahy v diagonále:

sklon vzpěry: $\theta = 57^\circ$

délka vzpěry: $H = 256 \text{ mm}$

šířka vzpěry: $a_w = 100 / \sin \theta = 230 / \sin 57^\circ = 120 \text{ mm}$

síla v beton. vzpěře: $F_c = F_{Ed} / \sin \theta = 19,1 / \sin 57^\circ = 22,8 \text{ kN}$

příčný tah beton. vzpěry:

$$2 \cdot F_t = 0,5 \cdot (1 - 0,7 \cdot [a/h]) \cdot F = 0,5 \cdot (1 - 0,7 \cdot [120/256]) \cdot 22,8 = 7,7 \text{ kN}$$

→ svislá složka: $7,7 \text{ kN} \cdot \cos \theta = \underline{4,2 \text{ kN}}$

→ vodorovná složka: $7,7 \text{ kN} \cdot \sin \theta = \underline{6,5 \text{ kN}}$

Svislou výztuž (třmínky) navrhujeme na svislou sílu F_{Ed} + příčné tahy:

Svislá síla: $F_{Ed} = 19,10 \text{ kN}$

Příčné tahy: $4,2 \text{ kN}$

Celková síla: $F_{CELK} = 23,3 \text{ kN}$

$$A_{sw,nutná} = F_{CELK} / f_{yd} = 23,3 / 434,78 = 5,36 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$A_{s,provedená} = 3,01 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = (3 \text{ dvoustřížné [svislé] třmínky } \Phi 8)$$

Vodorovné třmínky – na vznikající příčné tahy v diagonále:

$F = 6,5 \text{ kN}$

$$A_{sw,nutná} = 1,2 \cdot F / f_{yd} = (1,2 \cdot 6,5) / 434,78 = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$A_{s,provedená} = 3,01 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = (3 \text{ dvoustřížné [vodorovné] třmínky } \Phi 8)$$

REKAPITULACE

Navržené vyztužení:

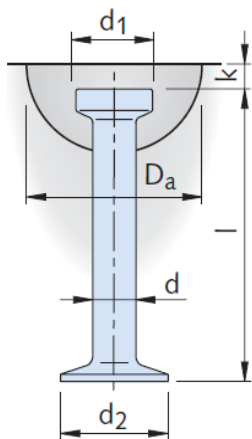
(konstrukční) vodorovné třmínky: 6 ks $\phi 8 \text{ mm}$ [3x dvoustřížné třmínky]

svislé třmínky: 6 ks $\phi 8 \text{ mm}$ [3x dvoustřížné třmínky]

(nosná) vodorovná výztuž: 2 ks $\phi 12 \text{ mm}$ [1 smyčka]
+ 2 ks $\phi 12 \text{ mm}$ [zahnuté pruty]

27. PŘEPRAVNÍ ÚCHYTY

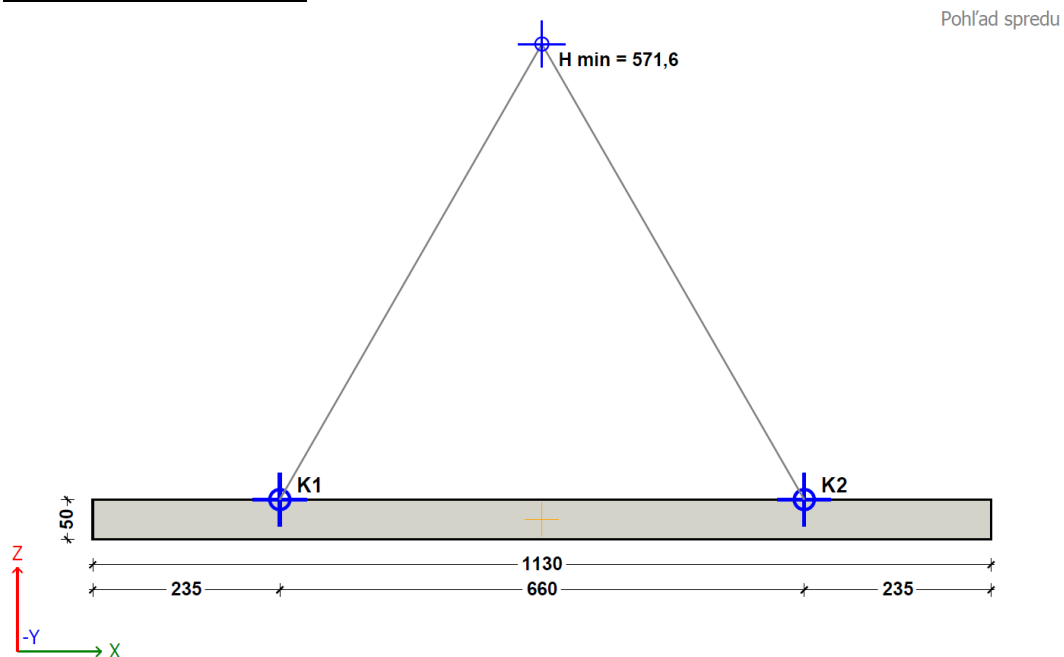
Pro vytahování z formy a přesun prefabrikátů jsou navrženy přepravní úchyty s kulovou hlavou od firmy HALFEN:



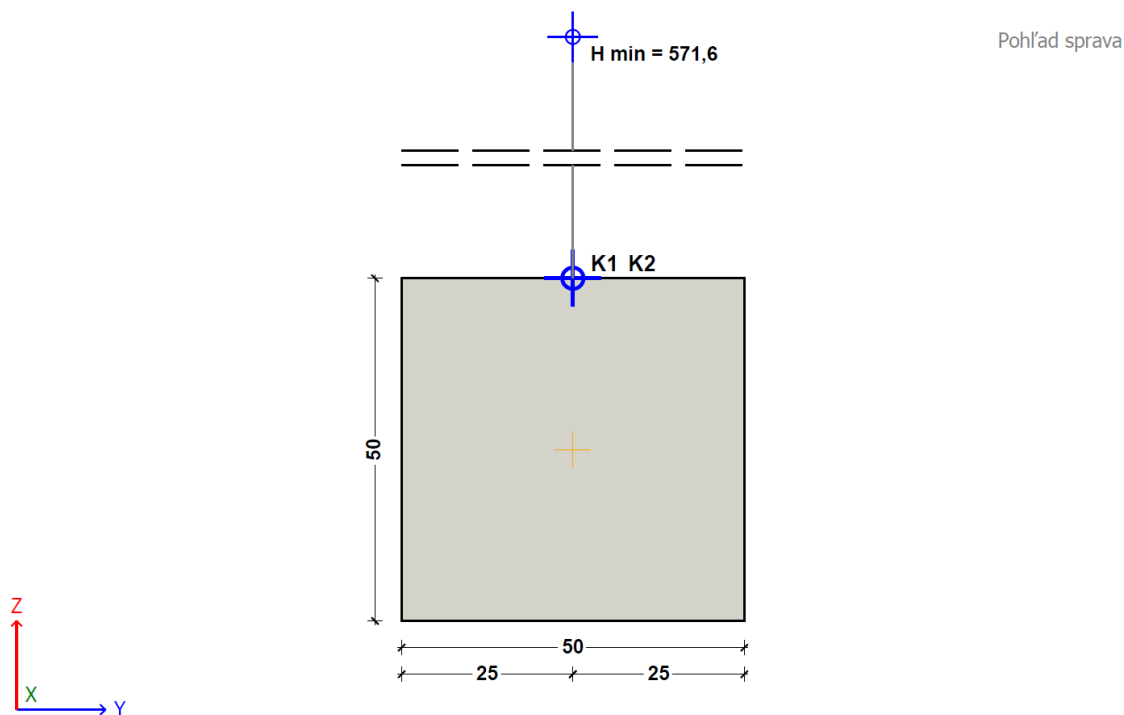
Obr.66: Přepravní úchyt s kulovou hlavou

Samotný návrh úchytů byl proveden v programu TPA 3.13 firmy HALFEN:

OBVODOVÝ SLOUP



Obr.67: Obvodový sloup: pohledy



VÝPOČTY

Vychodisková hodnota:

Hmotnosť:	70,6 kN
Objem:	2,8 m ³
Ťažisko:	
Sx:	565,0 cm
Sy:	25,0 cm
Sz:	25,0 cm
Plocha debnenia:	5,7 m ²
Príľnavosť na debnenie:	11,3 kN
Vrchol. uhol záves. zar.:	30,0°
Súčiniteľ vrchol. uhla záves. zar.:	1,15
Dynamický súčiniteľ - paneláreň:	1,30
Dynamický súčiniteľ - stavenisko:	2,00
Pevnosť betónu v panelárni:	15 N/mm ²
Pevnosť betónu na stavenisku:	25 N/mm ²
Počet nosných kotiev:	2

Zaťaženie:

