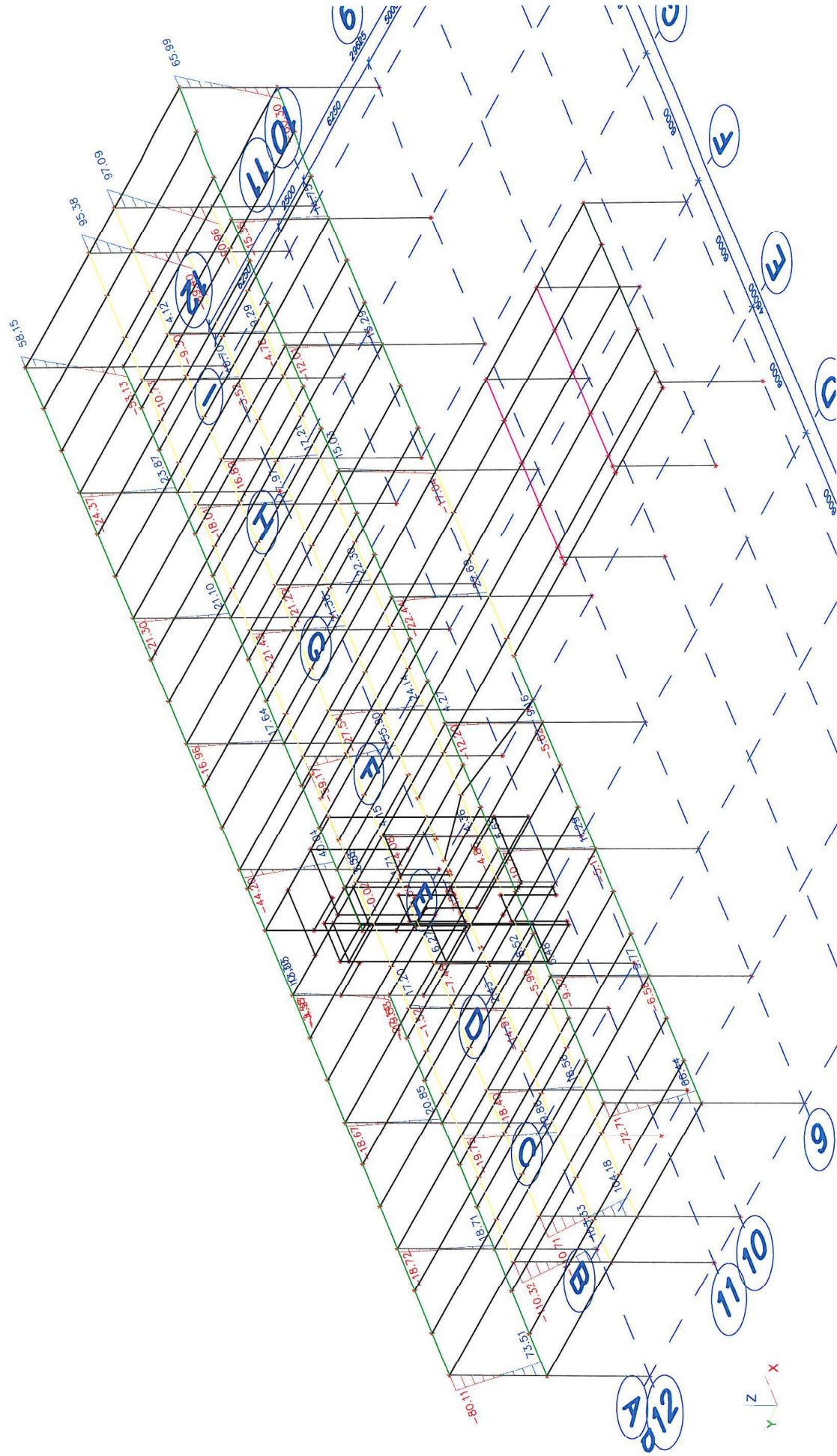


Projekt	Technologický park Kar. kraje
Část	Objekt II
Popis	Nosná konstrukce objektu laboratoří
Autor	Ing. Martin Šafařík

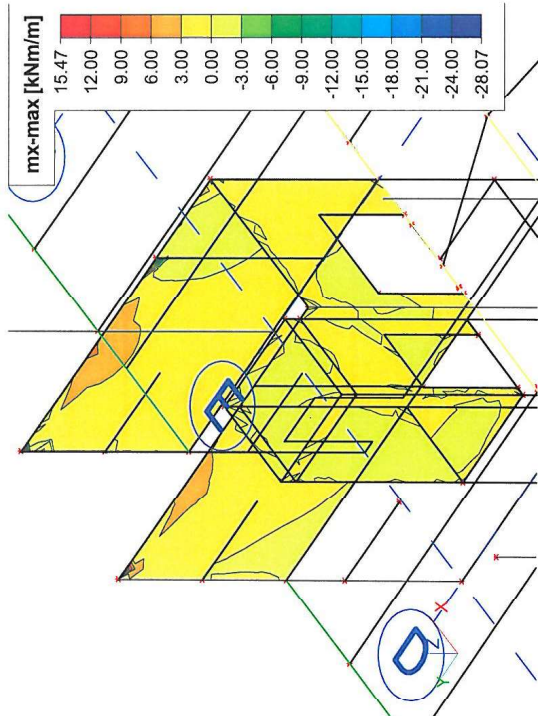
#### 7.4.7.2. Vnitřní síly ve sloupech 2.NP - My



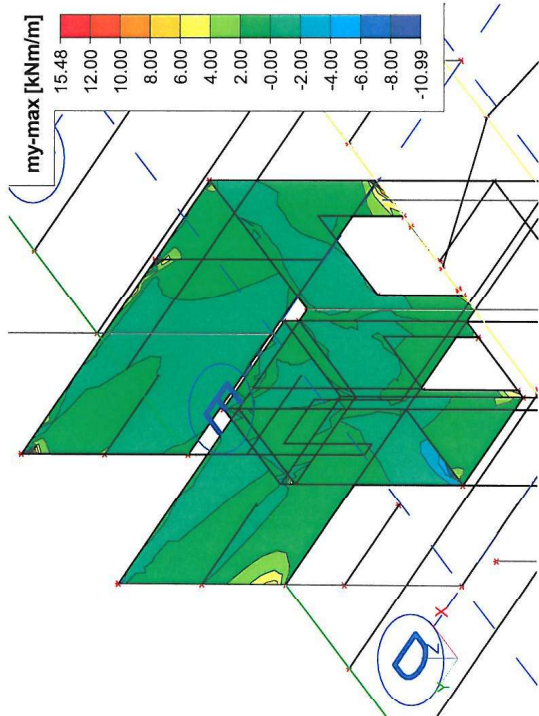




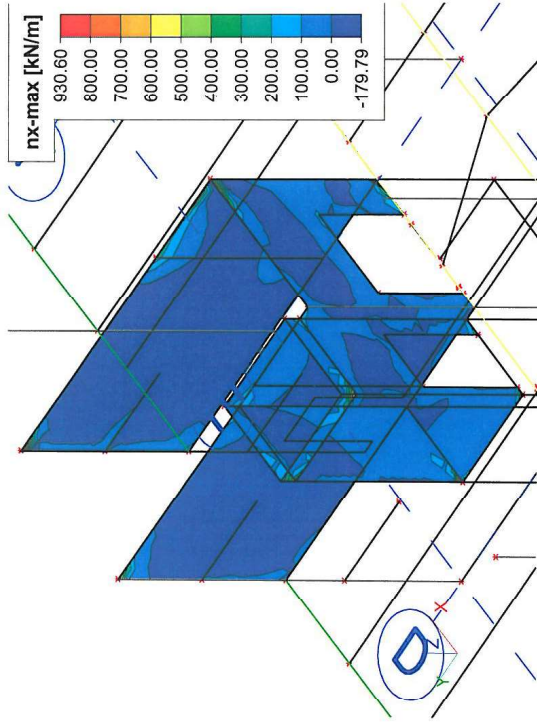
7.4.7.4. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP -mx max



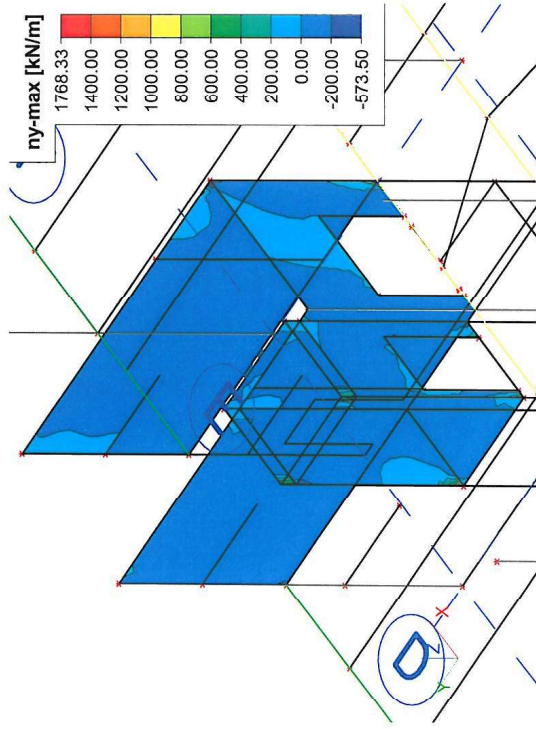
7.4.7.5. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP -my max



7.4.7.6. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP -nx max

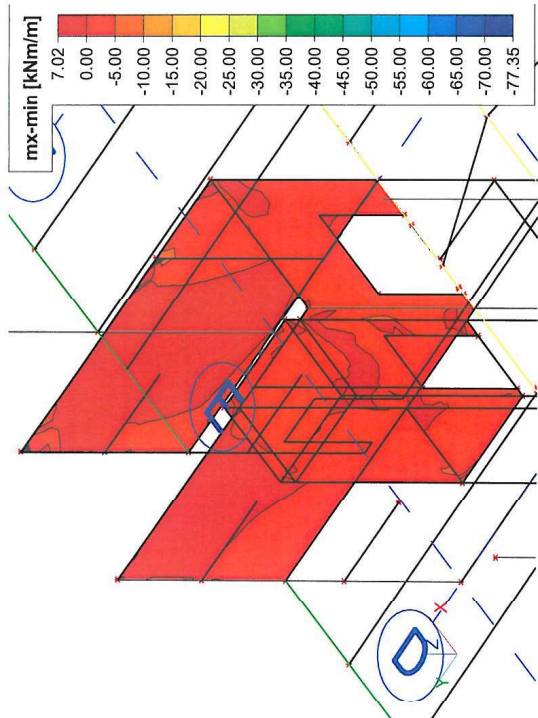


7.4.7.7. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP -ny max

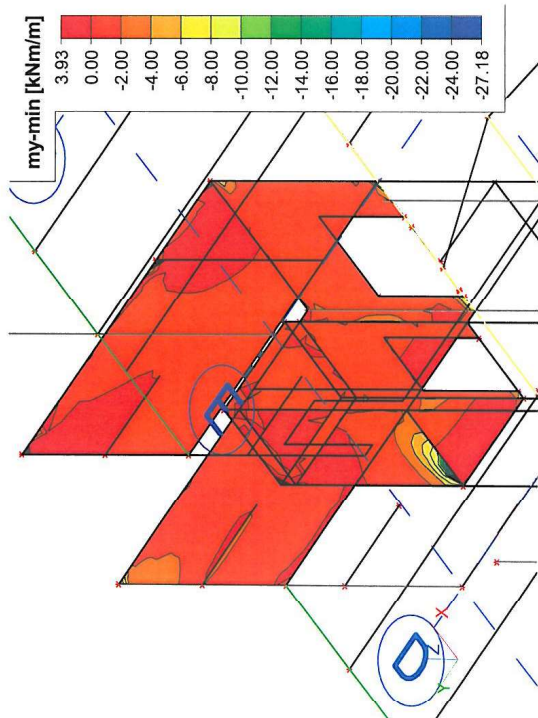




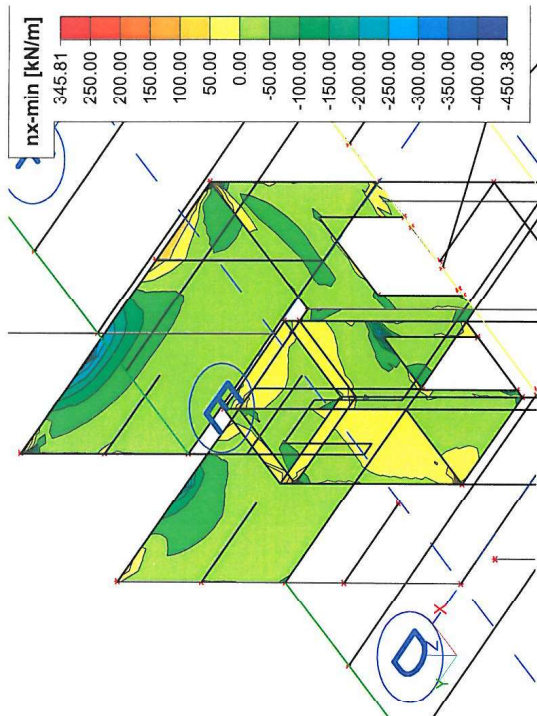
7.4.7.8. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP -mx min



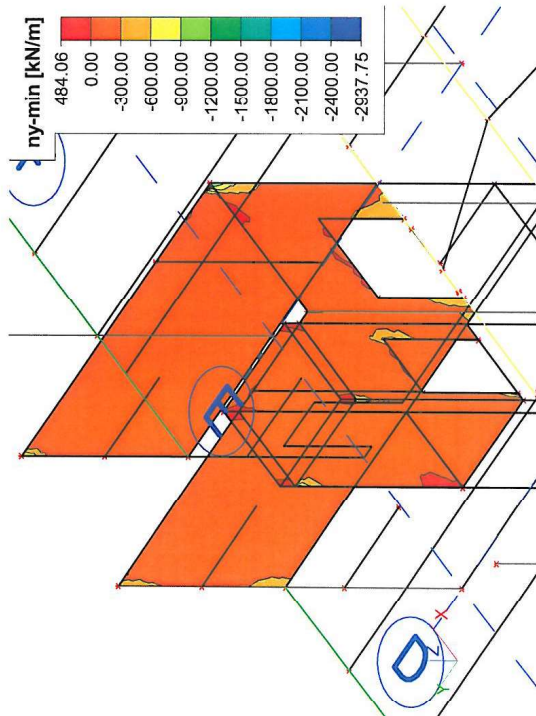
7.4.7.9. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP -my min



7.4.7.10. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP -nx min



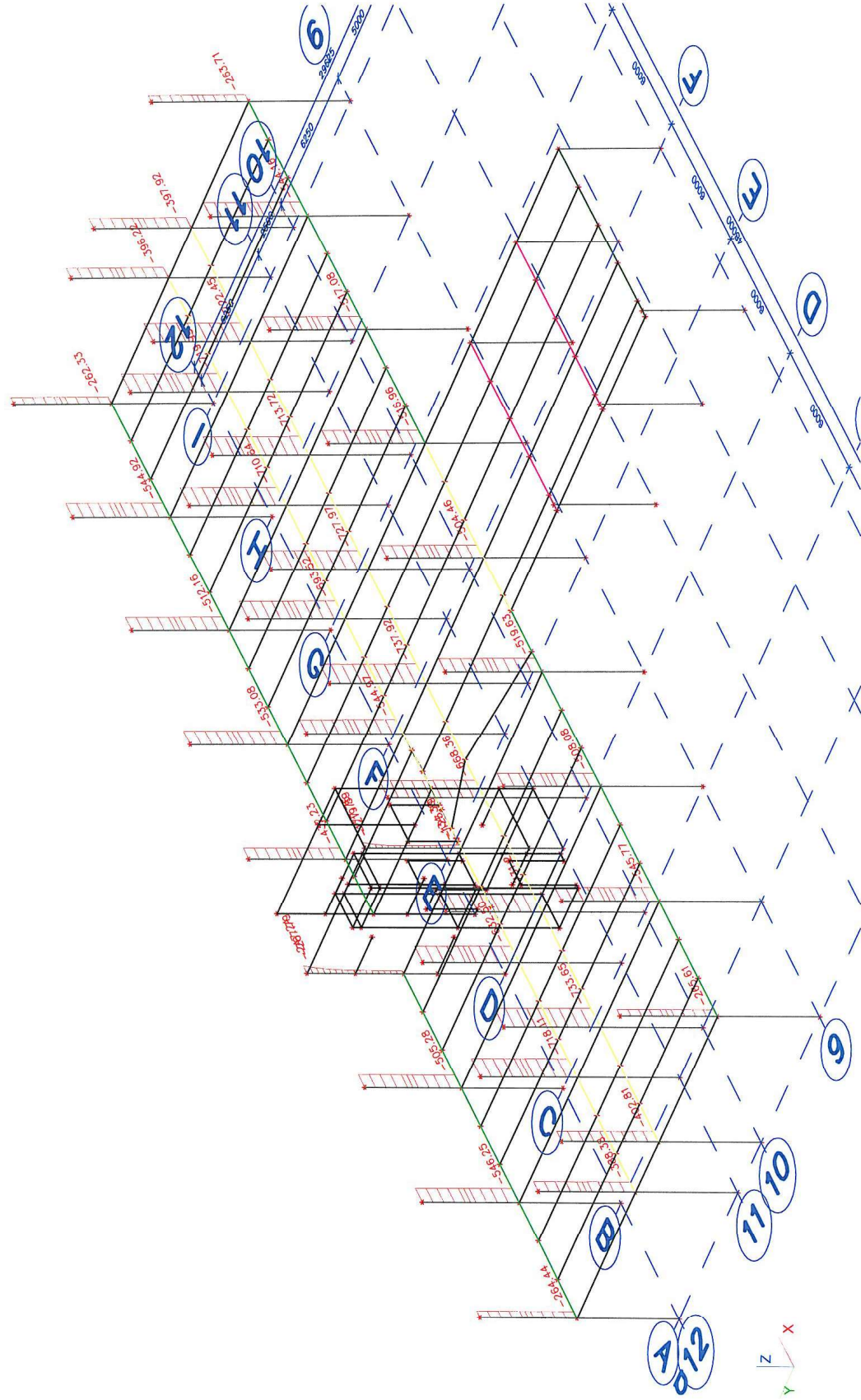
7.4.7.11. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP -ny min



Projekt	Technologický park Kar. kraje
Část	Objekt II
Popis	Nosná konstrukce objektu laboratoří
Autor	Ing. Martin Šafařík

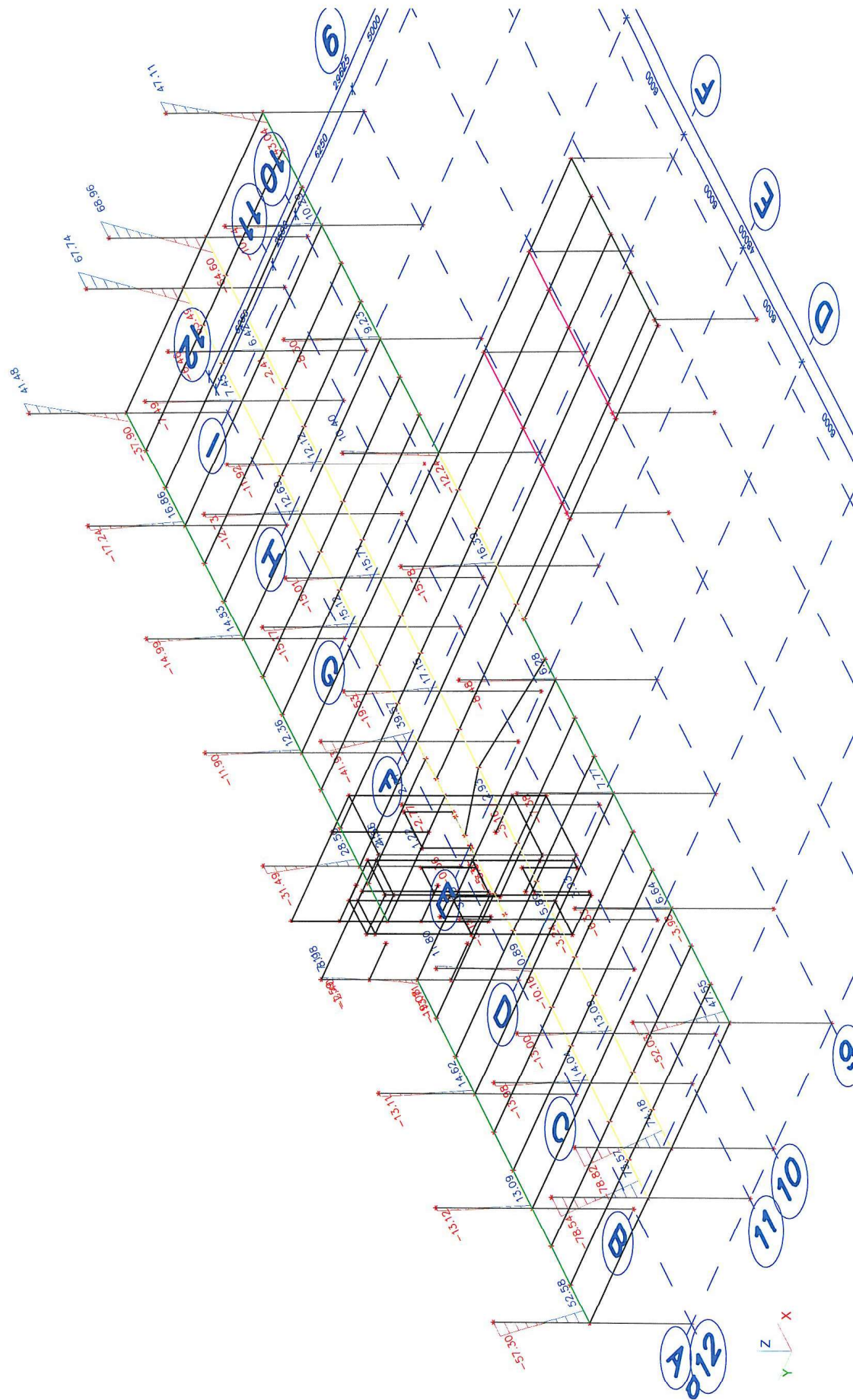
#### 7.4.8. Sloupky a stěny ve 2.NP kombinace charakteristická

##### 7.4.8.1. Vnitřní síly ve sloupech 2.NP - N char.



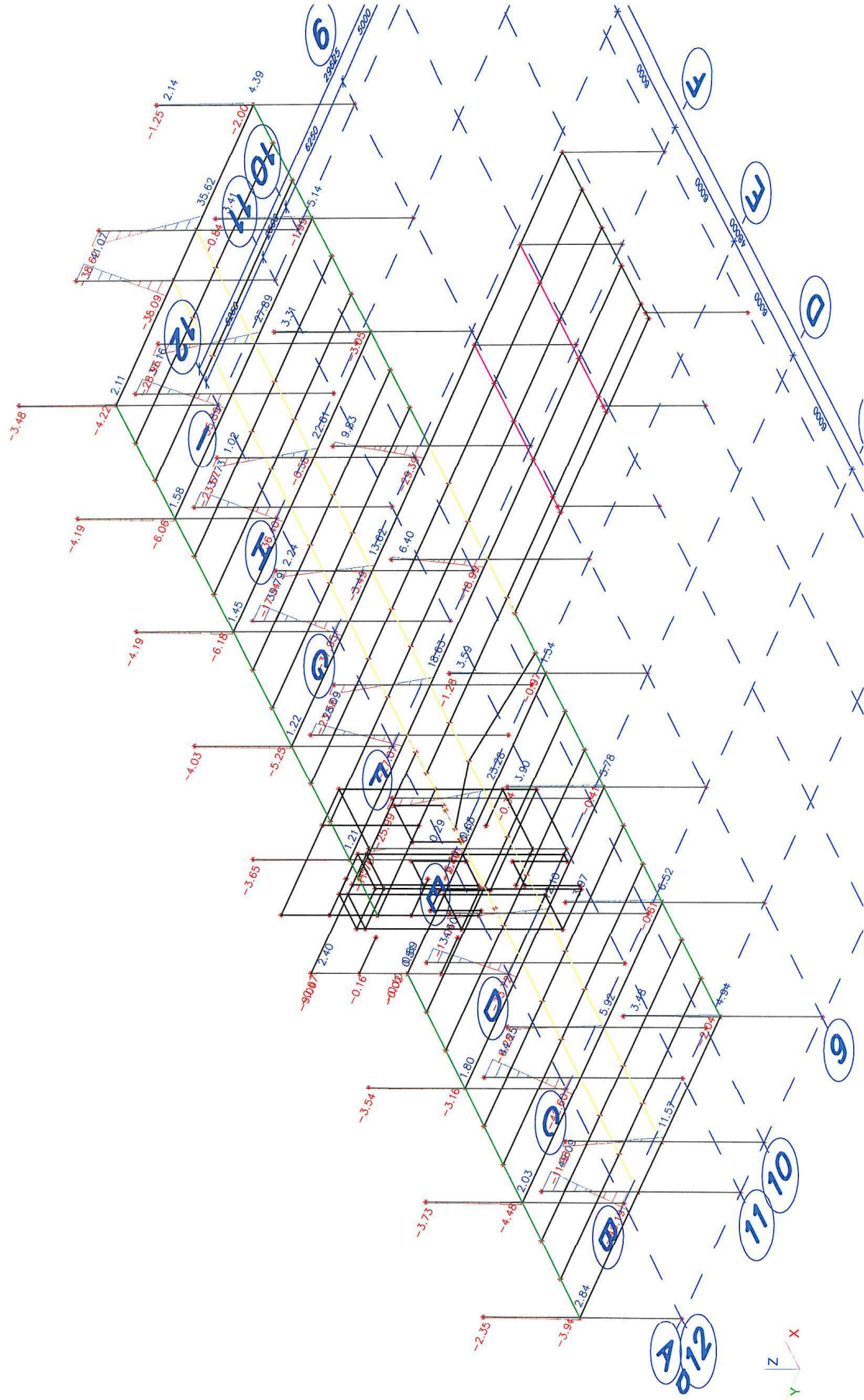


#### 7.4.8.2. Vnitřní síly ve sloupech 2.NP - My char.

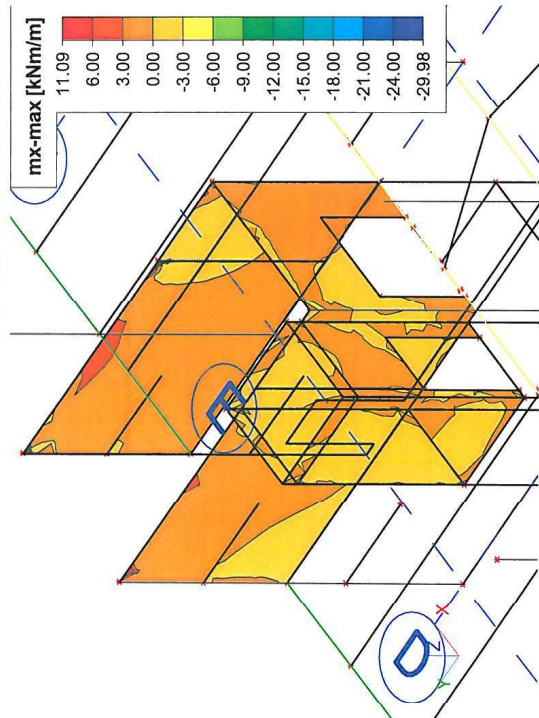


Projekt	Technologický park Kar. kraje
Část	Objekt II
Popis	Nosná konstrukce objektu laboratoří
Autor	Ing. Martin Šafářik

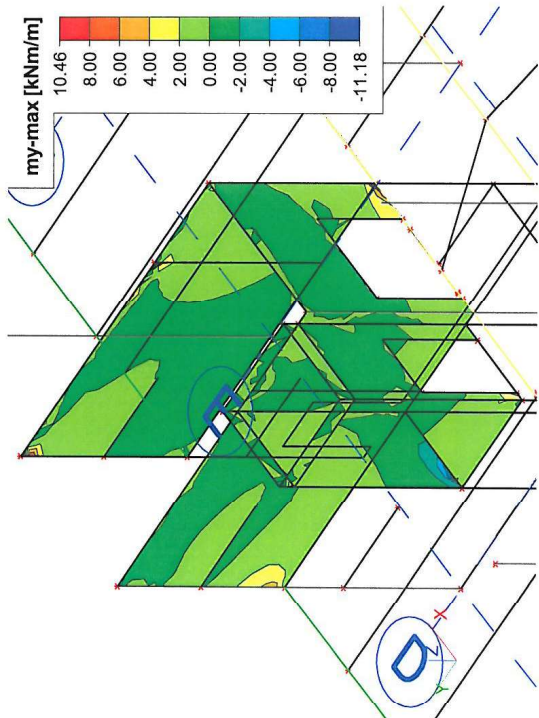
### 7.4.8.3. Vnitřní síly ve sloupech 2.NP - Mz char.