Celkové zaťaženie:	
Paneláreň - zdvíhanie:	81,9 kN
Paneláreň - transport:	91,8 kN
Stavenisko - preprava / montáž:	141,3 kN
Zaťaženia (paneláreň / stavenisko):	
Kotva 1:	53,0 kN / 81,6 kN
Kotva 2:	53,0 kN / 81,6 kN

Všeobecné:

Minimálna výška háku:	571,6 cm
-----------------------	----------

Obr.68: Obvodový sloup: vstupní údaje

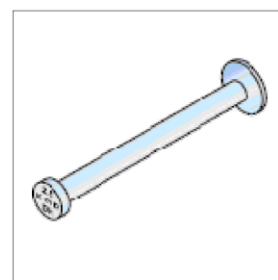
Typ kotvy: DEHA Kotva s guľovou hlavou 6000
 Vybraná kotva: 6000-10,0-0340

Výstuž / Povolené zaťaženie:

Dĺžka kotvy l: 340 mm
 Hrúbka steny $2 \times e_r$: 280 mm
 Povolené zaťaženie pre osový ťah do 30° ; $\beta_w = 15 \text{ N/mm}^2$: 100 kN
 Povolené zaťaženie pre osový a šikmý ťah do 45° ; $\beta_w = 25 \text{ N/mm}^2$: 100 kN
 Osová vzdialenosť kotiev ez: 1030 mm
 Základná výstuž prekrížená: $2 \times 188 \text{ mm}^2/\text{m}$
 Strmeň (dvojstrižný) BSt 500 S pre osový ťah do $\leq 30^\circ$: 4
 Strmeň (dvojstrižný) BSt 500 S pre osový ťah do $\leq 30^\circ$ ds: $\varnothing 10 \text{ mm}$
 Strmeň (dvojstrižný) BSt 500 S pre osový ťah do $\leq 30^\circ$ l1: 720 mm
 Okrajová výstuž BSt 500 S obojstranne ds2: $\varnothing 14 \text{ mm}$

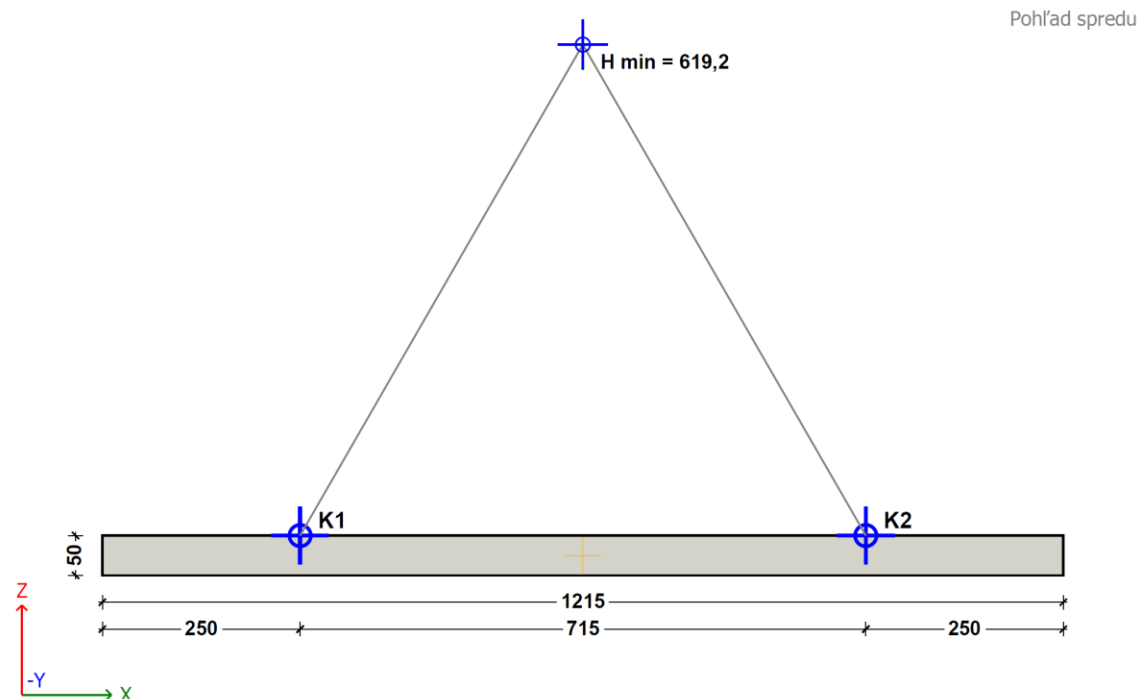
Detaily kotvy:

Popis položiek (paneláreň): 6000-10,0-0340
 Obj. č.: 735.010-00061
 Záťažová skupina: 10 t
 Rozmery
 l: 340 mm
 d: 28 mm
 d1: 46 mm
 d2: 70 mm
 k: 15 mm
 Da: 118 mm

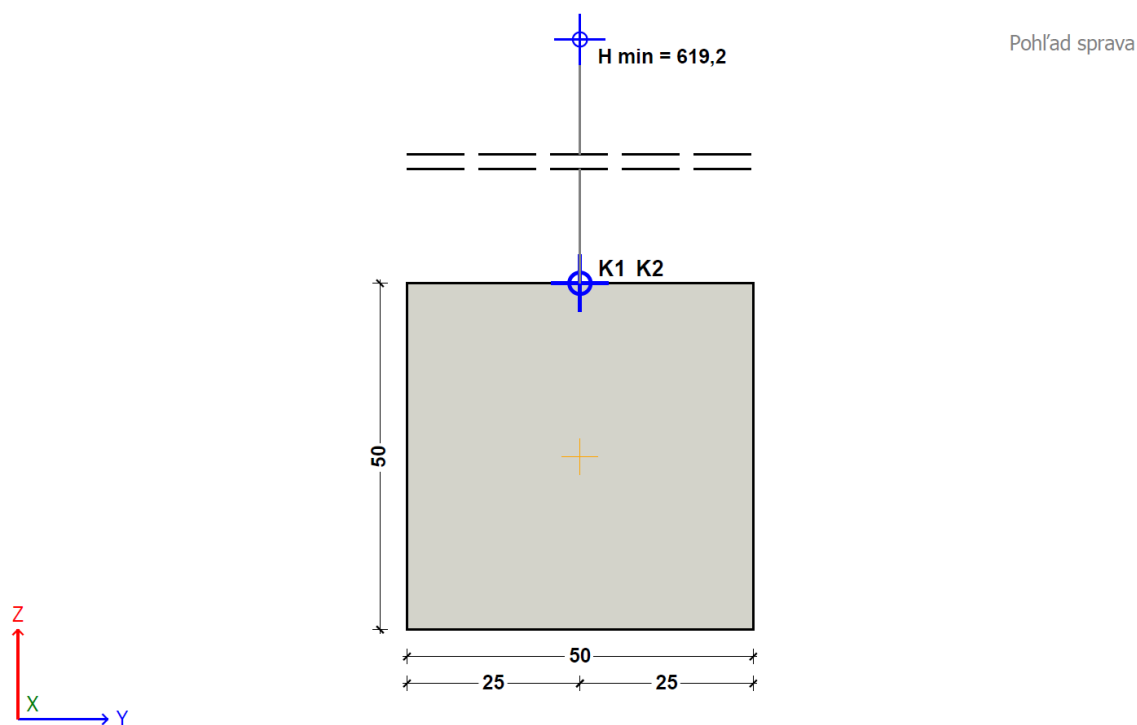


Obr.69: Obvodový sloup: návrh kotvy

ŠTÍTOVÝ SLOUP



Obr.70: Štítový sloup: pohledy



VÝPOČTY

Vychodisková hodnota:

Hmotnosť:	75,9 kN
Objem:	3,0 m ³
Ťažisko:	
Sx:	607,5 cm
Sy:	25,0 cm
Sz:	25,0 cm
Plocha debnenia:	6,1 m ²
Príľnavosť na debnenie:	12,2 kN
Vrchol. uhol záves. zar.:	30,0°
Súčiniteľ vrchol. uhla záves. zar.:	1,15
Dynamický súčiniteľ - paneláreň:	1,30
Dynamický súčiniteľ - stavenisko:	2,00
Pevnosť betónu v panelárni:	15 N/mm ²
Pevnosť betónu na stavenisku:	25 N/mm ²
Počet nosných kotiev:	2

Zaťaženie:

Celkové zaťaženie:	
Paneláreň - zdvíhanie:	88,1 kN
Paneláreň - transport:	98,7 kN
Stavenisko - preprava / montáž:	151,9 kN
Zaťaženia (paneláreň / stavenisko):	
Kotva 1:	57,0 kN / 87,7 kN
Kotva 2:	57,0 kN / 87,7 kN

Všeobecné:

Minimálna výška háku:	619,2 cm
-----------------------	----------

Obr.71: Štítový sloup: vstupní údaje

DETAILY KOTVY

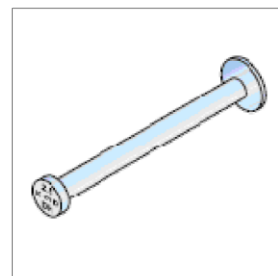
Typ kotvy: DEHA Kotva s guľovou hlavou 6000
Vybraná kotva: 6000-10,0-0340

Výstuž / Povolené zaťaženie:

Dĺžka kotvy l: 340 mm
Hrúbka steny $2 \times e$: 280 mm
Povolené zaťaženie pre osový ťah do 30° ; $\beta_w = 15 \text{ N/mm}^2$: 100 kN
Povolené zaťaženie pre osový a šikmý ťah do 45° ; $\beta_w = 25 \text{ N/mm}^2$: 100 kN
Osová vzdialenosť kotiev e_z : 1030 mm
Základná výstuž prekrížená: $2 \times 188 \text{ mm}^2/\text{m}$
Strmeň (dvojstrižný) BSt 500 S pre osový ťah do $\leq 30^\circ$: 4
Strmeň (dvojstrižný) BSt 500 S pre osový ťah do $\leq 30^\circ$ ds: $\varnothing 10 \text{ mm}$
Strmeň (dvojstrižný) BSt 500 S pre osový ťah do $\leq 30^\circ$ l1: 720 mm
Okrajová výstuž BSt 500 S obojstranne ds2: $\varnothing 14 \text{ mm}$

Detaily kotvy:

Popis položiek (paneláreň): 6000-10,0-0340
Obj. č.: 735.010-00061
Zaťažovacia skupina: 10 t
Rozmery
l: 340 mm
d: 28 mm
d1: 46 mm
d2: 70 mm
k: 15 mm
Da: 118 mm



Obr.72: Štítový sloup: návrh kotvy

28. MIMOŘÁDNÉ ZATÍŽENÍ – NÁRAZ DO SLOUPU

viz ČSN EN 1991-1-7. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení* a ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*:

Při posouzení sloupů se musí uvažovat ještě jedna kombinace zatížení – náraz vysokozdvížným vozíkem do sloupu.

K simulaci nárazu nám slouží ekvivalentní statická síla F – zvolena třída VZV – FL1.

Třída vysokozdvížného vozíku	Vlastní tíha [kN]	Zdvíhané zatížení [kN]	Šířka nápravy a [m]	Celková šířka b [m]	Celková délka l [m]
FL1	21	10	0,85	1,00	2,60
FL2	31	15	0,95	1,10	3,00
FL3	44	25	1,00	1,20	3,30
FL4	60	40	1,20	1,40	4,00
FL5	90	60	1,50	1,90	4,60
FL6	110	80	1,80	2,30	5,10

Tab.1: Tabulka ekvivalentních statických sil [2]

$F = 5 \cdot W$ (působí 0,75m nad podlahou)

$W = \text{„VL. TÍHA VOZÍKU“} + \text{„TÍHA NÁKLADU“} = 21 + 10 = 31 \text{ kN}$

$F = 5 \cdot W = 5 \cdot 31 \text{ kN} = 155 \text{ kN}$

Součinitele materiálů:

beton: $\gamma_c = 1,2$

výztuž: $\gamma_s = 1,0$

Součinitele pro kombinaci:

stálé: $\gamma_G = 1,0$

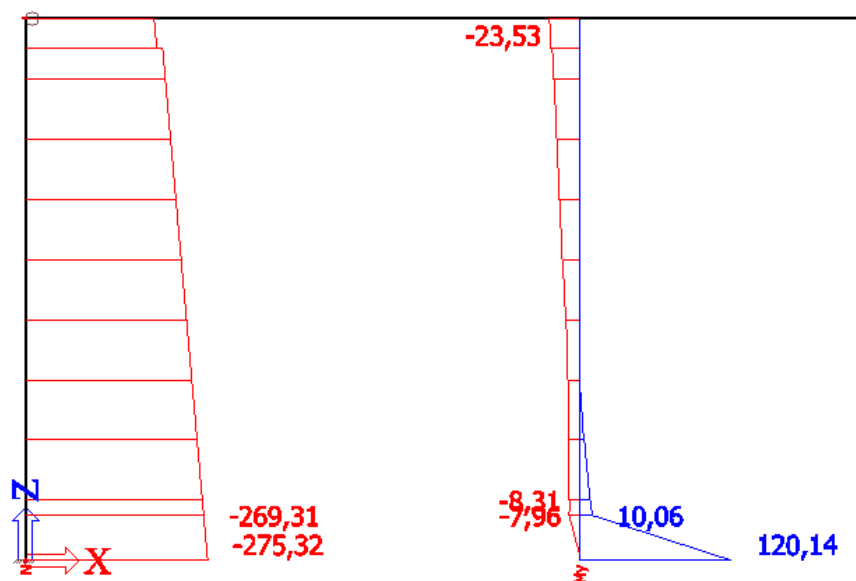
proměnné: $\gamma_Q = 1,0$

mimořádné: $\gamma_A = 1,0$

MIMOŘÁDNÁ KOMBINACE:

$\gamma_G \cdot (\text{vl. tíha sloupu} + \text{vazník} + \text{ztužidla} + \text{obvodový plášť} + \text{vaznic} + \text{střešní plášť}) +$

$\gamma_Q \cdot (\text{sníh} + \text{vítr}) + \gamma_A \cdot (\text{náraz do sloupu})$



Obr.73: Průběh N [kN] a M [kNm] na obvodovém sloupu při mimoř. kombinaci



Obr.74: Průběh N [kN] a M [kNm] na štítovém sloupu při mimoř. kombinaci

OBVODOVÝ SLOUP - NÁRAZ

0,00	0	N_{Rd0}	-7 968,58 [kN]	M_{Rd0}	0,00 [kNm]
-405,83	1	N_{Rd1}	-5 763,23 [kN]	M_{Rd1}	405,83 [kNm]
-545,46	2	N_{Rd2}	-3 276,14 [kN]	M_{Rd2}	545,46 [kNm]
-381,73	Z	N_{RdZ}	-1 196,57 [kN]	M_{RdZ}	381,73 [kNm]
-172,13	3	N_{Rd3}	0,00 [kN]	M_{Rd3}	172,13 [kNm]
-53,09	4	N_{Rd4}	386,13 [kN]	M_{Rd4}	53,09 [kNm]
0,00	5	N_{Rd5}	678,58 [kN]	M_{Rd5}	0,00 [kNm]

v PATĚ sloupu:
MIMORÁDNÁ KOMBINACE:

$$N_{Ed} = -275,32 \text{ [kN]}$$

$$M_I = 120,14 \text{ [kNm]}$$

$$e_I = 0,024 \text{ [m]}$$

$$M_{Ed} = M_I + N_{Ed} \cdot e_I + 0$$

vliv 2.řádu: $M_{Ed} = 126,78 \text{ [kNm]}$

v HLAVĚ sloupu:
MIMORÁDNÁ KOMBINACE:

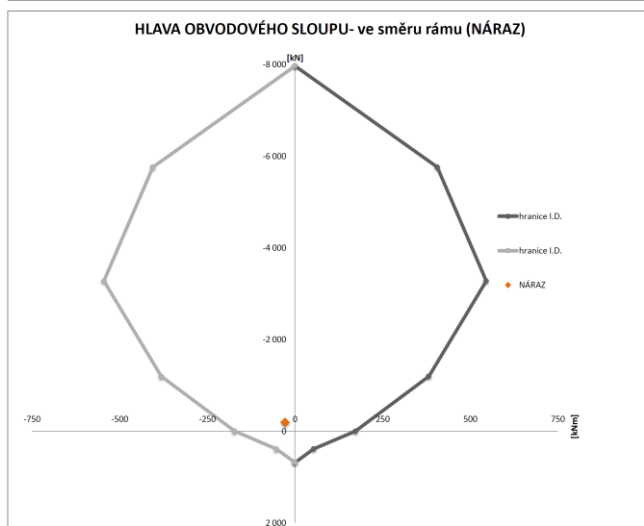
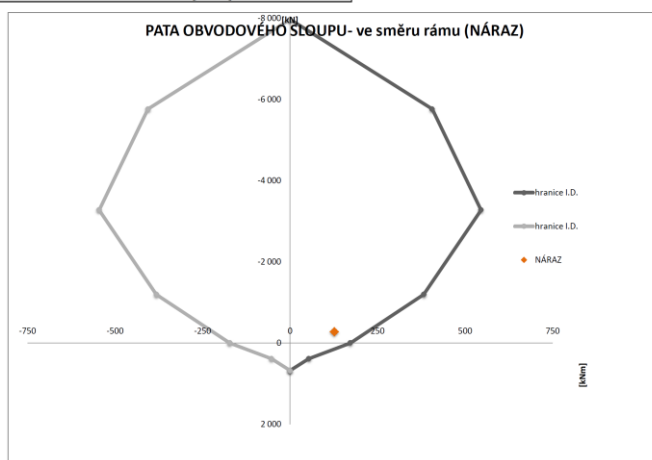
$$N_{Ed} = -194,29 \text{ [kN]}$$