7.4.8.4. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP -mx max char.

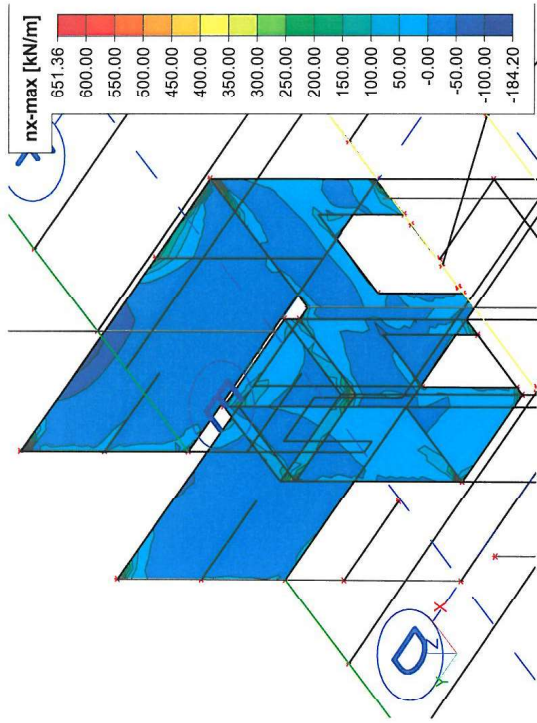


7.4.8.5. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP -my max char.

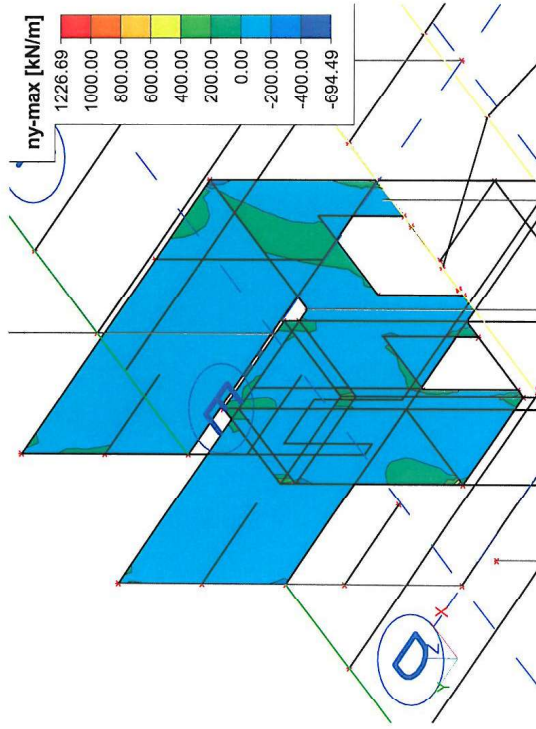




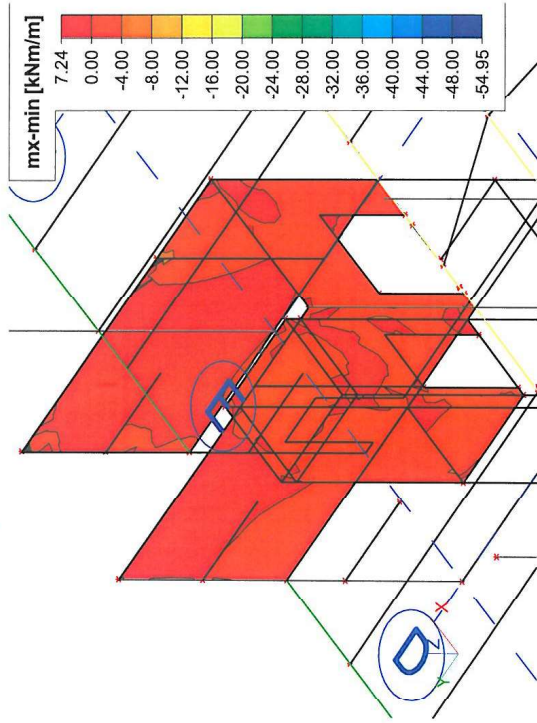
7.4.8.6. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP -nx max char.



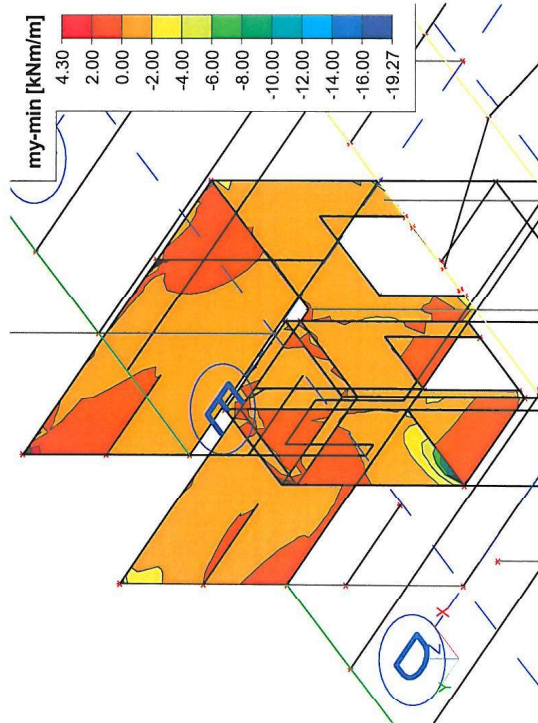
7.4.8.7. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP -ny max char.



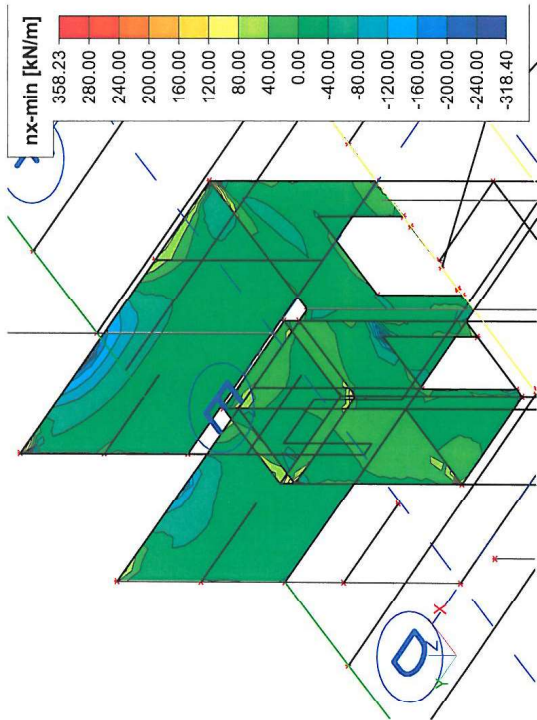
7.4.8.8. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP -mx min char.



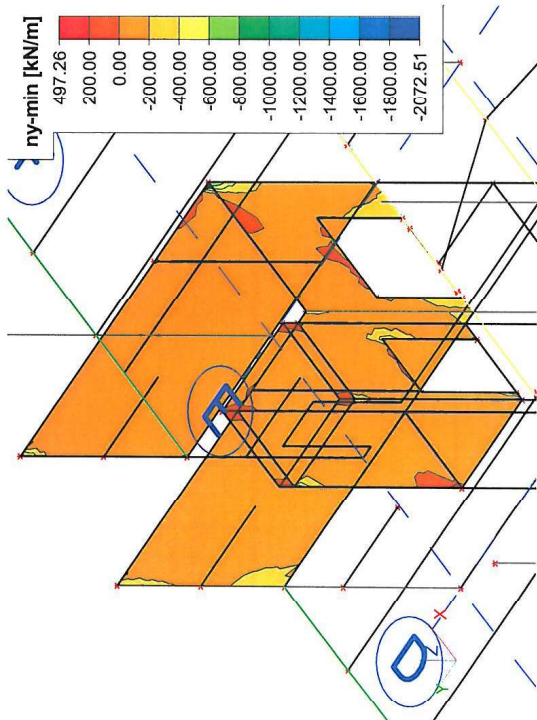
7.4.8.9. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP -my min char.



7.4.8.10. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP -nx min char.



7.4.8.11. Vnitřní síly ve stěnách 2.NP -ny min char.

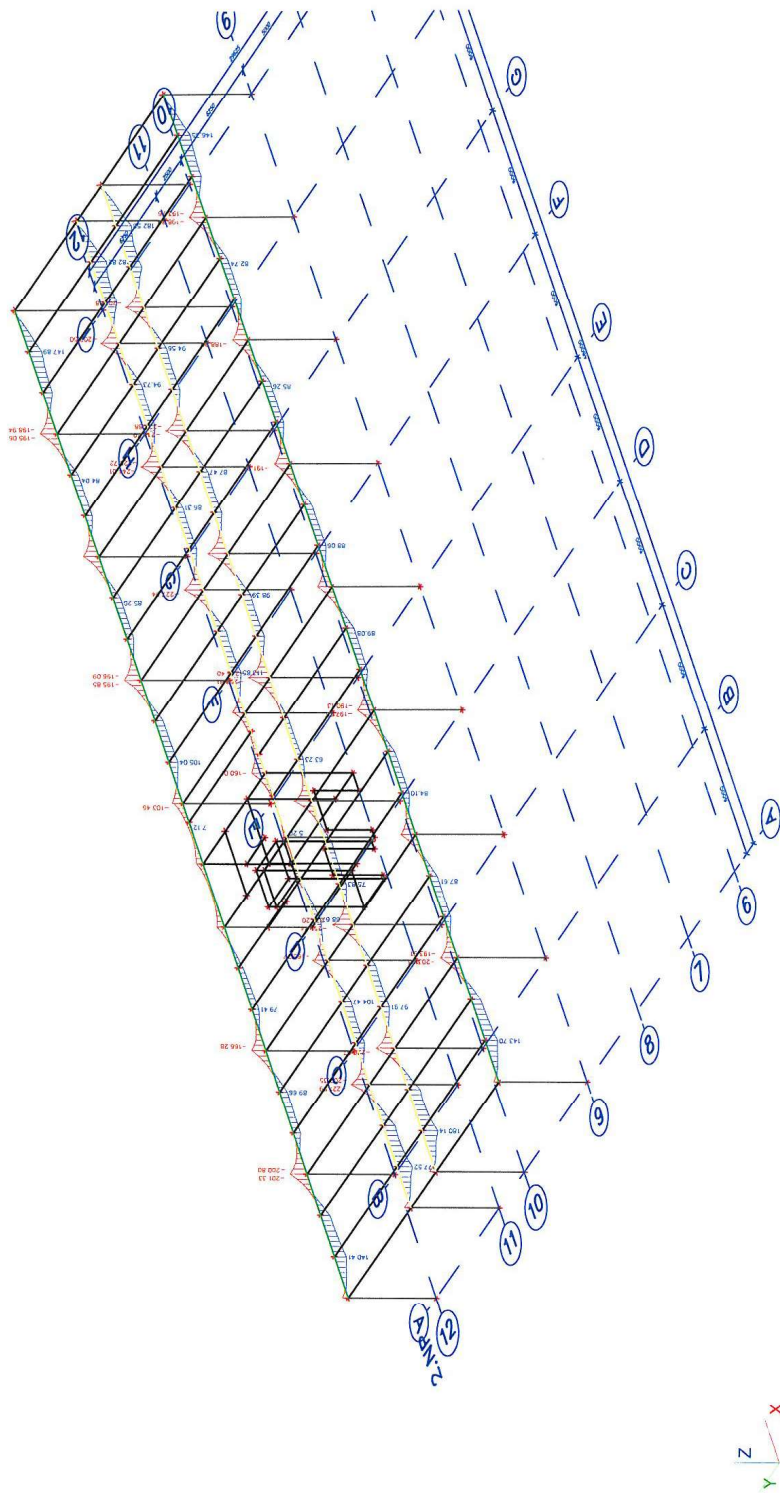




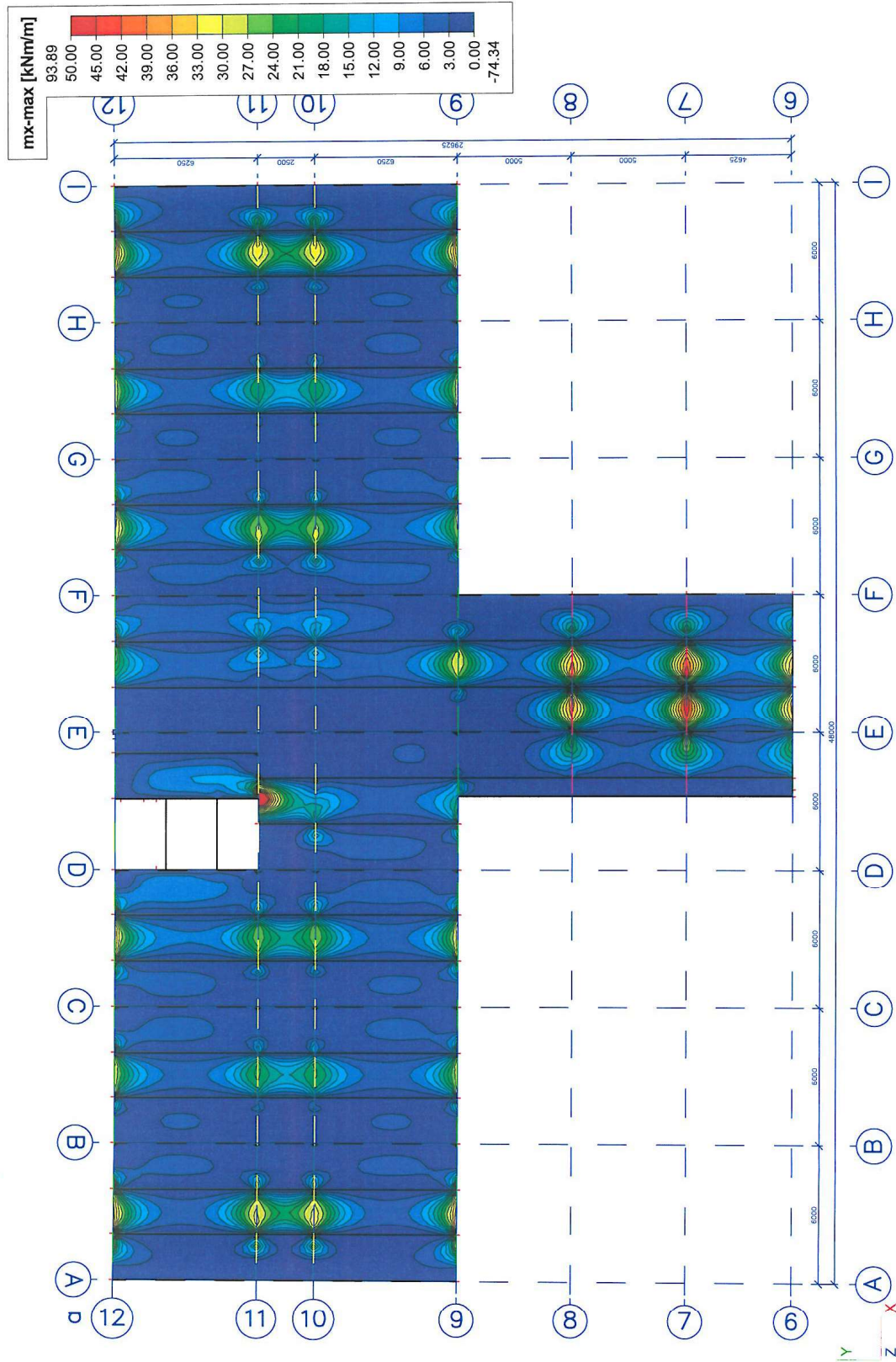


Projekt	Technologický park Kar. kraje
Část	Objekt II
Popis	Nosná konstrukce objektu laboratorí
Autor	Ing. Martin Šafářik

#### 7.4.9.2. Vnitřní síly v průvlacích stropu nad 2.NP - My

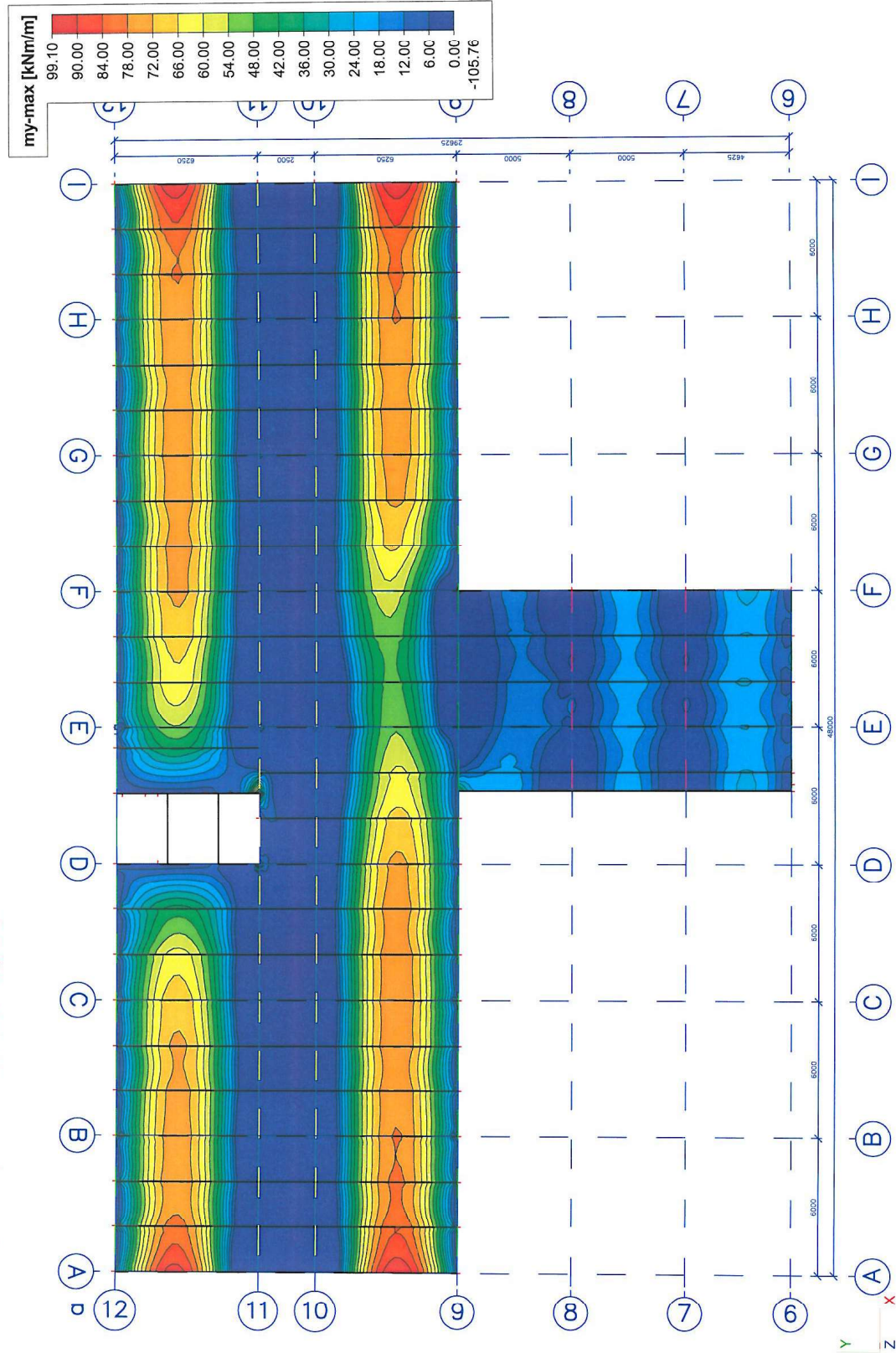


7.4.9.3. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - mx max

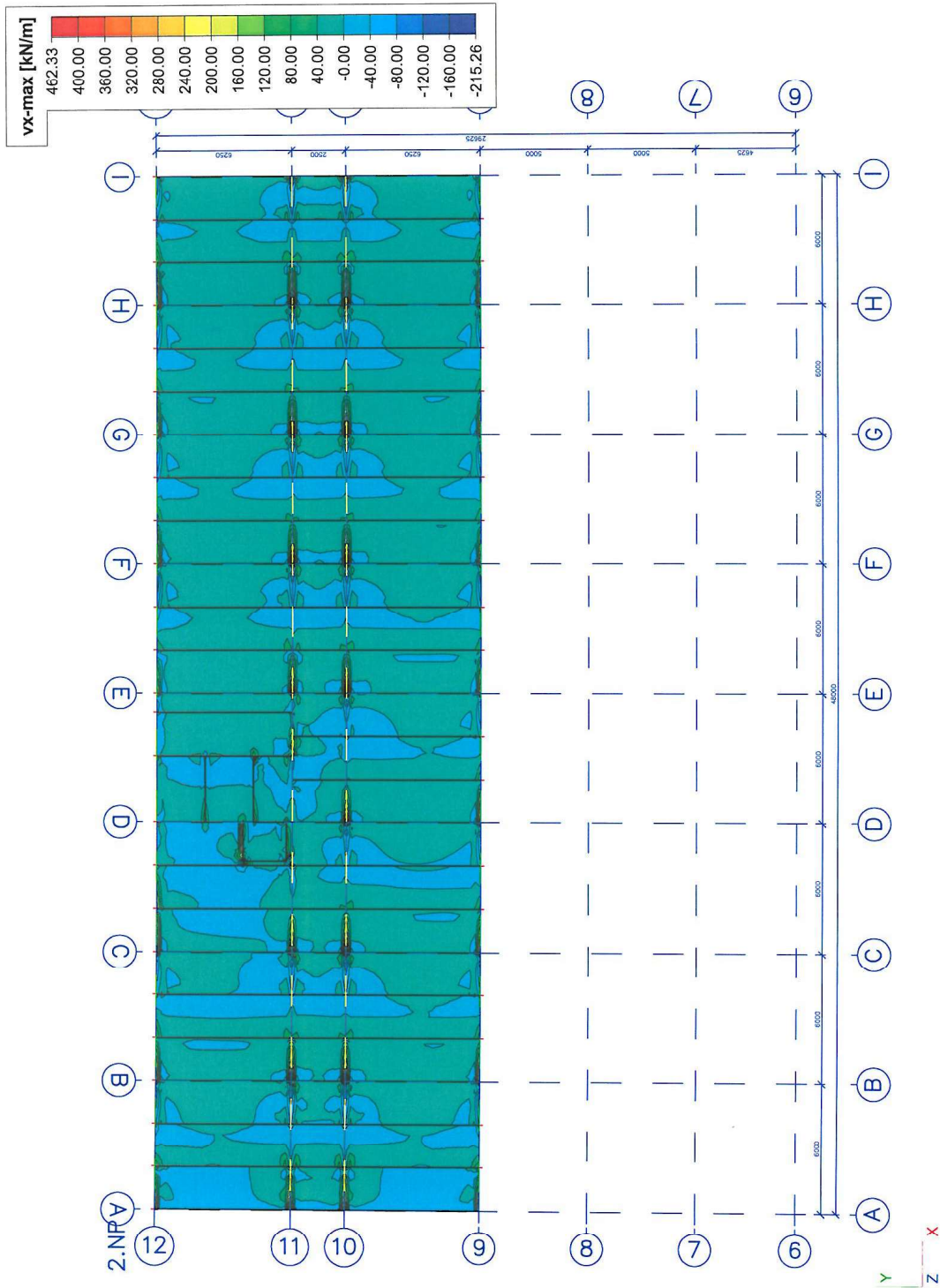




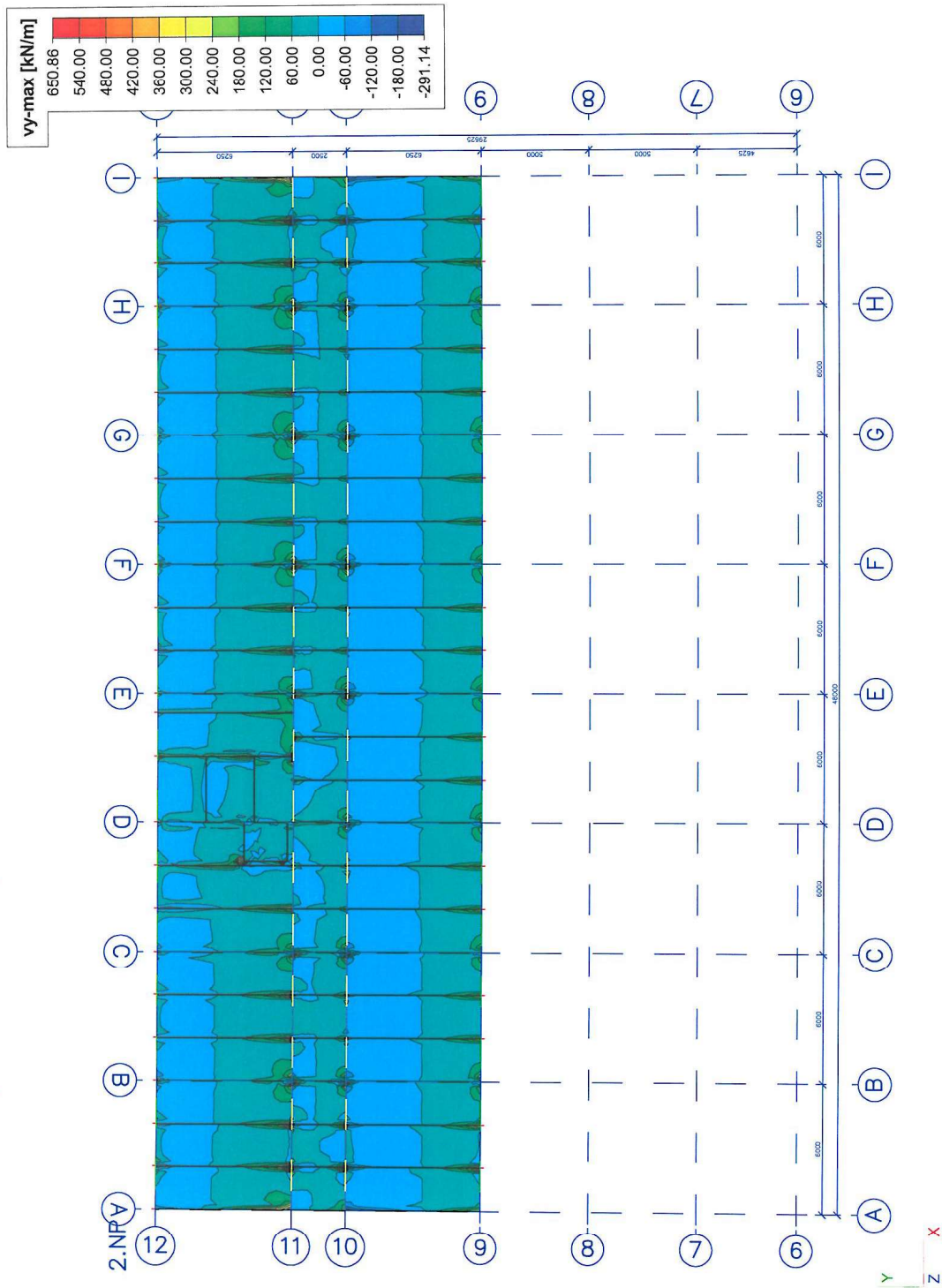
7.4.9.4. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - my max