$$M_I = -23,53 \text{ [kNm]}$$

$$e_I = 0,024 \text{ [m]}$$

$$M_{Ed} = M_I + N_{Ed} \cdot e_I + 0$$

vliv 2.řádu: $M_{Ed} = -28,22 \text{ [kNm]}$



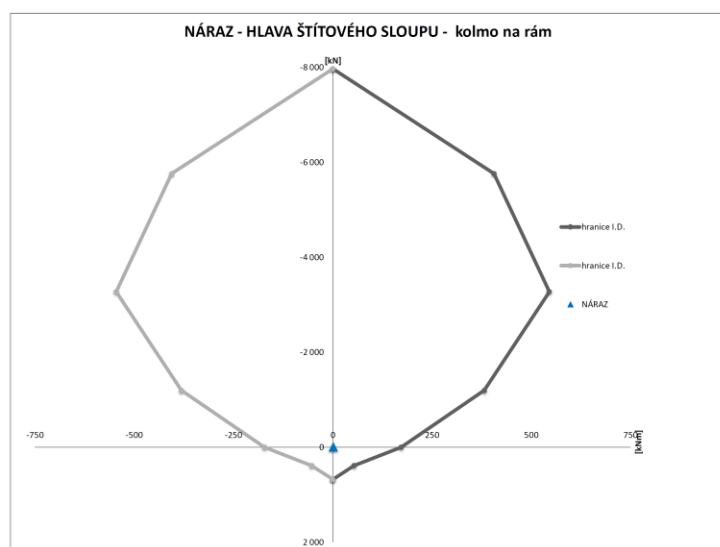
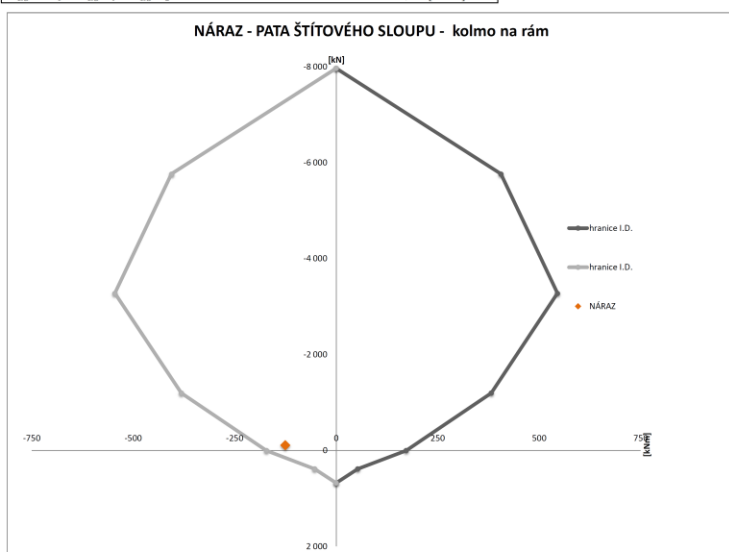
Obr.75: Diagramy obvodového sloupu pro náraz do sloupu

ŠTÍTOVÝ SLOUP - NÁRAZ

0,00	0	N_{Rd0}	-7 968,58 [kN]	M_{Rd0}	0,00 [kNm]
-405,83	1	N_{Rd1}	-5 763,23 [kN]	M_{Rd1}	405,83 [kNm]
-545,46	2	N_{Rd2}	-3 276,14 [kN]	M_{Rd2}	545,46 [kNm]
-381,73	Z	N_{RdZ}	-1 196,57 [kN]	M_{RdZ}	381,73 [kNm]
-172,13	3	N_{Rd3}	0,00 [kN]	M_{Rd3}	172,13 [kNm]
-53,09	4	N_{Rd4}	386,13 [kN]	M_{Rd4}	53,09 [kNm]
0,00	5	N_{Rd5}	678,58 [kN]	M_{Rd5}	0,00 [kNm]

MIMORÁDNÁ KOMBINACE - PATA SLOUPU					
N_{Ed}	=		-111,27 [kN]		
M_1	=		-108,67 [kNm]		
e_1	=	0,026 [m]			
e_2	=	0,127 [m]			
$M_{Ed} = M_1 + N_{Ed} \cdot e_1 + N_{Ed} \cdot e_2$	=		-125,71 [kNm]		

MIMORÁDNÁ KOMBINACE - HLAVA SLOUPU					
N_{Ed}	=		-8,49 [kN]		
M_1	=		0,00 [kNm]		
e_1	=	0,026 [m]			
e_2	=	0,127 [m]			
$M_{Ed} = M_1 + N_{Ed} \cdot e_1 + N_{Ed} \cdot e_2$	=		1,30 [kNm]		



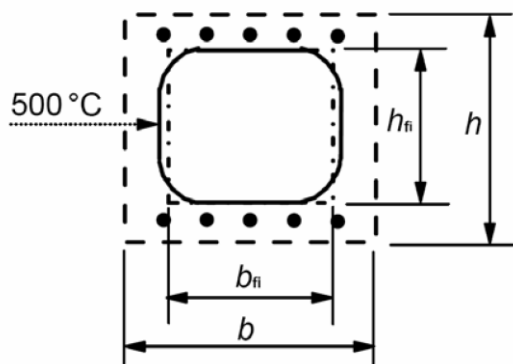
Obr.76: Diagramy štítového sloupu pro náraz do sloupu

29. POSOUZENÍ POŽÁRNÍ ODOLNOSTI ŽELEZOBETONOVÉHO SLOUPU

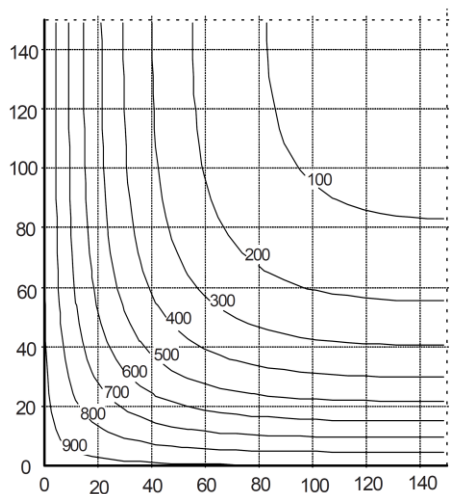
Metoda izotermu 500 °C

Postup návrhu:

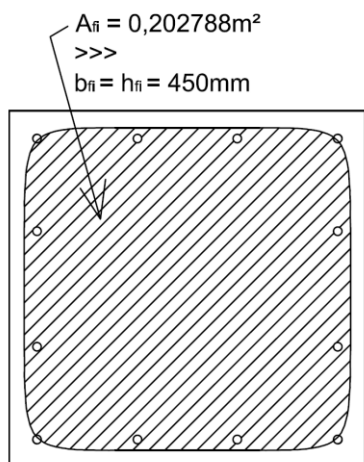
- 1) stanoví se poloha izotermu 500 °C
- 2) stanoví se nová šířka b_{fi} a výška d_{fi} průřezu nezapočítáním betonu mimo izotermu 500 °C
- 3) stanoví se teplota výztužných prutů v tažené a tlačené oblasti
- 4) stanoví se redukovaná pevnost výztuže v závislosti na teplotě
- 5) stanoví se mezní únosnost redukovaného průřezu se zmenšenou pevností výztuže
- 6) porovná se mezní únosnost s účinky zatížení



Obr.77: Redukovaný průřez sloupu vystavený požáru na 4 stranách [17]

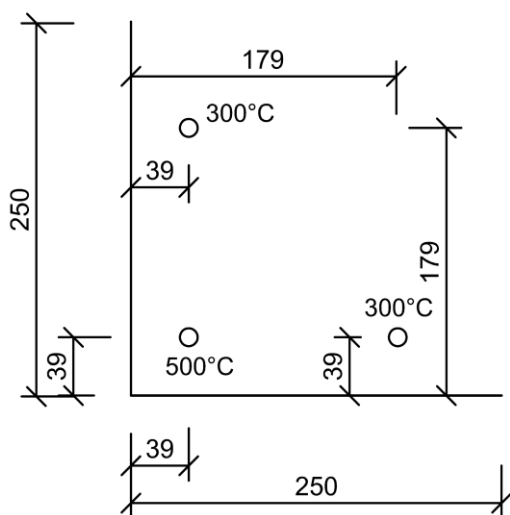


Obr.78: Teplotní profil pro čtvercový sloup, R60 [17]



Obr.79: Plocha účinného průřezu

Plocha průřezu se zmenší z 500x500mm na 450x450mm ($b_{fi} = h_{fi} = 450 \text{ mm}$)



Obr.80: Teplota podélných prutů

OCEL

návrhová hodnota pevnosti výztuže pro požární situaci při střední teplotě θ_m :

$\theta = 500^\circ\text{C} \rightarrow f_{sy,\theta} / f_{yk} = 0,78$ (válcovaná za tepla)

$\rightarrow f_{sp,\theta} / f_{yk} = 0,36$

$\rightarrow E_{s,\theta} / E_s = 0,60$

$f_{sp,fi}(\theta_m) = f_{sp,fi}(500^\circ\text{C}) = 0,36 \cdot f_{yk} = 0,36 \cdot 500 = 180 \text{ MPa}$

$f_{sy,fi}(\theta_m) = f_{sy,fi}(500^\circ\text{C}) = 0,78 \cdot f_{yk} = 0,78 \cdot 500 = 390 \text{ MPa}$

$E_{s,\theta} = 0,60 \cdot E_s = 0,60 \cdot 210 = 126 \text{ GPa}$

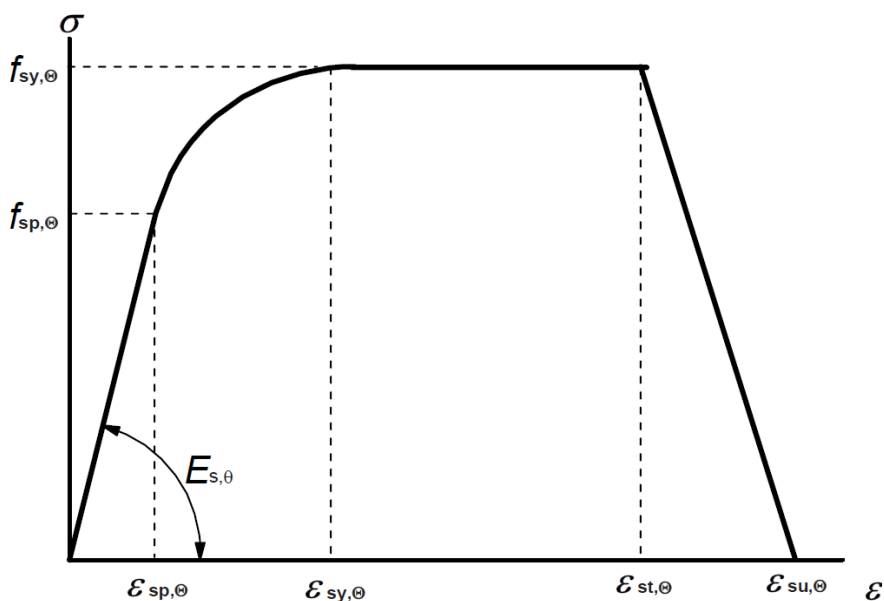
$\varepsilon_{sp,\theta} = f_{sp,\theta} / E_{s,\theta} = 180 / 126\,000 = 0,00143 = 1,43 \text{ ‰}$

$\varepsilon_{sy,\theta} = 0,02 = 20 \text{ ‰}$

BETON

návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku pro požární situaci při běžné teplotě:

$$f_{cd,fi}(20) = f_{ck} / \gamma_{c,fi} = 35 / 1,5 = 23,33 \text{ MPa}$$



Oblast	Napětí $\sigma(\theta)$	Modul pružnosti
$\varepsilon_{sp,\theta}$	$\varepsilon E_{s,\theta}$	$E_{s,\theta}$
$\varepsilon_{sp,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{sy,\theta}$	$f_{sp,\theta} - c + (b/a)[a^2 - (\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon)^2]^{0,5}$	$\frac{b(\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon)}{a[a^2 - (\varepsilon - \varepsilon_{sy,\theta})^2]^{0,5}}$
$\varepsilon_{sy,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{st,\theta}$	$f_{sy,\theta}$	0
$\varepsilon_{st,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{su,\theta}$	$f_{sy,\theta} [1 - (\varepsilon - \varepsilon_{st,\theta}) / (\varepsilon_{su,\theta} - \varepsilon_{st,\theta})]$	-
$\varepsilon = \varepsilon_{su,\theta}$	0,00	-
parametr ^{*)}	$\varepsilon_{sp,\theta} = f_{sp,\theta} / E_{s,\theta}$ $\varepsilon_{sy,\theta} = 0,02$ $\varepsilon_{st,\theta} = 0,15$ $\varepsilon_{su,\theta} = 0,20$ výztuž třídy A: $\varepsilon_{st,\theta} = 0,05$ $\varepsilon_{su,\theta} = 0,10$	
funkce	$a^2 = (\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta})(\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta} + c/E_{s,\theta})$ $b^2 = c (\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta}) E_{s,\theta} + c^2$ $c = \frac{(f_{sy,\theta} - f_{sp,\theta})^2}{(\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta}) E_{s,\theta} - 2 (f_{sy,\theta} - f_{sp,\theta})}$	

^{*)} Hodnoty parametrů $\varepsilon_{pt,\theta}$ a $\varepsilon_{pu,\theta}$ pro předpínací výztuž lze brát z tabulky 3.3. Výztuž třídy A je definována v příloze C EN 1992-1-1.

Obr.81: Pracovní diagram betonářské oceli při zvýšených teplotách [17]

OBVODOVÝ SLOUP - POSOUZENÍ NA POŽÁR

Beton: třída C 35/45

Charakteristická pevnost betonu v tlaku: $f_{ck} =$	35 000 000 [Pa]
Návrhová pevnost betonu v tlaku: $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} =$	23 330 000 [Pa]
Pevnost betonu v tahu: $f_{ctm} =$	3 200 000 [Pa]
Součinitel spolehlivosti pro beton: $\gamma_c =$	1,5
Přetvoření betonu $\epsilon_{cu3} =$	3,5 [‰]
Průměrný modul pružnosti betonu: $E_{cm} =$	34 000 000 [Pa]

Výztuž: B500B

Modul pružnosti oceli: $E_s =$	210 000 000 [Pa]
$E_{s,\theta} = 0,60 * E_s =$	126 000 000 [Pa]
$f_{sp,\theta} =$	180 000 000 [Pa]
$f_{sy,\theta} =$	390 000 000 [Pa]
$\epsilon_{sp,\theta} =$	1,43E-03 [-]
$\epsilon_{sy,\theta} =$	0,02 [-]
c =	22 968 750 [-]
$b^2 =$	5,43E+16 [-]
$a^2 =$	3,48E-04 [-]
b =	2,33E+08 [-]
a =	1,87E-02 [-]
Šířka sloupu: $b_{fi} =$	0,450 [m]
Šířka sloupu: $h_{fi} =$	0,450 [m]
Skutečná výška sloupu: $L_{skut} =$	11,300 [m]
Výpočtová výška sloupu: $L =$	9,650 [m]
Zatěžovací šířka pro sloup: $Z.Š. =$	6,000 [m]

Průměr výztuže: $\Phi =$	0,012 [m]
Průměr smykové výztuže - třmínky: $\Phi_{st} =$	0,008 [m]
c =	0,025 [m]
Navržená plocha podélné výztuže: $A_s =$	1,36E-03 [m²]
Průměr podélné výztuže (v rozích): $\Phi =$	0,012 [m]
Průměr podélné výztuže (mimo rohy): $\Phi' =$	0,012 [m]
Celkový počet prutů podélné výztuže: n =	12 [ks]
Počet prutů podélné výztuže v 1.ose (nejblíže obvod. pláště): $4*\Phi = 12mm$: $n_1 =$	4 [ks]

Počet prutů podélné výztuže ve 2.vrstvě: $2 \cdot \Phi = 12\text{mm}$: $n_2 =$	2 [ks]
Počet prutů podélné výztuže ve 3.vrstvě: $2 \cdot \Phi = 12\text{mm}$: $n_3 =$	2 [ks]
Počet prutů podélné výztuže ve 4.vrstvě: $4 \cdot \Phi = 12\text{mm}$: $n_4 =$	4 [ks]

Interakční diagram

VE SMĚRU ROVNOBĚŽNÉM S RÁMEM, (TOTÉŽ PRO KOLMO NA RÁM)

$d_1 =$	0,014 [m]
$d_2 =$	0,014 [m]
$z_1 =$	0,211 [m]
$z_2 =$	0,081 [m]
$z_3 =$	0,081 [m]
$z_4 =$	0,211 [m]