7.4.9.5. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - vx max

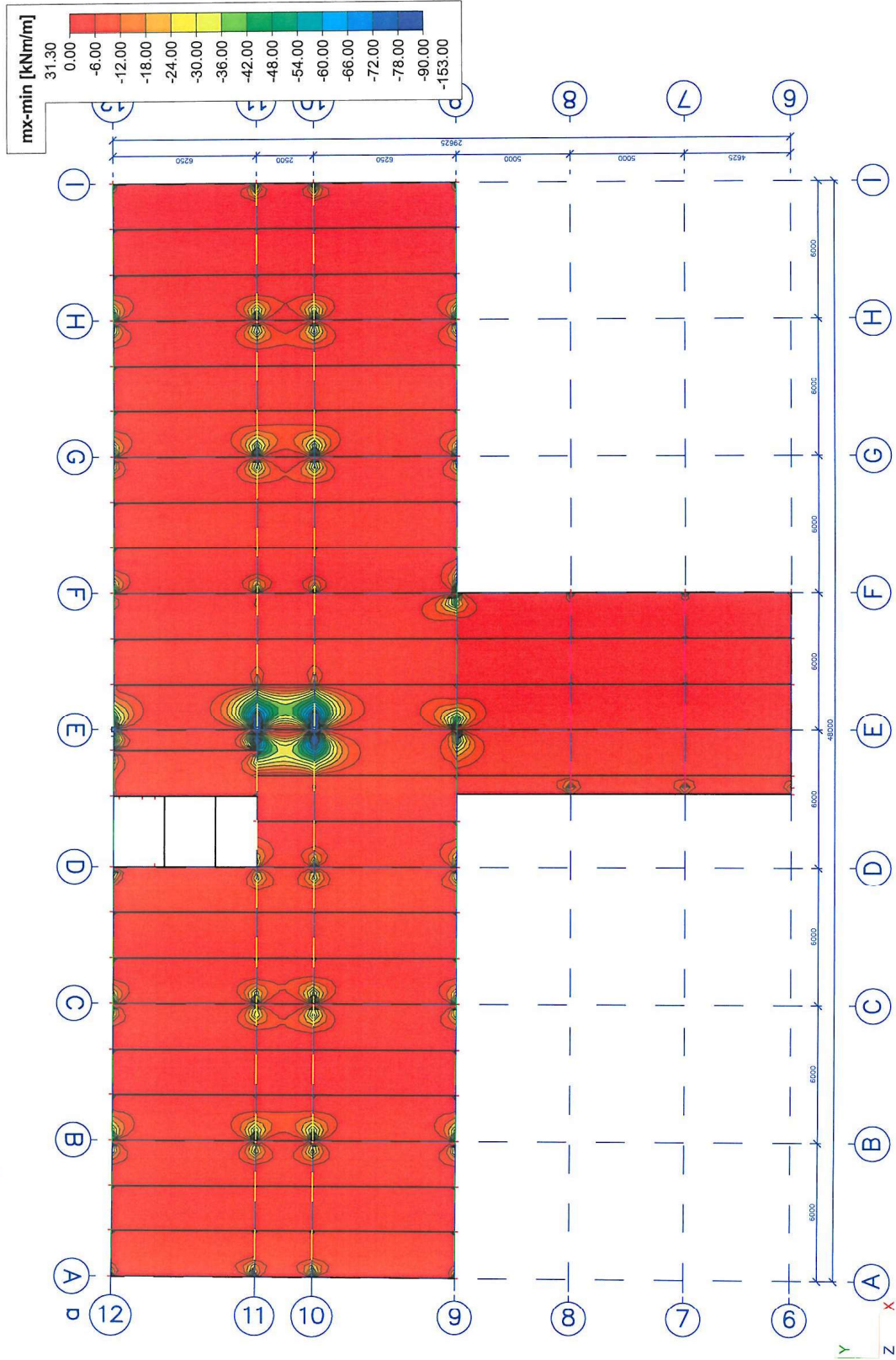


7.4.9.6. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - vy max

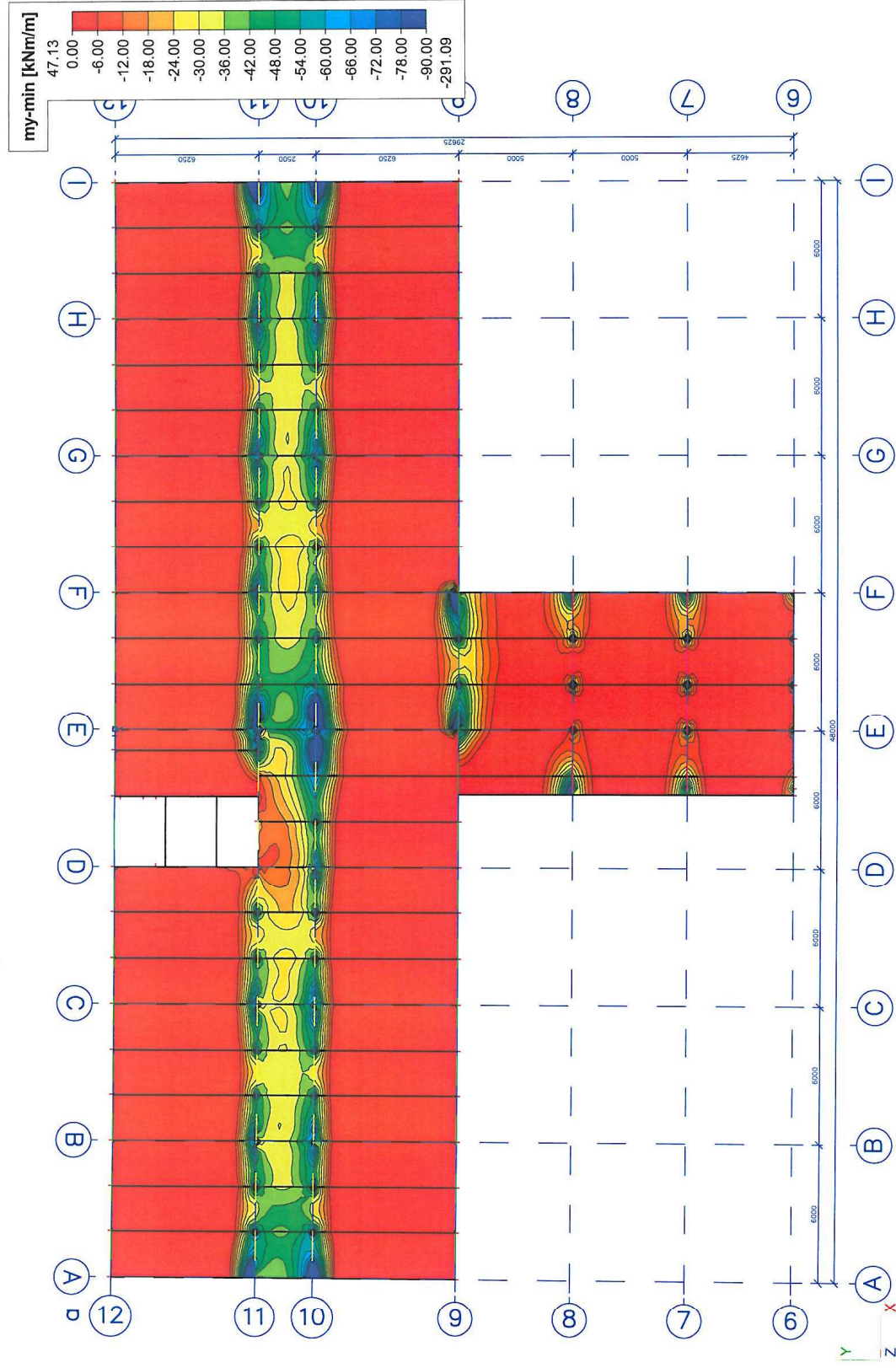




7.4.9.7. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - mx min

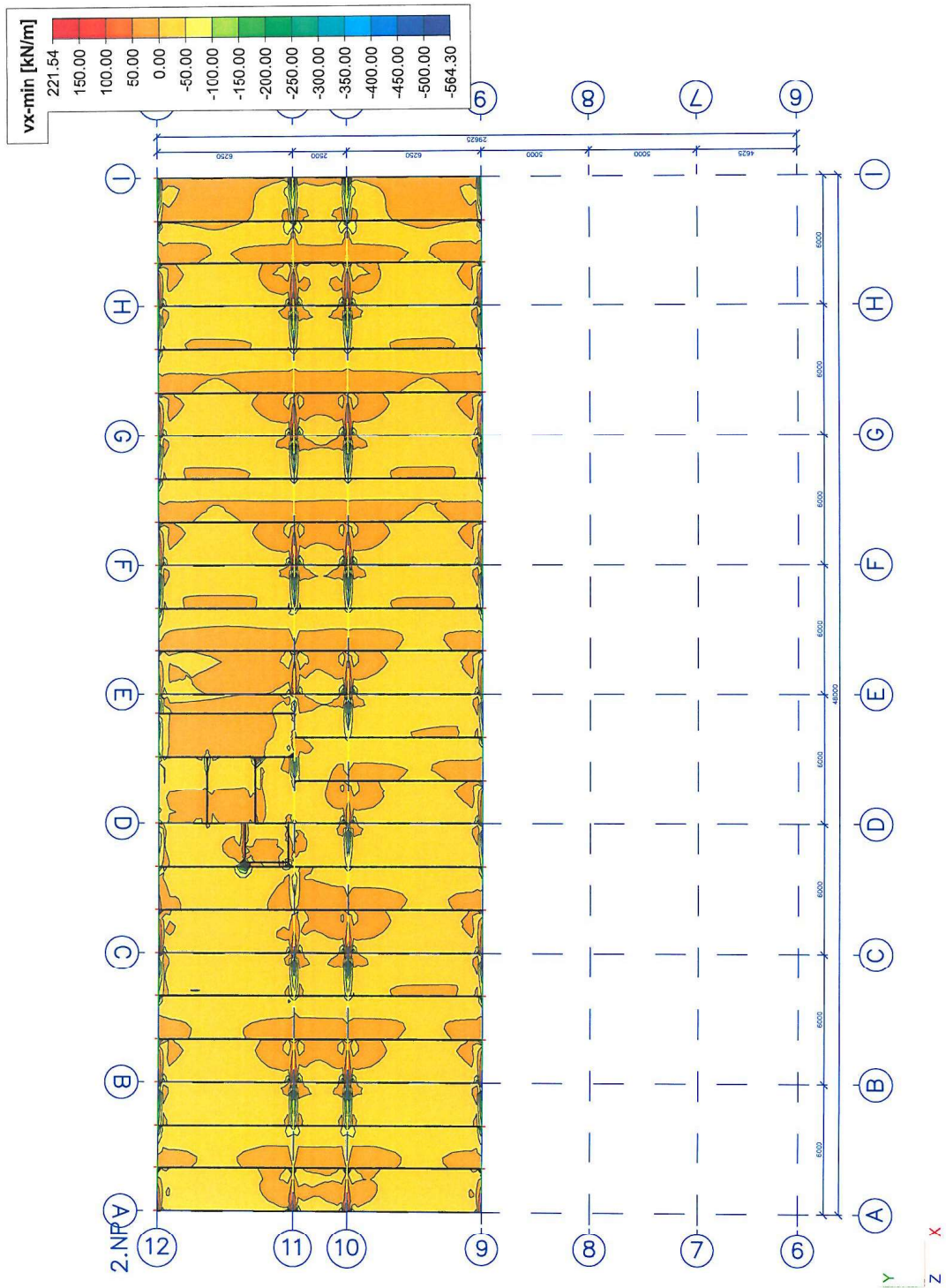


#### 7.4.9.8. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - my min



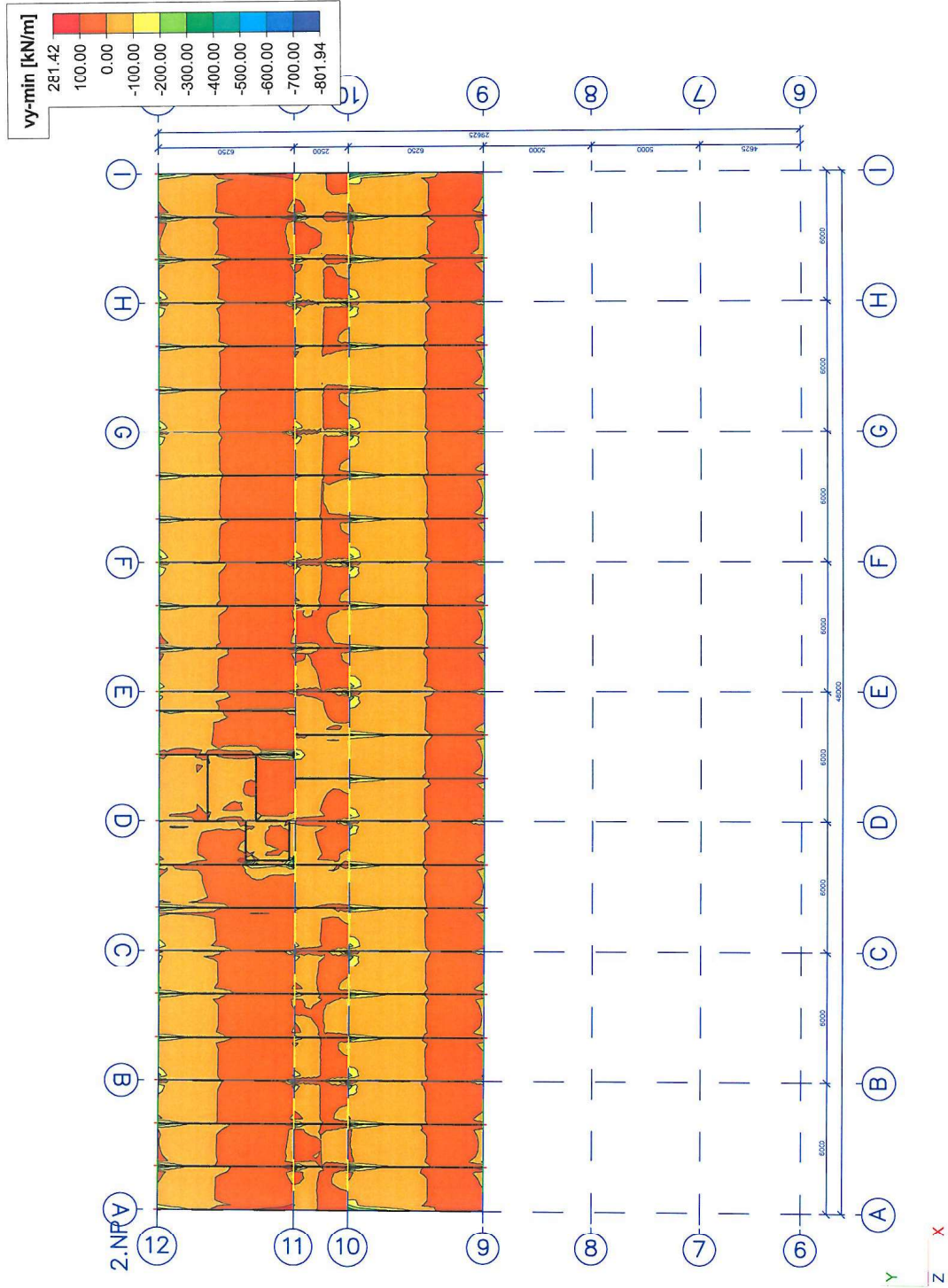


7.4.9.9. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - vx min





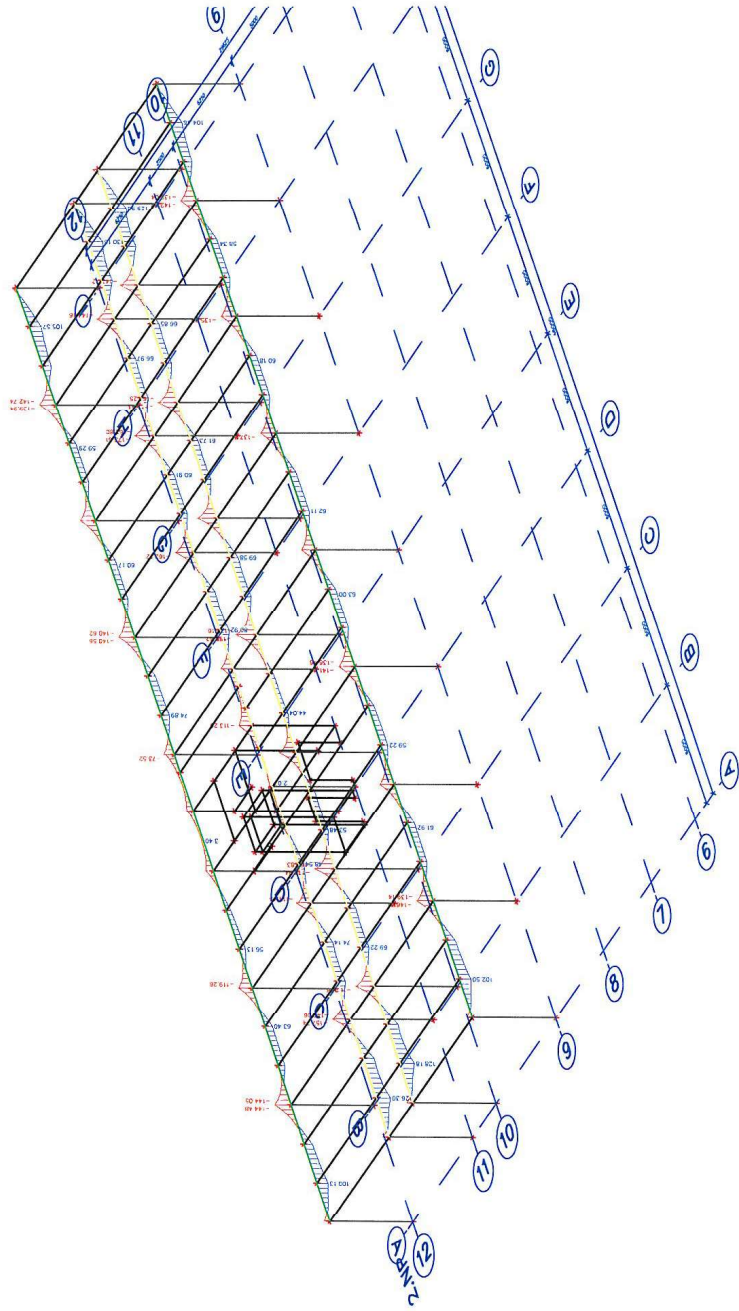
7.4.9.10. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - vy min



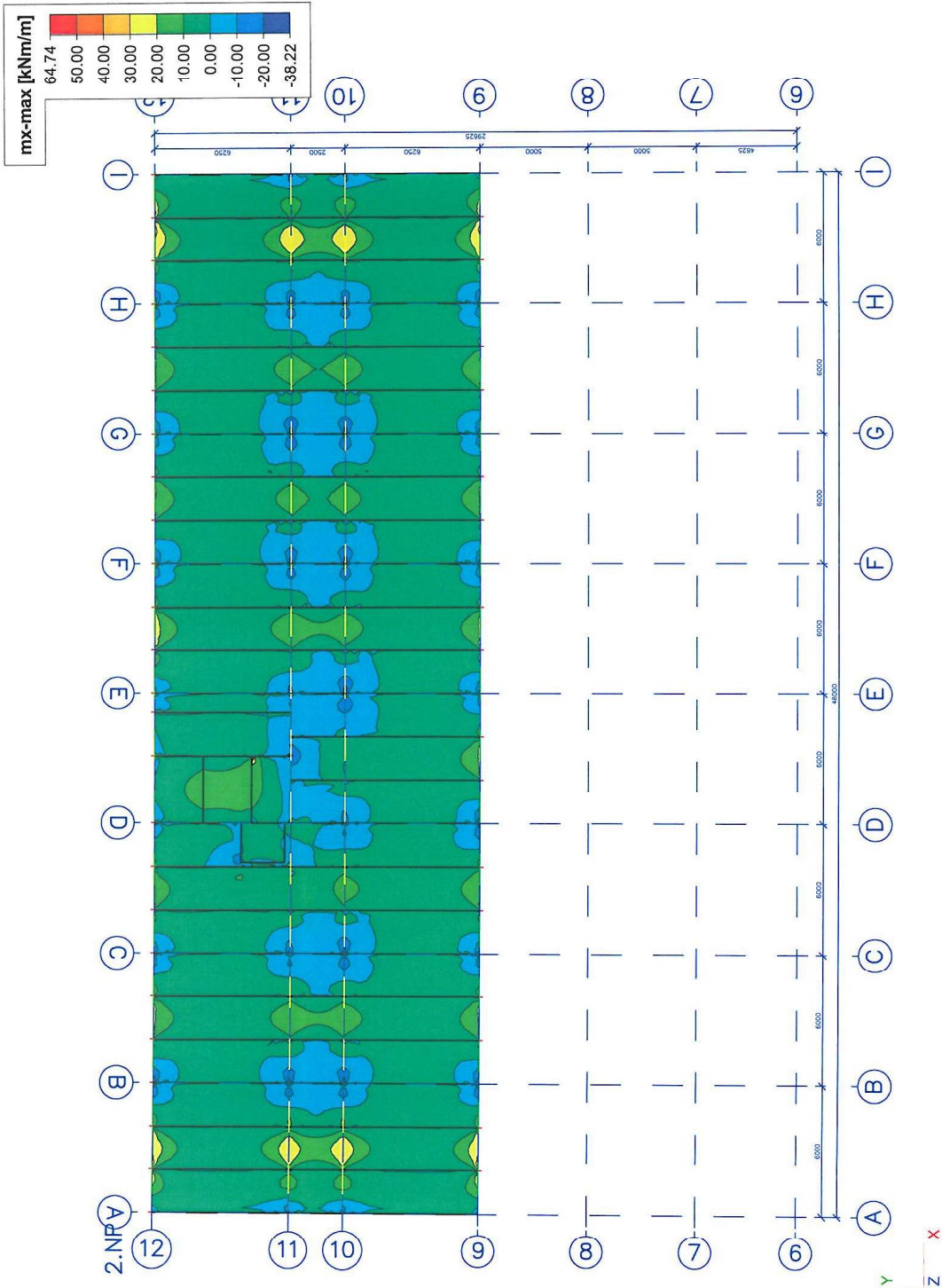
Projekt	Technologický park Kar. kraje
Část	Objekt II
Popis	Nosná konstrukce objektu laboratorí
Autor	Ing. Martin Šafařík

#### 7.4.10. Průvlaky a deska stropu nad 2.NP kombinace charakteristická

##### 7.4.10.1. Vnitřní síly v průvlacích stropu nad 2.NP - My char.

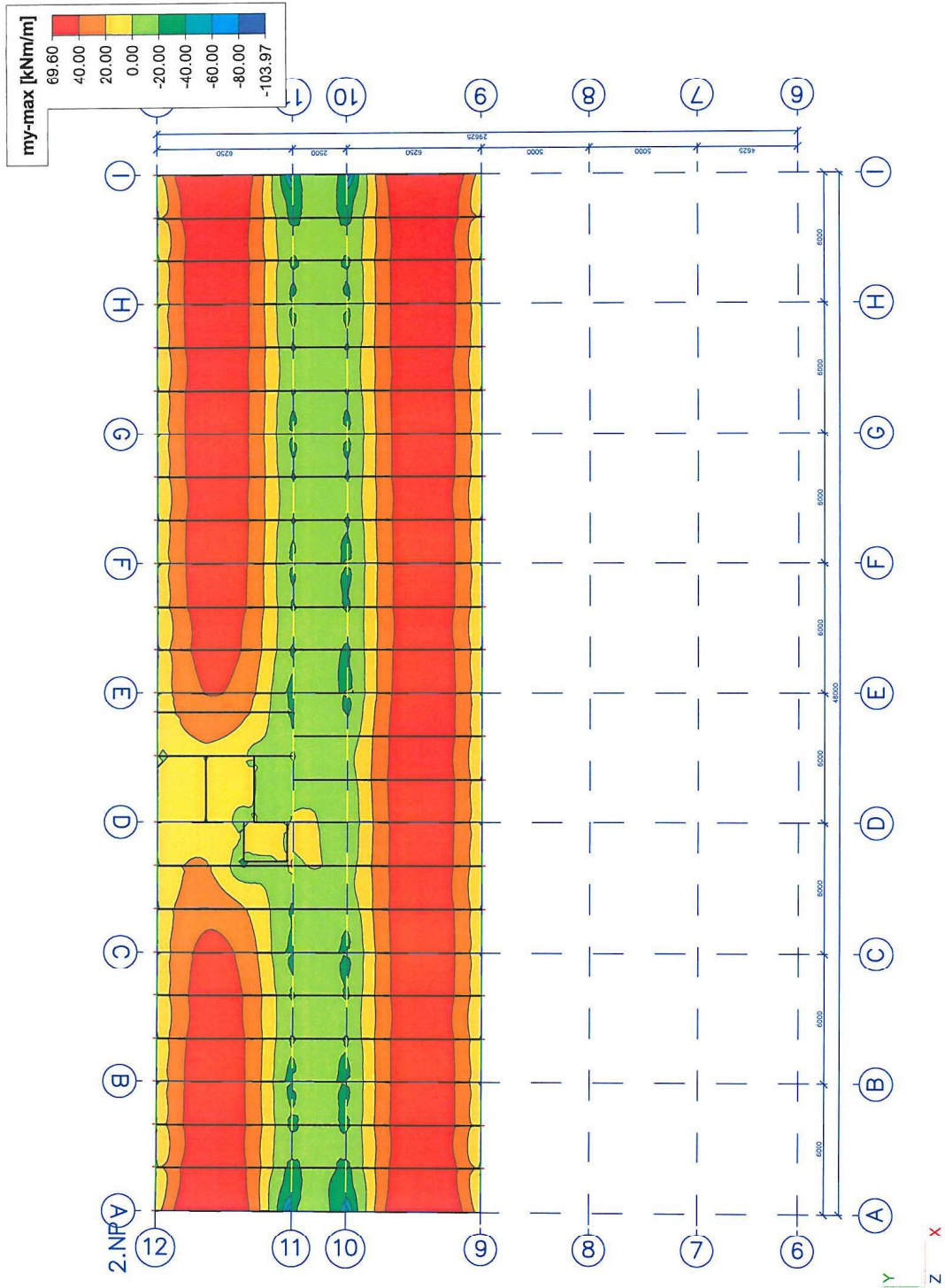


7.4.10.2. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - mx max char.