BOD 0

- Jedná se o případ tlakového porušení betonu.	
Plocha podélné výztuže: $A_{s1} =$	4,52E-04 [m ²]
Plocha podélné výztuže: $A_{s2} =$	2,26E-04 [m ²]
Plocha podélné výztuže: $A_{s3} =$	2,26E-04 [m ²]
Plocha podélné výztuže: $A_{s4} =$	4,52E-04 [m ²]
Poměrné přetvoření betonu: $\varepsilon_{cu3} =$	3,50E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s1} =$	3,50E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s2} =$	3,50E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s3} =$	3,50E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s4} =$	3,50E-03 [-]
Síla přenášená betonem: $F_{cc} = b_{fi} \cdot h_{fi} \cdot f_{cd} =$	4 724 325 [N]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s1} =$	265 882 503 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s2} =$	265 882 503 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s3} =$	265 882 503 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s4} =$	265 882 503 [Pa]
Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} =$	120 282 [N]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$	60 141 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$	60 141 [N]
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot \sigma_{s4} =$	120 282 [N]
$N_{Rd0} = - F_{cc} - \Sigma F_s =$	-5 085 172 [N]
$M_{Rd0} =$	0 [Nm]

BOD 1

- N.O. prochází těžištěm výztuže A_{s1} (tzn. $x=d_{fi}$)	
$x = d_{fi} =$	0,436 [m]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s2} =$	3,39E-03 [-]

Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s3} =$	2,34E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s4} =$	1,04E-03 [-]
Síla přenášená betonem: $F_{cc} = b \cdot (\lambda \cdot d_{fi}) \cdot f_{cd} =$	3 661 877 [N]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s2} =$	263 194 697 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s3} =$	232 500 369 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s4} =$	131 544 000 [Pa]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$	59 533 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$	52 590 [N]
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot \sigma_{s4} =$	59 509 [N]
$N_{RdI} = - F_{cc} - \Sigma F_s =$	-3 833 509 [N]
$M_{RdI} = - F_{s2} \cdot z_2 + F_{s3} \cdot z_3 + F_{s4} \cdot z_4 + F_{cc} \cdot (h/2 - [\lambda \cdot d]/2) =$	197 285 [Nm]

BOD A

(náhodně zvolené) $x =$	0,300 [m]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s1} =$	1,59E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s2} =$	7,00E-05 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s3} =$	1,82E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s4} =$	3,34E-03 [-]
Síla přenášená betonem: $F_{cc} = b \cdot (\lambda \cdot x_{bal,1}) \cdot f_{cd} =$	2 519 640 [N]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s1} =$	194 962 023 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s2} =$	8 820 000 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s3} =$	209 655 623 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s4} =$	261 933 548 [Pa]
Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} =$	88 199 [N]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$	1 995 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$	47 423 [N]
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot \sigma_{s4} =$	118 496 [N]
$N_{RdA} = - F_{cc} + F_{s1} + F_{s2} - F_{s3} - F_{s4} =$	-2 595 365 [N]
$M_{RdA} = F_{cc} \cdot (h/2 - [\lambda \cdot x]/2) + F_{s1} \cdot z_1 + F_{s2} \cdot z_2 + F_{s3} \cdot z_3 + F_{s4} \cdot z_4 =$	312 178 [Nm]

BOD B

(náhodně zvolené) $x =$	0,200 [m]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s1} =$	4,13E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s2} =$	1,86E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s3} =$	9,80E-04 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s4} =$	3,26E-03 [-]
Síla přenášená betonem: $F_{cc} = b \cdot (\lambda \cdot x_{bal,1}) \cdot f_{cd} =$	1 679 760 [N]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s1} =$	279 614 024 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s2} =$	211 505 540 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s3} =$	123 480 000 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s4} =$	259 887 083 [Pa]

Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} =$	126 494 [N]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$	47 841 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$	27 931 [N]
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot \sigma_{s4} =$	117 570 [N]
$N_{RdB} = -F_{cc} + F_{s1} + F_{s2} - F_{s3} - F_{s4} =$	-1 650 925 [N]
$M_{RdB} = F_{cc} \cdot (h/2 - [\lambda \cdot x]/2) + F_{s1} \cdot z_1 + F_{s2} \cdot z_2 + F_{s3} \cdot z_3 + F_{s4} \cdot z_4 =$	301 200 [Nm]

BOD C

(náhodně zvolené) $x =$	0,100 [m]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s1} =$	1,18E-02 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s2} =$	7,21E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s3} =$	1,54E-03 [-]
Poměrné přetvoření výztuže: $\varepsilon_{s4} =$	3,01E-03 [-]
Síla přenášená betonem: $F_{cc} = b \cdot (\lambda \cdot x_{bal,1}) \cdot f_{cd} =$	839 880 [N]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s1} =$	366 061 570 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s2} =$	326 685 168 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s3} =$	191 245 152 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s4} =$	253 422 855 [Pa]
Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} =$	165 602 [N]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$	73 894 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$	43 259 [N]
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot \sigma_{s4} =$	114 646 [N]
$N_{RdC} = -F_{cc} + F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} - F_{s4} =$	-671 770 [N]
$M_{RdC} = F_{cc} \cdot (h/2 - [\lambda \cdot x]/2) + F_{s1} \cdot z_1 + F_{s2} \cdot z_2 - F_{s3} \cdot z_3 + F_{s4} \cdot z_4 =$	216 992 [Nm]

BOD 3

- Jedná se o případ namáhání prostým ohybem	
$N_{Rd3} =$	0 [N]
odhad: $x =$	0,040773 [m]
$x =$	40,8 [mm]
Síla přenášená betonem: $F_{cc} = b \cdot (\lambda \cdot x) \cdot f_{cd} =$	342 448 [N]
$\varepsilon_{s1} = (\varepsilon_{cu3}/x) \cdot (d-x) =$	3,39E-02 [-]
$\sigma_1 =$	390 000 000 [Pa]
$\varepsilon_{s2} = (\varepsilon_{cu3}/x) \cdot (0,5 \cdot h + z_2 - x) =$	2,28E-02 [-]
$\sigma_2 =$	390 000 000 [Pa]
$\varepsilon_{s3} = (\varepsilon_{cu3}/x) \cdot (0,5 \cdot h - x - z_3) =$	8,86E-03 [-]
$\sigma_3 =$	343 950 903 [Pa]
Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_1 =$	176 432 [N]

Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_2 =$	88 216 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_3 =$	77 800 [N]
Síla ve výztuži 4 - v bodě 4 zanedbám účinek výztuže (malé využití): $F_{s4} =$	0 [N]
$N_{Rd3} = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} - F_{cc} =$	0 [N]
<i>kontrola: $N_{Rd3} = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} - F_{cc} \approx 0$</i>	<u>VYHOVUJE</u>
$N_{Rd3} = F_{s1} + F_{s2} - F_{s3} - F_{cc} \approx$	0 [N]
$M_{Rd3} = F_{cc} \cdot (h/2 - [\lambda \cdot x]/2) + F_{s1} \cdot z_1 + F_{s2} \cdot z_2 + F_{s3} \cdot z_3 =$	122 140 [Nm]

BOD 4

- N.O. prochází těžištěm výztuže A_{s4}	
Síla přenášená betonem: $F_{cc} =$	zanedbá se
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot \sigma =$	0 [N]
$\epsilon_{s1} =$	3,39E-03 [-]
$\epsilon_{s2} =$	2,34E-03 [-]
$\epsilon_{s3} =$	1,04E-03 [-]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s1} =$	263 194 697 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s2} =$	232 500 369 [Pa]
Napětí ve výztuži: $\sigma_{s3} =$	131 544 000 [Pa]
Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} =$	119 066 [N]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$	52 590 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$	29 755 [N]
$N_{Rd4} = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} =$	201 411 [N]
$M_{Rd4} = F_{s1} \cdot z_1 + F_{s2} \cdot z_2 - F_{s3} \cdot z_3 =$	26 973 [Nm]

BOD 5

- Působíště tahové síly leží v těžišti všech výztuží	
$\epsilon_{s1} = \epsilon_{s2} = \epsilon_{s3} = \epsilon_{s4} =$	3,50E-03 [-]
Síla ve výztuži 1: $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} =$	120 282 [N]
Síla ve výztuži 2: $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} =$	60 141 [N]
Síla ve výztuži 3: $F_{s3} = A_{s3} \cdot \sigma_{s3} =$	60 141 [N]
Síla ve výztuži 4: $F_{s4} = A_{s4} \cdot \sigma_{s4} =$	120 282 [N]
$N_{Rd5} = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} + F_{s4} =$	360 847 [N]
$M_{Rd5} =$	0 [Nm]

VE SMĚRU ROVNOBĚŽNÉM S RÁMEM

vzpěrná délka (ve směru rámu): $l_{cr} = 1,0 \cdot L =$	9,650 [m]
excentricita: $e_i = l_{cr} / 400 =$	0,024 [m]

výpočet excentricity e_2 :

$b =$	0,450 [m]
$h =$	0,450 [m]
$A = b \cdot h =$	0,203 [m ²]
$I =$	0,00341 7 [m ⁴]
poloměr setrvačnosti (ve směru rámu): $i = \sqrt{I/A} =$	0,130 [m]
štíhlost prutu: $\lambda = I_{cr} / i =$	74 [-]
součinitel A =	0,7 [-]
součinitel B =	1,1 [-]
součinitel C =	2,2 [-]
$N_{Ed,max} =$	487 180 [N]
$n = \frac{N_{Ed,max}}{A_c \cdot f_{cd}} =$	0,103 [-]
$\lambda_{lim} = 20 \cdot A \cdot B \cdot C / \sqrt{n} =$	106 [-]
$\lambda < \lambda_{lim} \rightarrow$ není nutné zohlednit vliv e_2	

0,00	0	N_{Rd0}	-5 085,17 [kN]	M_{Rd0}	0,00 [kNm]
-197,29	1	N_{Rd1}	-3 833,51 [kN]	M_{Rd1}	197,29 [kNm]
-312,18	A	N_{RdA}	-2 595,37 [kN]	M_{RdA}	312,18 [kNm]
-301,20	B	N_{RdB}	-1 650,92 [kN]	M_{RdB}	301,20 [kNm]
-216,99	C	N_{RdC}	-671,77 [kN]	M_{RdC}	216,99 [kNm]
-122,14	3	N_{Rd3}	0,00 [kN]	M_{Rd3}	122,14 [kNm]
-26,97	4	N_{Rd4}	201,41 [kN]	M_{Rd4}	26,97 [kNm]
0,00	5	N_{Rd5}	360,85 [kN]	M_{Rd5}	0,00 [kNm]

v HLAVĚ sloupu:

RUČNÍ VÝPOČET KOMBINACÍ:

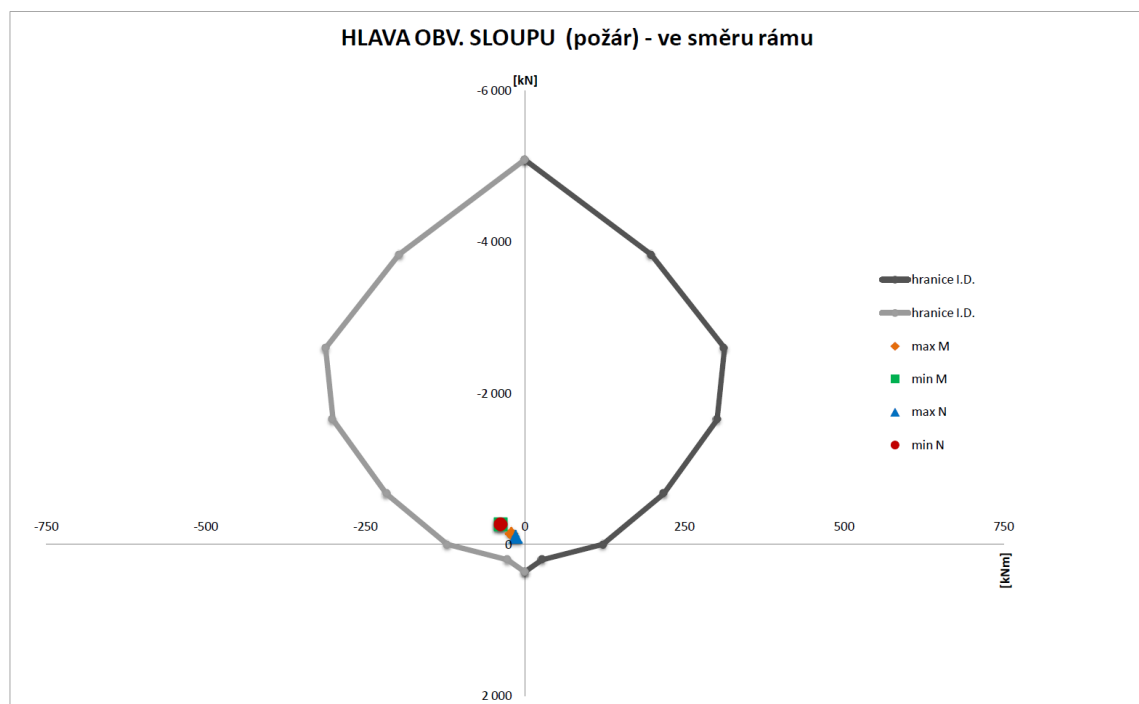
$N_{Ed} = \eta_{fi} \cdot N =$ max M min M max N min N
-143,59 -264,45 -100,37 -264,45 [kN]

$M_I = \eta_{fi} \cdot M =$ -17,67 -31,54 -12,41 -31,54 [kNm]

$e_i =$ 0,024 [m]

$M_{Ed} = M_I + N_{Ed} \cdot e_i + 0$

vliv 2.řádu: $M_{Ed} =$ -21,14 -37,92 -14,84 -37,92 [kNm]



Obr.82: Diagram pro hlavu obvodového sloupu (při požáru), ve směru rámu

v PATĚ sloupu:

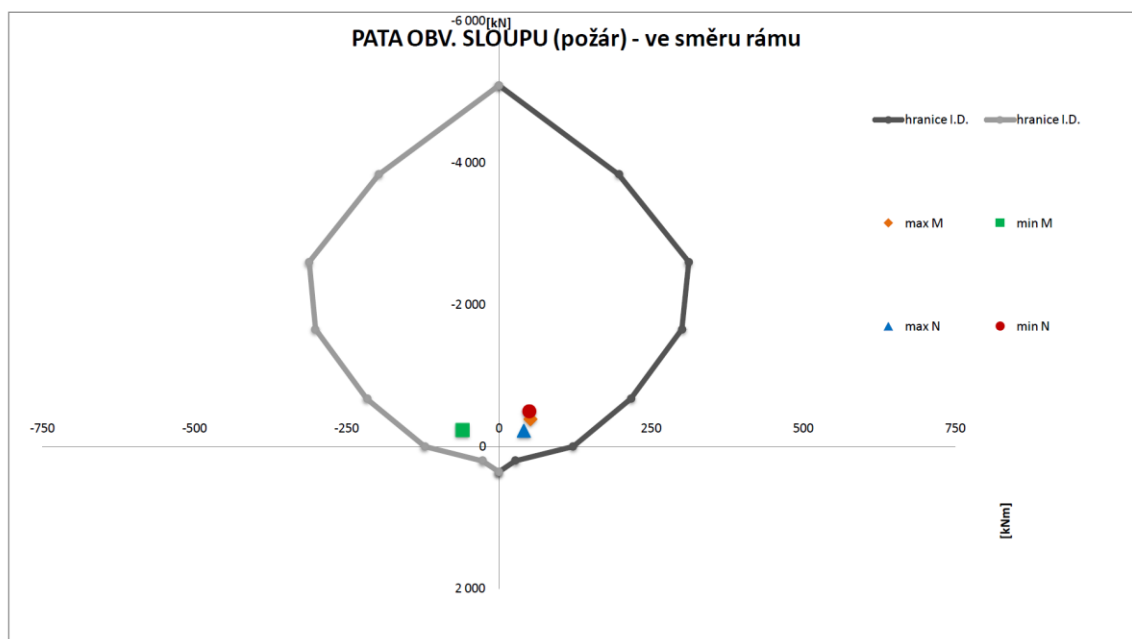
RUČNÍ VÝPOČET KOMBINACÍ:

	max M	min M	max N	min N
$N_{Ed} = \eta_{fi} \cdot N =$	-381,49	-227,63	-224,42	-487,18 [kN]
$M_I = \eta_{fi} \cdot M =$	43,09	-53,97	35,78	38,02 [kNm]
$e_i =$	0,024 [m]			