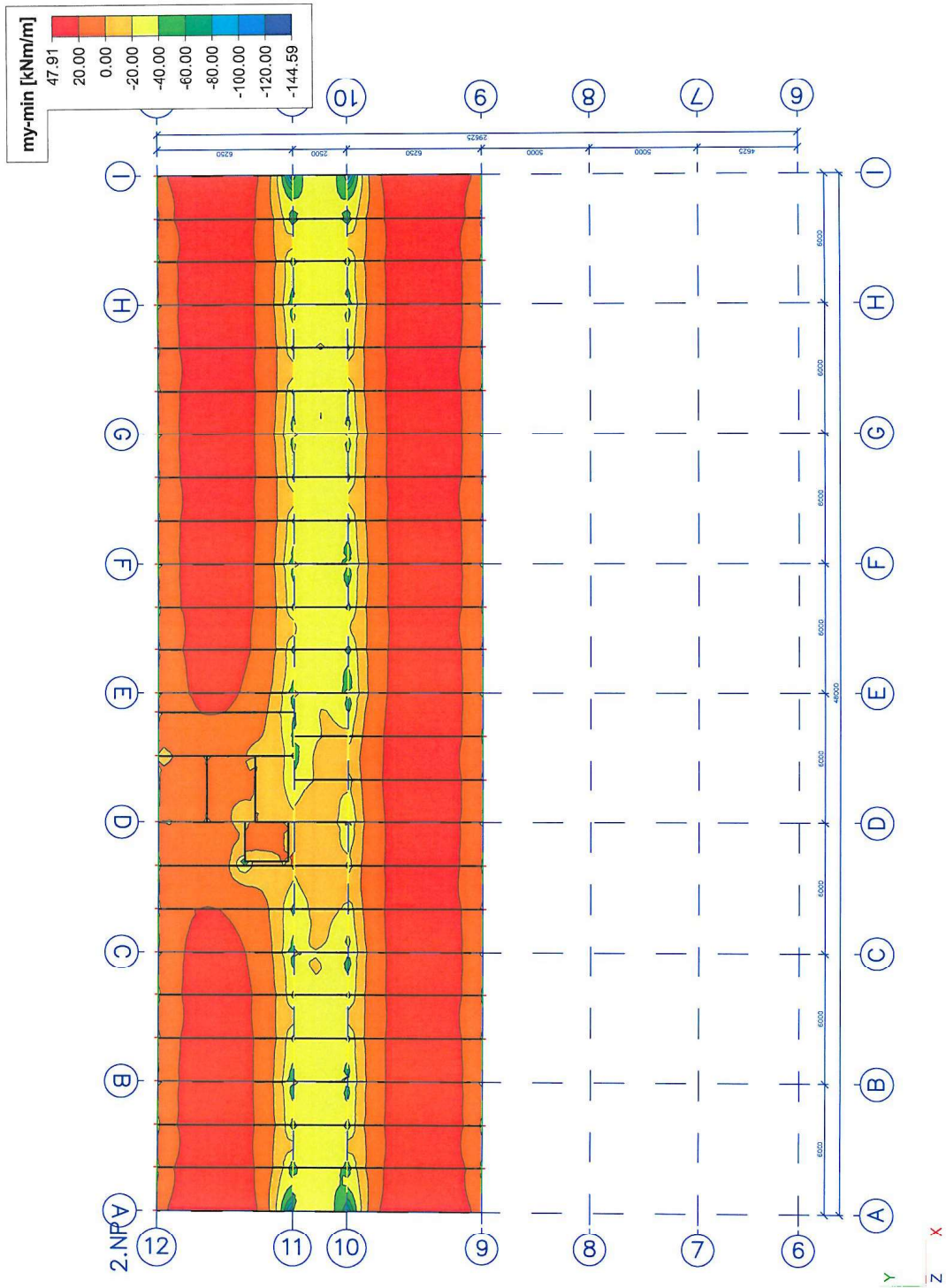


7.4.10.3. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - my max char.





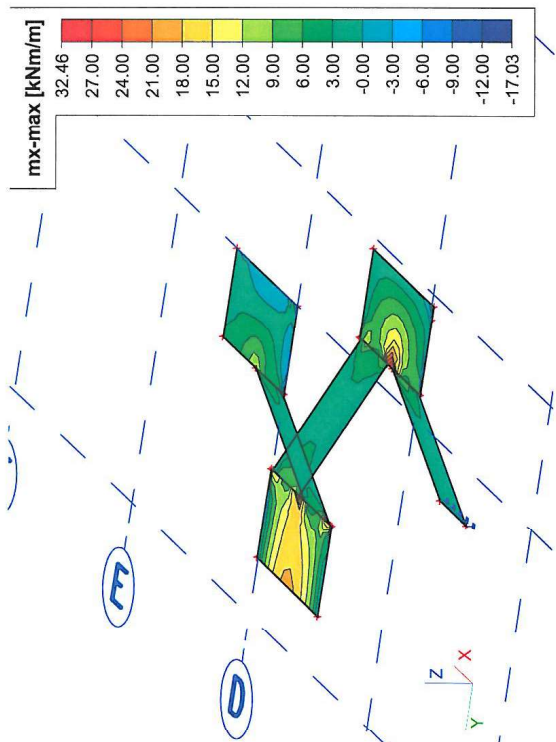
7.4.10.5. Vnitřní síly ve stropní desce nad 2.NP - my min char.



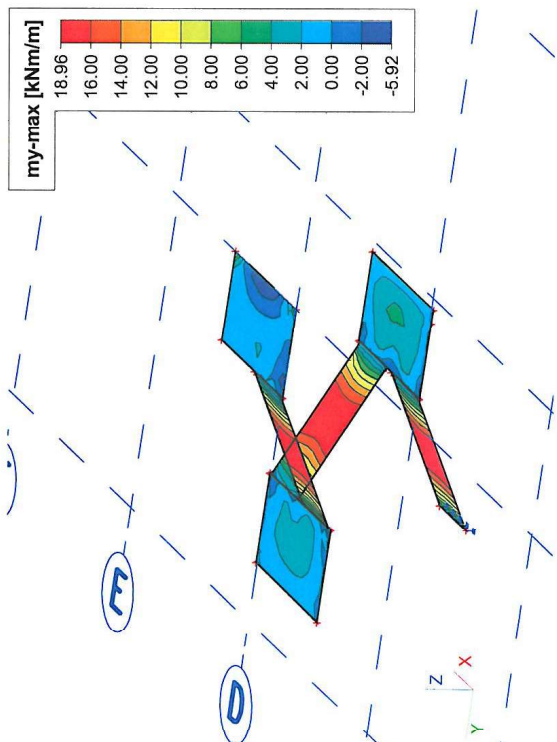


7.4.11. Schodiště kombinace 6.10 (STR/GEO)

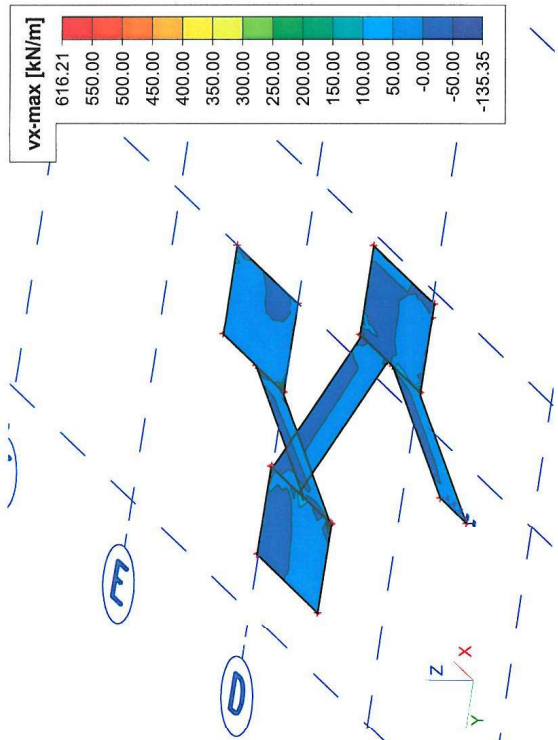
7.4.11.1. Schodiště mx max



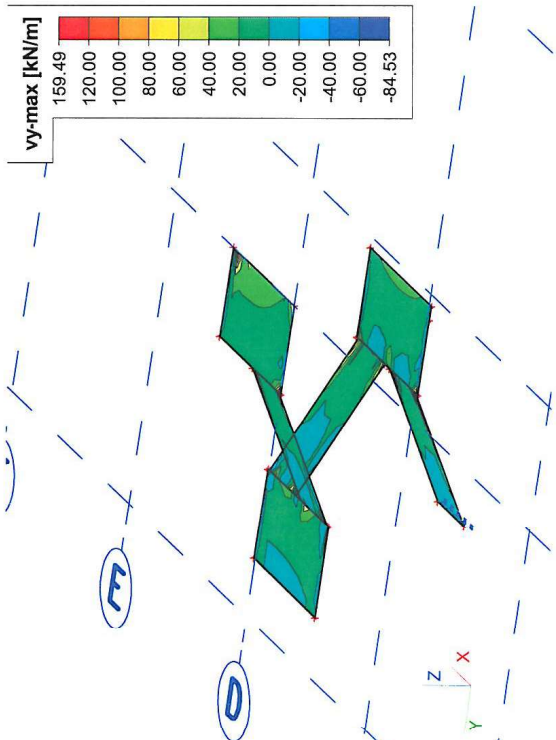
7.4.11.2. Schodiště my max



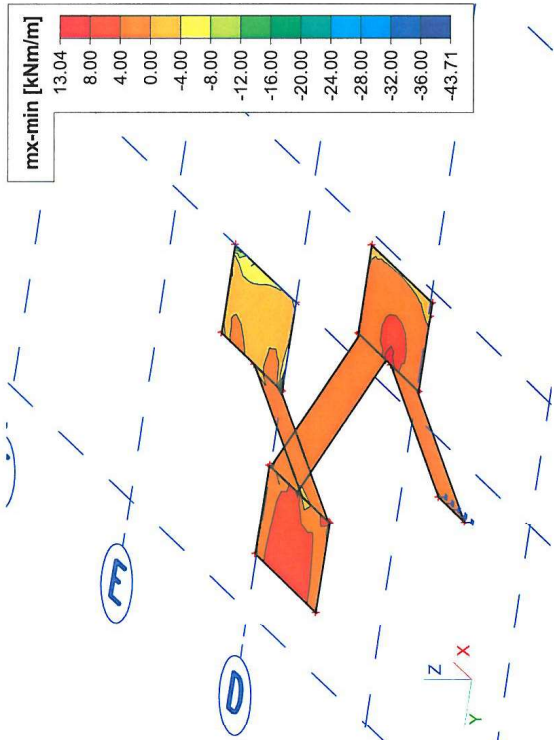
7.4.11.3. Schodiště vx max



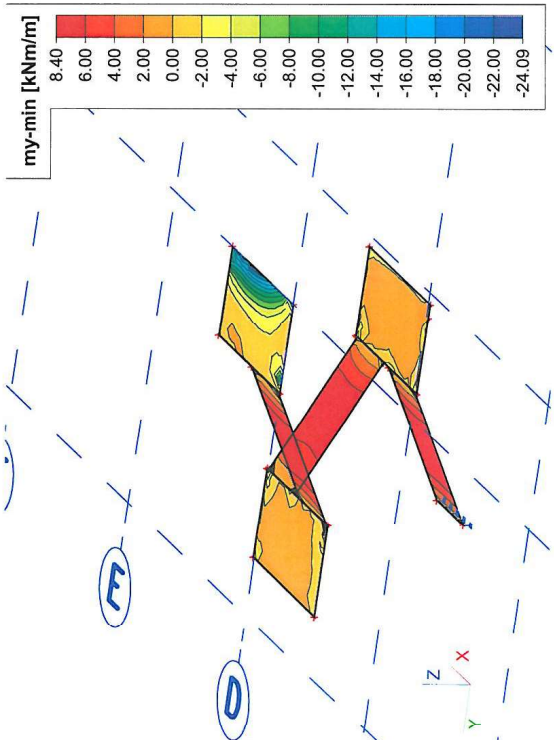
7.4.11.4. Schodiště vy max



7.4.11.5. Schodiště mx min

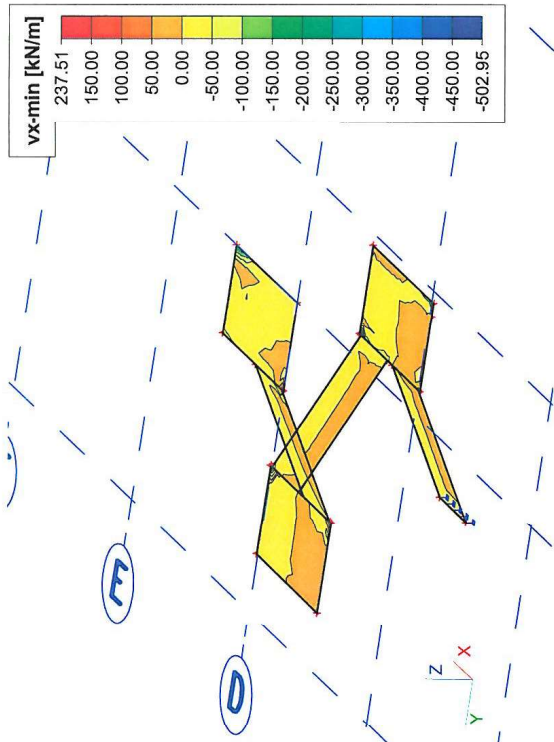


7.4.11.6. Schodiště my min

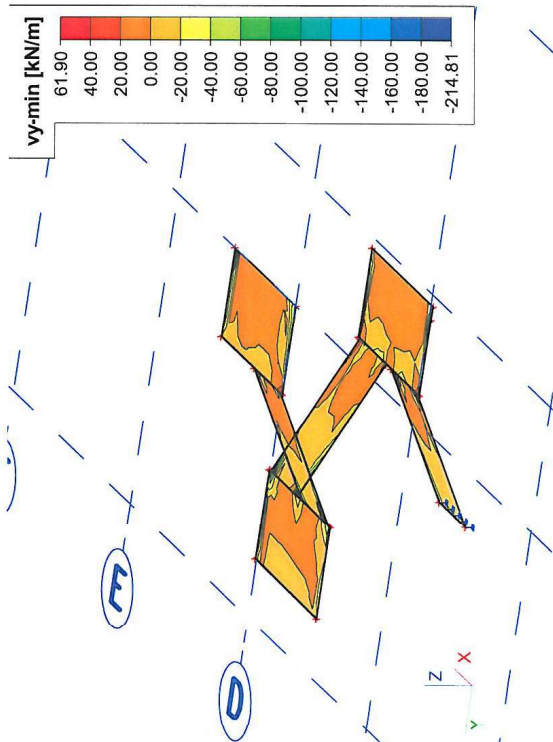




7.4.11.7. Schodiště vx min

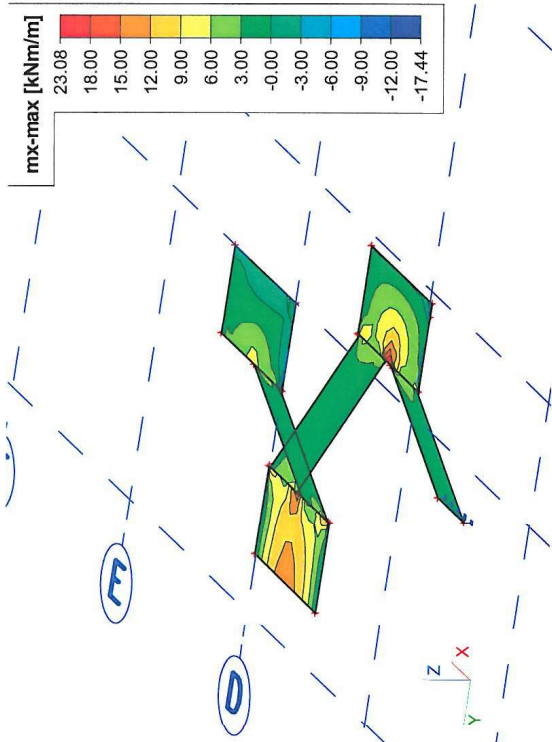


7.4.11.8. Schodiště vy min

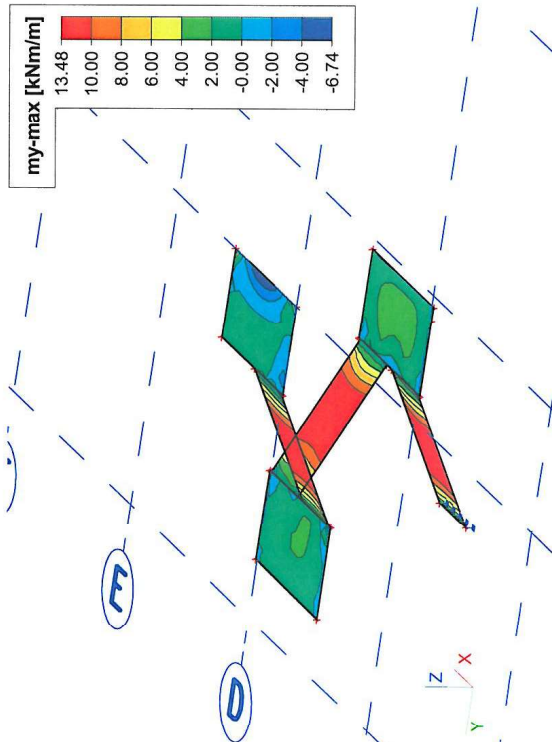


### 7.4.12. Schodiště kombinace charakteristická

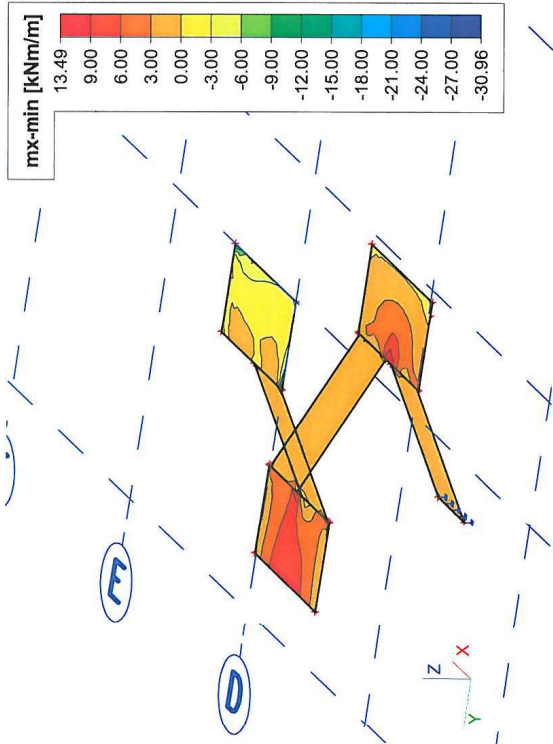
#### 7.4.12.1. Schodiště mx max char.



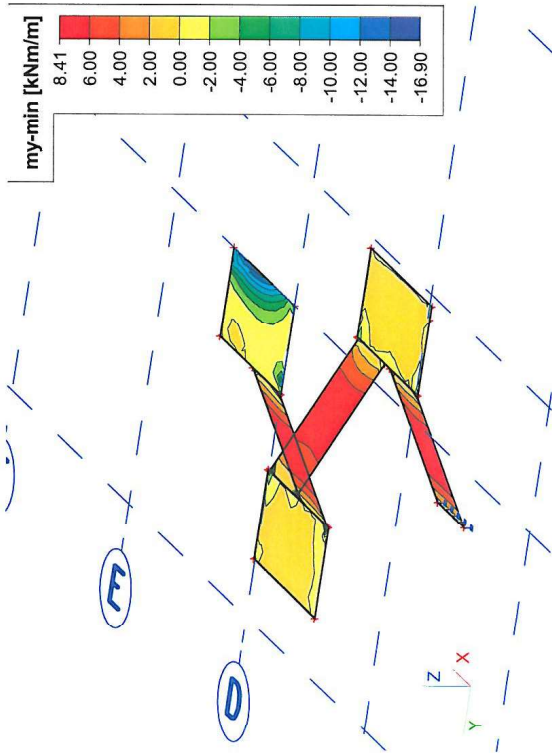
#### 7.4.12.2. Schodiště my max char.



7.4.12.3. Schodiště mx min char.



7.4.12.4. Schodiště my min char.





Projekt	Technologický park Kar. kraje
Část	Objekt II
Popis	Nosná konstrukce objektu laboratoří
Autor	Ing. Martin Šafařík

# 8. Posouzení konstrukcí

Akce: K. Vary; Vědeckotechnický park  
 Zpracoval: Ing. M. Šafařík  
 Datum: 8.10.2012  
 Objekt: Objekt II. a III.  
 Prvek: Základový pas  
 Druh zeminy: Jíl plastický tuhý až pevný

**VÝPOČET ÚNOSNOSTI ZÁKLADOVÉ PŮDY**  
 pod obdélníkovým plošným základem  
 podle ČSN 731001

**Vstupní údaje:**

	úroveň přízemí ( $\pm 0$ ) =	386,00	[m n.m.]
	úroveň základové spáry relativní	-1,60	[m]
	úroveň základové spáry absolutní	384,40	[m n.m.]
Vd	výslednice sil (v těžišti základu)	6592	[kN]
Mdx	moment ve směru šířky základu	0	[kNm]
Mdy	moment ve směru délky základu	0	[kNm]
b	šířka základu (menší rozměr)	1,80	[m]
l	délka základu	17,00	[m]
d	hloubka založení	1,20	[m]
fi	úhel vnitřního tření zeminy	0	[°]
c	normová soudržnost zeminy	77	[kPa]
gama 1	objem. tíha zeminy nad základ. sparou	19,00	[kN/m <sup>2</sup> ]
gama 2	objem. tíha zeminy pod základ. sparou	21,00	[kN/m <sup>2</sup> ]
delta	úhel odklonu sil od svislice	0	[°]

**Výpočet:**

<b>Rd</b>	<b>výpočtová únosnost základové půdy</b>	<b>241</b>	<b>[kPa]</b>
ex	exc. výslednice ve směru šířky základu	0,00	[m]
ey	exc. výslednice ve směru délky základu	0,00	[m]
<b>sigma d</b>	<b>namáhání základové půdy</b>	<b>215</b>	<b>[kPa]</b>

**Posouzení:**

	namáhání základové půdy	1
	excentricita ve směru šířky základu	1
	excentricita ve směru délky základu	1
max Vd	možné zatížení při dané excentricitě	7388

Prvek Základový pasoslabený dojezdem výtahu

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 2 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 831$  kNm

$m_{Ed,q} = 439,00$   $m_{Ed,ch} = 590,00$  kNm

$V_{Ed} = 578$  kN

### Zadání geometrie

h = 600 mm

b = 900 mm

<b>Třída betonu :</b>	<b>C30/37</b>	<b>Výztuž :</b>	<b>10 505 R</b>
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$	v ČR se uvažuje hodnotou 1	$\gamma_s = 1,15$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$	součinitel spolehlivosti materiálu	$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yk} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yk}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku

$\eta f_{cd}$

po výšce  $\lambda x$

$$\eta = \frac{1}{\lambda} = 0,8 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi_i$ =	25	0	0	0
ks =	8	0	0	0
ci =	50	0	0	0
ai =	3927	0	0	0

$a_{s1} = 3927$  mm<sup>2</sup>

$d_1 = 63$  mm

$d = 538$  mm

$s_1 = 86$  mm

$s \leq s_{s1,max}$

Ok

### min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi_d + k_2 \cdot 20mm)$$

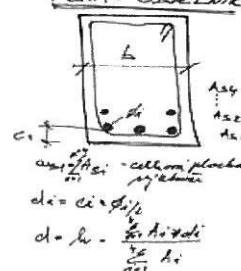
$$= s_{min} = 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAM - OZVLÁČNĚNÍ



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yk}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 118,6 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,2206 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Ed} = a_{s1} \cdot f_{yk} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = 836,74 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 831 < m_{Ed} = 836,74 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \text{ Vyhovuje}$$

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_i \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 3927 > a_{s,min} = 728,6 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \text{ Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 24000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 3927 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}} = 728,61 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_i \cdot d = 628,88 \text{ mm}^2$$

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 1606,086 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volime}$$

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 490 \text{ mm}$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

### Třmínky

n = 4 počet stříhů na třmínku

$\phi_i = 10$  mm - profil třmínku

a = 250 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 314$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yk}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 669,39 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 578 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 669,39 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 403,1 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm} \quad s_{v,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 398,32 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 398,32 \text{ mm}$$

105



## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty  $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$  napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou  $\sigma_s = \alpha_e \frac{m \cdot f_{ct,eff} \cdot (d - x_r)}{I_r}$

$\sigma_s = 228,5$  Mpa

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$  poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$  je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu  $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,eff} = 0,1366$  m<sup>2</sup>

$h_{c,eff} = \min \{ 2,5(h - d), (h - x) / 3, h / 2 \}; \min \{ 156,25 ; 151,83 ; 300 \} h_{c,eff} = 151,83$  mm

Vliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0.6
- ☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_t = 0,4$

$a_s = 3927$  mm<sup>2</sup>

$a_r =$  předpoklad výztuže

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,02874$

$f_{ct,eff} = 2,9$  Mpa - trhliny jsou očekávány po 28 dnech  $f_{ct,eff} = f_{cm}$

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,000905 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0006854$

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,0009054$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 317,882$  mm

Případ  $s > 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 625,86$  mm

$c = 50$  krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$  pruty s velkou soudrůžností

$k_2 = 0,5$  pro ohyb

$k_3 = 3,4$  doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$  doporučená hodnota

$\phi = 25$  profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat  $s_{r,max}$

$5(c + \phi/2) = 312,5$  mm

vzdálenost výztuže  $85,71$  mm

**Případ  $s \leq 5(c + \phi/2)$**

$s_{r,max} = 317,88$  mm

Kontrola trhlin

$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) \leq w_{max}$

$w_k = 0,2878$  mm  $\leq w_{max} = 0,3$  mm

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

Prvek Základový pas pod schodišťovou stěnou

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 265$  kNm

$m_{Ed,q} = 104,00$   $m_{Ed,ch} = 185,40$  kNm

$V_{Ed} = 225$  kN

### Zadání geometrie

h = 1200 mm

b = 800 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$	v ČR se uvažuje hodnotou 1	$\gamma_s = 1,15$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$	součinitel spolehlivosti materiálu	$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku

po výšce  $\lambda x$

$$\eta = \frac{1}{0,8} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetožení

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světllost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi$ i =	22	0	0	0
ks =	4	0	0	0
ci =	50	0	0	0
ai =	1521	0	0	0
$a_{s1} =$	1521			
$d_1 =$	61			
$d =$	1139			

s1 = 204 mm

$s \leq s_{s1,max}$

Ok

### min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$$

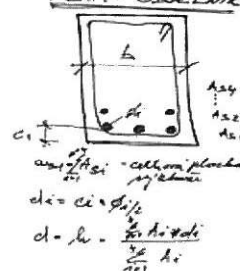
$$= s_{min} = 37 mm$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 mm$$

TRAN - ODELOVÉ



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 51,6 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0453 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 739,34 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 265 < m_{Rd} = 739,34 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \text{ Vyhovuje}$$

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1521 > a_{s,min} = 1372,4 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \text{ Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 48000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 1521 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 3257,842 \text{ kN}$$

$\cot \Theta = 2,5$  - volíme

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 1118 \text{ mm}$$

$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$  Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu  $\cot \Theta = 2,5$

### Třminky

n = 4 počet střihů na třmínku

$\phi$  i = 10 mm - profil třmínku

a = 250 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 314 \text{ mm}^2$  - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 1527,55 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 225 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 1527,55 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 854,3 \text{ mm}$$

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

$$s_{sv,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 448,10 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{sv,min}, s_w) = 400,00 \text{ mm}$$

Prvek Základový pas pod schodišťovou stěnou

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 265$  kNm

$m_{Ed,q} = 104,00$   $m_{Ed,ch} = 185,40$  kNm

$V_{Ed} = 225$  kN

### Zadání geometrie

h = 1200 mm

b = 800 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37	Výztuž :	10 505 R	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa			$f_{yk} = 500$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$			$\gamma_s = 1,15$ součinitel spolehlivosti materiálu		
$\gamma_c = 1,50$			$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{ctm} = 20,00$ Mpa			$f_{yk} = 434,78$ Mpa		
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa			$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yk}}{E_s} = 2,17$ [‰]		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa					
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]					

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku  $\eta f_{cd}$

po výšce  $\lambda x$

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$$

$$\lambda = 0,8$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$$

$$= s_{min} = 37 mm$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 mm$$

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

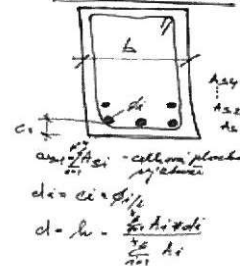
	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi_i =$	22	0	0	0
ks =	4	0	0	0
ci =	50	0	0	0
ai =	1521	0	0	0
$a_{s1} =$	1521			
$d_i =$	61			
$d =$	1139			

$$s_1 = 204 mm$$

$$s \leq s_{s1,max}$$

Ok

TRAM - OSOVLNÍK



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * \eta * f_{cd}} = 51,6 mm$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0453 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Ed} = a_{s1} * f_{yd} * (d - 0,5 \lambda x) = 739,34 kNm/m$$

$$m_{Ed} = 265 < m_{Rd} = 739,34 kNm/m$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \text{ Vyhovuje}$$

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 * f_{ctm} * b_i * d}{f_{yk}}, 0,0013 * b_i * d \right\}$$

$$a_{s1} = 1521 > a_{s,min} = 1372,4 mm^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \text{ Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 48000 mm^2$$

$$a_{s1} = 1521 mm^2$$

Vyhovuje

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v * f_{cd} * b_w * z * \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 3257,842 kN$$

$$\cot \Theta = 2,5 - volime$$

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

$$z = d - 0,5 * \lambda * x = 1118 mm$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