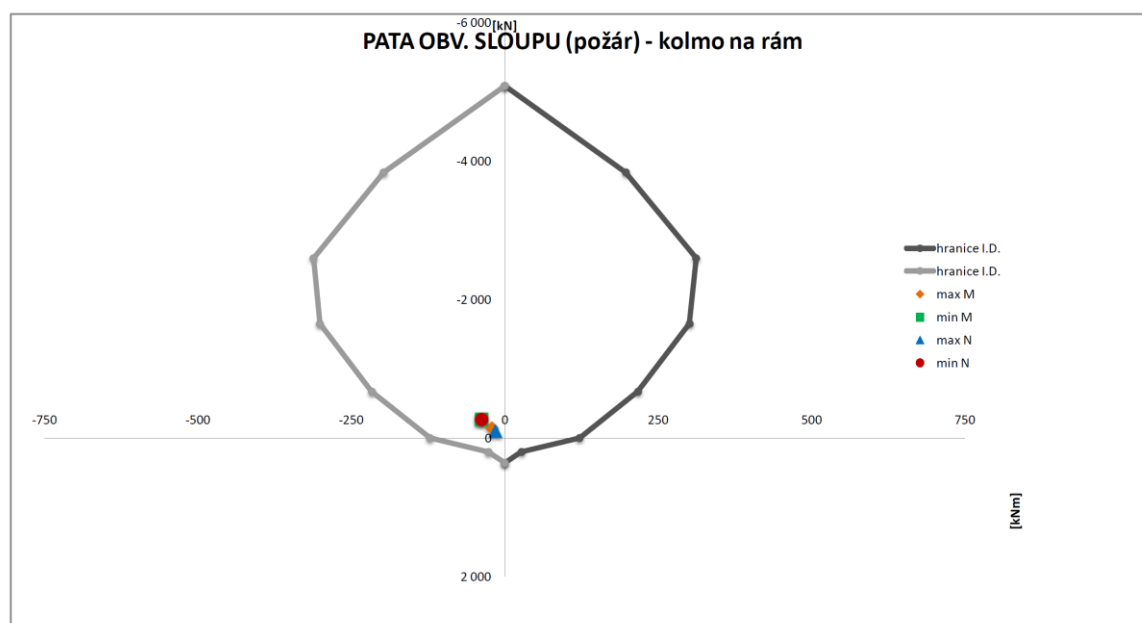
$$M_{Ed} = M_I + N_{Ed} \cdot e_i + 0$$

vliv 2.řádu: $M_{Ed} =$

	52,29	-59,46	41,19	49,78 [kNm]
--	-------	--------	-------	-------------



Obr.83: Diagram pro patu obvodového sloupu (při požáru), ve směru rámu



Obr.84: Diagram pro patu obvodového sloupu (při požáru), kolmo na rám

30. SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr.1: Půdorys - zatěžovací schéma zatížení větrem na stěny (vítr na delší stranu)
- Obr.2: Půdorys - zatěžovací schéma zatížení větrem na stěny (vítr na štítovou stěnu)
- Obr.3: Vizualizace – pohled na skladbu
- Obr.4: Posuzovaný sloup na průnik os 2,A – vítr kolmo na štítovou stěnu
- Obr.5: Posuzovaný sloup na průnik os 2,A – vítr kolmo na delší stranu
- Obr.6: Poloha posuzovaného sloupu – průnik os 2,A
- Obr.7: Detail u okapu
- Obr.8: Statické schéma příčného rámu – stálé zatížení
- Obr.9: Statické schéma příčného rámu – sníh
- Obr.10: Statické schéma příčného rámu – vítr 1
- Obr.11: Statické schéma příčného rámu – vítr 2
- Obr.12: Statické schéma příčného rámu – vítr 3
- Obr.13: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od stálého zatížení
- Obr.14: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od sněhu
- Obr.15: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od „větru 1“
- Obr.16: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od „větru 2“
- Obr.17: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od „větru 3“
- Obr.18: Schéma obvodového sloupu – stálé zatížení
- Obr.19: Schéma obvodového sloupu – zatížení sněhem
- Obr.20: Schéma obvodového sloupu – zatížení „vítr1“
- Obr.21: Schéma obvodového sloupu – zatížení „vítr2“
- Obr.22: Schéma obvodového sloupu – zatížení „vítr3“
- Obr.23: Výsledky N [kN] na sloupu od stálého zatížení
- Obr.24: Výsledky N [kN] na sloupu od sněhu
- Obr.25: Výsledky N [kN] a M [kNm] na sloupu od větru 1
- Obr.26: Výsledky N [kN] a M [kNm] na sloupu od větru 2
- Obr.27: Výsledky N [kN] a M [kNm] na sloupu od větru 3
- Obr.28: Diagram pro hlavu obvodového sloupu, ve směru rámu

Obr.29: Diagram pro patu obvodového sloupu, ve směru rámu
Obr.30: Diagram pro patu obvodového sloupu, kolmo na rám
Obr.31: Průběh V [kN] při vztyčování
Obr.32: Průběh V [kN] při vytahování z formy
Obr.33: Průběh momentů na sloupu při vytahování z bednění
Obr.34: Detail uložení vaznice a ztužidla u štítu
Obr.35: Pohled na čelo štítové stěny
Obr.36: Půdorys – plocha střeš. pláště zatěžující štít. sloup
Obr.37: Statická schémata štítového sloupu ZS1-ZS2
Obr.38: Statická schémata štítového sloupu ZS3-ZS5
Obr.39: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od stálého zatížení
Obr.40: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od zatížení sněhem
Obr.41: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od zatížení větrem 1
Obr.42: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od zatížení větrem 2.a
Obr.43: Průběh N [kN] a M [kNm] na sloupu od zatížení větrem 2.b
Obr.44: Schéma štítového sloupu – stálé zatížení
Obr.45: Schéma štítového sloupu – zatížení sněhem
Obr.46: Schéma štítového sloupu – zatížení „vítr1“
Obr.47: Schéma štítového sloupu – zatížení „vítr2.a“
Obr.48: Schéma štítového sloupu – zatížení „vítr2.b“
Obr.49: Výsledky N [kN] na sloupu od stálého zatížení
Obr.50: Výsledky N [kN] na sloupu od sněhu
Obr.51: Výsledky N [kN] a M [kNm] na sloupu od větru 1
Obr.52: Výsledky N [kN] a M [kNm] na sloupu od větru 2.a
Obr.53: Výsledky N [kN] a M [kNm] na sloupu od větru 2.b
Obr.54: Diagram pro patu štítového sloupu, kolmo na rám
Obr.55: Diagram pro hlavu štítového sloupu, kolmo na rám
Obr.56: Diagram pro patu štítového sloupu, ve směru rámu
Obr.57: Průběh V [kN]

Obr.58: Průběh V [kN]

Obr.59: Průběh momentů na sloupu při vytahování z bednění

Obr.60: Průběh momentů na sloupu při vztyčování

Obr.61: Hlava štítového sloupu

Obr.62: Trajektorie tahových a tlakových napětí

Obr.63: SaT model štítového sloupu

Obr.64: Vnitřní (normálové) síly [v kN] na náhradní příhradovině

Obr.65: SaT model konzoly

Obr.66: Převrtní úchyt s kulovou hlavou

Obr.67: Obvodový sloup: pohledy

Obr.68: Obvodový sloup: vstupní údaje

Obr.69: Obvodový sloup: návrh kotvy

Obr.70: Štítový sloup: pohledy

Obr.71: Štítový sloup: vstupní údaje

Obr.72: Štítový sloup: návrh kotvy

Obr.73: Průběh N [kN] a M [kNm] na obvodovém sloupu při mimoř. kombinaci

Obr.74: Průběh N [kN] a M [kNm] na štítovém sloupu při mimoř. kombinaci

Obr.75: Diagramy obvodového sloupu pro náraz do sloupu

Obr.76: Diagramy štítového sloupu pro náraz do sloupu

Obr.77: Redukovaný průřez sloupu vystavený požáru na 4 stranách [17]

Obr.78: Teplotní profil pro čtvercový sloup, R60 [17]

Obr.79: Plocha účinného průřezu

Obr.80: Teplota podélných prutů

Obr.81: Pracovní diagram betonářské oceli při zvýšených teplotách [17]

Obr.82: Diagram pro hlavu obvodového sloupu (při požáru), ve směru rámu

Obr.83: Diagram pro patu obvodového sloupu (při požáru), ve směru rámu

Obr.84: Diagram pro patu obvodového sloupu (při požáru), kolmo na rám

31. SEZNAM TABULEK

Tab.1: Tabulka ekvivalentních statických sil [2]

32. SEZNAM ZDROJŮ

- [1] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [2] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [3] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [4] ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [5] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [6] ČSN 73 0035. *Zatížení stavebních konstrukcí*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1986 (+ změny 1991, 1994).
- [7] ZICH, Miloš. *Příklady posuzování betonových prvků dle Eurokódů*. Praha: Dashöfer Holding, Ltd. & Verlang Dashöfer, nakladatelství, s.r.o., 2010. ISBN 978-80-86897-38-7.
- [8] ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana. *Tabulky do cvičení betonových konstrukcí* [online]. 2012. vyd. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/pdf/BL01/Tabulky.pdf>
- [9] ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana. *VYZTUZE.pdf* [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/pdf/CL01/VYZTUZE.pdf>

[10] ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana. *Posouzení sloupu dle EN 1992-1-1* [online]. [cit. 2015-12-29].

Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/pdf/BL01/interakcnidiagram.pdf>

[11] ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana. *Posouzení ŽB sloupu* [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/pdf/BL03/posouzeni_vnitriho_sloupu.pdf

[12] PROCHÁZKA, Jaroslav. *Navrhování betonových konstrukcí: příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 330 s. Technická knižnice (ČKAIT). ISBN 978-80-87438-03-9.

[15] ČSN EN 1991-1-7. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení*. Praha: Český normalizační institut, 2008.

[16] SEMRÁD, Karel a Csaba SZÜCS. *ŘEŠENÉ PŘÍKLADY BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ POMOCÍ PŘÍHRADOVÉ ANALOGIE* [online]. Praha: ČVUT v Praze, Katedra betonových a zděných konstrukcí, 2009 [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: http://concrete.fsv.cvut.cz/pomucky/down/Resene_priklady_BK_pomoci_prihradove_analogie.pdf

[17] ČSN EN 1992-1-2. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru*. Praha: Český normalizační institut, 2011.