### Třmínky

n = 4 počet střihů na třmínku

$\phi_i = 10$  mm - profil třmínku

a = 250 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 314$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} * f_{yd}}{s} * z * \cot \Theta = 1527,55 kN$$

$$|V_{Ed}| = 225 kN \leq V_{Rd,s} = 1527,55 kN$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 * d = 854,3 mm$$

$$s \leq 400 mm \quad s_{v,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w * s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 * \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 * \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w * \rho_{w,min}} = 448,10 mm$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 400,00 mm$$



## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty  $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$  napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou  $\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,eq} \cdot (d - x_r)}{I_r}$

$\sigma_s = 62,8 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$  poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$  je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu  $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,1220 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\} = \min\{152,50; 349,59; 600\} = 152,50 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0,6
- ☒ Dlouhodobé zatížení, 0,4

$k_t = 0,4$

$a_s = 1521 \text{ mm}^2$

$a_p =$  předpínací výztuž

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01246$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$  - trhliny jsou očekávány po 28 dnech  $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0,000186 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0001885$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0001885$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 470,079 \text{ mm}$

Případ  $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x) = 1492,86 \text{ mm}$

$c = 50$  krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$  pruty s velkou soudržností

$k_2 = 0,5$  pro ohyb

$k_3 = 3,4$  doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$  doporučená hodnota

$\phi = 22$  profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat  $s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 305 \text{ mm}$

vzdálenost výztuže  $204,00 \text{ mm}$

**Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$**

$s_{r,max} = 470,08 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_{max}$

$w_k = 0,0886 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,3 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 2278$  kNm

$m_{Ed,q} = 1500,00$   $m_{Ed,ch} = 1628,00$  kNm

$V_{Ed} = 1106$  kN

### Zadání geometrie

h = 1200 mm

b = 500 mm

<b>Třída betonu :</b>	<b>C30/37</b>	<b>Výztuž :</b>	<b>10 505 R</b>
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$	v ČR se uvažuje hodnotou 1	$\gamma_s = 1,15$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$	součinitel spolehlivosti materiálu	$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yk} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yk}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku po výšce  $\lambda x$

$$\eta = \frac{1}{0,8} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetožení

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi_i$ =	25	0	0	0
ks =	12	0	0	0
ci =	50	0	0	0
ai =	5890	0	0	0
$a_{s1} =$	5890			
$d_1 =$	63			
$d =$	1138			

min. vzdálenosti prutů

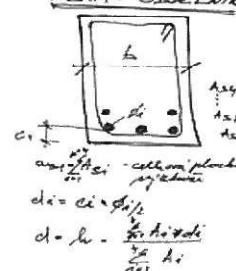
$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi_s + k_2 \cdot 20 \text{ mm}) = s_{min} = 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_s = 32 \text{ mm}$$

TRAM - ODESLÁVĚ



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yk}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 320,1 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,2814 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yk} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 2585,27 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 2278 < m_{Rd} = 2585,27 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \text{ Vyhovuje}$$

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_i \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 5890 > a_{s,min} = 856,6 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}} = 856,63 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_i \cdot d = 739,38 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 48000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 5890 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 1837,888 \text{ kN}$$

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 1009 \text{ mm}$$

$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$  Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu  $\cot \Theta = 2,5$

### Třmínky

n = 4 počet střihů na třmínku  
 $\phi_i = 10$  mm - profil třmínku  
a = 250 mm - osová vzdálenost třmínků  
 $A_{sw} = 314$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků  
 $a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yk}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 1378,81 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 1106 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 1378,81 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 853,1 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm} \quad s_{v,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 716,97 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 400,00 \text{ mm}$$

## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty  $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$  napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou  $\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,q} \cdot (d - x_r)}{I_r}$

$\sigma_s = 248,5$  Mpa

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$  poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$  je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu  $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0781$  m<sup>2</sup>

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\} = \min\{156,25; 287,13; 600\} = 156,25$  mm

Vliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0.6
- ☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_t = 0,4$

$a_s = 5890$  mm<sup>2</sup>

$a_p =$  předpoklad výztuže

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,07540$

$f_{ct,eff} = 2,9$  Mpa - trhliny jsou očekávány po 28 dnech  $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,001131 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0007456$

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,0011305$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 226,367$  mm

Případ  $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x) = 1143,82$  mm

$c = 50$  krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$  pruty s velkou soudružností

$k_2 = 0,5$  pro ohyb

$k_3 = 3,4$  doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$  doporučená hodnota

$\phi = 25$  profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat  $s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 312,5$  mm

vzdálenost výztuže  $9,09$  mm

Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 226,37$  mm

Kontrola trhlin

$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) \leq w_{max}$

$w_k = 0,2559$  mm  $\leq w_{max} = 0,3$  mm

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje



## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 1897$  kNm

$m_{Ed,q} = 1248,00$   $m_{Ed,ch} = 1356,00$  kNm

$V_{Ed} = 1060$  kN

### Zadání geometrie

h = 1000 mm

b = 500 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37	Výztuž :	10 505 R	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa			$f_{yk} = 500$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$			$\gamma_s = 1,15$		součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$			$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{ctm} = 20,00$ Mpa			$f_{yd} = 434,78$ Mpa		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa			$\varepsilon_{yd} = 2,17$ [‰]		
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]					

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku  
po výšce  $\lambda \cdot x$

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$$

$$\lambda = 0,8$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi$ i =	25	0	0	0
ks =	12	0	0	0
ci =	50	0	0	0
ai =	5890	0	0	0
$a_{s1} = 5890$ mm <sup>2</sup>				
$d_1 = 63$ mm				
$d = 938$ mm				

s1 = 9 mm

s ≤ s<sub>1,max</sub>

Error

min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2 \cdot 20 \text{ mm})$$

$$= s_{min}$$

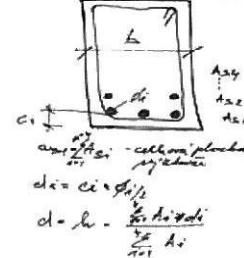
$$37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

PRŮŘEZ - ODEČTENÍ



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 320,1 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,3415 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \lambda \cdot x) = 2073,06 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 1897 < m_{Rd} = 2073,06 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \text{ Vyhovuje}$$

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 5890 > a_{s,min} = 706,0 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \text{ Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 40000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 5890 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 706,01 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 609,38 \text{ mm}^2$$

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 1473,75 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volíme}$$

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 809 \text{ mm}$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

### Třminky

n = 4

počet stříhů na třmínku

$\phi$  i = 10

mm - profil třmínku

a = 250

mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 314$

mm<sup>2</sup> - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 1105,63 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 1060 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 1105,63 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 703,1 \text{ mm}$$

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

$$s_{v,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 716,97 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 400,00 \text{ mm}$$

## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty  $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$  napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou  $\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,q} \cdot (d - x_r)}{I_r}$

$\sigma_s = 253,2 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$  poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$  je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu  $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0781 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\} = \min\{156,25; 232,67; 500\} = 156,25 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

☐ Krátkodobé zatížení, 0,6

☒ Dlouhodobé zatížení, 0,4

$k_t = 0,4$

$a_s = 5890 \text{ mm}^2$

$a_r =$  předpínací výztuž

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,07540$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$  - trhliny jsou očekávány po 28 dnech  $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,001154 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0007595$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0011538$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 226,367 \text{ mm}$

Případ  $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x) = 883,82 \text{ mm}$

$c = 50$  krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$  pruty s velkou soudržností

$k_2 = 0,5$  pro ohyb

$k_3 = 3,4$  doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$  doporučená hodnota

$\phi = 25$  profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat  $s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 312,5 \text{ mm}$

vzdálenost výztuže  $9,09 \text{ mm}$

**Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$**

$s_{r,max} = 226,37 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_{max}$

$w_k = 0,2612 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,3 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

112

Prvek Základový pas-horní výztuž

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 505$  kNm

$m_{Ed,q} = 339,00$   $m_{Ed,ch} = 362,00$  kNm

$V_{Ed} = 1052$  kN

### Zadání geometrie

h = 1000 mm

b = 500 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$		$\gamma_s = 1,15$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$		$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yk} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\epsilon_{yk} = 2,17$ [%]	
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [%]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku  $\eta f_{cd}$

po výšce  $\lambda x$

$$\eta = \frac{1}{0,8} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yk}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetožení

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi_i =$	25	0	0	0
ks =	4	0	0	0
ci =	50	0	0	0
ai =	1963	0	0	0
$a_{s1} =$	1963			
$d_1 =$	63			
$d =$	938			

s1 = 100 mm

$s \leq s_{s1,max}$

Ok

### min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2 \cdot 20mm)$$

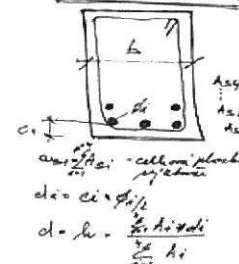
$$= s_{min} \quad 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TEAM - ODELUK



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yk}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 106,7 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,1138 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yk} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = 763,90 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 505 < m_{Rd} = 763,90 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed} < m_{Rd}$  Vyhovuje

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1963 > a_{s,min} = 706,0 \text{ mm}^2$$

$a_{s1} > a_{s,min}$  Vyhovuje

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 40000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 1963 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 706,01 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 609,38 \text{ mm}^2$$

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 1629,181 \text{ kN}$$

$\cot \Theta = 2,5$  - volíme

$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$  Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu  $\cot \Theta = 2,5$

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 895 \text{ mm}$$

### Třmínky

n = 4 počet střihů na třmínku

$\phi_i = 10$  mm - profil třmínku

a = 250 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 314$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yk}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 1222,24 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 1052 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 1222,24 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 703,1 \text{ mm}$$

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

$$s_{vr,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 716,97 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{vr,min}, s_w) = 400,00 \text{ mm}$$



## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty

$$\sigma_s - k_f \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_f \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$  napětí v lažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{m \cdot f_{sd} \cdot q \cdot (d - x_r)}{I_r}$$

$\sigma_s = 197,4 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$  poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$  je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0781 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\} = \min\{156,25; 270,27; 500\} = 156,25 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0.6
- ☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_f = 0,4$

$a_s = 1963 \text{ mm}^2$

$a_e =$  předpoklad vyztuže

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,02513$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$  - trhliny jsou očekávány po 28 dnech

$f_{ct,eff} = f_{cm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000721 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0005923$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0007214$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 339,102 \text{ mm}$

Případ  $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x) = 1161,27 \text{ mm}$

$c = 50$  krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$  pruty s velkou soudržností

$k_2 = 0,5$  pro ohyb

$k_3 = 3,4$  doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$  doporučená hodnota

$\phi = 25$  profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat  $s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 312,5 \text{ mm}$

vzdálenost výztuže  $100,00 \text{ mm}$

**Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$**

$s_{r,max} = 339,10 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_{max}$

$w_k = 0,2446 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,3 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

Prvek Základový pas v místě nejnepriznivějšího prostupu

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 2197$  kNm

$m_{Ed,q} = 1465,00$   $m_{Ed,ch} = 1570,00$  kNm

$V_{Ed} = 1052$  kN

### Zadání geometrie

h = 870 mm

b = 500 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37	Výztuž :	B500B	B500B
$f_{ck} = 30$ Mpa			$f_{yk} = 500$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$			$\gamma_s = 1,15$ součinitel spolehlivosti materiálu		
$\gamma_c = 1,50$ součinitel spolehlivosti materiálu			$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa			$f_{td} = \frac{f_{ctm}}{\gamma_c} = 434,78$ Mpa		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa			$\epsilon_{yd} = \frac{f_{td}}{E_s} = 2,17$ [‰]		
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]					

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku  $\eta f_{cd}$

po výšce  $\lambda x$

$$\eta = \frac{1}{0,8} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi$ i =	25	25	0	0
ks =	10	6	0	0
ci =	9	100	0	0
ai =	4909	2945	0	0
$a_{s1} =$	7854			
$d_1 =$	56			
$d =$	814			
$s_1 =$	26 mm	30 mm		
$s \leq s_{s1,max}$	Error	Error		

### min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2 \cdot 20mm)$$

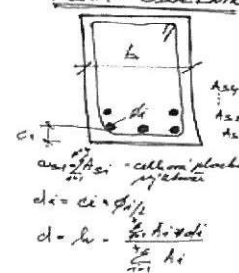
$$s_{min} = 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAM - OBDELNÍK



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 426,8 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,5241 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yk} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 2197,87 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 2197 < m_{Rd} = 2197,87 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \text{ Vyhovuje}$$

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 7854 > a_{s,min} = 613,3 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \text{ Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 34800 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 7854 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 613,29 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 529,34 \text{ mm}^2$$

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 1171,862 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volime}$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 644 \text{ mm}$$

### Třmínky

n = 4 počet stříhů na třmínku

$\phi$  i = 10 mm - profil třmínku

a = 200 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 314 \text{ mm}^2$  - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yk}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 1098,94 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 1052 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 1098,94 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 610,8 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm} \quad s_{sv,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 716,97 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{sv,min}, s_w) = 400,00 \text{ mm}$$

11.5

Prvek Základový pas v místě nejneprůzračnějšího prostupu

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 2197$  kNm

$m_{Ed,q} = 1465,00$   $m_{Ed,ch} = 1570,00$  kNm

$V_{Ed} = 1052$  kN

### Zadání geometrie

h = 870 mm

b = 500 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37	Výztuž :	B500B	B500B
$f_{ck} = 30$ Mpa			$f_{yk} = 500$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$			$\gamma_s = 1,15$		součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$			$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa			$f_{td} = \frac{f_{ctm}}{\gamma_c} = 434,78$ Mpa		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa			$\epsilon_{sd} = \frac{f_{td}}{E_s} = 2,17$ [‰]		
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]					

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku

$\eta f_{cd}$

po výšce  $\lambda x$

$$\eta = \frac{1}{0,8} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi i =$	25	25	0	0
ks =	10	6	0	0
ci =	9	100	0	0
ai =	4909	2945	0	0
$a_{s1} =$	7854			
$d_1 =$	56			
$d =$	814			
s1 =	26 mm	30 mm		
$s \leq s_{s1,max}$	Error	Error		

### min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_s + k_2 \cdot 20mm)$$

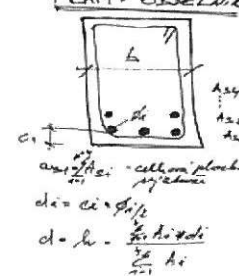
$$= s_{min} \quad 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_s = 32 \text{ mm}$$

TRAM - OBDELNIK



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 426,8 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,5241 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 2197,87 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 2197 < m_{Rd} = 2197,87 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed} < m_{Rd}$  Vyhovuje

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_i \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 7854 > a_{s,min} = 613,3 \text{ mm}^2$$

$a_{s1} > a_{s,min}$  Vyhovuje

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 34800 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 7854 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}} = 613,29 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_i \cdot d = 529,34 \text{ mm}^2$$

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 1171,862 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volíme}$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 644 \text{ mm}$$

### Třmínky

n = 4 počet stříhů na třmínku

$\phi i = 10$  mm - profil třmínku

a = 200 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 314$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 1098,94 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 1052 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 1098,94 \text{ kN}$$

Navrnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 610,8 \text{ mm}$$

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

$$s_{v,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 716,97 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 400,00 \text{ mm}$$



Prvek Obvodový základový práh

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 473,21$  kNm

$m_{Ed,q} = 321,00$   $m_{Ed,ch} = 341,40$  kNm

$V_{Ed} = 519$  kN

### Zadání geometrie

h = 1200 mm

b = 400 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37	Výztuž :	B500B	B500B
$f_{ck} =$	30	Mpa	$f_{yk} =$	500	Mpa
$\alpha_{cc} =$	1	v ČR se uvažuje hodnotou 1	$\gamma_s =$	1,15	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c =$	1,50	součinitel spolehlivosti materiálu	$E_s =$	200,00	Gpa
$f_{ctm} =$	2,9	Mpa	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} =$	434,78	Mpa
$E_{cm} =$	32,8	Gpa	$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} =$	2,17	[‰]
$\varepsilon_{cu3} =$	3,5	[‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku  $\eta f_{cd}$

po výšce  $\lambda x$

$$\eta = \frac{1}{\lambda} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$$

$$\lambda = 0,8$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi i =$	16	16	0	0
ks =	5	2	0	0
ci =	50	100	0	0
ai =	1005	402	0	0

$$a_{s1} = 1407 \text{ mm}^2$$

$$d_1 = 72 \text{ mm}$$

$$d = 1128 \text{ mm}$$

$$s_1 = 55 \text{ mm} \quad 168 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{s1,max}$$

Ok Ok

### min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20 \text{ mm})$$

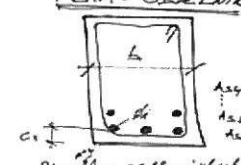
$$= s_{min} \quad 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAM - ODELNÍK



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 95,6 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0848 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yk} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 666,68 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 473,21 < m_{Rd} = 666,68 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \quad \text{Vyhovuje}$$

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1407 > a_{s,min} = 679,4 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 48000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 1407 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 1586,868 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volíme}$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 1089 \text{ mm}$$

### Třminky

n = 2 počet střihů na třmínku

$\phi i = 8$  mm - profil třmínku

a = 200 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 101$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yk}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 595,25 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 519 \text{ kN} \leq V_{rd,s} = 595,25 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 845,8 \text{ mm}$$

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

$$s_{sv,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 286,79 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{sv,min}, s_w) = 286,79 \text{ mm}$$

## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty  $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$  napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou  $\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,q} \cdot (d - x_r)}{I_r}$

$\sigma_s = 214,9 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$  poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$  je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu  $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0723 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\} = \min\{180,71; 333,51; 600\} = 180,71 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0.6
- ☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_t = 0,4$

$a_s = 1407 \text{ mm}^2$  předpokládá výztuž

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01947$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$  - trhliny jsou očekávány po 28 dnech  $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000742 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0006447$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0007418$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 394,699 \text{ mm}$

Případ  $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 1435,70 \text{ mm}$

$c = 75$  krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$  pruty s velkou soudržností

$k_2 = 0,5$  pro ohyb

$k_3 = 3,4$  doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$  doporučená hodnota

$\phi = 16$  profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat  $s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 361,428571 \text{ mm}$

vzdálenost výztuže  $55,00 \text{ mm}$

**Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$**

$s_{r,max} = 394,70 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_{max}$

$w_k = 0,2928 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,3 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

Prvek: Obvodový základový práh

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí XC4  
Návrhová životnost 80 let  
Požární odolnost REI  
Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 252$  kNm  
 $m_{Ed,q} = 163,00$  kNm  
 $V_{Ed} = 450$  kN  
 $m_{Ed,ch} = 179,00$  kNm

### Zadání geometrie

h = 1000 mm  
b = 400 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37	Výztuž :	B500B	B500B
$f_{ck} = 30$ Mpa			$f_{yk} = 500$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$			$\gamma_s = 1,15$		součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$			$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa			$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa			$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]		
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]					

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku  $\eta f_{cd}$   
po výšce  $\lambda x$   
 $\eta = 1$   
 $\lambda = 0,8$   
 $\xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

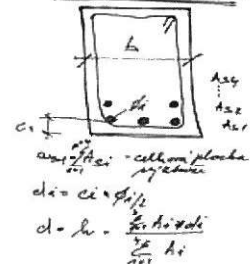
Vrstva  
Profil ve vrstvě  
Počet prutů  
Krytí profilu  
Plocha na 1 mb  
Celková plocha  
Teoretická osa plochy výztuže  
Účinná výška průřezu  
Vzdálenost mezi pruty  
Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi_i =$	16	0	0	0
ks =	4	0	0	0
ci =	60	0	0	0
ai =	804	0	0	0
$a_{s1} =$	804			
$d_1 =$	68			
$d =$	932			

min. vzdálenosti prutů  
 $s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$

$s_{min} = 37$  mm  
 $k_1 = 1,2$   
 $k_2 = 5$   
 $d_g = 32$  mm

TRAM - OBRÁZEK



### Posouzení

$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 54,6$  mm  
 $\xi = \frac{x}{d} = 0,0586 < \xi_{bal,1} = 0,617$   
**Vyhovuje**

$m_{Ed} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = 318,25$  kNm/m  
 $m_{Ed} = 252 < m_{Ed} = 318,25$  kNm/m  
**Vyhovuje**

### Kontrola vyztužení

$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$   
 $a_{s1} = 804 > a_{s,min} = 561,5$  mm<sup>2</sup>  
**Vyhovuje**

$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 561,50$  mm<sup>2</sup>  
 $a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 484,64$  mm<sup>2</sup>

$a_{s1} \leq 0,04 \cdot A_c = 40000$  mm<sup>2</sup>  $> a_{s1} = 804$  mm<sup>2</sup>  
**Vyhovuje**

### Smyk

$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 1325,674$  kN  
 $\cot \Theta = 2,5 - \text{volíme}$   
 $|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$  Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu  $\cot \Theta = 2,5$

$v = 0,6 \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$   
 $z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 910$  mm

### Třmínky

n = 2 počet stříhů na třmínku  
 $\phi_i = 8$  mm - profil třmínku  
a = 250 mm - osová vzdálenost třmínků  
 $A_{sw} = 101$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků  
 $a \leq s_{min}$

**Osová vzdálenost třmínků je OK**

$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 397,82$  kN

$|V_{Ed}| = 450$  kN  $\leq V_{Rd,s} = 397,82$  kN

**Třmínky nevyhovují**

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků  
 $s \leq 0,75 \cdot d = 699,0$  mm  
 $s \leq 400$  mm  
 $s_{v,min} = 400$

- omezení stupně vyztužení

$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$   
 $\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$

$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 286,79$  mm

$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 286,79$  mm



## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty  $\frac{\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}}{E_s} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$  napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou  $\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{td,y} \cdot (d - x_s)}{I_s}$   
 $\sigma_s = 228,9 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$  poměr modulu pružnosti výztuže a betonu  
 $\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$  je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu  $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0680 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h - d), (h - x) / 3, h / 2\} = \min\{170,00; 286,89; 500\} = 170,00 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0,6  
☒ Dlouhodobé zatížení, 0,4

$k_t = 0,4$

$a_s = 804 \text{ mm}^2$   
 $a_s =$  předpoklad výztuže

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01183$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$  - trhliny jsou očekávány po 28 dnech  $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000619 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0006866$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0006866$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 433,979 \text{ mm}$

Případ  $s > 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 1228,97 \text{ mm}$

$c = 60$  krytí podélné výztuže  
 $k_1 = 0,8$  pruty s velkou soudržností  
 $k_2 = 0,5$  pro ohyb  
 $k_3 = 3,4$  doporučená hodnota  
 $k_4 = 0,425$  doporučená hodnota  
 $\phi = 16$  profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat  $s_{r,max}$

$5(c + \phi/2) = 340 \text{ mm}$   
vzdálenost výztuže  $72,00 \text{ mm}$

Případ  $s \leq 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = 433,98 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_{max}$

$w_k = 0,2980 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,3 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

Prvek: Obvodový základový práh

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 252$  kNm

$m_{Ed,q} = 163,00$   $m_{Ed,chl} = 179,00$  kNm

$V_{Ed} = 450$  kN

### Zadání geometrie

h = 1200 mm

b = 400 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37	Výztuž :	B500B	B500B
$f_{ck} = 30$ Mpa			$f_{yk} = 500$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$			$\gamma_s = 1,15$		součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$			$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa			$f_{td} = \frac{f_{ctm}}{\gamma_c} = 434,78$ Mpa		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa			$\epsilon_{yd} = \frac{f_{td}}{E_s} = 2,17$ [%]		
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [%]					

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku  $\eta f_{cd}$

po výšce  $\lambda x$

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

$$\lambda = 0,8$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi i =$	16	0	0	0
ks =	4	0	0	0
ci =	60	0	0	0
ai =	804	0	0	0
$a_{s1} =$	804			
$d_1 =$	68			
$d =$	1132			

$$s_1 = 72 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{s1,max}$$

Ok

### min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20 \text{ mm})$$

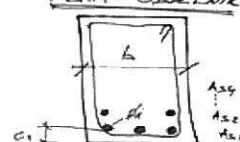
$$s_{min} = 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAM - OBDELNIK



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 54,6 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0483 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 388,19 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 252 < m_{Rd} = 388,19 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \text{ Vyhovuje}$$

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 804 > a_{s,min} = 682,0 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \text{ Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 48000 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} = 804 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 681,99 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 588,64 \text{ mm}^2$$

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 1616,984 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volime}$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 1110 \text{ mm}$$

### Třmínky

n = 2 počet stříhů na třmínku

$\phi i = 8$  mm - profil třmínku

a = 250 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 101$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 485,23 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 450 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 485,23 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 849,0 \text{ mm}$$

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

$$s_{w,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 286,79 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{w,min}, s_w) = 286,79 \text{ mm}$$

## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty  $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$  napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném tržlinou  $\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,sg} \cdot (d - x_r)}{I_r}$

$\sigma_s = 187,6 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$  poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$  je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu  $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0680 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\}; \min\{170,00; 348,43; 600\} h_{c,ef} = 170,00 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0.6
- ☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_t = 0,4$

$a_s = 804 \text{ mm}^2$

$a_p =$  předpínací výztuž

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01183$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$  - trhliny jsou očekávány po 28 dnech  $f_{ct,eff} = f_{cm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000413 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0005628$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0005628$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 433,979 \text{ mm}$

Případ  $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x) = 1488,97 \text{ mm}$

$c = 60$  krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$  pruty s velkou soudržností

$k_2 = 0,5$  pro ohyb

$k_3 = 3,4$  doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$  doporučená hodnota

$\phi = 16$  profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat  $s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 340 \text{ mm}$

vzdálenost výztuže  $72,00 \text{ mm}$

**Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$**

$s_{r,max} = 433,98 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_{max}$

$w_k = 0,2442 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,3 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje



Prvek Obvodový základový práh-krček

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 445,9$  kNm

$m_{Ed,q} = 293,00$   $m_{Ed,ch} = 319,00$  kNm

$V_{Ed} = 260$  kN

### Zadání geometrie

h = 1200 mm

b = 500 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	B500B
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$	v ČR se uvažuje hodnotou 1	$\gamma_s = 1,15$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$	součinitel spolehlivosti materiálu	$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{sd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\varepsilon_{sd} = \frac{f_{sd}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku

$\eta f_{cd}$

po výšce  $\lambda x$

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$$

$$\lambda = 0,8$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi i =$	18	18	0	0
ks =	4	2	0	0
ci =	50	100	0	0
ai =	1018	509	0	0

$$a_{s1} = 1527 \text{ mm}^2$$

$$d_1 = 76 \text{ mm}$$

$$d = 1124 \text{ mm}$$

$$s_1 = 109 \text{ mm} \quad 264 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{s1,max}$$

Ok Ok

### min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2 \cdot 20 \text{ mm})$$

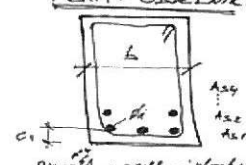
$$= s_{min} \quad 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAM - OBDELNIK



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 83,0 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0738 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 724,33 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 445,9 < m_{Rd} = 724,33 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \quad \text{Vyhovuje}$$

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1527 > a_{s,min} = 846,7 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 48000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 1527 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 1986,63 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volime}$$

$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$  Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu  $\cot \Theta = 2,5$

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 1091 \text{ mm}$$

### Třmínky

n = 2 počet střihů na třmínku

$\phi i = 10$  mm - profil třmínku

a = 200 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 157 \text{ mm}^2$  - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 931,5 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 260 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 931,5 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 843,3 \text{ mm}$$

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

$$s_{v,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 358,48 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 358,48 \text{ mm}$$

## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty  $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

$$\sigma_s = k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$  napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou  $\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,q} \cdot (d - x_r)}{I_r}$

$\sigma_s = 180,7 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$  poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$  je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu  $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,eff} = 0,0946 \text{ m}^2$

$h_{c,eff} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\}; \min\{189,17; 337,75; 600\} h_{c,eff} = 189,17 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0.6
- ☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_t = 0,4$

$a_s = 1527 \text{ mm}^2$  předpoklad výztuže

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01614$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$  - trhlíny jsou očekávány po 28 dnech  $f_{ct,eff} = f_{cm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000509 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0005421$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0005421$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 444,561 \text{ mm}$

Případ  $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x) = 1452,13 \text{ mm}$

$c = 75$  krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$  pruty s velkou soudržností

$k_2 = 0,5$  pro ohyb

$k_3 = 3,4$  doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$  doporučená hodnota

$\phi = 18$  profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat  $s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 378,333333 \text{ mm}$

vzdálenost výztuže  $109,33 \text{ mm}$

Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 444,56 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_{max}$

$w_k = 0,2410 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,3 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

Prvek Základový pas-horní výztuž

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

Návrhová životnost

Požární odolnost

Materiály:

XC4

80

REI

let

REI

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 379$  kNm

$m_{Ed,q} = 253,00$   $m_{Ed,ch} = 274,00$  kNm

$V_{Ed} = 1052$  kN

### Zadání geometrie

h = 1200 mm

b = 500 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37	Výztuž :	10 505 R	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa			$f_{yk} = 500$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$			$\gamma_s = 1,15$		
$\gamma_c = 1,50$			$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{ctm} = 20,00$ Mpa			$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa		
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa			$\varepsilon_{sd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa					
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]					

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku  $\eta f_{cd}$

po výšce  $\lambda x$

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$$

$$\lambda = 0,8$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi i =$	18	0	0	0
ks =	4	0	0	0
ci =	50	0	0	0
ai =	1018	0	0	0
$a_{s1} =$	1018			
$d_1 =$	59			
$d =$	1141			

$$s_1 = 109 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{s1,max}$$

Ok

### min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20 \text{ mm})$$

$$s_{min} = s_{min}$$

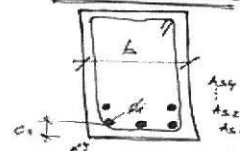
$$37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAM - OSOVLNIK



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 55,3 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0485 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yk} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 495,16 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 379 < m_{Rd} = 495,16 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \text{ Vyhovuje}$$

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1018 > a_{s,min} = 859,3 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \text{ Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 48000 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s1} = 1018 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 2037,119 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volime}$$

$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$  Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu  $\cot \Theta = 2,5$

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 1119 \text{ mm}$$

### Třminky

$$n = 4 \text{ počet střihů na třmínku}$$

$$\phi i = 10 \text{ mm - profil třmínku}$$

$$a = 250 \text{ mm - osová vzdálenost třmínků}$$

$$A_{sw} = 314 \text{ mm}^2 \text{ - plocha třmínků}$$

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yk}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 1528,28 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 1052 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 1528,28 \text{ kN}$$

Navrnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 855,8 \text{ mm}$$

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

$$s_{sv,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 716,97 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{sv,min}, s_w) = 400,00 \text{ mm}$$



## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty  $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

$$\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$  napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou  $\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{m \cdot f_{ct,eff} \cdot (d - x_r)}{I_r}$

$\sigma_s = 228,3 \text{ Mpa}$

$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$  poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$  je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu  $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,eff} = 0,0738 \text{ m}^2$

$h_{c,eff} = \min\{2,5(h - d), (h - x) / 3, h / 2\}; \min\{147,50; 347,91; 600\} h_{c,eff} = 147,50 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0.6
- ☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_t = 0,4$

$a_s = 1018 \text{ mm}^2$  předpoklad výztuže

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01380$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$  - trhliny jsou očekávány po 28 dnech  $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000686 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0006848$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0006863$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 391,712 \text{ mm}$

Případ  $s > 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 1488,08 \text{ mm}$

$c = 50$  krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$  pruty s velkou soudržností

$k_2 = 0,5$  pro ohyb

$k_3 = 3,4$  doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$  doporučená hodnota

$\phi = 18$  profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat  $s_{r,max}$

$5(c + \phi/2) = 295 \text{ mm}$

vzdálenost výztuže  $109,33 \text{ mm}$

**Případ  $s \leq 5(c + \phi/2)$**

$s_{r,max} = 391,71 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_{max}$

$w_k = 0,2688 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,3 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

125

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

Návrhová životnost

Požární odolnost

Materiály:

XC1

50

REI

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 143$  kNm

$m_{Ed,q} = 93,36$

$m_{Ed,ch} = 102,25$  kNm

$V_{Ed} = 368$  kN

### Zadání geometrie

h = 500 mm

b = 350 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37
$f_{ck} = 30$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$		
$\gamma_c = 1,50$		
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]		
$\eta f_{cd}$		
$\lambda$		
$\eta = 1$		
$\lambda = 0,8$		
$\xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$		

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku po výšce  $\lambda x$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi_i =$	16	0	0	0
ks =	4	0	0	0
ci =	30	0	0	0
ai =	804	0	0	0
$a_{s1} =$	804			
$d_1 =$	38			
$d =$	462			

$s_1 = 75$  mm

$s \leq s_{s1,max}$

Ok

### min. vzdálenosti prutů

$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi_s, d_s + k_2, 20mm)$

$= s_{min}$

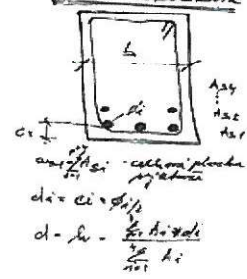
37 mm

$k_1 = 1,2$

$k_2 = 5$

$d_s = 32$  mm

TRAM - OSOVÁ PLOCHA



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 62,4 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,1352 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = 152,82 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 143 < m_{Rd} = 152,82 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed} < m_{Rd}$  Vyhovuje

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 804 > a_{s,min} = 243,5 \text{ mm}^2$$

$a_{s1} > a_{s,min}$  Vyhovuje

$$a_{s1} \leq 0,04 \cdot A_c = 20000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 804 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 556,979 \text{ kN}$$

$\cot \Theta = 2,5$  - volime

$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$  Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu  $\cot \Theta = 2,5$

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 437 \text{ mm}$$

### Třmínky

n = 4 počet stříhů na třmínku

$\phi_i = 8$  mm - profil třmínku

a = 150 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 201$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků

$a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 636,73 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 368 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 636,73 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 346,5 \text{ mm}$$

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

$$s_{v,min} = 346,5$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 655,51 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 346,50 \text{ mm}$$

## Kontrola mezního stavu použitelnosti

### 1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být

$$\|\sigma_c\| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0.45$$

- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit

$$\|\sigma_s\| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0.80$$

pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku

$$\|\sigma_s\| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1.0$$

**Průřez bez trhlin:**

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6.091$$

$$A_i = b \cdot h + (\alpha'_e - 1) a_s = 0.17909 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0.5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0.255 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0.5h)^2 + (\alpha'_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0.003826 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 45.200 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed,q} \leq m_{cr}$  - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou

$$m_{Ed,q} = 93.36 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 45.200 \text{ kN/m}$$

**Trhliny vzniknou**

**Průřez s trhlinami:**

$$x_r = \frac{\alpha'_e \cdot a_s}{b} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha'_e \cdot a_s}} \right) = 0.1006 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha'_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0.0007586 \text{ m}^4$$

**Posouzení napětí ve výztuži a v betonu**

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 12.379 \text{ Mpa} \leq 0.45 \cdot f_{ck} = 13.50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha'_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 296.722 \text{ Mpa} \leq 0.8 \cdot f_{yk} = 400.00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

**Napětí splňuje omezující podmínky**



## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty  $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$  napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou  $\sigma_s = \alpha_e \frac{m \cdot E_s \cdot \psi \cdot (d - x_t)}{I_r}$   
 $\sigma_s = 270,9 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$  poměr modulu pružnosti výztuže a betonu  
 $\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$  je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu  $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0333 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\}; \min\{95,00; 133,14; 250\} h_{c,ef} = 95,00 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0.6  
☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_t = 0,4$

$a_s = 804 \text{ mm}^2$   
 $a_p = 0$  předpřítlačná výztuž

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,02419$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$  - trhliny jsou očekávány po 28 dnech  $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,001080 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0008128$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0010798$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 214,453 \text{ mm}$

Případ  $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x) = 568,83 \text{ mm}$

$c = 30$  krytí podélné výztuže  
 $k_1 = 0,8$  pruty s velkou soudržností  
 $k_2 = 0,5$  pro ohyb  
 $k_3 = 3,4$  doporučená hodnota  
 $k_4 = 0,425$  doporučená hodnota  
 $\phi = 16$  profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat

$s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 190 \text{ mm}$   
 vzdálenost výztuže  $75,33 \text{ mm}$

**Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$**   
 $s_{r,max} = 214,45 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_{max}$

$w_k = 0,2316 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,4 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

### 3) Kontrola průhybu

$$\frac{l}{d} \leq \lambda_d$$

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 33,04$$

$$\frac{l}{d} = 12,99 \leq \lambda_d = 33,04$$

Není nutné počítat průhyb

Součinitel závislý na tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} = 1$$

- ☐  $\kappa_{c1} = 0,8$
- ☒  $\kappa_{c1} = 1,0$

pro T průřez s poměrem šířkyprůřezu kšířce žebra větší než 3

v ostatních případech

Součinitel závislý na rozpětí

- rozpětí  $l = 6,00$  m

$$\kappa_{c2} = 1,00$$

Součinitel napětí tahové výztuže v exténně namáhaném průřezu při časté kombinaci provozního zatížení

$$\kappa_{c3} = \frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} = 1,07$$

$A_{s,req} = 52,59 \text{ mm}^2$

$A_{s,prov} = 804 \text{ mm}^2$

Součinitel pro zohlednění různých nosných systémů

- ☐ prostě podepřený nosník, prostě podepřená deska
- ☐ krajní pole spojitého nosníku nebo desky
- ☒ vnitřní pole nosníku nebo desky
- ☐ deska lokálně podepřená
- ☐ konzola

$$\kappa = 1,5$$

Referenční stupeň vyztužení

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} = 0,00548 \geq \rho = 0,00497$$

Geometrický stupeň vyztužení tahovou výztuží

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,00497$$

Požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho' = 0$$

Výpočet podle prvního vzorce

$$\lambda_{d,tab} = \left\langle \begin{aligned} &\kappa \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left( \frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ pro } \rho \leq \rho_0 \\ &\kappa \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho'}{\rho_0} \right] \text{ pro } \rho > \rho_0 \end{aligned} \right\rangle = 30,92$$

Prvek Průvlak 400/500-spodní výztuž

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

Návrhová životnost

Požární odolnost

Materiály:

XC1

50

let

REI

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 197$  kNm

$m_{Ed,q} = 128,00$

$m_{Ed,chl} = 141,00$  kNm

$V_{Ed} = 414$  kN

### Zadání geometrie

h = 500 mm

b = 400 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$	v ČR se uvažuje hodnotou 1	$\gamma_s = 1,15$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$	součinitel spolehlivosti materiálu	$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yk} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yk}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku po výšce  $\lambda x$

$$\eta = \frac{1}{0,8} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi i =$	20	0	0	0
ks =	4	0	0	0
ci =	30	0	0	0
ai =	1257	0	0	0
$a_{s1} =$	1257			
$d_1 =$	40			
$d =$	460			

s1 = 87 mm

Ok

### min. vzdálenosti prutů

$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$

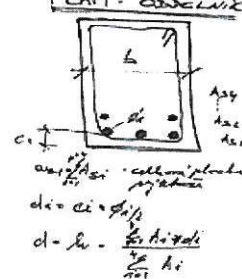
$s_{min} = 37$  mm

$k_1 = 1,2$

$k_2 = 5$

$d_g = 32$  mm

TRAM - OCELOVÉ



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 85,4 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,1856 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yk} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = 232,67 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 197 < m_{Rd} = 232,67 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed} < m_{Rd}$  Vyhovuje

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_i \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1257 > a_{s,min} = 277,1 \text{ mm}^2$$

$a_{s1} > a_{s,min}$  Vyhovuje

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 20000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 1257 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 620,276 \text{ kN}$$

$\cot \Theta = 2,5$  - volíme

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 426 \text{ mm}$$

### Třmínky

n = 4 počet stříhů na třmínku

$\phi i = 8$  mm - profil třmínku

a = 200 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 201$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků

$a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yk}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 465,34 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 414 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 465,34 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 345,0 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm} \quad s_{v,min} = 345$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 573,57 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 345,00 \text{ mm}$$



## Kontrola mezního stavu použitelnosti

### 1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být  $\|\sigma_c\| \leq k_2 \cdot f_{ct}, k_2 = 0.45$
- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit  $\|\sigma_s\| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0.80$
- pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku  $\|\sigma_s\| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1.0$

Průřez bez trhlin:

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_t = b \cdot h + (\alpha_e - 1) a_s = 0,20640 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_t} = 0,257 \text{ m}$$

$$I_t = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5h)^2 + (\alpha_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,004440 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_t \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 52,817 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed,q} \leq m_{cr}$  - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou

$$m_{Edq} = 128 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 52,817 \text{ kN/m}$$

Trhliny vzniknou

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,1149 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0011138 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betoně

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 13,207 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ct} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 266,080 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Napětí splňuje omezující podmínky

## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty  $\frac{\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}}{E_s} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$  napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou  $\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed} \cdot s}{I_r} (d - x_r)$   
 $\sigma_s = 241,5 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$  poměr modulu pružnosti výztuže a betonu  
 $\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$  je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu  $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0400 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\}; \min\{100,00; 128,36; 250\} h_{c,ef} = 100,00 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0.6  
☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_t = 0,4$

$a_s = 1257 \text{ mm}^2$   
 $a_p =$  předpřítlačí vyztuž

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,03142$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$  - trhlíny jsou očekávány po 28 dnech  $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000988 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0007246$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0009881$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 210,225 \text{ mm}$

Případ  $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 539,02 \text{ mm}$

$c = 30$  krytí podélné výztuže  
 $k_1 = 0,8$  pruty s velkou soudržností  
 $k_2 = 0,5$  pro ohyb  
 $k_3 = 3,4$  doporučená hodnota  
 $k_4 = 0,425$  doporučená hodnota  
 $\phi = 20$  profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat

$s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 200 \text{ mm}$   
vzdálenost výztuže  $86,67 \text{ mm}$

**Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$**   
 $s_{r,max} = 210,23 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_{max}$

$w_k = 0,2077 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,4 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

### 3) Kontrola průhybu

$$\frac{l}{d} \leq \lambda_d$$

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 31,16$$

$$\frac{l}{d} = 13,04 \leq \lambda_d = 31,16$$

Není nutné počítat průhyb

Součinitel závislý na tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} = 1$$

☐  $\kappa_{c1} = 0,8$   
☒  $\kappa_{c1} = 1,0$

pro T průřez s poměrem šířkyprůřezu kšířce žebra větší než 3

v ostatních případech

Součinitel závislý na rozpětí

- rozpětí  $l = 6,00$  m

$$\kappa_{c2} = 1,00$$

Součinitel napětí tahové výztuže v extrémně namáhaném průřezu při časté kombinaci provozního zatížení

$$\kappa_{c3} = \frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} = 1,18$$

$A_{s,req} = 1003,90 \text{ mm}^2$   
 $A_{s,prov} = 1257 \text{ mm}^2$

Součinitel pro zohlednění různých nosných systémů

- ☐ prostě podepřený nosník, prostě podepřená desk  
☐ krajní pole spojitého nosníku nebo desky  
☒ vnitřní pole nosníku nebo desky  
☐ deska lokálně podepřená  
☐ konzola

$$\kappa = 1,5$$

Referenční stupeň vyztužení

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} = 0,00548 \geq \rho = 0,00683$$

Geometrický stupeň vyztužení tahovou výztuží

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,00683$$

Požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho^* = 0$$

Výpočet podle druhého vzorce

$$\lambda_{d,tab} = \left\langle \begin{aligned} &\kappa \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left( \frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ pro } \rho \leq \rho_0 \\ &\kappa \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho^*} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho^*}{\rho_0} \right] \text{ pro } \rho > \rho_0 \end{aligned} \right\rangle = 26,38$$



## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 202$  kNm

$m_{Ed,q} = 136,00$   $m_{Ed,chl} = 145,00$  kNm

$V_{Ed} = 299$  kN

### Zadání geometrie

h = 500 mm

b = 350 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	B500B
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$		$\gamma_s = 1,15$ součinitel spolehlivosti materiálu	
$\gamma_c = 1,50$		$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yk} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yk}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku

po výšce  $\lambda x$

$$\eta = \frac{1}{\lambda} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi_i =$	25	0	0	0
ks =	3	0	0	0
ci =	60	0	0	0
ai =	1473	0	0	0

$$a_{s1} = 1473 \text{ mm}^2$$

$$d_1 = 73 \text{ mm}$$

$$d = 428 \text{ mm}$$

$$s_1 = 78 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{s1,max} \text{ Ok}$$

### min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi_d + k_2 \cdot 20 \text{ mm})$$

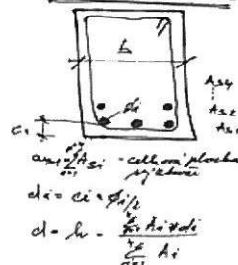
$$= s_{min} \quad 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAM - OSMELNÍK



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 114,3 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,2674 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = 244,43 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 202 < m_{Rd} = 244,43 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \text{ Vyhovuje}$$

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1473 > a_{s,min} = 225,4 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \text{ Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 20000 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} = 1473 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 486,555 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volime}$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 382 \text{ mm}$$

### Třmínky

n = 2 počet stříhů na třmínku

$\phi_i = 10$  mm - profil třmínku

a = 140 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 157$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 465,59 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 299 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 465,59 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínok vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 320,6 \text{ mm}$$

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

$$s_{v,min} = 320,625$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 512,12 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 320,63 \text{ mm}$$

## Kontrola mezního stavu použitelnosti

### 1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být  $|\sigma_c| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0.45$
- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit  $|\sigma_s| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0.80$   
pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku  $|\sigma_s| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1.0$

Průřez bez trhlin :

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_t = b \cdot h + (\alpha'_e - 1) a_s = 0,18250 \text{ m}^2$$

$$a_{gr} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_t} = 0,257 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gr} - 0,5 h)^2 + (\alpha'_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gr})^2 = 0,003872 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gr})} = 46,212 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed,q} \leq m_{cr} \text{ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou}$$

$$m_{Ed,q} = 136 \text{ kN / m} \leq m_{cr} = 46,212 \text{ kN/m}$$

**Trhliny vzniknou**

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha'_e \cdot a_s}{b} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha'_e \cdot a_s}} \right) = 0,1246 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha'_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0010486 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 16,160 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{Nevyhovuje}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha'_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 255,109 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

**Napětí NESplňuje omezující podmínky**

## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty  $\sigma_s - k_t \cdot \frac{\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$  napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlínou  $\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,q} \cdot (d - x_r)}{I_r}$

$\sigma_s = 239,3 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$  poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$  je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu  $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0438 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\} = \min\{181,25; 125,13; 250\} = 125,13 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

☐ Krátkodobé zatížení, 0,6

☒ Dlouhodobé zatížení, 0,4

$k_t = 0,4$

$a_s = 1473 \text{ mm}^2$

$a_s =$  plocha výztuže

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,03362$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$  - trhliny jsou očekávány po 28 dnech  $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000989 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0007178$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0009888$

Výpočet  $s_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 330,398 \text{ mm}$

Případ  $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 501,37 \text{ mm}$

$c = 60$  krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$  pruty s velkou soudružností

$k_2 = 0,5$  pro ohyb

$k_3 = 3,4$  doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$  doporučená hodnota

$\phi = 25$  profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat  $s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 362,5 \text{ mm}$

vzdálenost výztuže  $77,50 \text{ mm}$

**Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$**

$s_{r,max} = 330,40 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_{max}$

$w_k = 0,3267 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,4 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje



### 3) Kontrola průhybu

$$\frac{l}{d} \leq \lambda_d$$

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tah} = 24,50$$

$$\frac{l}{d} =$$

$$14,04 \leq \lambda_d = 24,50$$

Není nutné počítat průhyb

Součinitel závislí na tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} = 1$$

- ☐  $\kappa_{c1} = 0,8$   
☒  $\kappa_{c1} = 1,0$

pro T průřez s poměrem šířkypříruby kšířce žebra větší než 3

v ostatních případech

Součinitel závislý na rozpětí

- rozpětí  $l = 6,00$  m

$$\kappa_{c2} = 1,00$$

Součinitel napětí tahové výztuže v extrémně namáhaném průřezu při časté kombinaci provozního zatížení

$$\kappa_{c3} = \frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} = 1,21$$

$$A_{s,req} = \frac{1210,91}{1473} \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} =$$

Součinitel pro zohlednění různých nosných systémů

- ☐ prostě podepřený nosník, prostě podepřená deska  
☒ krajní pole spojitého nosníku nebo desky  
☐ vnitřní pole nosníku nebo desky  
☐ deska lokálně podepřená  
☐ konzola

$$\kappa = 1,3$$

Referenční stupeň vyztužení

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} = 0,00548 \geq \rho = 0,00984$$

Geometrický stupeň vyztužení tahovou výztuží

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,00984$$

Požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho' = 0$$

Výpočet podle druhého vzorce

$$\lambda_{d,tah} = \left\langle \kappa \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left( \frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ pro } \rho \leq \rho_0 \right\rangle = 20,24$$

$$\left\langle \kappa \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho'}{\rho_0} \right] \text{ pro } \rho > \rho_0 \right\rangle$$

#### 4) Výpočet přetvoření

kvazistálá kombinace zatížení bude působit v časovém intervalu

$$\langle t_0 = 28 \text{ dní}, \infty \rangle$$

$$h_0 = \frac{2 A_c}{u} = 205,88 \text{ mm} \quad \text{náhradní rozměr průřezu}$$

- součinitel dotvarování pro cement třídy N

$$\varphi(\infty, t_0 = 28 \text{ dní}) = 2,5 \quad \text{- doplnit z obr 3.15}$$

- smršťování proběhne v intervalu  $\langle t_0 = 7 \text{ dní}, \infty \rangle$

$$\varphi_{cs}(\infty, t_0 = 7 \text{ dní}) = 3,2 \quad \text{- doplnit z obr 3.15}$$

beton C30/37  
relativní vlhkost 40 %

jmennovitá hodnota poměrného smrštění viz. tabulka 3.2

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,00058$$

**Tab. 3.2** Jmennovité hodnoty neomezeného poměrného smrštění  $\varepsilon_{cd,0}$  (v ‰) vysycháním (střední hodnota, variační součinitel cca 30 %) pro beton s cementem CEM třídy N

$f_{ck}/f_{ck,cube}$ (MPa)	Relativní vlhkost v %					
	20	40	60	80	90	100
20/25	0,62	0,58	0,49	0,30	0,17	0
40/50	0,48	0,46	0,38	0,24	0,13	0
60/75	0,38	0,36	0,30	0,19	0,10	0
80/95	0,30	0,28	0,24	0,15	0,08	0
90/105	0,27	0,25	0,21	0,13	0,07	0

Konečná hodnota poměrného smrštění vyvozená vysycháním betonu

$$\varepsilon_{cd,\infty} = k_h \cdot \varepsilon_{cd,0} = 0,000435 \quad k_h = 0,75$$

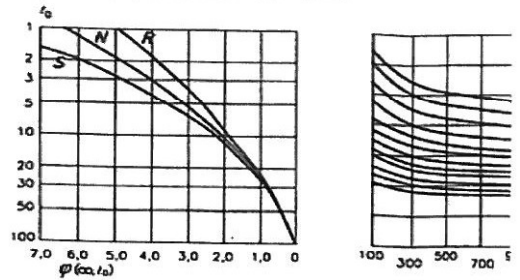
Hodnota autogeního smršťování

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} = 0,000050$$

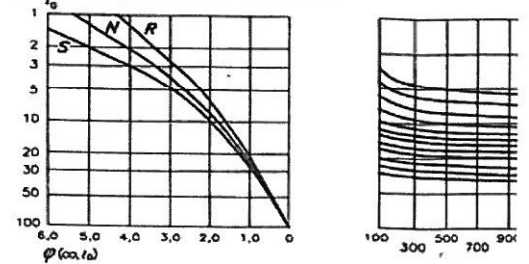
Celkové poměrné smršťování v  $\langle t_0 = 7 \text{ dní}, \infty \rangle$

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}(\infty) = 0,00049$$

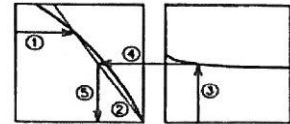
a) vnitřní prostředí—RH=50%



b) vnější prostředí—RH=80%



c)



Obr. 3.15 Stanovení součinitele dotvarování  $\varphi(\infty, t_0)$  pro

#### Materiál

Beton :	C30/37	Výztuž :	B500B
$f_{ck} =$	30 Mpa	$f_{yk} =$	500 Mpa
$f_{ctm} =$	2,9 Mpa	$E_s =$	200,00 Gpa
$\alpha_{ctm} =$	0,2,0		

#### Průhyb od kvazistálého zatížení

a) Průřez bez trhlin :

$$\alpha'_e = E_s / E_{c,eff} = 21,318$$

$$A_i = b \cdot h + \alpha_e a_s = 0,2063929 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + \alpha_e \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,277 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5h)^2 + \alpha_e a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,004484 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 58,247 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed,q} \leq m_{cr} \quad \text{- Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou}$$

$$m_{Ed,q} = 136 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 58,247 \text{ kN/m} \quad \text{- ohybový moment při vzniku trhlin}$$

Trhliny vzniknou

Ohybová tuhost

$$E_{c,eff} \cdot I_i = 42,073 \text{ MNm}^2$$

Ohybová poddajnost

$$C_{I,lt} = \frac{1}{E_{c,eff} \cdot I_i} = 0,024 \text{ (MN)}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

b) Průřez s trhlinou :

$$x = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,201396 \text{ m}$$

$$I_{tr} = \frac{b \cdot x^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x)^2 = 0,002558 \text{ m}^4$$

Ohybová tuhost

$$E_{c,eff} \cdot I_{vr} = 23,998 \text{ MNm}^2$$

Ohybová poddajnost

$$C_{II,lt} = \frac{1}{E_{c,eff} \cdot I_{vr}} = 0,042 \text{ (MN)}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

Součinitel vystihující tahové zpevnění

$$\xi_{g,lt} = 1 - \beta \left( \frac{M_{cr,lt}}{M_{gk}} \right)^2 = 0,908$$

Součinitele vyjadřující vliv doby nebo opakování zat.

☐ Jednorázové krátkodobé zatížení

☒ Dlouhodobě působící nebo opakované

$$\beta = 0,5$$

Křivost

$$\left( \frac{1}{r} \right)_{g,lt} = M_{gk} \left[ (1 - \xi_{g,lt}) C_{I,lt} + \xi_{g,lt} \cdot C_{II,lt} \right] = 0,00544 \text{ m}^{-1}$$

Průhyb od kvazistálého zatížení

$$\text{rozpětí } l = 6,00 \text{ m}$$

$$f_{g,lt} = \frac{5}{48} \left( \frac{1}{r} \right)_{g,lt} \cdot l^2 = 20,414 \text{ mm}$$

### Průhyb od smršťování

a) Průřez bez trhlin :

$$\alpha'_e = E_s / E_{c,eff} = 25,581$$

$$A_i = b \cdot h + \alpha'_e a_s = 0,2126715 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + \alpha'_e a_s \cdot d}{A_i} = 0,281 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5h)^2 + \alpha'_e a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,004622 \text{ m}^4$$

Pro dlouhodobě působící zatížení

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{(1 + \varphi_{cs})} = 7,82 \text{ GPa}$$

Statický moment průřezové plochy k těžišti výztuže

$$S_i = A_s \cdot (d - a_{gi}) = 0,0002151 \text{ m}^3$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 61,260 \text{ kNm/m}$$

b) Průřez s trhlinou :

$$x = \frac{\alpha'_e a_s}{b} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha'_e a_s}} \right) = 0,214254 \text{ m}$$

$$I_{ir} = \frac{b \cdot x^3}{3} + \alpha'_e a_s \cdot (d - x)^2 = 0,002666 \text{ m}^4$$

Statický moment průřezové plochy k těžišti výztuže

$$S_{ir} = A_s \cdot (d - x) = 0,0003140 \text{ m}^3$$

Součinitel vystihující tahové zpevnění

$$\xi_{g,cs} = 1 - \beta \left( \frac{M_{cr,cs}}{M_{gk}} \right)^2 = 0,899$$

Křivost

$$\left( \frac{1}{r} \right)_{cs} = -\epsilon_{cs} \cdot \alpha'_e \left[ (1 - \xi_{g,cs}) \frac{S_i}{I_i} + \xi_{g,cs} \cdot \frac{S_{ir}}{I_{ir}} \right] = 0,001372 \text{ m}^{-1}$$

Průhyb od smršťování

$$\text{rozpětí } l = 6,00 \text{ m}$$

$$f_{g,lt} = \frac{5}{48} \left( \frac{1}{r} \right)_{cs} \cdot l^2 = 5,144 \text{ mm}$$

### Posouzení průhybu

- dlouhodobý průhyb od kvazistělé kombinace zatížení včetně smršťování

$$f_{lt} = f_{g,lt} + f_{cs} = 25,558 \text{ mm} \leq f_{lim,lt} = \frac{L}{250} = 24 \text{ mm} \quad \text{Nevyhovuje}$$



## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 275$  kNm

$m_{Ed,q} = 184,00$   $m_{Ed,ch} = 197,00$  kNm

$V_{Ed} = 295$  kN

### Zadání geometrie

h = 500 mm

b = 350 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	B500B
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$		$\gamma_s = 1,15$ součinitel spolehlivosti materiálu	
$\gamma_c = 1,50$		$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yk}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku po výšce  $\lambda x$

$$\eta = \frac{1}{\lambda} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi_i =$	25	0	0	0
ks =	3	0	0	0
ci =	60	0	0	0
ai =	1473	0	0	0

$$a_{s1} = 1473 \text{ mm}^2$$

$$d_1 = 73 \text{ mm}$$

$$d = 428 \text{ mm}$$

$$s_1 = 78 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{s1,max} \quad \text{Ok}$$

### min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20 \text{ mm})$$

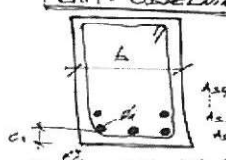
$$= s_{min} = 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAM - OSOVLNÍK



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 114,3 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,2674 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yk} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = 244,43 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 275 < m_{Rd} = 244,43 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \quad \text{Nevyhovuje !!!}$$

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1473 > a_{s,min} = 225,4 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 \cdot A_c = 20000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 1473 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 225,36 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 194,51 \text{ mm}^2$$

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 486,555 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volime}$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 382 \text{ mm}$$

### Třmínky

n = 2 počet stříhů na třmínku

$\phi_i = 8$  mm - profil třmínku

a = 140 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 101$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yk} \cdot z \cdot \cot \Theta}{s} = 297,98 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 295 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 297,98 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 320,6 \text{ mm}$$

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

$$s_{v,min} = 320,625$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 327,76 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 320,63 \text{ mm}$$

Prvek: Průvlak 350/500-horní výztuž

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 275$  kNm

$m_{Ed,q} = 184,00$   $m_{Ed,ch} = 197,00$  kNm

$V_{Ed} = 295$  kN

### Zadání geometrie

h = 500 mm

b = 350 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	B500B
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$		$\gamma_s = 1,15$ součinitel spolehlivosti materiálu	
$\gamma_c = 1,50$ součinitel spolehlivosti materiálu		$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yk} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yk}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku

po výšce  $\lambda x$

$$\eta = \frac{1}{0,8} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi_i =$	25	0	0	0
ks =	3	0	0	0
ci =	60	0	0	0
ai =	1473	0	0	0
$a_{s1} =$	1473			
$d_1 =$	73			
$d =$	428			

$s_1 = 78$  mm

$s \leq s_{s1,max}$  **Ok**

### min. vzdálenosti prutů

$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$

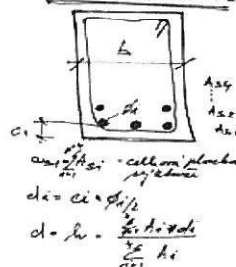
$s_{min} = 37$  mm

$k_1 = 1,2$

$k_2 = 5$

$d_g = 32$  mm

TRAM - OSOVLINK



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 114,3 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,2674 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

**Vyhovuje**

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yk} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 244,43 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 275 < m_{Rd} = 244,43 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed} < m_{Rd}$  **Nevyhovuje !!!**

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1473 > a_{s,min} = 225,4 \text{ mm}^2$$

$a_{s1} > a_{s,min}$  **Vyhovuje**

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 20000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 1473 \text{ mm}^2$$

**Vyhovuje**

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 486,555 \text{ kN}$$

$\cot \Theta = 2,5$  - voline

$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$  **Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu  $\cot \Theta = 2,5$**

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 382 \text{ mm}$$

### Třminky

n = 2 počet stříhů na třmínku

$\phi_i = 8$  mm - profil třmínku

a = 140 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 101$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků

$a \leq s_{min}$

**Osová vzdálenost třmínků je OK**

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yk}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 297,98 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 295 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 297,98 \text{ kN}$$

**Navrhnutý třmínek vyhovuje**

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 320,6 \text{ mm}$$

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

$$s_{sv,min} = 320,625$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 327,76 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{sv,min}, s_w) = 320,63 \text{ mm}$$



## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 200$  kNm

$m_{Ed,q} = 132,00$   $m_{Ed,ch} = 143,00$  kNm

$V_{Ed} = 295$  kN

### Zadání geometrie

h = 500 mm

b = 350 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	B500B
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$		$\gamma_s = 1,15$ součinitel spolehlivosti materiálu	
$\gamma_c = 1,50$		$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 20,00$ Mpa		$f_{yk} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yk}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa			
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku po výšce  $\lambda x$

$$\eta = \frac{1}{\lambda} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi i =$	25	0	0	0
ks =	3	0	0	0
ci =	60	0	0	0
ai =	1473	0	0	0
$a_{s1} =$	1473			
$d_1 =$	73			
$d =$	428			

$s_1 = 78$  mm

$s \leq s_{s1,max}$  **Ok**

### min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2 \cdot 20mm)$$

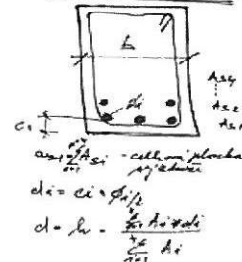
$$= s_{min} \quad 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAM - OSY VÝSTUŽE



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 114,3 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,2674 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

**Vyhovuje**

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 244,43 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 200 < m_{Rd} = 244,43 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \quad \text{Vyhovuje}$$

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1473 > a_{s,min} = 225,4 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 20000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 1473 \text{ mm}^2$$

**Vyhovuje**

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 486,555 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volíme}$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 382 \text{ mm}$$

### Třminky

n = 2 počet stříhů na třmínku

$\phi i = 8$  mm - profil třmínku

a = 140 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 101$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

**Osová vzdálenost třmínků je OK**

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 297,98 \text{ kN}$$

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 320,6 \text{ mm}$$

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

$$s_{v,min} = 320,625$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 327,76 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 320,63 \text{ mm}$$

$$|V_{Ed}| = 295 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 297,98 \text{ kN}$$

**Navrhnutý třmíněk vyhovuje**

*Handwritten signature*



Prvek Průvlak 400/500-horní výztuž

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 242$  kNm

$m_{Ed,q} = 155,00$   $m_{Ed,ch} = 171,00$  kNm

$V_{Ed} = 441$  kN

### Zadání geometrie

h = 500 mm

b = 400 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	B500B
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$		$\gamma_s = 1,15$ součinitel spolehlivosti materiálu	
$\gamma_{cc} = 1,50$		$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yk} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yk}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku po výšce  $\lambda x$

$$\eta = \frac{1}{0,8} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yk}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi_i =$	25	0	0	0
ks =	3	0	0	0
ci =	60	0	0	0
ai =	1473	0	0	0
$a_{s1} =$	1473			
$d_1 =$	73			
$d =$	428			

$s_1 = 103$  mm

$s \leq s_{s1,max}$  **Ok**

### min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$$

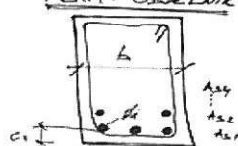
$$s_{min} = 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAM - OSOVLNÍK



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * \eta * f_{cd}} = 100,0 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,2340 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

**Vyhovuje**

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 248,09 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 242 < m_{Rd} = 248,09 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \text{ **Vyhovuje**}$$

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 * f_{ctm} * b_t * d}{f_{yk}}, 0,0013 * b_t * d \right\}$$

$$a_{s1} = 1473 > a_{s,min} = 257,6 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \text{ **Vyhovuje**}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 20000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 1473 \text{ mm}^2$$

**Vyhovuje**

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v * f_{cd} * b_w * z * \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 564,389 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volně}$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

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

$$z = d - 0,5 * \lambda * x = 387 \text{ mm}$$

### Třminky

n = 2 počet stříhů na třmínku

$\phi_i = 10$  mm - profil třmínku

a = 150 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 157$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

**Osová vzdálenost třmínků je OK**

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} * f_{yd}}{s} * z * \cot \Theta = 441,06 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 441 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 441,06 \text{ kN}$$

**Navrhnutý třmínek vyhovuje**

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 * d = 320,6 \text{ mm}$$

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

$$s_{sv,min} = 320,625$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w * s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 * \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 * \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w * \rho_{w,min}} = 448,10 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{sv,min}, s_w) = 320,63 \text{ mm}$$

## Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

### Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

80 let

Požární odolnost

REI

Materiály:

### Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 242$  kNm  
 $m_{Ed,q} = 155,00$  kNm  
 $m_{Ed,ch} = 171,00$  kNm  
 $V_{Ed} = 441$  kN

### Zadání geometrie

h = 500 mm  
b = 400 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	B500B
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$	v ČR se uvažuje hodnotou 1	$\gamma_s = 1,15$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$	součinitel spolehlivosti materiálu	$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yk} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yk}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku po výšce  $\lambda$

$$\eta = \frac{1}{0,8} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

### Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi_i =$	25	0	0	0
ks =	3	0	0	0
ci =	60	0	0	0
ai =	1473	0	0	0
$a_{s1} =$	1473			
$d_1 =$	73			
$d =$	428			

$$s_1 = 103 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{s1,max} \quad \text{Ok}$$

### min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2 \cdot 20 \text{ mm})$$

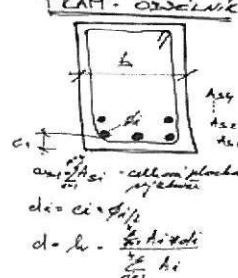
$$= s_{min} \quad 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAM - OZVLAK



### Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yk}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 100,0 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,2340 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yk} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = 248,09 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 242 < m_{Rd} = 248,09 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \quad \text{Vyhovuje}$$

### Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1473 > a_{s,min} = 257,6 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 20000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 1473 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 257,55 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 222,30 \text{ mm}^2$$

### Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left( \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 564,389 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volíme}$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

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

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 387 \text{ mm}$$

### Třminky

n = 2 počet stříhů na třmínku  
 $\phi_i = 10$  mm - profil třmínku  
a = 150 mm - osová vzdálenost třmínků  
 $A_{st} = 157$  mm<sup>2</sup> - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{rd,s} = \frac{A_{st} \cdot f_{yk}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 441,06 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 441 \text{ kN} \leq V_{rd,s} = 441,06 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

### Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 320,6 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm} \quad s_{v,min} = 320,625$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 448,10 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 320,63 \text{ mm}$$



Akce: K.Vary, Vědeckotechnický park  
Zpracoval: Ing. Martin Šafařík  
Datum: 8.10.2012  
Prvek: Strop nad 1.NP

POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI  
OHÝBANÉHO ŽELEZOBETONOVÉHO PRŮŘEZU  
podle ČSN EN 1992-1-1

**Posouzení desky**

Rozpětí stropní kce L = 6,5 m

**Vstupní údaje**

Stupeň vlivu prostředí XC1  
Návrhová životnost 80 let  
Požární odolnost 30 REI

Materiály:

**Zadání vnitřních sil**

$m_{Ed} = 80$  kNm  
 $m_{Ed,g} = 50,00$  kNm  
 $V_{Ed} = 110$  kN  
 $m_{Ed,eh} = 60,00$  kNm

**Zadání geometrie**

h = 250 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	B 505 B
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$		$\gamma_s = 1,15$	
$\gamma_c = 1,50$		$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 20,00$ Mpa		$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa			
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku po výšce  $\lambda x$

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

**Zadání plochy výztuže**

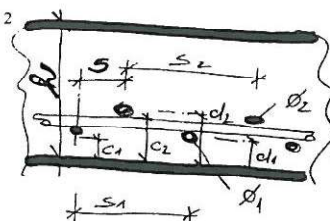
Vrstva  
Profil ve vrstvě  
Osová vzdálenost  
Krytí profilu  
Plocha na 1 mb  
Celková plocha  
Teoretická osa plochy výztuže  
Účinná výška průřezu

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi_i =$	12	0		
$s_i =$	120	0		
$c_i =$	30	0		
$a_i =$	942	0	0	0
$a_{s1} =$	942			
$d_1 =$	36			
$d =$	214			

**min. vzdálenosti prutů**

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi_g + k_2, 20 \text{ mm}) = 37 \text{ mm}$$

$k_1 = 1,2$   
 $k_2 = 5$   
 $d_g = 32 \text{ mm}$



**Posouzení**

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 25,6 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,1196767 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 83,49 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 80 < m_{Rd} = 83,49 \text{ kNm/m}$$

Vyhovuje

**Kontrola vyztužení**

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 942 > a_{s,min} = 322,3 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 10000 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 322,32 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 278,20 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} = 942 \text{ mm}^2$$

**Konstrukční podmínky**

$$s_{s1,max} = 2h \leq 300 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

$$s = 120 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{s1,max} \quad s \geq s_{min}$$

Osová vzdálenost prutů - OK  
Min. vzdálenost prutů OK

**Rozdělovací výztuž**

Profil rozdělovací výztuže  $\phi_{st} = 8$  mm  
Vzdálenost rozdělovací výztuže  $s_{st} = 200$  mm

$$A_{st} = 251 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. rozděl} \quad a_{s,req} = 0,2 \cdot a_{s1} = 188 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} > a_{s,req}$$

Plocha rozdělovací výztuže vyhovuje

Maximální osová vzdálenost

$$s_{max,slab} = \min(3h; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$$

$$s_{st} = 200 \quad s_{max,slab} = 400 \text{ mm}$$

$$s_{st} > s_{max,slab}$$

Vzdálenost rozdělovací výztuže vyhovuje



## Smyk

\*) u desek nebývá obvykle nutné provádět kontrolu smykové únosnosti

Únosnost ve smyku desky bez smykové výztuže

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d = 119,40 \text{ kN/m}$$

s minimální hodnotou

$$v_{Rd,c} = v_{min} \cdot b_w \cdot d$$

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

$$k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2,0$$

$$k = 1,96673649$$

$$\rho_1 = a_{s1} / (b_w \cdot d) \leq 0,02$$

$$\rho_1 = 0,00440$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,529$$

$$v_{Rd,c} \geq v_{min} \cdot b_w \cdot d = 113,15 \text{ kN/m}$$

$$v_{Rd,c} = 119,40 \text{ kN/m} \geq v_{Ed,red} = 110,00 \text{ kN/m}$$

**Smyková výztuž není třeba**

## Kontrola mezního stavu použitelnosti

### 1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být  $|\sigma_c| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0.45$

- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit  $|\sigma_s| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0.80$

pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku  $|\sigma_s| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1.0$

Průřez bez trhlin :

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_i = b \cdot h + (\alpha'_e - 1) a_s = 0,25480 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,127 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5h)^2 + (\alpha'_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,001339 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 31,457 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed,q} \leq m_{cr}$  - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou

$$m_{Ed,q} = 50 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 31,457 \text{ kN/m}$$

**Trhliny vzniknou**

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha'_e \cdot a_s}{b} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha'_e \cdot a_s}} \right) = 0,0442 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha'_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0001943 \text{ m}^4$$

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 11,364 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

$$\sigma_s = \alpha'_e \frac{m_{Ed,q} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 319,459 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty  $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$\sigma_s$  = napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou

$$\sigma_s = 319,459 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed, ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} =$$

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$$

je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu

$$A_{c,eff}$$

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0686 \text{ m}^2$$

$$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\}; \min\{90,00; 68,61; 125\} h_{c,ef} = 68,61 \text{ mm}$$

Vliv doby trvání zatížení

☐ Krátkodobé zatížení, 0.6

☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$$k_t = 0,4$$

$$a_s = 942 \text{ mm}^2$$

$$a_p = 0 \text{ předpínací výztuž}$$

$$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01374$$

$$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa} - \text{trhliny jsou očekávány po 28 dnech} \quad f_{ct,eff} = f_{ctm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,001140 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0009584$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0011403$$

Výpočet  $S_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$

$$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 250,516 \text{ mm}$$

Případ  $s > 5(c+\phi/2)$

$$S_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x) = 291,71 \text{ mm}$$

$c =$	30	krytí podélné výztuže
$k_1 =$	0,8	pruty s velkou soudružností
$k_2 =$	0,5	pro ohyb
$k_3 =$	3,4	doporučená hodnota
$k_4 =$	0,425	doporučená hodnota
$\phi =$	12	profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat

$S_{r,max}$

$$5(c+\phi/2) = 180 \text{ mm}$$

$$\text{vzdálenost výztuže} = 120 \text{ mm}$$

**Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$**

$$S_{r,max} = 250,52 \text{ mm}$$

Kontrola trhlin

$$w_k = S_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_{max}$$

$$w_k = 0,2857 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,4 \text{ mm}$$

**Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje**

### 3) Kontrola průhybu

$$\frac{l}{d} \leq \lambda_d$$

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 31,65$$

$$\frac{l}{d} =$$

$$30,37 \leq \lambda_d = 31,65$$

Není nutné počítat průhyb

Součinitel závislí na tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} = 1$$

☐  $\kappa_{c1} = 0,8$   
☒  $\kappa_{c1} = 1,0$

pro T průřez s poměrem šířkyprůřezu kšířce žebra větší než 3

v ostatních případech

Součinitel závislý na rozpětí

- rozpětí  $l = 6,50$  m

$$\kappa_{c2} = 1,00$$

Součinitel napětí tahové výztuže v extrémně namáhaném průřezu při časté kombinaci provozního zatížení

$$\kappa_{c3} = \frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} = 1,04$$

$$A_{s,req} = 903,04 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 942 \text{ mm}^2$$

Součinitel pro zohlednění různých nosných systémů

- ☐ prostě podepřený nosník, prostě podepřená desk  
☒ krajní pole spojitého nosníku nebo desky  
☐ vnitřní pole nosníku nebo desky  
☐ deska lokálně podepřená  
☐ konzola

$$\kappa = 1,3$$

Referenční stupeň vyztužení

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} = 0,00548 \geq \rho = 0,00440$$

Geometrický stupeň vyztužení tahovou výztuží

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,00440$$

Požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho' = 0,00E+00$$

Výpočet podle prvního vzorce

$$\lambda_{d,tab} = \left\langle \begin{array}{l} \kappa \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left( \frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ pro } \rho \leq \rho_0 \\ \kappa \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho'}{\rho_0} \right] \text{ pro } \rho > \rho_0 \end{array} \right\rangle = 30,32$$



# Posouzení desky na požární odolnost zjednodušenou zonovou metodou

## Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

30

REI

## Zadání geometrie

d = 214 mm

Třída betonu : C30/37

$f_{cd} = 20,00$  Mpa

Výztuž : B 505 B

$f_{yd} = 434,78$  Mpa

$$m_{Ed} = 80 \text{ kNm}$$

$$a = 30 \text{ mm}$$

$$A_{s, req} = 903 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, prov} = 942 \text{ mm}^2$$

$$\gamma_{m, \Phi} = 1,15$$

$$\eta_{fi} = 0,7$$

- krytí výztuže

- plocha výztuže nutné

- plocha výztuže navrhnuté

- součinitel spolehlivosti materiálu (doporučeno 1)

- redukční součinitel

$$\phi_i = 12 \text{ mm}$$

$$ad = 36 \text{ mm}$$

- průměr profilů

- osová vzdálenost od povrchu

## Kontrola z hlediska navrhované požární odolnosti

Výška desky

- tl.: desky na 60 ≤ 250 mm

**Výška desky na požár vyhovuje**

Krytí výztuže

- a desky 10 ≤ 36 mm

**Krytí výztuže na požár vyhovuje**

Typ pnutí desky

☒ Deska působící v jednom směru

☐ Deska působící ve dvou směrech  $l_y/l_x < 1,5$

☐ Deska působící ve dvou směrech  $1,5 < l_y/l_x < 2$

☐ Deska lokálně podepřená

## Stanovení upravené osově vzdálenosti pokud nevychází krytí výztuže z kontrolního hlediska

Stanovení návrhového napětí výztuže za požáru

$$\sigma_{s, fi} = \eta_{fi} \frac{E_{d, fi}}{E_d} \frac{f_{yk, 20^\circ C}}{\gamma_s} \cdot \frac{A_{s, req}}{A_{s, prov}} = 259,03 \text{ Mpa}$$

Hodnota redukčního součinitele

$$k_{s, \Theta cr} = \frac{\sigma_{s, fi}}{f_{yk}} = 0,518$$

Upravená požadovaná osová vzdálenost

$$a' = a + \Delta a = a + 0,1 \cdot (500 - \Theta_{cr}) = 6 \text{ mm}$$

$$30 \text{ mm } a' \geq a_d \text{ 6 mm}$$

**Upravená osová vzdálenost OK**

Výpočet kritické teploty pro rozmezí teplot 350-700°C

$$\Theta_{cr} = 536,78 \text{ } ^\circ\text{C}$$

**Teplota je v rozmezí - OK**

## Posouzení zjednodušenou metodou

Redukční součinitel pevnosti betonu na povrchu tlaceného betonu

Teplota na straně tlaceného betonu

30

$$k_{c, \Phi} = 1$$

$$f_{cd, \Phi} = \frac{k_{c, \Phi} \cdot f_{ck}}{\gamma_{m, \Phi}} = 26,09 \text{ Mpa}$$

$$k_{c, \Phi} = 1,0$$

$$k_{c, \Phi} = 1,0 - 1,0 \cdot (\Phi - 100) / 500$$

pro  $20^\circ\text{C} < \Phi < 100^\circ\text{C}$

pro  $100^\circ\text{C} < \Phi < 600^\circ\text{C}$

Stanovení redukčního součinitele na základě

osové vzdálenosti výztuže od povrchu betonu  $a_d = 36 \text{ mm}$

$$k_{s, \Phi} = 1,000$$

Požární odolnost = 30 REI

Redukovaná pevnost výztuže

$$f_{yd, \Phi} = \frac{k_{s, \Phi} \cdot f_{yk}}{\gamma_{m, \Phi}} = 434,78 \text{ Mpa}$$

$$x = \frac{A_{s, prov} \cdot f_{yd, \Phi}}{b \cdot \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd, \Phi}} = 19,63$$

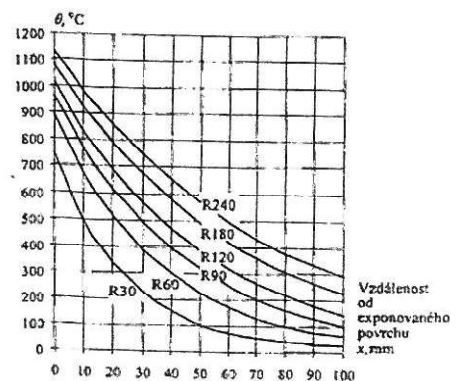
Teplota z grafu 250 °C

$$m_{Rd, \Phi} = a_{s, prov} \cdot f_{yd, \Phi} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 84,47 \text{ kNm/m}$$

Účinek zatížení při požáru

$$m_{Ed, \Phi} = \eta_{\Phi} \cdot m_{Ed} = 84,47 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Rd, \Phi} \geq m_{Ed, \Phi} \quad 56,00 \text{ kNm/m}$$



Obr. 2.15 Rozložení teplot pro desku tl. 200 mm pro odolnost do 240 min a vzdálenost x od exponovaného povrchu

Deska požadavkům na 30 REI vyhovuje

**Moment únosnosti za požáru vychází větší než namáhání při požáru**

Akce: K.Vary, Vědeckotechnický park  
Zpracoval: Ing. Martin Šafařík  
Datum: 8.10.2012  
Prvek: Strop nad 1.NP

POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI  
OHÝBANÉHO ŽELEZOBETONOVÉHO PRŮŘEZU  
podle ČSN EN 1992-1-1

**Posouzení desky**

Rozpětí stropní kce L = 6,5 m

**Vstupní údaje**

Stupeň vlivu prostředí XC1  
Návrhová životnost 80 let  
Požární odolnost 30 REI

Materiály:

**Zadání vnitřních sil**

$m_{Ed} = 90$  kNm  
 $m_{Ed,g} = 60,00$  kNm  
 $V_{Ed} = 110$  kN  
 $m_{Ed,ch} = 70,00$  kNm

**Zadání geometrie**

h = 250 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	B 505 B
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$		$\gamma_s = 1,15$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$		$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 20,00$ Mpa		$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa			
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku po výšce  $\lambda x$

$$\eta = 1$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

**Zadání plochy výztuže**

Vrstva  
Profil ve vrstvě  
Osová vzdálenost  
Krytí profilu  
Plocha na 1 mb  
Celková plocha  
Teoretická osa plochy výztuže  
Účinná výška průřezu

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i	1	2	3	4
$\phi_i$	12	0		
$s_i$	100	0		
$c_i$	30	0		
$a_i$	1131	0	0	0
$a_{s1} =$	1131			
$d_1 =$	36			
$d =$	214			

**min. vzdálenosti prutů**

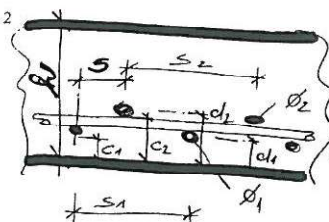
$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20 \text{ mm})$$

$$= s_{min} \quad 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$



**Posouzení**

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 30,7 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,143612 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

**Vyhovuje**

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 99,18 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 90 < m_{Rd} = 99,18 \text{ kNm/m}$$

**Vyhovuje**

**Kontrola vyztužení**

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1131 > a_{s,min} = 322,3 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 10000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 1131 \text{ mm}^2$$

**Vyhovuje**

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 322,32 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 278,20 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} = 1131 \text{ mm}^2$$

**Konstrukční podmínky**

Maximální vzdálenost prutů  $s_{s1,max} = 2h \leq 300 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$   
Výpočet vzdálenosti ze skupiny vložek si  $s = 100 \text{ mm}$

$$s \leq s_{s1,max} \quad s \geq s_{min}$$

Osová vzdálenost prutů - OK  
Min. vzdálenost prutů OK

**Rozdělovací výztuž**

Profil rozdělovací výztuže  $\phi_{st} = 8 \text{ mm}$   
Vzdálenost rozdělovací výztuže  $s_{st} = 200 \text{ mm}$   
Min. rozdělovací výztuž  $A_{st} = 251 \text{ mm}^2$   
 $a_{s,req} = 0,2 \cdot a_{s1} = 226 \text{ mm}^2$   
 $A_{st} > a_{s,req}$

Maximální osová vzdálenost

$$s_{max,slab} = \min(3h; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$$

$$s_{st} = 200 \quad s_{max,slab} = 400 \text{ mm}$$

$$s_{st} > s_{max,slab}$$

Plocha rozdělovací výztuže vyhovuje

Vzdálenost rozdělovací výztuže vyhovuje



## Smyk

\*j) u desek nebývá obvykle nutné provádět kontrolu smykové únosnosti

Únosnost ve smyku desky bez smykové výztuže

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d = 126,88 \text{ kN/m}$$

s minimální hodnotou

$$v_{Rd,c} = v_{min} \cdot b_w \cdot d$$

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

$$k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2,0$$

$$k = 1,96673649$$

$$\rho_1 = a_{s1} / (b_w \cdot d) \leq 0,02$$

$$\rho_1 = 0,00528$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,529$$

$$v_{Rd,c} \geq v_{min} \cdot b_w \cdot d = 113,15 \text{ kN/m}$$

$$v_{Rd,c} = 126,88 \text{ kN/m} \geq v_{Ed,red} = 110,00 \text{ kN/m}$$

**Smyková výztuž není třeba**

## Kontrola mezního stavu použitelnosti

### 1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být  $|\sigma_c| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0.45$

- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit  $|\sigma_s| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0.80$

pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku  $|\sigma_s| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1.0$

**Průřez bez trhlin :**

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_i = b \cdot h + (\alpha_e - 1) a_s = 0,25576 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,127 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5h)^2 + (\alpha_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,001347 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 31,713 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed,q} \leq m_{cr}$  - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou

$$m_{Ed,q} = 60 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 31,713 \text{ kN/m}$$

**Trhliny vzniknou**

**Průřez s trhlínami:**

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,0478 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0002267 \text{ m}^4$$

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 12,664 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{m_{Ed,q} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 312,512 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$



## 2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty  $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha'_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$\sigma_s =$  napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou

$$\sigma_s = 312,512 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed, ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} =$$

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$$

je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu

$$A_{c,eff}$$

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0674 \text{ m}^2$$

$$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\}; \min\{90,00; 67,39; 125\} h_{c,ef} = 67,39 \text{ mm}$$

Vliv doby trvání zatížení

☐ Krátkodobé zatížení, 0.6

☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$$k_t = 0,4$$

$$a_s = 1131 \text{ mm}^2$$

$$a_p = 0 \text{ předpínací výztuž}$$

$$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01678$$

$$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa} - \text{trhliny jsou očekávány po 28 dnech} \quad f_{ct,eff} = f_{ctm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,001182 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0009375$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0011821$$

Výpočet  $S_{r,max}$

Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$

$$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 223,546 \text{ mm}$$

Případ  $s > 5(c+\phi/2)$

$$S_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x) = 285,05 \text{ mm}$$

c =	30	krytí podélné výztuže
k <sub>1</sub> =	0,8	pruty s velkou soudružností
k <sub>2</sub> =	0,5	pro ohyb
k <sub>3</sub> =	3,4	doporučená hodnota
k <sub>4</sub> =	0,425	doporučená hodnota
φ =	12	profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat

$S_{r,max}$

$$5(c+\phi/2) = 180 \text{ mm}$$

$$\text{vzdálenost výztuže} = 100 \text{ mm}$$

**Případ  $s \leq 5(c+\phi/2)$**

$$S_{r,max} = 223,55 \text{ mm}$$

Kontrola trhlin

$$w_k = S_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_{max}$$

$$w_k = 0,2643 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,4 \text{ mm}$$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

### 3) Kontrola průhybu

$$\frac{l}{d} \leq \lambda_d$$

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 28,13$$

$$\frac{l}{d} = 30,37 \leq \lambda_d = 28,13$$

Nutné posoudit pruhyb s vlivem smršťování a dotvarování

Součinitel závislý na tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} =$$

1

- ☐  $\kappa_{c1} = 0,8$   
☒  $\kappa_{c1} = 1,0$

pro T průřez s poměrem šířkyprůřezu kšířce žebra větší než 3

v ostatních případech

Součinitel závislý na rozpětí

- rozpětí  $l = 6,50$  m

$$\kappa_{c2} = 1,00$$

Součinitel napětí tahové výztuže v extrémně namáhaném průřezu při časté kombinaci provozního zatížení

$$\kappa_{c3} = \frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} = 1,10$$

$$A_{s,req} = 1026,24 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 1131 \text{ mm}^2$$

Součinitel pro zohlednění různých nosných systémů

- ☐ prostě podepřený nosník, prostě podepřená deska  
☒ krajní pole spojitého nosníku nebo desky  
☐ vnitřní pole nosníku nebo desky  
☐ deska lokálně podepřená  
☐ konzola

$$\kappa = 1,3$$

Referenční stupeň vyztužení

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} = 0,00548 \geq \rho = 0,00528$$

Geometrický stupeň vyztužení tahovou výztuží

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,00528$$

Požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho' = 0,00E+00$$

Výpočet podle prvního vzorce

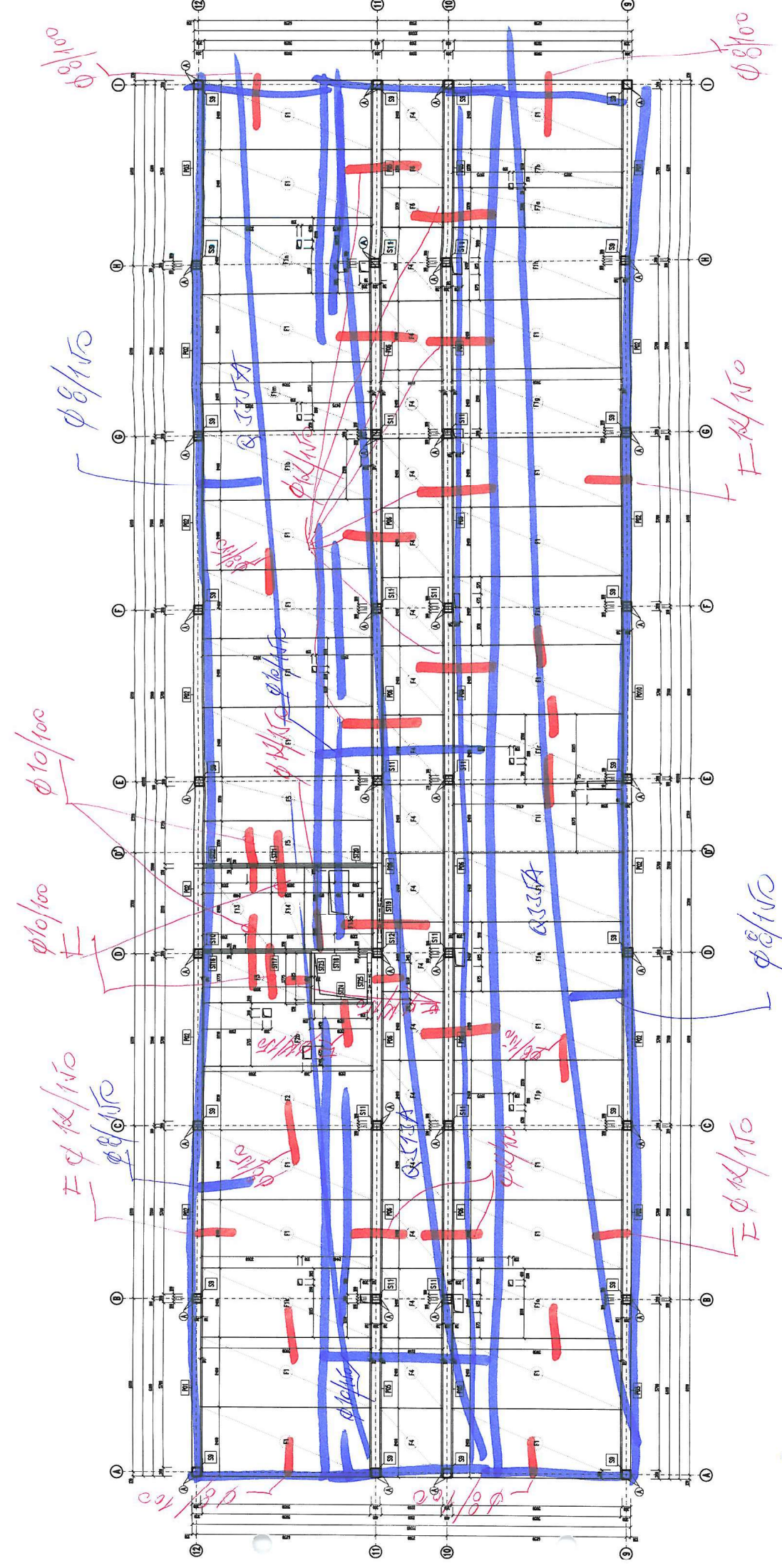
$$\lambda_{d,tab} = \left\langle \begin{aligned} &\kappa \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left( \frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ pro } \rho \leq \rho_0 \\ &\kappa \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho'}{\rho_0} \right] \text{ pro } \rho > \rho_0 \end{aligned} \right\rangle = 25,53$$







объект II A III.



ФУНДАМЕНТЫ  
ЗДАНИЙ

ФУНДАМЕНТЫ  
СТЕНЫ

СТЕНЫ И ДВЕРИ



Akce: K.Vary, Vědeckotechnický park  
Zpracoval: Ing. Martin Šafařík  
Datum: 8.10.2012  
Prvek: Strop nad 1.NP -horní výztuž

POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI  
OHÝBANÉHO ŽELEZOBETONOVÉHO PRŮŘEZU  
podle ČSN EN 1992-1-1

**Posouzení desky**

Rozpětí stropní kce L = 6,5 m

**Vstupní údaje**

Stupeň vlivu prostředí XC1  
Návrhová životnost 80 let  
Požární odolnost 30 REI

Materiály:

**Zadání vnitřních sil**

$m_{Ed} = 82$  kNm  
 $m_{Ed,q} = 53,00$  kNm  
 $V_{Ed} = 110$  kN  
 $m_{Ed,ch} = 58,00$  kNm

**Zadání geometrie**

h = 250 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37	Výztuž :	B 505 B	B 505 B
$f_{ck} = 30$ Mpa			$f_{yk} = 500$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$			$\gamma_s = 1,15$		
$\gamma_c = 1,50$			$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 20,00$ Mpa			$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa		
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa			$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa					
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]					

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku po výšce  $\lambda x$

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

**Zadání plochy výztuže**

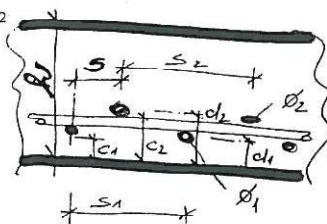
Vrstva  
Profil ve vrstvě  
Osová vzdálenost  
Krytí profilu  
Plocha na 1 mb  
Celková plocha  
Teoretická osa plochy výztuže  
Účinná výška průřezu

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi_i$ =	12	0		
s <sub>i</sub> =	120	0		
c <sub>i</sub> =	30	0		
a <sub>i</sub> =	942	0	0	0
$a_{s1} = 942$ mm <sup>2</sup>				
$d_1 = 36$ mm				
$d = 214$ mm				

**min. vzdálenosti prutů**

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi_s + k_2, 20 \text{ mm}) = 37 \text{ mm}$$

$k_1 = 1,2$   
 $k_2 = 5$   
 $d_g = 32 \text{ mm}$



$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 25,6 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,1196767 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

**Vyhovuje**

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 83,49 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 82 < m_{Rd} = 83,49 \text{ kNm/m}$$

**Vyhovuje**

**Kontrola vyztužení**

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 942 > a_{s,min} = 322,3 \text{ mm}^2$$

**Vyhovuje**

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 10000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 942 \text{ mm}^2$$

**Vyhovuje**

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 322,32 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 278,20 \text{ mm}^2$$

**942 mm<sup>2</sup>**

**Konstrukční podmínky**

Maximální vzdálenost prutů  $s_{s1,max} = 2h \leq 300 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$   
Výpočet vzdálenosti ze skupiny vložek si  $s = 120 \text{ mm}$

$$s \leq s_{s1,max} \quad s \geq s_{min}$$

Osová vzdálenost prutů - OK  
Min. vzdálenost prutů OK

**Rozdělovací výztuž**

Profil rozdělovací výztuže  $\phi_{st} = 8 \text{ mm}$   
Vzdálenost rozdělovací výztuže  $s_{st} = 200 \text{ mm}$   
Min. rozdělovací výztuž  $A_{st} = 251 \text{ mm}^2$   
Min. rozdělovací výztuž  $a_{s,req} = 0,2 \cdot a_{s1} = 188 \text{ mm}^2$   
 $A_{st} > a_{s,req}$

Maximální osová vzdálenost

$$s_{max,slab} = \min(3h; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$$

$$s_{st} = 200 \quad s_{max,slab} = 400 \text{ mm}$$

$s_{st} > s_{max,slab}$

Plocha rozdělovací výztuže vyhovuje

Vzdálenost rozdělovací výztuže vyhovuje

Sloup 300/300  
1 LF - 6 RANKI

BETON B 45

$l = 4,200\text{m}$

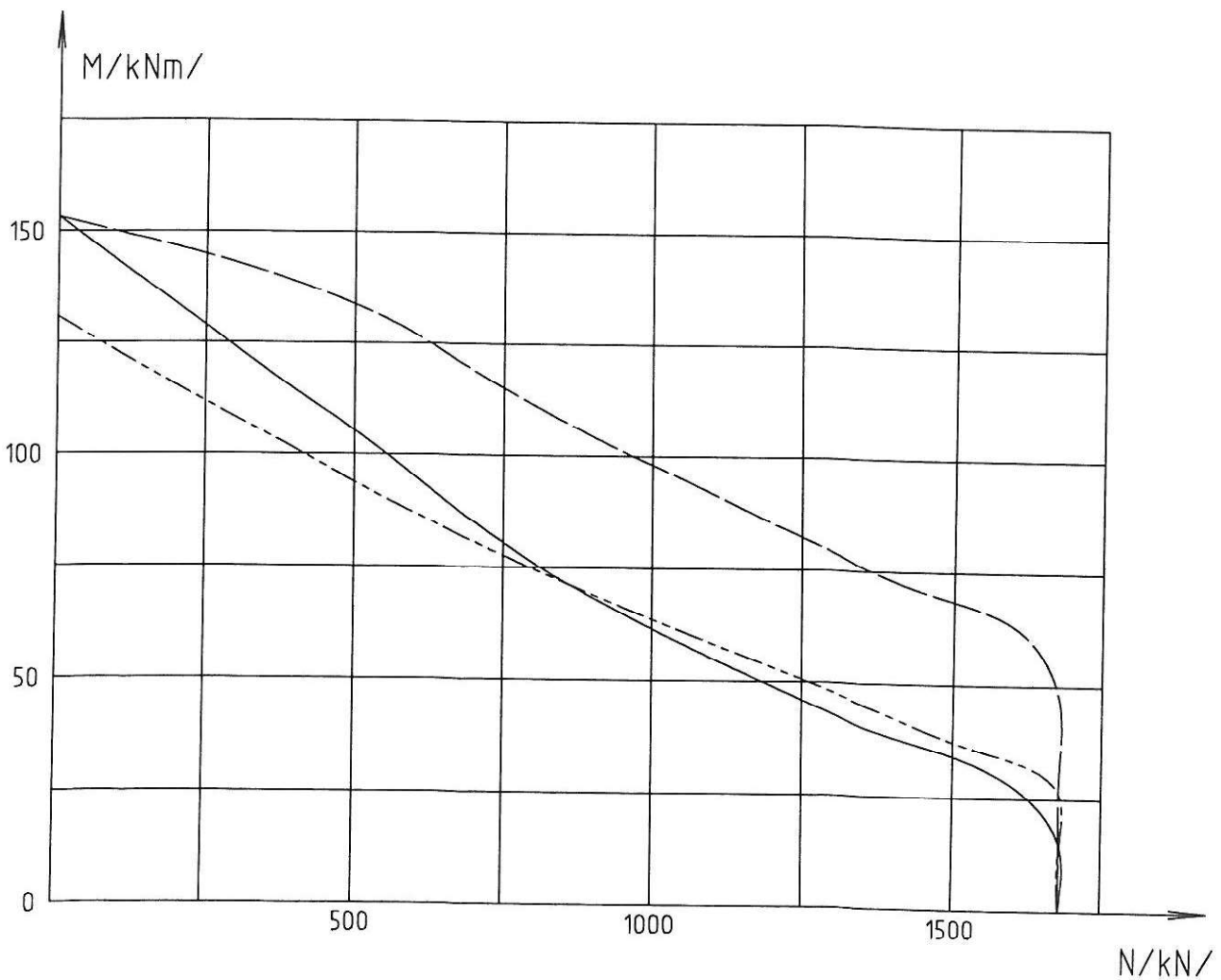
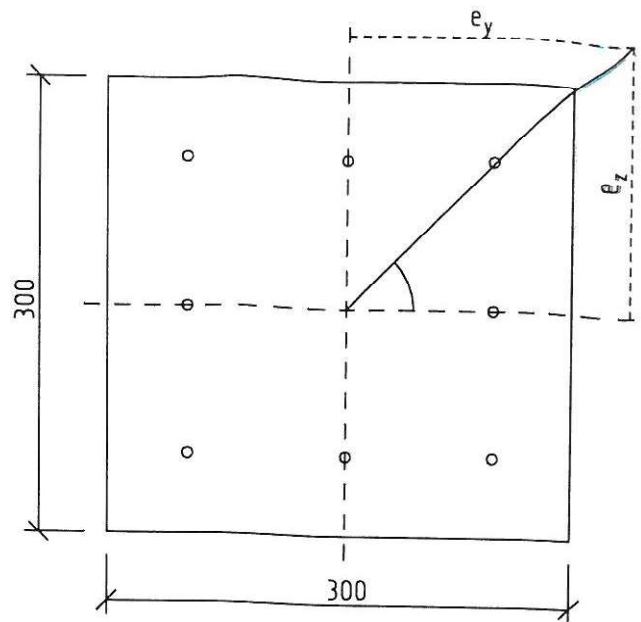
$L_y = 4,410\text{m}$

$L_z = 6,300\text{m}$

8 Ø R 25

OCEL 10505/R /

(I 500 I)



0° ———  
45° - - -  
90° - . .



Sloup 300/300  
2. NF - LEAVK /

BETON B 45

$l = 4,000\text{m}$

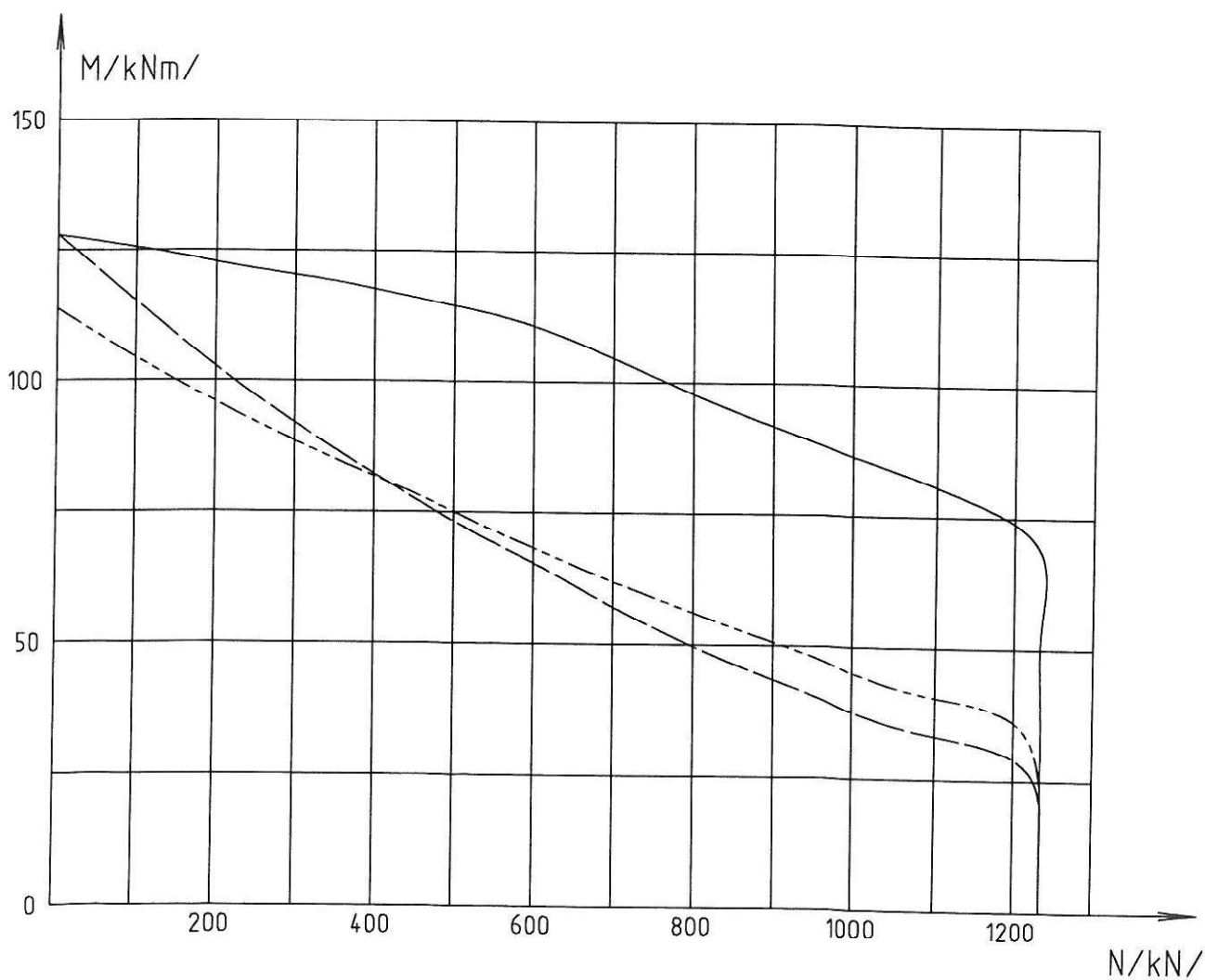
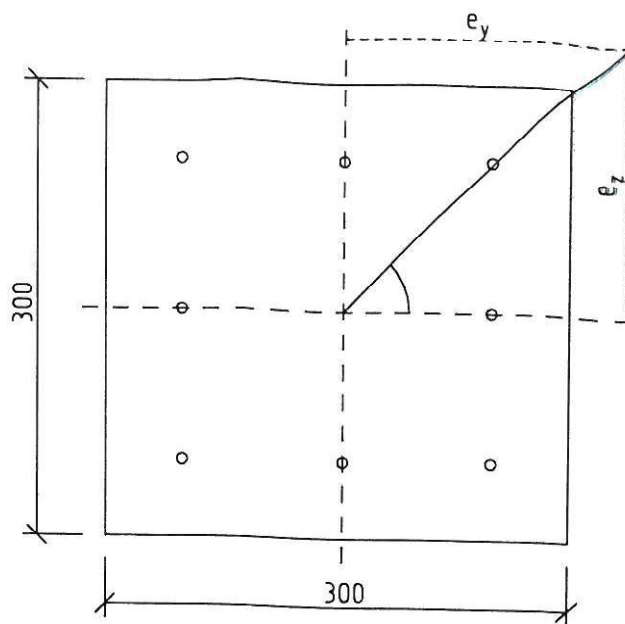
$L_y = 7,080\text{m}$

$L_z = 4,200\text{m}$

8  $\emptyset$  R 22

OCEL 10505/R /

(B 500B)



0° ———  
45° - - -  
90° ———

Sloup 300/300  
 2. HP - 10, 10, 10, 10, 10, 10, 10, 10

BETON B 45

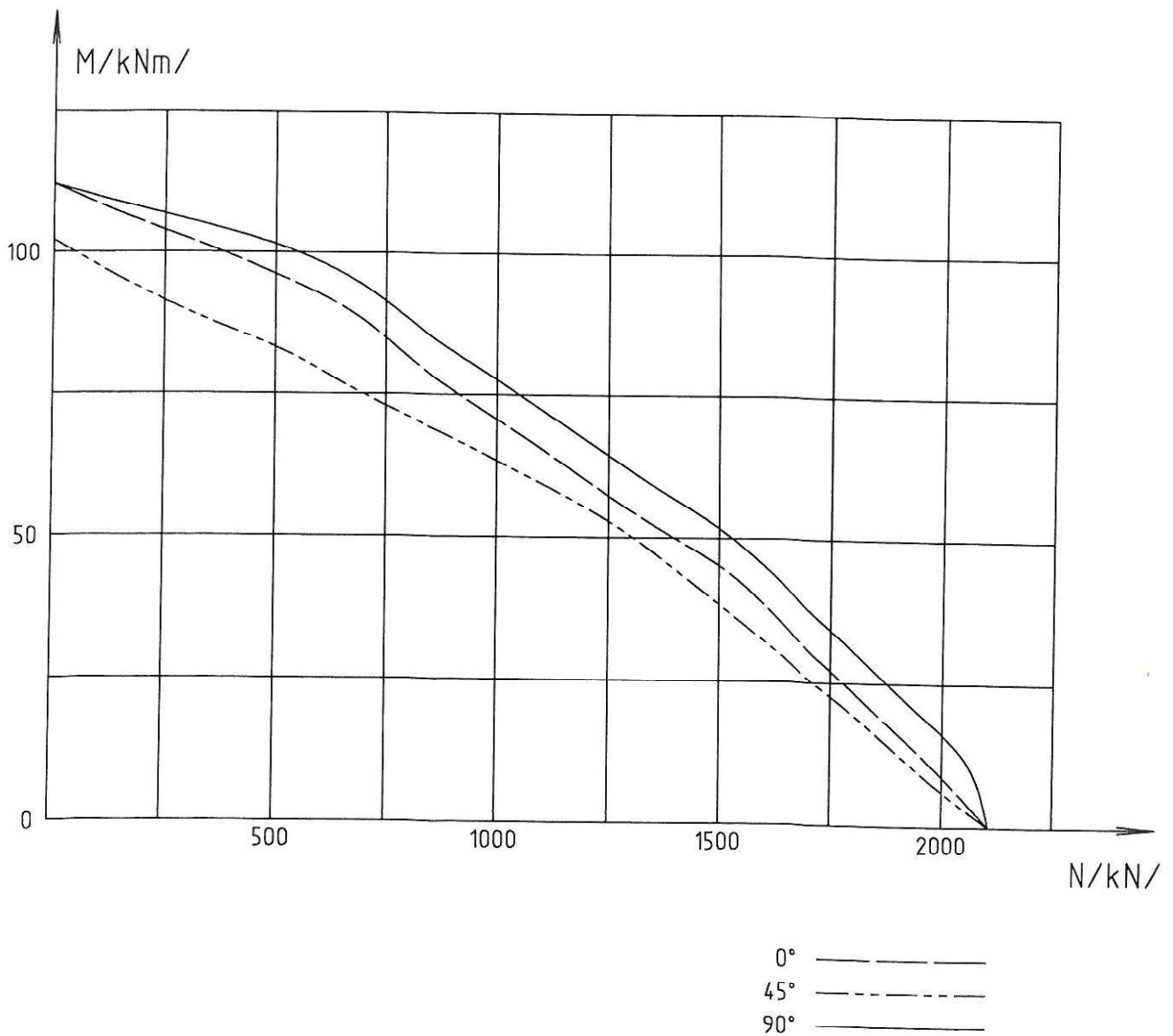
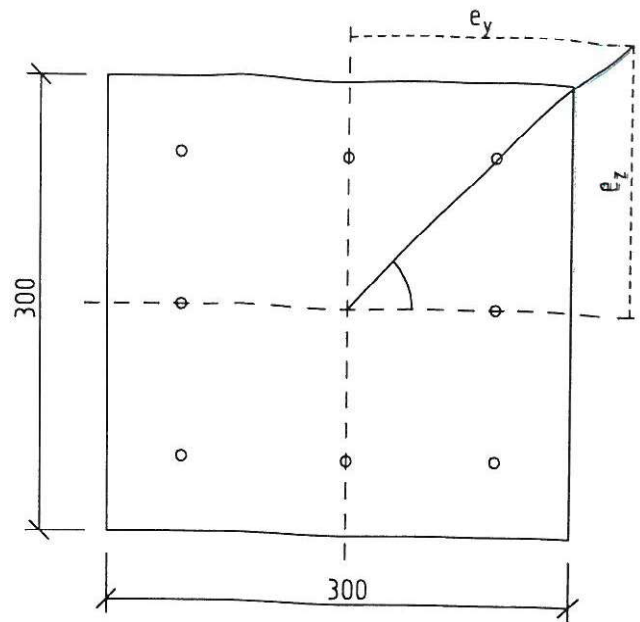
$l = 4,000\text{m}$

$L_y = 4,600\text{m}$

$L_z = 4,160\text{m}$

8  $\emptyset$  R 20

OCEL 10505/R /  
 (R500B)



sloup 300/300

1 KP - VKITOKU'

BETON B 45

$l = 4,200\text{m}$

$L_y = 4,494\text{m}$

$L_z = 4,368\text{m}$

8  $\emptyset$  R 25

OCEL 10505/R /

( $\approx 500\text{B}$ )

